

Gestión de Flotas de Camiones 2026

Mantenimiento · Control de combustible
Neumáticos · Agendas de vencimientos



Marlon Falcón Hernández

Implemento BIM 2.0

Gestión de Flotas de Camiones 2026

Mantenimiento, combustible, neumáticos y agendas de vencimientos

© 2026 Marlon Falcón Hernández · Implemento BIM 2.0

Valencia, España

Primera edición: octubre de 2026

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta obra puede reproducirse sin autorización previa del autor.

Aviso: la normativa sobre transporte por carretera, vehículos y conductores cambia con frecuencia. Las periodicidades, plazos e importes citados reflejan la información disponible en la fecha de edición y tienen carácter orientativo. Antes de aplicarlos, confirme la normativa vigente en su país y consulte con los organismos competentes. Los ejemplos numéricos son ilustrativos.

Gestión de Flotas de Camiones 2026

Mantenimiento, combustible, neumáticos y agendas de
vencimientos

Marlon Falcón Hernández

Implemento BIM 2.0

Índice

1. La gestión de flotas de camiones en 2026	11
1.1 Por qué este libro y para quién	11
1.2 La flota como sistema de costes	12
1.3 El coste total de propiedad (TCO)	13
1.4 Los cuatro pilares y su relación	13
1.5 Indicadores clave de la flota	14
1.6 Las tendencias que marcan 2025-2026	15
1.7 Madurez de la gestión de flotas	16
1.8 Organización y responsabilidades	16
1.9 Cómo usar este libro	17
PARTE I · MANTENIMIENTO DE LA FLOTA	18
2. Fundamentos y estrategia del mantenimiento de flotas	19
2.1 Del taller que repara a la función que gestiona la disponibilidad	19
2.2 Tipos de mantenimiento	20
2.3 El coste del mantenimiento dentro del TCO	22
2.4 Modelos de organización del mantenimiento	23
2.5 Cómo elegir y negociar un contrato de mantenimiento	25
2.6 Indicadores clave del mantenimiento	26
2.7 De la estrategia al plan: hoja de ruta en seis pasos	28
2.8 Seguridad, cumplimiento legal y responsabilidad	29
3. Plan de mantenimiento preventivo del camión y el semirremolque	30
3.1 Bases del plan: uso, severidad y unidades de medida	30
3.2 Motor y lubricación	31
3.3 Postratamiento de gases: AdBlue, SCR y DPF	32
3.4 Frenos y sistema neumático	34
3.5 Transmisión: embrague, caja automatizada, ejes	35
3.6 Sistema de refrigeración	35
3.7 Sistema eléctrico de 24 V	36

3.8 Dirección, suspensión y ejes del vehículo tractor	36
3.9 Cabina, carrocería y equipos auxiliares	37
3.10 Equipos frigoríficos y certificación ATP	37
3.11 Semirremolque: ejes, suspensión, quinta rueda y enganches	38
3.12 Inspecciones diarias y periódicas del conductor	40
3.13 Obligaciones periódicas legales	41
3.14 Programación por ventanas	41
3.15 Tabla tipo de plan preventivo	42
3.16 Adaptar el plan con la experiencia	43
4. Mantenimiento predictivo, telemática e inteligencia artificial	45
4.1 Las fuentes de datos del vehículo	45
4.2 Técnicas predictivas que funcionan en el camión	47
4.3 Inteligencia artificial aplicada al mantenimiento	49
4.4 Mantenimiento de camiones eléctricos de batería	51
4.5 Camiones de hidrógeno	53
4.6 Euro 7 y lo que implica para el mantenimiento	53
4.7 Ciberseguridad y actualizaciones de software: UNECE R155 y R156	54
4.8 Integración de los datos en el sistema de gestión de la flota	55
4.9 Casos de uso con cifras ilustrativas	56
4.10 Hoja de ruta para la transformación digital del mantenimiento	57
5. Gestión operativa del taller: órdenes de trabajo, recambios y proveedores	59
5.1 La orden de trabajo como unidad de gestión	59
5.2 Priorización de intervenciones	61
5.3 Gestión de averías en ruta y asistencia	61
5.4 Almacén de recambios	63
5.5 Garantías y campañas de llamada a revisión	64
5.6 Evaluación y gestión de talleres externos	65
5.7 Documentación, trazabilidad y relación con la ITV	67
5.8 Modelo de datos mínimo para un software o ERP de mantenimiento	68
5.9 Indicadores de gestión del taller	69
5.10 Organización de las personas del taller	70

PARTE II · CONTROL DE COMBUSTIBLE Y ENERGÍA 72

6. El combustible en la cuenta de resultados 73

6.1 El peso del combustible en el coste operativo	73
6.2 Cómo calcular el consumo con rigor	75
6.3 Factores que determinan el consumo	76
6.4 Benchmarking: con quién compararse	79
6.5 Gasóleo profesional y devolución parcial del Impuesto sobre Hidrocarburos	80
6.6 Del dato a la decisión: un caso numérico completo	82
6.7 Cómo integrar el combustible en el ERP de flota	83

7. Sistemas de control: tarjetas, surtidores propios y telemática 84

7.1 Las tarjetas de combustible	84
7.2 El depósito propio con surtidor controlado	85
7.3 Sondas de nivel en el camión y detección de robo	87
7.4 El cruce tarjeta-GPS-CAN	88
7.5 Alertas y gestión de excepciones	89
7.6 Señales de fraude y robo	89
7.7 Políticas de repostaje	90
7.8 AdBlue: consumo y control	91
7.9 Proceso de conciliación paso a paso	92
7.10 Integración de datos y estándares	93

8. Eficiencia: conducción, rutas y tecnología 95

8.1 Conducción eficiente	95
8.2 Scoring de conductores	96
8.3 Incentivos	97
8.4 Tecnología embarcada para la eficiencia	98
8.5 Optimización de rutas	99
8.6 Aerodinámica	101
8.7 Carga útil y factor de carga	102
8.8 Mantenimiento y consumo	103
8.9 Camiones Euro VI de última generación	103
8.10 Plan de eficiencia: priorizar las medidas	104

9. Transición energética de la flota	106
9.1 El marco normativo que empuja el cambio	106
9.2 Las alternativas energéticas	109
9.3 Coste total de propiedad: diésel frente a eléctrico	112
9.4 Ayudas y financiación	114
9.5 Cómo decidir: asignar tecnología a cada servicio	115
9.6 Cómo pilotar la transición	116
9.7 Hoja de ruta de transición 2026-2035	117
 PARTE III · GESTIÓN DE NEUMÁTICOS	 119
 10. El neumático de camión: tecnología y selección	 120
10.1 Estructura del neumático radial de camión	120
10.2 Nomenclatura y marcajes del flanco	121
10.3 Índices de carga y de velocidad	122
10.4 Neumáticos por posición: dirección, tracción y remolque	124
10.5 Neumáticos por aplicación: larga distancia, regional, mixto y urbano	125
10.6 Invierno: marcajes M+S y 3PMSF	126
10.7 La etiqueta europea de neumáticos	126
10.8 Neumáticos para camiones eléctricos	128
10.9 Método de selección por aplicación	129
10.10 Compra, recepción y almacenamiento	130
 11. Presión, inspección y mantenimiento	 132
11.1 La presión como variable de gestión	132
11.2 Sistemas de monitorización de presión (TPMS)	133
11.3 Sistemas de inflado automático y nitrógeno	135
11.4 Alineación, equilibrado y rotación	136
11.5 Profundidad mínima legal en España e ITV	137
11.6 Reesculturado	138
11.7 Inspección diaria y periódica	138
11.8 Daños típicos y diagnóstico por patrón de desgaste	139
11.9 Organización del mantenimiento de neumáticos	140
 12. Ciclo de vida: recauchutado, reesculturado y fin de vida	 142

12.1 La estrategia multi-vida	142
12.2 Tecnologías de recauchutado	143
12.3 Homologación: el Reglamento ONU n.º 109	144
12.4 Economía del recauchutado	145
12.5 Huella de carbono y recursos	146
12.6 Gestión de carcasas	147
12.7 Neumáticos al final de su vida útil: el marco español	148
12.8 Euro 7 y los límites de abrasión	149
13. Control de costes y sistemas de gestión de neumáticos	151
13.1 Las métricas de coste: por kilómetro y por milímetro	151
13.2 La ficha del neumático y la trazabilidad	152
13.3 Contratos de pago por kilómetro y gestión externalizada	153
13.4 Indicadores clave (KPI)	155
13.5 Análisis de causas de baja	155
13.6 Inventario de neumáticos	156
13.7 Modelo de datos para un software de flota	157
13.8 Caso práctico completo	158
PARTE IV · AGENDAS DE VENCIMIENTOS	161
14. El mapa de vencimientos de una empresa de transporte	162
14.1 Por qué los vencimientos son un problema de gestión, no de administración	162
14.2 Los tres grandes bloques: vehículo, conductor y empresa	163
14.3 Tipología de los vencimientos según su naturaleza	165
14.4 Consecuencias de un vencimiento no atendido	165
14.5 Responsabilidades: quién responde de cada vencimiento	167
14.6 Criticidad: no todos los vencimientos pesan igual	169
14.7 La tabla maestra de vencimientos	169
14.8 Cómo construir el mapa en una empresa real	171
14.9 Del mapa a la agenda	172
15. Vencimientos del vehículo	173
15.1 Inspección técnica de vehículos (ITV)	173
15.2 Tacógrafo: revisión periódica y calibración	175

15.3 Descarga de datos de la unidad del vehículo	176
15.4 Limitador de velocidad	177
15.5 Certificado ATP para mercancías perecederas	177
15.6 Vehículos para mercancías peligrosas (ADR)	178
15.7 Seguros obligatorios y voluntarios	179
15.8 Impuestos y tasas	179
15.9 Autorizaciones de transporte asociadas al vehículo	180
15.10 Garantías, renting, leasing y contratos de servicio	180
15.11 Tabla resumen de vencimientos del vehículo	181
16. Vencimientos del conductor y de la empresa	183
16.1 El permiso de conducir de las categorías C y CE	183
16.2 Cualificación profesional: CAP y formación continua	184
16.3 Tarjeta de conductor del tacógrafo	185
16.4 Descarga de la tarjeta del conductor	185
16.5 Autorización ADR del conductor	186
16.6 Tiempos de conducción y descanso como vencimientos rodantes	186
16.7 Desplazamiento de conductores en transporte internacional	188
16.8 Vigilancia de la salud y prevención de riesgos laborales	188
16.9 La empresa: autorización de transporte y visado	189
16.10 Requisitos de acceso a la profesión	190
16.11 El gestor de transporte	191
16.12 Documentación de control, carta de porte y eCMR	191
16.13 Otros vencimientos de empresa	192
17. Diseñar y automatizar la agenda de vencimientos	194
17.1 Principios de diseño	194
17.2 Modelo de datos	195
17.3 Reglas de alerta escalonadas	196
17.4 El flujo de renovación	197
17.5 Integración con calendario, correo y ERP	197
17.6 Digitalización documental y extracción de fechas con OCR e IA	198
17.7 Auditoría interna	199
17.8 Indicadores de cumplimiento	199

17.9 Plantilla de agenda anual	200
17.10 Caso práctico: flota de 25 camiones	201
PARTE V · INTEGRACIÓN Y FUTURO	204
18. Integración: el sistema de gestión de flota conectado	205
18.1 De cuatro silos a un único sistema	205
18.2 Modelo de datos mínimo	206
18.3 Integraciones habituales	206
18.4 Implantación en un ERP: el caso de Odoo	207
18.5 La inteligencia artificial en la gestión de flotas	207
18.6 Gobierno del dato y ciberseguridad	208
18.7 El cuadro de mando integrado	209
18.8 Conclusión: la flota como ventaja competitiva	209
Anexos	210
A. Glosario	210
B. Plantilla de inspección diaria del conductor	211
C. Plantilla de ficha de vehículo	212
D. Plantilla de agenda de vencimientos	212
E. Plantilla de registro de repostaje	213
F. Plantilla de ficha de neumático	213
G. Plantilla de orden de trabajo	214
H. Calendario anual tipo de revisión de la gestión	214

1

La gestión de flotas de camiones en 2026

1.1 Por qué este libro y para quién

La gestión de una flota de camiones ha cambiado más en los últimos cinco años que en los veinte anteriores. El camión de 2026 es un ordenador sobre ruedas que genera miles de datos por hora, el tacógrafo se ha convertido en un dispositivo conectado que registra cada cruce de frontera, los neumáticos pueden llevar un chip con su número de serie y los fabricantes ofrecen contratos en los que el mantenimiento se planifica a partir del estado real de cada componente. Al mismo tiempo, los márgenes del transporte por carretera siguen siendo estrechos: en muchas empresas el beneficio neto se mueve entre el 2 % y el 5 % de la facturación, de modo que un error en el control del combustible o un vencimiento olvidado puede borrar la rentabilidad de un trimestre.

Este libro está escrito para quien tiene que tomar decisiones cada día sobre esa flota: el jefe de tráfico que asigna vehículos, el responsable de taller que decide cuándo parar un camión, el gerente que firma la compra de neumáticos o la renovación de un contrato de renting, y el consultor que implanta un sistema de gestión o un ERP en una empresa de transporte. El enfoque es práctico: cada capítulo ofrece criterios, procedimientos, fórmulas, tablas de referencia y listas de comprobación que pueden aplicarse el lunes siguiente.

El libro se organiza en cuatro grandes partes, que corresponden a los cuatro pilares del coste y del riesgo en una flota:

- **Parte I. Mantenimiento.** Cómo pasar del taller que apaga fuegos al mantenimiento planificado, predictivo y medido por indicadores.
- **Parte II. Combustible y energía.** Cómo medir, controlar y reducir la partida de gasto variable más importante, y cómo preparar la flota para la transición energética.
- **Parte III. Neumáticos.** Cómo gestionar el segundo gran consumible del camión como un activo con ciclo de vida, trazabilidad y coste por kilómetro.
- **Parte IV. Agendas de vencimientos.** Cómo controlar todo lo que caduca (en el vehículo, en el conductor y en la empresa) para que la flota esté siempre en regla.

Un capítulo final integra los cuatro pilares en un sistema de información único y muestra cómo la inteligencia artificial está cambiando la forma de gestionarlos. Los anexos recogen un glosario y

plantillas listas para usar.

Clave: El marco normativo de referencia es el de España y la Unión Europea. Cuando la práctica en Latinoamérica difiere de forma relevante, se señala en recuadros específicos. La normativa cambia con frecuencia: antes de aplicar una periodicidad, un plazo o un importe, confirme siempre la versión vigente.

1.2 La flota como sistema de costes

Una flota no es un conjunto de vehículos: es un sistema de producción cuyo producto es el kilómetro útil, es decir, el kilómetro recorrido con carga, a tiempo y sin incidencias. Todo el esfuerzo de gestión se dirige a producir ese kilómetro al menor coste total posible, manteniendo la seguridad y el cumplimiento legal.

Los costes de un camión se clasifican tradicionalmente en dos grandes grupos:

- **Costes fijos (o de tiempo):** se generan aunque el camión no se mueva. Amortización o cuota de renting, financiación, personal de conducción (en buena parte), seguros, impuestos, autorizaciones, costes de estructura imputados.
- **Costes variables (o kilométricos):** dependen de los kilómetros recorridos. Combustible y AdBlue, neumáticos, mantenimiento y reparaciones, peajes, dietas y parte variable del conductor.

La tabla siguiente muestra una estructura de costes ilustrativa para un tractocamión de larga distancia con semirremolque, con unos 120.000 km anuales. Los porcentajes varían según el país, el tipo de servicio y la antigüedad del vehículo, pero el orden de magnitud es estable en el sector europeo.

Partida	Coste anual ilustrativo	% del total	Tipo
Personal de conducción	52.000 €	33 %	Fijo/variable
Combustible y AdBlue	47.000 €	30 %	Variable
Amortización y financiación	22.000 €	14 %	Fijo
Mantenimiento y reparaciones	11.000 €	7 %	Variable
Peajes	9.000 €	6 %	Variable
Seguros	6.500 €	4 %	Fijo
Neumáticos	4.000 €	3 %	Variable
Impuestos, tasas y otros	4.500 €	3 %	Fijo
Total	156.000 €	100 %	

Con estos datos, el coste total por kilómetro es de $156.000 \text{ €} / 120.000 \text{ km} = 1,30 \text{ €/km}$. Las cuatro áreas de este libro (mantenimiento, combustible, neumáticos y vencimientos, que afectan a seguros, impuestos y autorizaciones) explican de forma directa alrededor del 47 % del coste, y de forma indirecta mucho más, porque una avería o un vencimiento incumplido inmoviliza el vehículo y hace

que los costes fijos sigan corriendo sin producir kilómetros.

Ejemplo: Si una buena gestión reduce un 5 % el consumo de combustible, un 10 % el gasto de mantenimiento y un 15 % el gasto en neumáticos, el ahorro en el camión de la tabla sería de 2.350 € + 1.100 € + 600 € = 4.050 € al año. En una flota de 40 camiones son 162.000 € anuales, una cifra comparable al beneficio neto de muchas empresas de ese tamaño.

1.3 El coste total de propiedad (TCO)

El concepto que une todas las decisiones de flota es el coste total de propiedad, conocido por sus siglas en inglés TCO (Total Cost of Ownership). El TCO suma todos los costes de un vehículo a lo largo de su vida útil en la empresa, desde la compra hasta la venta, y los divide por los kilómetros producidos. Su utilidad es que obliga a comparar alternativas con la misma vara de medir.

La fórmula básica es:

$$\text{TCO por km} = (\text{Precio de adquisición} - \text{Valor residual} + \text{Financiación} + \text{costes operativos de la vida útil}) / \text{Kilómetros totales de la vida útil}$$

Algunas decisiones típicas que solo se resuelven bien con TCO:

- Comprar un neumático premium más caro que dura un 30 % más y consume menos, frente a uno económico.
- Contratar un plan de mantenimiento completo con el fabricante frente a mantener taller propio.
- Mantener un camión hasta el millón de kilómetros o renovarlo a los 600.000 km.
- Incorporar un camión eléctrico de batería o seguir con diésel o HVO.

Error frecuente: Comparar alternativas por precio de compra o por coste mensual de una sola partida. Un camión más barato con peor consumo puede costar varios miles de euros más al año; un mantenimiento aplazado para ahorrar este mes suele multiplicar su coste cuando se convierte en avería en ruta.

1.4 Los cuatro pilares y su relación

Los cuatro pilares del libro no son compartimentos estancos. Están conectados de forma que una decisión en uno afecta a los demás:

- **Neumáticos y combustible:** la resistencia a la rodadura de los neumáticos explica una parte relevante del consumo de un camión de larga distancia, y una presión baja aumenta tanto el consumo como el desgaste.
- **Mantenimiento y combustible:** inyectores en mal estado, filtros colmatados, un sistema de postratamiento con problemas o una alineación incorrecta elevan el consumo de forma silenciosa.
- **Mantenimiento y vencimientos:** la ITV, la revisión del tacógrafo, la certificación ATP o el ADR exigen que el vehículo esté en condiciones; si el plan de mantenimiento no las anticipa, se

producen rechazos y nuevas visitas.

- **Neumáticos y vencimientos:** la profundidad mínima del dibujo es un requisito legal que se inspecciona en carretera y en la ITV; un neumático con defectos es causa de inmovilización.
- **Combustible y vencimientos:** la devolución parcial del impuesto sobre hidrocarburos del gasóleo profesional, las tarjetas de combustible y los peajes tienen requisitos administrativos con plazos propios.

Por eso, la gestión moderna de flotas se apoya en un único sistema de información donde el vehículo es la entidad central y todas las operaciones (repostajes, órdenes de trabajo, montajes de neumáticos, documentos con fecha de caducidad) se registran contra él.

1.5 Indicadores clave de la flota

Lo que no se mide no se gestiona. Un buen cuadro de mando de flota no necesita cientos de indicadores; necesita una docena bien definidos, calculados siempre de la misma forma y revisados con una frecuencia fija. La tabla siguiente propone un conjunto mínimo que se desarrolla en cada parte del libro.

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Referencia orientativa
Coste total por km	Coste total / km recorridos	Mensual	Depende del servicio
Consumo medio	Litros / km $\times$ 100	Semanal	28-33 L/100 km larga distancia
Disponibilidad	Horas disponibles / horas planificadas	Mensual	> 95 %
Coste de mantenimiento por km	Gasto taller / km	Mensual	0,06-0,12 €/km
% mantenimiento correctivo	Horas correctivo / horas totales taller	Mensual	< 30 %
Coste de neumáticos por km	Gasto neumáticos / km	Trimestral	0,02-0,04 €/km
Presión correcta	Neumáticos en rango / revisados	Semanal	> 95 %
Vencimientos al día	Documentos vigentes / total	Semanal	100 %
Averías en ruta por 100.000 km	Averías en ruta / km $\times$ 100.000	Mensual	Tendencia a la baja
Kilómetros en vacío	Km sin carga / km totales	Mensual	Tan bajo como sea posible

Clave: Las referencias de la tabla son órdenes de magnitud para orientar, no objetivos universales. Un camión de distribución urbana consume más por kilómetro que uno de autopista y desgasta antes los neumáticos de la dirección. Lo importante es comparar cada vehículo con su propio historial y con vehículos de su misma categoría y uso.

1.6 Las tendencias que marcan 2025–2026

Varias tendencias de fondo condicionan hoy la gestión de flotas. Todas se tratan con detalle en los capítulos correspondientes; aquí se resumen para ofrecer una visión de conjunto.

Conectividad y datos

Prácticamente todos los camiones nuevos que se venden en Europa salen de fábrica con una unidad telemática y una interfaz estandarizada de datos (FMS y su versión remota rFMS) que permite a la empresa leer consumo, kilómetros, uso del freno, tiempos de ralenti, alertas de mantenimiento y posición. El reto ya no es obtener los datos, sino integrarlos y convertirlos en decisiones.

Mantenimiento predictivo

Los fabricantes y los proveedores de telemática ofrecen modelos que anticipan averías de baterías, compresores, sistemas de postratamiento o frenos a partir de patrones de datos. El mantenimiento pasa de basarse en kilómetros fijos a basarse en el estado de cada componente.

Tacógrafo inteligente y Paquete de Movilidad

El tacógrafo inteligente de segunda versión, con registro automático de cruces de frontera y de operaciones de carga y descarga, se ha generalizado en el transporte internacional dentro de la UE. Las normas del Paquete de Movilidad sobre retorno del conductor y del vehículo, descanso semanal y desplazamiento de conductores convierten el control de tiempos en una agenda de vencimientos diaria.

Descarbonización

La UE ha fijado objetivos de reducción de CO₂ para los camiones nuevos, los peajes incorporan tarifas por emisiones y el precio del carbono empezará a afectar a los combustibles de transporte con el nuevo régimen de comercio de derechos de emisión para edificios y transporte. Esto acelera la llegada de camiones eléctricos de batería, el uso de HVO y la presión para reducir el consumo de las flotas diésel existentes.

Digitalización documental

La carta de porte electrónica (eCMR), los documentos de control digitales y la gestión documental con extracción automática de datos mediante inteligencia artificial reducen el papel y permiten automatizar la agenda de vencimientos.

Escasez de conductores y técnicos

La falta de conductores profesionales y de técnicos de taller cualificados, especialmente en alta tensión, obliga a cuidar la formación, la retención y la productividad de cada hora de trabajo. Un buen sistema de gestión libera tiempo de tareas administrativas para dedicarlo a tareas de valor.

1.7 Madurez de la gestión de flotas

No todas las empresas están en el mismo punto. Resulta útil situarse en una escala de madurez para decidir por dónde empezar. La tabla siguiente propone cinco niveles.

Nivel	Descripción	Herramientas típicas	Siguiente paso
1. Reactivo	Se actúa cuando algo falla o caduca	Papel, memoria del jefe de tráfico	Registrar vehículos y documentos
2. Registrado	Se anotan gastos y fechas	Hojas de cálculo	Planes preventivos y alertas
3. Planificado	Hay plan de mantenimiento y agenda	Software de flota básico	Integrar telemática y combustible
4. Integrado	Datos de telemática, taller, combustible y neumáticos en un sistema	ERP o software de flota conectado	Indicadores y mejora continua
5. Predictivo	Las decisiones se anticipan con datos y modelos	Analítica avanzada e IA	Optimización continua del TCO

La mayoría de las pymes de transporte españolas se encuentran entre los niveles 2 y 3. El salto al nivel 4 suele ser el que más retorno ofrece, porque elimina duplicidades administrativas, cierra las vías de fraude en el combustible y hace visibles los costes por vehículo.

En Latinoamérica: En Argentina, México, Chile o Colombia la estructura de costes es similar, pero el peso relativo de las partidas cambia: el combustible y los neumáticos suelen pesar más por las condiciones de las rutas y la carga, los seguros y el robo de mercancía son una preocupación mayor y la normativa de revisión técnica (VTV o RTO en Argentina, verificación vehicular en México, revisión técnica en Chile, RTM en Colombia) tiene sus propias periodicidades. Los principios de este libro son plenamente aplicables; las periodicidades legales deben adaptarse a cada país.

1.8 Organización y responsabilidades

Una flota bien gestionada tiene claro quién decide qué. En empresas pequeñas una sola persona puede asumir varias funciones; lo importante es que cada responsabilidad tenga un titular.

Función	Responsabilidades principales	Indicadores que vigila
Gerencia	Inversión, renovación, contratos marco	TCO, coste/km, rentabilidad
Gestor de transporte	Cumplimiento legal, autorizaciones, tiempos	Vencimientos, infracciones
Jefe de tráfico	Asignación de vehículos y conductores	Disponibilidad, km en vacío
Responsable de taller	Plan de mantenimiento, órdenes, recambios	MTBF, MTTR, % correctivo
Responsable de flota/compras	Combustible, neumáticos, proveedores	Consumo, coste neumáticos/km

Función	Responsabilidades principales	Indicadores que vigila
Conductor	Inspección diaria, conducción eficiente, avisos	Puntuación de conducción, incidencias

Clave: El conductor es el primer técnico de mantenimiento, el primer controlador del combustible y el primer inspector de neumáticos de la flota. Ninguna tecnología sustituye una buena inspección diaria y una cultura en la que comunicar una anomalía se valora en lugar de penalizarse.

1.9 Cómo usar este libro

Cada parte puede leerse de forma independiente, aunque se recomienda leer primero este capítulo y el capítulo final de integración para tener la visión completa. Cada capítulo termina con una lista de comprobación que resume las acciones prácticas. Una forma eficaz de utilizarlo es:

1. Situar a la empresa en la escala de madurez del apartado 1.7.
2. Calcular los indicadores del apartado 1.5 con los datos actuales, aunque sean imperfectos.
3. Elegir el pilar con mayor brecha entre la situación actual y la referencia.
4. Aplicar las listas de comprobación de esa parte durante un trimestre y medir de nuevo.
5. Repetir el ciclo con el siguiente pilar hasta integrar los cuatro en un único sistema.

Checklist: Antes de pasar a la Parte I, compruebe que dispone de: listado actualizado de vehículos con matrícula, bastidor, fecha de matriculación y kilómetros; coste total del último año desglosado por partidas; kilómetros recorridos por vehículo; listado de conductores con sus permisos y certificados; y un responsable designado para cada una de las funciones del apartado 1.8.



PARTE I

Mantenimiento de la flota

Del taller reactivo al mantenimiento predictivo basado en datos

2

Fundamentos y estrategia del mantenimiento de flotas

El mantenimiento es, después del combustible, el conductor y la amortización, una de las grandes partidas del coste de explotación de un camión. Pero su importancia real va más allá de lo que aparece en la factura del taller: un vehículo parado no factura, una avería en ruta compromete una entrega y una incidencia mal resuelta puede convertirse en un problema de seguridad vial o en una sanción. Por eso la pregunta que debe hacerse un responsable de flota no es "cuánto gasto en mantenimiento", sino "cuánto me cuesta, en total, que el camión esté disponible y sea seguro cada día que lo necesito".

Este capítulo establece los fundamentos sobre los que se apoya el resto de la Parte I: qué tipos de mantenimiento existen y cuándo conviene cada uno, cómo se mide su coste en el marco del coste total de propiedad, qué modelo organizativo elegir (taller propio, taller externo o contrato con el fabricante) y qué indicadores permiten gobernar la función con datos y no con intuiciones.

2.1 Del taller que repara a la función que gestiona la disponibilidad

Durante décadas, en muchas empresas de transporte el mantenimiento ha sido una función reactiva: el camión llega con un problema, el taller lo arregla y el vehículo vuelve a la carretera. Este enfoque funciona razonablemente con flotas pequeñas y vehículos mecánicamente sencillos, pero deja de ser viable cuando la flota crece, los vehículos incorporan decenas de unidades de control electrónico y los márgenes del transporte se estrechan.

El enfoque moderno trata el mantenimiento como una **función de gestión de activos** cuyo objetivo es maximizar la disponibilidad útil del vehículo al menor coste total a lo largo de su vida, cumpliendo siempre los requisitos de seguridad y legales. Esto implica tres cambios de mentalidad:

- Pasar de medir el gasto del taller a medir el coste por kilómetro y la disponibilidad.
- Pasar de reaccionar ante la avería a planificar las intervenciones en ventanas que no interfieran con la explotación.
- Pasar de decisiones basadas en la experiencia del jefe de taller a decisiones basadas en datos históricos, telemática y análisis de fallos.

Clave: el mantenimiento no compite con la explotación por el camión; la sirve. Un buen plan de mantenimiento se diseña junto al departamento de tráfico, conociendo las rutas, los turnos, los picos de actividad y los días en que cada vehículo puede quedar libre.

2.2 Tipos de mantenimiento

Existen varias estrategias de mantenimiento que no son excluyentes. Una flota bien gestionada combina todas ellas en distinta proporción según el componente, su criticidad y el coste de su fallo.

Mantenimiento correctivo

Es la intervención que se realiza **después** de que se produzca el fallo. Puede ser programado (se detecta un defecto menor, como una luz de gálibo fundida, y se repara en la siguiente parada prevista) o no programado (avería que inmoviliza el vehículo). El correctivo no programado es el más caro: a la reparación se suman la grúa, el desplazamiento del mecánico, la mercancía retrasada o perdida, el vehículo de sustitución, las horas del conductor parado y, en ocasiones, penalizaciones contractuales.

El correctivo tiene sentido como estrategia deliberada ("dejar fallar") solo para componentes baratos, de fallo no crítico, fácil sustitución y sin efecto sobre la seguridad: lámparas, escobillas, algunos accesorios de cabina.

Mantenimiento preventivo sistemático

Consiste en intervenir a **intervalos fijos** de kilómetros, horas de motor o tiempo, con independencia del estado real del componente. Es la base de los planes de mantenimiento de los fabricantes: cambio de aceite cada cierto número de kilómetros, sustitución de filtros, revisión de frenos, engrase. Su ventaja es la sencillez de planificación; su inconveniente, que se sustituyen piezas que aún tenían vida útil o, al contrario, que el intervalo resulta demasiado largo para un uso severo.

Mantenimiento preventivo basado en condición

Se interviene cuando un parámetro medible indica que el componente se acerca a su límite: espesor de pastilla de freno, profundidad de dibujo del neumático, caída de presión diferencial en el filtro de partículas, calidad del aceite. Requiere medir, ya sea por inspección manual o mediante sensores. Los camiones actuales calculan internamente intervalos de cambio de aceite variables según la carga del motor, el consumo y la temperatura, lo que ya es una forma de mantenimiento basado en condición.

Mantenimiento predictivo

Va un paso más allá: a partir de la evolución de los datos (tendencias, correlaciones, modelos estadísticos o de inteligencia artificial) **anticipa cuándo va a fallar** un componente, con antelación suficiente para planificar la intervención. Por ejemplo, la tendencia de la tensión de arranque durante varias semanas permite predecir el fallo de las baterías de 24 V; la evolución de la presión de sobrealimentación y la temperatura de escape puede anticipar un problema en el turbocompresor. El Capítulo 4 desarrolla esta estrategia en detalle.

Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)

El RCM (*Reliability Centred Maintenance*) no es un tipo de intervención, sino una **metodología para decidir** qué estrategia aplicar a cada componente. Analiza, sistema por sistema, las funciones, los modos de fallo, sus efectos y consecuencias (análisis AMFE), y asigna la tarea de mantenimiento más eficaz y económica a cada modo de fallo. Su lógica básica se resume en estas preguntas:

1. ¿Qué función cumple el componente y qué nivel de prestación se espera?
2. ¿De qué maneras puede fallar?
3. ¿Qué causa cada fallo?
4. ¿Qué ocurre cuando se produce?
5. ¿Qué consecuencias tiene (seguridad, legal, operativa, económica)?
6. ¿Qué tarea permite predecirlo o prevenirlo?
7. ¿Qué hacer si no existe tarea eficaz (rediseño, redundancia, dejar fallar)?

Aplicar un RCM completo a toda la flota es costoso, pero aplicarlo a los diez o quince sistemas que concentran la mayoría de las averías en ruta suele dar un retorno rápido.

Estrategia	Cuándo se actúa	Ventaja principal	Uso recomendado
Correctivo	Tras el fallo	Sin coste previo	Componentes baratos y no críticos
Preventivo sistemático	Intervalo fijo	Planificación sencilla	Fluidos, filtros, elementos legales
Basado en condición	Al alcanzar un límite	Aprovecha la vida útil	Frenos, neumáticos, DPF
Predictivo	Antes del fallo previsto	Evita paradas en ruta	Baterías, turbo, inyección, refrigeración
RCM	Método de decisión	Asigna la mejor tarea	Sistemas críticos de la flota

Error frecuente: pensar que el predictivo sustituye al preventivo. En la práctica, el predictivo se superpone a un plan preventivo sólido; sin datos fiables de mantenimiento previo, los modelos predictivos no tienen con qué aprender.

Matriz de criticidad

Para decidir la estrategia de cada componente es útil una matriz sencilla que combine la **probabilidad** de fallo (frecuencia observada) con la **consecuencia** (seguridad, legal, inmovilización, coste). Cada eje se puntúa de 1 a 5 y el producto da un índice de criticidad de 1 a 25.

Índice de criticidad	Clasificación	Estrategia sugerida
1 a 4	Baja	Correctivo o preventivo de oportunidad
5 a 9	Media	Preventivo sistemático
10 a 16	Alta	Basado en condición o predictivo
17 a 25	Muy alta	Predictivo y análisis de causa raíz

Ejemplo: el compresor de aire de un tractor tiene una probabilidad de fallo media (3) y una consecuencia alta, porque sin aire no hay frenos y el vehículo queda inmovilizado (5). Su índice es 15: conviene vigilar su condición (tiempo de llenado de calderines, presencia de aceite en el circuito, estado del secador) en lugar de esperar a que falle.

2.3 El coste del mantenimiento dentro del TCO

Qué es el coste total de propiedad

El TCO (*Total Cost of Ownership*) suma todos los costes de un vehículo durante su vida en la empresa: adquisición o arrendamiento, financiación, seguros, impuestos, combustible o energía, neumáticos, mantenimiento y reparaciones, peajes, conductor, estructura asignada, inmovilizaciones y, restando, el valor residual. El mantenimiento suele representar entre un 6 % y un 12 % del coste total de explotación de un tractor de larga distancia, según la antigüedad, el tipo de servicio y el modelo de contratación, pero su influencia indirecta es mayor porque condiciona la disponibilidad, el consumo y el valor residual.

Coste de mantenimiento por kilómetro

El indicador económico de referencia es el **coste de mantenimiento por kilómetro**:

$\text{Coste/km} = (\text{mano de obra} + \text{recambios} + \text{lubricantes} + \text{trabajos externos} + \text{asistencia en ruta}) / \text{kilómetros recorridos en el periodo.}$

Conviene calcularlo por vehículo, por modelo y por tipo de servicio, y separar al menos tres componentes: preventivo, correctivo y neumáticos (estos últimos se tratan en una parte específica del libro, pero deben poder sumarse para tener la visión completa).

Ejemplo: un tractor de cuatro años recorre 130.000 km al año. En ese periodo ha generado 3.900 € de mano de obra propia, 4.550 € de recambios y lubricantes, 1.300 € de trabajos externos y 650 € de asistencias en ruta. Total: 10.400 €. Coste de mantenimiento: $10.400 / 130.000 = 0,080 \text{ €/km}$. Si la flota tiene 40 tractores similares, una reducción de solo un céntimo por kilómetro supone $0,01 \times 130.000 \times 40 = 52.000 \text{ €}$ al año.

La curva de coste con la edad

El coste de mantenimiento por kilómetro no es constante: es bajo los primeros años (garantía, piezas nuevas), crece de forma moderada a partir del tercer o cuarto año y se acelera cuando aparecen las grandes reparaciones (embrague, turbo, inyectores, sistema de postratamiento, revisión de la caja). Este comportamiento es la base de la decisión de renovación, que debe comparar el coste marginal de seguir con el vehículo frente al coste de sustituirlo.

Año de vida	Km acumulados	Coste mant. €/km	Disponibilidad típica
1	130.000	0,035	98 %

Año de vida	Km acumulados	Coste mant. €/km	Disponibilidad típica
2	260.000	0,045	97 %
3	390.000	0,060	96 %
4	520.000	0,080	95 %
5	650.000	0,105	93 %
6	780.000	0,130	91 %

Valores ilustrativos para un tractor de larga distancia con mantenimiento propio y fuera de garantía a partir del segundo año.

El coste oculto: la inmovilización

El coste de un día de camión parado varía mucho según el negocio, pero puede estimarse con una fórmula simple:

Coste día parado = margen de contribución perdido + coste fijo diario no absorbido + costes extraordinarios (subcontratación, vehículo de sustitución, penalizaciones).

Ejemplo: un tractor que factura 750 € al día con un margen de contribución del 30 % deja de aportar 225 €. Sus costes fijos diarios (amortización, seguro, financiación, estructura) suman 140 €. Si para cumplir el servicio hay que subcontratar a un colaborador con un sobrecoste de 180 €, el día parado cuesta $225 + 140 + 180 = 545$ €. Una avería en ruta que inmoviliza el vehículo tres días cuesta más de 1.600 € antes de pagar la reparación.

Este cálculo es esencial para justificar inversiones en mantenimiento preventivo y predictivo: muchas veces una intervención planificada de 400 € evita una inmovilización que cuesta varias veces más.

2.4 Modelos de organización del mantenimiento

La segunda gran decisión estratégica es **quién** realiza el mantenimiento. Existen tres modelos básicos y numerosas combinaciones.

Taller propio

La empresa dispone de instalaciones, herramientas, equipos de diagnóstico y mecánicos en plantilla. Es habitual en flotas a partir de 40 o 50 vehículos concentrados en una base, o en flotas con carrocerías especiales (cisternas, frigoríficos, portavehículos) que requieren conocimiento específico.

Ventajas: control directo de prioridades, disponibilidad inmediata, conocimiento profundo de los vehículos, posibilidad de trabajar en turnos de noche o fin de semana cuando los camiones están en base, y menor coste por hora a partir de cierto volumen.

Inconvenientes: inversión elevada en instalaciones (fosos o elevadores, zona de lavado, gestión de residuos), coste de los equipos de diagnóstico y sus licencias, dificultad creciente para encontrar y retener mecánicos cualificados, obligación de formación continua (electrónica, alta tensión en vehículos eléctricos) y cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos y medioambiental.

Taller externo

La empresa contrata cada intervención a talleres oficiales de marca o a talleres multimarca independientes. Es el modelo predominante en flotas pequeñas y en flotas muy dispersas geográficamente.

Ventajas: no requiere inversión, el coste es variable, se accede a equipos especializados y a la red de la marca en toda Europa.

Inconvenientes: menor control sobre los plazos, precio por hora más alto, riesgo de que el taller priorice a otros clientes, necesidad de supervisar presupuestos y facturas, y dependencia de la disponibilidad de cita.

Contrato de mantenimiento con el fabricante

Los fabricantes y sus concesionarios ofrecen contratos que van desde el mantenimiento preventivo básico hasta coberturas completas que incluyen reparaciones del tren motriz, desgaste (embrague, frenos) y asistencia. Se pagan normalmente como una cuota mensual o un importe por kilómetro, con un kilometraje anual pactado y regularización al final.

Ventajas: coste previsible y fijo por kilómetro, transferencia del riesgo de avería mayor, mantenimiento según especificaciones del fabricante (útil para el valor residual), acceso a servicios conectados y planificación de mantenimiento a distancia.

Inconvenientes: precio que incluye la prima de riesgo, exclusiones (daños, uso indebido, carrocería, equipos de terceros), penalizaciones por exceso de kilometraje, obligación de acudir a la red oficial y menor flexibilidad para usar recambios alternativos.

Criterio	Taller propio	Taller externo	Contrato fabricante
Inversión inicial	Alta	Nula	Nula
Coste previsible	Medio	Bajo	Alto
Control de plazos	Alto	Bajo	Medio
Riesgo de avería mayor	Empresa	Empresa	Fabricante
Flota idónea	Más de 40 unidades en base	Pequeña o dispersa	Nueva, en garantía, alta utilización

Modelos mixtos

La solución más habitual en flotas medianas es un modelo mixto: un pequeño taller propio para inspecciones, engrases, cambios de aceite, frenos y reparaciones rápidas, combinado con contratos de mantenimiento del fabricante para los vehículos nuevos y una red de talleres externos homologados para las intervenciones complejas o fuera de la base.

Clave: la decisión no debe ser ideológica. Calcule el coste por hora real del taller propio (salarios con cargas sociales, amortización de instalaciones y equipos, licencias de diagnosis, consumos, formación, gestión de residuos) dividido por las horas efectivamente facturables a vehículos, y compárelo con la tarifa externa y con la cuota del contrato.

Ejemplo: un taller propio con tres mecánicos tiene un coste anual de 165.000 € (salarios y cargas 126.000 €, amortización de instalaciones y equipos 18.000 €, licencias de diagnosis 6.000 €, consumibles, energía, residuos y formación 15.000 €). Si cada mecánico imputa 1.500 horas productivas al año, el coste por hora es $165.000 / 4.500 = 36,7$ €. Con una tarifa externa de 75 € por hora, el ahorro teórico es de 38,3 € por hora. Pero si la productividad real cae a 1.100 horas por mecánico, el coste sube a 50 € por hora: la productividad del taller propio es la variable crítica.

2.5 Cómo elegir y negociar un contrato de mantenimiento

Si la empresa opta por contratos con el fabricante o con un gran grupo de talleres, conviene revisar con detalle las condiciones antes de firmar, porque dos contratos con la misma cuota pueden cubrir cosas muy diferentes.

Niveles de cobertura habituales

- **Mantenimiento preventivo:** revisiones, aceites, filtros y engrases según el plan del fabricante.
- **Preventivo más tren motriz:** añade reparaciones de motor, caja de cambios, ejes y, a veces, sistema de postratamiento.
- **Cobertura completa:** añade elementos de desgaste como embrague, pastillas y discos de freno, amortiguadores o baterías de 24 V, y en ocasiones la asistencia en ruta 24 horas.

Variables que determinan la cuota

- Kilometraje anual y duración del contrato.
- Tipo de servicio: larga distancia, regional, distribución urbana, construcción.
- Peso bruto combinado habitual y topografía.
- Horas de motor al ralentí o con toma de fuerza.
- Equipamiento: retarder, caja automatizada, carrocería.
- Conexión del vehículo a los servicios telemáticos del fabricante (que suele ser obligatoria para ajustar los intervalos).

Cláusulas que hay que revisar

1. Definición exacta de qué es desgaste y qué es avería.
2. Exclusiones: daños por accidente, uso indebido, combustible contaminado, carrocería y equipos de terceros, neumáticos.
3. Regularización por exceso o defecto de kilómetros y su precio por kilómetro.
4. Compromiso de plazos de reparación o de vehículo de sustitución.
5. Cobertura geográfica de la red y de la asistencia.
6. Condiciones de cancelación anticipada y de traspaso si se vende el vehículo.
7. Acceso a los datos del vehículo y del historial de mantenimiento por parte de la empresa.

Error frecuente: firmar un contrato con un kilometraje anual inferior al real para pagar una cuota menor. La regularización final puede salir más cara y, durante la vigencia, el fabricante puede limitar ciertas coberturas por superar el uso pactado.

En Latinoamérica: en Argentina, México, Chile y Colombia los contratos de mantenimiento de marca son menos comunes que en Europa y es frecuente que las flotas medianas mantengan talleres propios por la dispersión geográfica y las distancias entre concesionarios. En países con alta inflación, como Argentina, conviene pactar cuotas indexadas a un índice objetivo o en moneda dura para evitar renegociaciones constantes.

2.6 Indicadores clave del mantenimiento

Sin indicadores no hay gestión. Los siguientes KPI son el núcleo mínimo para gobernar el mantenimiento de una flota; deben calcularse mensualmente, por vehículo y agregados por modelo, centro y tipo de servicio.

Disponibilidad

Mide el porcentaje del tiempo en que el vehículo está apto para trabajar cuando la explotación lo requiere.

$$\text{Disponibilidad} = (\text{tiempo planificado} - \text{tiempo de inmovilización por mantenimiento y averías}) / \text{tiempo planificado} \times 100.$$

Se recomienda distinguir entre inmovilización planificada (revisiones en ventana acordada) y no planificada (averías). Una flota de larga distancia bien gestionada debería superar el 95 % de disponibilidad, con menos de un 2 % atribuible a averías no planificadas.

MTBF: tiempo medio entre fallos

El MTBF (*Mean Time Between Failures*) indica cuánto tiempo, o cuántos kilómetros, transcurren de media entre dos fallos que provocan una intervención correctiva no planificada.

$$\text{MTBF} = \text{tiempo (o km) de funcionamiento} / \text{número de fallos}.$$

En transporte por carretera es más útil expresarlo en kilómetros (MKBF, kilómetros medios entre fallos), porque el uso varía mucho entre vehículos.

MTTR: tiempo medio de reparación

El MTTR (*Mean Time To Repair*) mide la duración media de una intervención correctiva, desde que el vehículo queda parado hasta que vuelve a estar disponible. Incluye diagnóstico, espera de recambios y reparación. Es un indicador directo de la eficacia del taller y de la logística de recambios.

MTTR = suma de tiempos de inmovilización por correctivo / número de intervenciones correctivas.

Relación entre MTBF, MTTR y disponibilidad

La disponibilidad intrínseca puede aproximarse como $MTBF / (MTBF + MTTR)$. La fórmula muestra que hay dos palancas: fallar menos (subir el MTBF) y reparar más rápido (bajar el MTTR).

Ejemplo: una flota de 50 tractores trabaja 22 días al mes, 12 horas al día: $50 \times 22 \times 12 = 13.200$ horas planificadas. En el mes se registran 30 fallos con un total de 480 horas de inmovilización, y las revisiones planificadas suman otras 180 horas. Disponibilidad = $(13.200 - 480 - 180) / 13.200 = 95,0 \%$. MTBF = $(13.200 - 660) / 30 = 418$ horas. MTTR = $480 / 30 = 16$ horas. Si el taller reduce el MTTR a 10 horas por mejor gestión de recambios, la inmovilización por averías baja a 300 horas y la disponibilidad sube al 96,4 %, equivalente a tener casi un tractor más en servicio.

Coste de mantenimiento por kilómetro

Definido en la sección 2.3. Debe compararse con un objetivo por tipo de vehículo y edad, no con la media de la flota, porque la mezcla de edades distorsiona la comparación.

Cumplimiento del plan preventivo

Mide qué porcentaje de las intervenciones preventivas programadas se ha realizado dentro de su tolerancia (por ejemplo, $\pm 10 \%$ del intervalo de kilómetros o ± 15 días).

Cumplimiento = $\text{intervenciones preventivas realizadas en plazo} / \text{intervenciones preventivas programadas} \times 100$.

El objetivo debe estar por encima del 90 %, y en elementos de seguridad y legales (frenos, tacógrafo, ITV, revisión ATP) debe ser del 100 %.

Porcentaje de correctivo

Proporción de horas de taller (o de coste) dedicadas a correctivo no planificado frente al total.

$\% \text{ correctivo} = \text{horas de correctivo no planificado} / \text{horas totales de mantenimiento} \times 100$.

Es el mejor termómetro de la madurez del mantenimiento. Una flota reactiva puede superar el 50 %; una flota madura se sitúa entre el 15 % y el 25 %.

Otros indicadores útiles

- **Averías en ruta por cada 100.000 km:** mide el impacto en el servicio.
- **Repeticiones:** porcentaje de vehículos que vuelven al taller por el mismo problema en menos de 30 días; indica la calidad del diagnóstico.
- **Tiempo de espera de recambios:** parte del MTTR imputable a la logística.
- **Coste por intervención y por hora de mecánico productiva.**
- **Productividad del taller:** horas imputadas a órdenes de trabajo / horas presenciales.

Indicador	Fórmula resumida	Objetivo orientativo	Frecuencia
Disponibilidad	(Planificado – parado) / planificado	Más del 95 %	Mensual
MKBF	Km / n° fallos	Creciente	Mensual
MTTR	Horas parado / n° correctivos	Menos de 12 h	Mensual
Coste/km	Coste total / km	Según edad y tipo	Mensual
Cumplimiento plan	Realizadas / programadas	Más del 90 %	Semanal
% correctivo	Horas correctivo / total	Menos del 25 %	Mensual

Clave: un indicador solo es útil si alguien lo revisa y actúa. Establezca una reunión mensual de 30 minutos entre tráfico y mantenimiento con cuatro cifras en pantalla: disponibilidad, coste/km, cumplimiento del plan y averías en ruta, más la lista de los cinco vehículos con peor comportamiento.

2.7 De la estrategia al plan: hoja de ruta en seis pasos

Para una flota que parte de un modelo mayoritariamente reactivo, la transición a un mantenimiento planificado y basado en datos puede abordarse en seis pasos, en un horizonte de 12 a 24 meses.

1. **Inventario y codificación:** dar de alta todos los vehículos, semirremolques y equipos con su ficha técnica, configuración, kilometraje y fecha de matriculación, y adoptar una codificación de sistemas y averías común.
2. **Registro sistemático:** toda intervención, propia o externa, debe tener una orden de trabajo con vehículo, kilómetros, sistema, causa, tiempos, piezas y coste. Sin esto no hay indicadores.
3. **Plan preventivo base:** implantar el plan del fabricante adaptado al uso real, con avisos automáticos por kilómetros, horas y fechas (Capítulo 3).
4. **Indicadores y análisis de Pareto:** identificar los sistemas y vehículos que concentran el 80 % de las averías y los costes.
5. **Análisis de causa raíz y RCM selectivo:** para los modos de fallo más frecuentes o costosos, decidir la estrategia óptima.
6. **Conectividad y predictivo:** integrar los datos telemáticos y de diagnóstico remoto para pasar a mantenimiento basado en condición y predictivo en los sistemas críticos (Capítulo 4).

Ejemplo: una empresa con 60 vehículos analiza las 420 órdenes correctivas del último año. Cinco sistemas concentran el 71 % del coste: postratamiento (DPF, SCR y sensores NOx), sistema neumático y frenos, eléctrico de 24 V, refrigeración y embrague. Decide concentrar en ellos los primeros esfuerzos: limpieza preventiva del DPF según contrapresión, sustitución del cartucho secador cada año, test de baterías trimestral, análisis del refrigerante en cada revisión y seguimiento del desgaste del embrague mediante los datos de la caja automatizada.

2.8 Seguridad, cumplimiento legal y responsabilidad

El mantenimiento tiene una dimensión legal que no admite atajos. El titular del vehículo es responsable de que circule en condiciones técnicas adecuadas, y la normativa europea y nacional establece obligaciones periódicas de inspección técnica, de revisión del tacógrafo y, en el caso de los vehículos de temperatura controlada, de certificación ATP. Además, la normativa de prevención de riesgos laborales exige que el taller propio disponga de procedimientos seguros, equipos de protección y formación específica, especialmente en trabajos con alta tensión, gases refrigerantes, elevación de cargas y fosos.

La documentación de mantenimiento cumple también una función probatoria: ante un accidente, la empresa debe poder demostrar que el vehículo se mantenía según un plan, que los defectos comunicados por el conductor se atendieron y que las reparaciones se hicieron correctamente. Un historial completo y trazable es la mejor defensa.

Clave: trate como "parada obligatoria" cualquier defecto que afecte a frenos, dirección, neumáticos, alumbrado y señalización, enganche o sujeción de la carga. El vehículo no sale hasta que el defecto está corregido y registrado.

Checklist: - ¿Tiene clasificados sus componentes críticos y asignada una estrategia de mantenimiento a cada uno? - ¿Calcula el coste de mantenimiento por kilómetro por vehículo, separando preventivo, correctivo y neumáticos? - ¿Conoce el coste real de un día de inmovilización de cada tipo de vehículo? - ¿Ha calculado el coste por hora productiva de su taller propio y lo compara con la tarifa externa? - ¿Revisa las coberturas, exclusiones y regularización de km de sus contratos de mantenimiento? - ¿Mide mensualmente disponibilidad, MKBF, MTTR, cumplimiento del plan y porcentaje de correctivo? - ¿Existe una reunión periódica entre tráfico y mantenimiento con indicadores y acciones? - ¿Toda intervención, propia o externa, genera una orden de trabajo con causa, tiempos y coste? - ¿Ha identificado mediante Pareto los sistemas que concentran la mayoría de averías y costes? - ¿Se paralizan de inmediato los vehículos con defectos de seguridad comunicados por el conductor?

3

Plan de mantenimiento preventivo del camión y el semirremolque

El plan de mantenimiento preventivo es el documento operativo que traduce la estrategia del capítulo anterior en tareas concretas, con su frecuencia, su responsable y su tiempo estimado. Un buen plan parte de las especificaciones del fabricante, las adapta al uso real del vehículo y las organiza en paquetes de trabajo que puedan ejecutarse en ventanas compatibles con la explotación.

Este capítulo recorre los sistemas del vehículo tractor y del semirremolque, ofrece intervalos orientativos y criterios de inspección, y termina con la programación por ventanas y una tabla tipo de plan que puede cargarse en cualquier software de gestión de flotas.

Clave: los intervalos que aparecen en este capítulo son **orientativos** y sirven para entender órdenes de magnitud. El intervalo válido para cada vehículo es el que fija su fabricante para su configuración y su tipo de uso, o el que calcula el propio vehículo mediante su sistema de intervalo variable. En garantía o con contrato de mantenimiento, separarse del plan oficial puede suponer la pérdida de coberturas.

3.1 Bases del plan: uso, severidad y unidades de medida

Clasificación del uso

Los fabricantes distinguen varias condiciones de servicio que modifican los intervalos. Aunque cada marca las denomina de forma distinta, se pueden agrupar así:

- **Larga distancia:** autopistas y autovías, velocidad estable, pocas paradas, más de 100.000 km al año. Es la condición más favorable para el motor y los aceites.
- **Regional o mixto:** combinación de carretera convencional y autovía, cargas variables, entre 60.000 y 100.000 km al año.
- **Distribución urbana:** muchas paradas y arranques, ralenti prolongado, bajas velocidades, kilometraje anual menor pero desgaste alto de frenos y embrague.
- **Construcción y servicio severo:** obras, pistas, polvo, pendientes, cargas máximas, uso de toma de fuerza, temperaturas extremas.

Un mismo modelo de camión puede tener un intervalo de cambio de aceite dos o tres veces más largo en larga distancia que en construcción.

Las tres unidades de medida

Cada tarea del plan debe tener uno o varios disparadores, y se ejecuta cuando se alcanza **el primero** de ellos:

- **Kilómetros:** la referencia habitual para motor, transmisión y frenos en vehículos de carretera.
- **Horas de funcionamiento:** imprescindible en vehículos con mucho ralenti o toma de fuerza (hormigoneras, grúas, recolectores de residuos) y en los equipos frigoríficos, que trabajan con independencia del movimiento del vehículo.
- **Tiempo:** para elementos que envejecen aunque no se usen (refrigerante, líquido de frenos, cartucho secador, extintores) y para las obligaciones legales (ITV, tacógrafo, ATP).

Ejemplo: un tractor de distribución regional recorre 70.000 km al año y su plan indica cambio de aceite cada 60.000 km o cada 12 meses. El primer disparador que se alcanza es el de 12 meses (a los 70.000 km anuales llega a 60.000 km en algo más de 10 meses, por lo que en este caso manda el kilometraje). Si el mismo vehículo pasara a recorrer 40.000 km al año, mandaría el disparador temporal.

Tolerancias

El plan debe definir una tolerancia razonable para cada tarea, por ejemplo $\pm 10\%$ del intervalo de kilómetros o ± 2 semanas en las tareas temporales. Esto permite agrupar intervenciones y adaptarlas a la disponibilidad del vehículo sin incumplir el plan. Las tareas legales no admiten tolerancia hacia arriba.

3.2 Motor y lubricación

Aceites de larga duración

Los motores diésel pesados actuales Euro VI utilizan aceites de baja viscosidad y bajo contenido en cenizas (en terminología técnica, bajo SAPS: sulfatos, fósforo y azufre) para proteger el filtro de partículas y el catalizador. Las especificaciones más extendidas son las de la asociación europea ACEA (familias E6, E8 y E11, y las más recientes de baja viscosidad) y las homologaciones propias de cada fabricante. Las viscosidades 10W-30, 10W-40, 5W-30 y, cada vez más, 5W-20 o equivalentes de baja fricción son habituales para reducir el consumo de combustible.

Con estos aceites y en condiciones de larga distancia, los intervalos de cambio pueden alcanzar entre 100.000 y 150.000 km en algunos modelos, siempre que se use el aceite homologado por el fabricante y el vehículo calcule el intervalo de forma variable. En servicio regional los intervalos se sitúan con frecuencia entre 60.000 y 90.000 km, y en servicio severo pueden bajar a 30.000 o 45.000 km, o a un número de horas de motor.

Error frecuente: utilizar un aceite "equivalente" sin homologación del fabricante para ahorrar unos euros por litro. Además del riesgo de perder la garantía, un aceite con más cenizas acelera la colmatación del DPF, cuya limpieza o sustitución cuesta muchísimo más que la diferencia de precio del lubricante.

Filtros

- **Filtro de aceite:** se sustituye con cada cambio de aceite.
- **Filtros de combustible (prefiltro con separador de agua y filtro principal):** suelen cambiarse con el aceite o cada dos cambios, según fabricante. Los combustibles de calidad dudosa o con biodiésel en alta proporción obligan a acortar el intervalo. El drenaje del separador de agua forma parte de las inspecciones periódicas.
- **Filtro de aire:** en larga distancia puede durar uno o dos años o varios cientos de miles de kilómetros, pero se gobierna por el indicador de restricción. En obra o ambientes con polvo debe inspeccionarse con mucha más frecuencia. Nunca se limpia con aire a presión desde dentro.
- **Filtro de ventilación del cárter:** en motores con sistema cerrado de ventilación, intervalo largo según fabricante.
- **Filtro de AdBlue:** cartucho en la bomba de dosificación, normalmente con un intervalo anual o de varios cientos de miles de kilómetros.

Holguras de válvulas, correas y otros elementos

El reglaje de válvulas se realiza a intervalos largos (el primero puede ser a los primeros cientos de miles de kilómetros y los siguientes de forma periódica según fabricante) y suele incluir el freno motor de válvulas. Las correas de accesorios y sus tensores se inspeccionan en cada revisión y se sustituyen según estado o a intervalos de entre dos y cuatro años. Los soportes del motor, las fugas y el estado de los manguitos de sobrealimentación se revisan visualmente en cada revisión.

Turbocompresor y sobrealimentación

El turbo no tiene un intervalo de sustitución, pero sí puntos de control: holgura del eje, fugas de aceite en el lado de admisión o escape, estado del intercooler y estanqueidad del circuito de aire de sobrealimentación. Una pérdida de presión en el circuito de admisión se traduce en mayor consumo y más hollín en el DPF.

3.3 Postratamiento de gases: AdBlue, SCR y DPF

El sistema de postratamiento de un camión Euro VI incluye habitualmente un catalizador de oxidación (DOC), un filtro de partículas (DPF), un sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) con inyección de AdBlue y un catalizador de amoníaco. Es uno de los sistemas que más averías y costes genera en vehículos de cierta antigüedad, por lo que merece una atención específica.

AdBlue

- Usar únicamente AdBlue conforme a la norma ISO 22241. La contaminación, incluso pequeña, daña el catalizador y la bomba.
- Almacenar el AdBlue de la base en depósitos limpios, protegidos de la luz solar y de temperaturas extremas, con rotación de existencias.
- Sustituir el filtro de la bomba de AdBlue según el plan.
- Inspeccionar la cristalización en el inyector y las conducciones.
- Vigilar el consumo de AdBlue respecto al de gasóleo: en motores Euro VI ronda habitualmente entre el 3 % y el 7 % del consumo de combustible según el motor. Un consumo anormalmente bajo puede indicar un problema de dosificación; uno alto, un sensor NOx defectuoso o una avería del motor.

Filtro de partículas

El DPF acumula hollín que se quema en regeneraciones pasivas (durante la marcha) o activas (el sistema eleva la temperatura de escape). Con el tiempo acumula también cenizas procedentes del aceite, que no se queman y obligan a limpiar o sustituir el filtro. Los intervalos de limpieza de cenizas varían enormemente: en larga distancia pueden superar varios cientos de miles de kilómetros, mientras que en distribución urbana pueden reducirse a menos de la mitad.

Criterios de mantenimiento basado en condición:

- Contrapresión de escape y presión diferencial del DPF registradas por el vehículo.
- Frecuencia de regeneraciones activas y forzadas.
- Consumo de aceite del motor (más consumo, más cenizas).
- Avisos del sistema de diagnóstico de a bordo.

Ejemplo: una flota de distribución observa que un camión hace regeneraciones activas cada 250 km, frente a una media de 600 km en los demás vehículos del mismo modelo. La inspección revela un inyector con goteo que aumenta la generación de hollín. Corregir el inyector cuesta unos 600 €; no hacerlo podía obligar a sustituir un DPF dañado por sobrecalentamiento, cuyo coste supera varios miles de euros.

Error frecuente: anular o manipular el sistema de postratamiento. Además de ser ilegal y sancionable, se detecta en la ITV y en controles en carretera, y los dispositivos de manipulación provocan averías en cadena en otros sistemas.

Sensores NOx, temperatura y presión

Los sensores NOx tienen una vida limitada y su fallo es una de las causas más frecuentes de limitación de par del motor. Conviene llevar estadística de su duración por modelo y tener existencias en almacén si la flota es homogénea.

3.4 Frenos y sistema neumático

El sistema de frenos es el más crítico desde el punto de vista de la seguridad. En camiones y semirremolques modernos se gestiona electrónicamente mediante el EBS (*Electronic Braking System*), que integra el antibloqueo, el control de estabilidad, la distribución de frenada entre ejes y la comunicación con el semirremolque.

Frenos de disco

La mayoría de los tractores y semirremolques europeos actuales montan frenos de disco neumáticos. Su mantenimiento incluye:

- **Medición del espesor de pastillas y estado de los discos** (grietas, escalones, espesor mínimo). Muchos vehículos informan electrónicamente del desgaste de pastillas, lo que permite planificar la sustitución.
- **Comprobación del recorrido y libre movimiento de las pinzas y de las guías, y estado de los guardapolvos.** Una pinza agarrotada provoca desgaste irregular y sobrecalentamiento.
- **Verificación del sistema de ajuste automático.**

La duración de las pastillas depende muchísimo del uso del freno motor y del retarder: en larga distancia con buen uso de los frenos auxiliares pueden durar varios cientos de miles de kilómetros, mientras que en distribución urbana se reducen mucho.

Frenos de tambor

Todavía presentes en algunos semirremolques, vehículos de obra y flotas latinoamericanas. Requieren control del espesor de forros, estado de tambores, levas, rodillos y regulación de las palancas de ajuste (manuales o automáticas), y engrase de los ejes de leva.

Sistema neumático

- **Secador de aire:** el cartucho desecante se sustituye normalmente cada año o según el fabricante; en climas húmedos o con compresor con consumo de aceite, con más frecuencia. La presencia de agua en los calderines indica un secador agotado.
- **Purga de calderines:** en vehículos con secador eficaz la purga es una comprobación, no una rutina diaria, pero si aparece agua o aceite hay que actuar.
- **Compresor:** controlar el tiempo de llenado del circuito, la presencia de aceite y la temperatura.
- **Fugas:** prueba de estanqueidad del circuito con el motor parado.
- **Válvulas y cámaras de freno:** inspección visual, funcionamiento del freno de estacionamiento y de los cilindros de muelle.

Prueba de eficacia

Además de la ITV, es recomendable comprobar la eficacia de frenado en frenómetro de rodillos en el taller propio o en uno externo una o dos veces al año, y siempre tras una reparación de frenos. La lectura de los datos del EBS (diagnóstico) aporta información sobre la armonización entre tractor y semirremolque, un aspecto frecuentemente descuidado que provoca desgastes desiguales.

Clave: la armonización (*coupling force control*) entre tractora y semirremolque es esencial cuando se combinan vehículos de distintas marcas. Una mala compatibilidad hace que uno de los dos frene más que el otro, con un desgaste prematuro de pastillas y riesgo de inestabilidad.

3.5 Transmisión: embrague, caja automatizada, ejes

Embrague

En las cajas automatizadas actuales el embrague lo gestiona la electrónica y su vida útil es mucho más larga que en las antiguas cajas manuales. El vehículo suele calcular el desgaste del disco y su porcentaje de vida restante, lo que permite planificar la sustitución. Las maniobras a baja velocidad con carga, los arranques en pendiente y el uso incorrecto de los modos de maniobra aceleran el desgaste.

Caja de cambios automatizada

- Cambio de aceite a intervalos largos, a menudo entre 300.000 y 450.000 km o varios años en larga distancia con aceites sintéticos, más cortos en servicio severo.
- Lectura periódica de los códigos de avería y de los parámetros de adaptación.
- Comprobación de la alimentación neumática de la caja (calidad del aire: el agua y el aceite dañan los actuadores).
- Recalibrado del embrague tras su sustitución.

Retarder

Los retarders hidráulicos tienen su propio aceite o comparten el de la caja, según diseño. Sus intervalos se definen por el fabricante; un retarder en buen estado reduce mucho el desgaste de los frenos de servicio.

Ejes motrices y cardán

- Cambio de aceite del diferencial a intervalos largos según especificación.
- Inspección de fugas en retenes de piñón y de cubos.
- Holgura y engrase de crucetas y estriados del cardán.
- Respiraderos de ejes limpios para evitar sobrepresión y fugas.

3.6 Sistema de refrigeración

El circuito de refrigeración de un motor pesado y, en su caso, del retarder, debe estar en perfecto estado porque los sobrecalentamientos tienen consecuencias graves (culata, juntas, turbo).

- **Refrigerante:** se utilizan refrigerantes de larga duración, con intervalos de sustitución que pueden alcanzar entre dos y seis años o varios cientos de miles de kilómetros según el fabricante y el tipo de producto. Lo crítico es no mezclar tecnologías distintas y mantener la concentración adecuada (protección anticongelante y anticorrosiva).

- **Análisis del refrigerante:** con tiras reactivas o refractómetro en cada revisión se controla la protección y la acidez. El análisis en laboratorio detecta contaminación por aceite o gases de combustión.
- **Radiador e intercooler:** limpieza exterior, especialmente en vehículos de obra o agrícolas.
- **Ventilador viscoso o electromagnético:** comprobación de acoplamiento.
- **Manguitos, abrazaderas y termostato:** inspección visual y pruebas de presión del circuito.
- **Bomba de agua:** detección de fugas por el orificio testigo.

3.7 Sistema eléctrico de 24 V

Las averías eléctricas han crecido en peso conforme aumenta la electrónica a bordo, y la batería es una de las principales causas de asistencias en ruta, sobre todo en invierno.

- **Baterías:** test con comprobador electrónico (estado de carga y de salud) en cada revisión, y como mínimo antes del invierno. Limpieza y engrase de bornes. Vigilancia de los consumos en reposo, que han aumentado con los equipos telemáticos, frigoríficos, calefactores y climatizadores de estacionamiento. Muchas flotas sustituyen preventivamente las baterías a los tres o cuatro años en vez de esperar a su fallo.
- **Alternador y motor de arranque:** comprobación de la tensión de carga y de la caída de tensión en el arranque.
- **Masa y conexiones:** corrosión de las conexiones de masa, conectores del semirremolque (ISO 7638 para el EBS y conectores de alumbrado de 7 y 15 polos).
- **Alumbrado y señalización:** todas las luces, catadióptricos y señalización de contorno.
- **Diagnóstico:** lectura de códigos de todas las unidades de control en cada revisión, con registro de los activos e inactivos.

Ejemplo: una flota de 80 tractores registra 34 asistencias por fallo de baterías en un invierno, con un coste medio por asistencia de 280 € más tres horas de vehículo parado. Implanta un test de baterías trimestral y sustituye las que muestran un estado de salud bajo. Al invierno siguiente las asistencias bajan a 9. El ahorro directo en asistencias ($25 \times 280 = 7.000$ €) supera el coste de las baterías adelantadas.

3.8 Dirección, suspensión y ejes del vehículo tractor

- **Dirección:** holguras en rótulas, barra de dirección y pivotes; nivel y estado del aceite de la servodirección; estado del filtro hidráulico; fugas en la caja de dirección. En vehículos con dirección asistida eléctrica o electrohidráulica, lectura de los códigos de avería.
- **Alineación:** controlar la geometría de ejes una vez al año o cuando el desgaste de los neumáticos indique desviaciones. Una mala alineación aumenta el consumo y el desgaste.
- **Suspensión neumática:** estado de los fuelles (grietas, rozaduras), fugas de aire, válvulas de nivelación, sensores de altura y amortiguadores.
- **Ballestas (ejes delanteros y vehículos de obra):** hojas rotas, abrazaderas, silentblocks.

- **Rodamientos de rueda:** en ejes con cubos de mantenimiento reducido, comprobación de holgura y ruido; en ejes con rodamientos convencionales, reengrase según intervalo.
- **Engrase:** los puntos de engrase (pivotes, crucetas, levas de freno, quinta rueda) deben tener un intervalo definido. Algunos vehículos disponen de engrase centralizado automático, cuyo depósito y funcionamiento deben verificarse.

3.9 Cabina, carrocería y equipos auxiliares

Cabina

- Basculamiento de cabina: bomba, cilindro, cierres y seguros.
- Climatización: estado del filtro de habitáculo, carga de gas y funcionamiento del compresor. El mantenimiento de equipos con gases fluorados debe hacerlo personal certificado.
- Calefacción y climatizador de estacionamiento: revisión anual antes de la temporada de uso.
- Cinturones, asientos, espejos, cámaras y sistemas de visión indirecta, limpiaparabrisas, lavaparabrisas.
- Sistemas de asistencia a la conducción: frenado de emergencia, aviso de cambio de carril, control de crucero adaptativo. Tras sustituir el parabrisas o reparar el frontal, hay que recalibrar cámaras y radares.

Carrocería y equipos

Cada carrocería tiene su propio plan, que debe integrarse en el plan del vehículo:

- **Lonas y cortinas:** tensores, correas, carriles, techo corredizo.
- **Cajas cerradas y frigoríficas:** puertas, bisagras, juntas de estanqueidad (fundamentales para la eficiencia térmica), suelo.
- **Plataformas elevadoras traseras:** inspección del sistema hidráulico, estructura y elementos de seguridad, además de las revisiones que exija la normativa de seguridad de equipos de trabajo.
- **Grúas autocargantes:** revisión periódica por empresa autorizada según normativa de aparatos de elevación, más inspección diaria por el operador.
- **Cisternas:** válvulas, bocas de hombre, equipos de descarga y, en mercancías peligrosas, las inspecciones periódicas que fija el ADR.
- **Tomas de fuerza e hidráulica:** nivel y filtro de aceite, fugas, latiguillos.

3.10 Equipos frigoríficos y certificación ATP

Los vehículos de transporte de mercancías perecederas a temperatura controlada están sujetos al Acuerdo ATP, que regula la clasificación de las cajas isotermales y de los equipos frigoríficos. En España, el certificado de conformidad inicial de un vehículo nuevo tiene una validez de hasta seis años, y después se renueva mediante inspecciones periódicas que normalmente se realizan cada tres años. La pérdida de capacidad aislante de la caja y el mal estado del equipo frigorífico son motivo de no renovación.

El equipo frigorífico tiene su propio plan de mantenimiento, generalmente por **horas de funcionamiento** del grupo (motor diésel propio o accionamiento eléctrico):

- Cambio de aceite y filtros del motor del grupo, a intervalos de entre 1.500 y 3.000 horas según el modelo y el aceite.
- Correas, filtros de aire y de combustible del grupo.
- Limpieza de condensador y evaporador, desagües de desescarche.
- Control de carga de refrigerante y estanqueidad, por personal certificado en gases fluorados.
- Calibración del registrador de temperatura, que en el transporte de alimentos ultracongelados es obligatorio y debe cumplir la normativa europea sobre registradores.
- Verificación de alarmas y del funcionamiento de la telemática del equipo.

Ejemplo: un semirremolque frigorífico de larga distancia funciona con el grupo encendido unas 3.500 horas al año. Con un intervalo de mantenimiento de 2.000 horas, necesita dos revisiones al año que deben coordinarse con las ventanas del tractor, ya que el semirremolque suele circular con distintas tractoras.

En Latinoamérica: el Acuerdo ATP no es de aplicación general fuera de los países firmantes. En México la cadena de frío se rige por normas oficiales mexicanas sanitarias, en Argentina por la normativa del SENASA y del Código Alimentario, y en Chile y Colombia por reglamentos sanitarios propios. Muchos operadores de exportación adoptan voluntariamente criterios equivalentes al ATP y registradores de temperatura auditables para cumplir las exigencias de sus clientes.

3.11 Semirremolque: ejes, suspensión, quinta rueda y enganches

El semirremolque suele ser el gran olvidado del plan de mantenimiento: no tiene motor que avise, circula con distintos tractores y a menudo ningún conductor se siente responsable de él. Sin embargo, una parte relevante de las averías en ruta y de los defectos en ITV procede del semirremolque.

Ejes y rodamientos

Los ejes actuales de semirremolque suelen montar cubos con rodamientos compactos de mantenimiento reducido, con garantías de varios años o cientos de miles de kilómetros si se cumplen las condiciones del fabricante del eje. Aun así, requieren:

- Comprobación periódica de la holgura del cubo y ruidos.
- Verificación del par de apriete de las tuercas de rueda tras cualquier montaje y a los primeros kilómetros posteriores.
- Inspección del estado de los frenos, de forma similar a la del vehículo tractor.
- Control de los ejes elevables y autodireccionales, su bloqueo y su mando.

Suspensión neumática

- Estado de fuelles, soportes, brazos y bujes de articulación.
- Válvulas de nivelación y sistema de control de altura.
- Amortiguadores.
- Apriete de los abarcones o fijaciones de eje según el par prescrito.

Sistema de frenos del semirremolque

- Módulo EBS del semirremolque y su diagnóstico (lectura de códigos y del kilometraje registrado, que también sirve como cuentakilómetros del semirremolque).
- Conexiones neumáticas (cabezas de acoplamiento roja y amarilla), filtros de línea y juntas.
- Calderín y purga.
- Freno de estacionamiento y válvula de maniobra.

Quinta rueda y pivote de enganche

La quinta rueda del tractor y el pivote (*king pin*) del semirremolque transmiten todos los esfuerzos de tracción y frenado. Su desgaste es progresivo y su fallo, catastrófico.

- Engrase de la placa de la quinta rueda según intervalo del fabricante (salvo modelos de bajo mantenimiento con placas autolubricadas), y del mecanismo de cierre.
- Comprobación del desgaste y holgura del cierre con galgas o útiles de control.
- Estado de los soportes y de la fijación al chasis.
- Medición del diámetro del pivote: si el desgaste supera el límite del fabricante, debe sustituirse.
- Indicadores de cierre correcto (mecánicos o electrónicos) operativos.

Patas de apoyo, chasis y otros

- Patas de apoyo: funcionamiento, engrase de la caja reductora, estado de los pies.
- Chasis: fisuras en soldaduras, estado de travesaños, protecciones laterales y trasera (antiempotramiento).
- Alumbrado y señalización: luces de gálibo, laterales, de posición, marcado reflectante de contorno.
- Placa de identificación y placa de taras visibles.
- Guardabarros y faldillas antiproyección.

Clave: asigne al semirremolque una ficha propia en el sistema de gestión, con su plan, su kilometraje (obtenido del módulo EBS o de la telemática del remolque) y su historial. No dependa de que el conductor recuerde cuándo se engrasó por última vez.

3.12 Inspecciones diarias y periódicas del conductor

El conductor es el primer técnico de mantenimiento de la flota. Su inspección antes de iniciar el servicio detecta la mayoría de los defectos visibles y, además, forma parte de su responsabilidad legal sobre el estado del vehículo que conduce.

Inspección diaria antes de salir

El procedimiento debe ser breve (entre 10 y 15 minutos), sistemático y documentado. El orden recomendado es una vuelta completa al vehículo:

1. Fugas visibles bajo el vehículo (aceite, refrigerante, combustible, AdBlue).
2. Niveles: aceite de motor (si el vehículo no lo indica electrónicamente), refrigerante, lavaparabrisas, AdBlue y combustible.
3. Neumáticos: estado general, cortes, deformaciones, presión aparente o lectura del sistema de control de presión, tuercas de rueda (indicadores de apriete si los hay).
4. Alumbrado y señalización: todas las luces del tractor y del semirremolque.
5. Enganche: cierre de la quinta rueda, conexiones neumáticas y eléctricas, patas de apoyo recogidas.
6. Carrocería y carga: puertas, lonas, cierres, sujeción.
7. En cabina: testigos de avería en el cuadro, presión de aire, freno de estacionamiento, dirección, bocina, limpiaparabrisas, espejos y cámaras.
8. Documentación y equipamiento obligatorio: tacógrafo operativo, triángulos o señal V-16 según proceda, chaleco, extintor cuando sea exigible.

Comunicación de defectos

La inspección solo es útil si los defectos se comunican y se gestionan. Lo ideal es que el conductor registre la inspección en una aplicación móvil o en la tableta del vehículo, con fotografías de los defectos, y que cada defecto genere automáticamente una solicitud de trabajo en el sistema de mantenimiento, clasificada según su gravedad:

- **Crítico:** afecta a la seguridad; el vehículo no sale.
- **Importante:** debe repararse en la próxima parada en base o en un plazo corto.
- **Menor:** se agrupa con la siguiente intervención programada.

Error frecuente: que el conductor comunique un defecto repetidamente y nadie responda. A la tercera vez, deja de comunicarlo. Cada defecto comunicado debe tener una respuesta visible: reparado, programado con fecha o descartado con motivo.

Checklist: inspección diaria del conductor (resumen para la cabina) - Sin fugas bajo el vehículo. - Niveles correctos y sin testigos de avería en el cuadro. - Neumáticos sin daños visibles y con presión correcta. - Tuercas de rueda en su sitio y sin marcas de óxido alrededor. - Todas las luces del conjunto funcionan. - Quinta rueda cerrada y asegurada, conexiones acopladas. - Presión de aire correcta y frenos operativos. - Espejos, cámaras y limpiaparabrisas en buen estado. - Carga y carrocería aseguradas. - Defectos registrados en la aplicación con fotografía.

3.13 Obligaciones periódicas legales

Junto al mantenimiento técnico, el plan debe incluir los vencimientos legales relacionados con el estado del vehículo, que se tratan en profundidad en la parte del libro dedicada a vencimientos:

- **ITV:** en España, los camiones y semirremolques de más de 3,5 toneladas pasan inspección anual durante los diez primeros años y semestral a partir de entonces.
- **Tacógrafo:** revisión periódica por taller autorizado al menos cada dos años, además de tras cualquier reparación que le afecte o cambio de neumáticos que altere la circunferencia de rodadura.
- **ATP:** renovaciones de la certificación de los vehículos de temperatura controlada.
- **ADR:** inspecciones y certificados de los vehículos y cisternas de mercancías peligrosas.
- **Limitador de velocidad:** se verifica en la ITV y en la revisión del tacógrafo.
- **Equipos de elevación:** revisiones periódicas de grúas y plataformas según su normativa.

Clave: haga coincidir, siempre que sea posible, la revisión preventiva más completa con la semana previa a la ITV. El taller detecta y corrige los defectos antes de la inspección y se evita una segunda visita por defecto grave.

3.14 Programación por ventanas

Paquetes de mantenimiento

En lugar de programar cada tarea por separado, el plan agrupa las tareas en **paquetes** de distinto alcance que se ejecutan en una misma intervención. Una estructura habitual es:

- **Paquete A (inspección básica):** engrase, revisión visual de frenos, neumáticos, luces, fugas, niveles, lectura de códigos de avería. Entre 1 y 2 horas.
- **Paquete B (revisión de servicio):** paquete A más cambio de aceite de motor y filtros, test de baterías, control del refrigerante, revisión detallada de frenos. Entre 3 y 5 horas.
- **Paquete C (revisión anual):** paquete B más secador de aire, filtro de habitáculo, filtros de combustible, revisión completa de suspensión y dirección, reglaje de válvulas si procede, prueba de frenos en frenómetro, preparación de ITV. Entre 6 y 10 horas.
- **Paquete D (grandes intervalos):** aceite de caja y ejes, refrigerante, limpieza de DPF, sustituciones de larga duración. Una o dos jornadas.

Ventanas de disponibilidad

La ventana es el periodo en el que el vehículo puede estar en el taller sin afectar al servicio: noches, fines de semana, días de baja actividad, o el tiempo de carga y descarga cuando el taller está en la misma instalación. La programación por ventanas exige:

1. Conocer con dos o tres semanas de antelación qué vehículos alcanzan cada paquete (proyección de kilómetros según la media diaria).
2. Acordar con tráfico la ventana concreta para cada vehículo.
3. Preparar los recambios y la mano de obra antes de la llegada del vehículo (kit de revisión preparado).
4. Ejecutar y cerrar la orden de trabajo antes del final de la ventana.

Ejemplo: un tractor recorre de media 520 km al día, cinco días a la semana. Lleva 52.400 km desde su último paquete B, que tiene un intervalo de 60.000 km. Le faltan 7.600 km, es decir, unos 15 días laborables o tres semanas. El sistema genera una propuesta de ventana para el sábado de la tercera semana; tráfico la confirma y el almacén prepara el kit de filtros y aceite el viernes.

Nivelación de la carga del taller

Cuando la flota se compra de una sola vez, todos los vehículos tienden a coincidir en las mismas revisiones. Es conveniente **desfasar** deliberadamente algunas revisiones (adelantándolas dentro de la tolerancia) para repartir la carga del taller de forma homogénea a lo largo del año.

3.15 Tabla tipo de plan preventivo

La tabla siguiente es un ejemplo ilustrativo de plan para un tractor de larga distancia y su semirremolque. Debe adaptarse siempre a los intervalos oficiales de cada fabricante.

Tarea	Intervalo orientativo	Disparador	Paquete
Inspección del conductor	Diaria	Tiempo	Conductor
Engrase y revisión visual	15.000 a 30.000 km	Km	A
Lectura de códigos de avería	En cada visita	Evento	A
Aceite y filtro de motor	60.000 a 150.000 km o 12 meses	Km o variable	B
Filtros de combustible	Con aceite o cada 2 cambios	Km	B
Test de baterías	Trimestral	Tiempo	A
Control de refrigerante	En cada revisión	Evento	B
Cartucho secador de aire	12 meses	Tiempo	C
Filtro de habitáculo	12 meses	Tiempo	C
Filtro de aire de motor	Según indicador o 12 a 24 meses	Condición	C
Prueba de frenos en frenómetro	12 meses y antes de ITV	Tiempo	C

Tarea	Intervalo orientativo	Disparador	Paquete
Filtro de AdBlue	12 meses o según km	Tiempo	C
Reglaje de válvulas	Según fabricante	Km	C o D
Aceite de caja automatizada	300.000 a 450.000 km	Km	D
Aceite de ejes motrices	Según fabricante	Km	D
Refrigerante de larga duración	2 a 6 años	Tiempo	D
Limpieza de cenizas del DPF	Según contrapresión	Condición	D
Quinta rueda: engrase y holgura	15.000 a 30.000 km	Km	A
Pivote de enganche: medición	12 meses	Tiempo	C
Semirremolque: frenos y suspensión	3 a 6 meses	Tiempo	A o B
Grupo frigorífico	1.500 a 3.000 horas	Horas	Propio
ITV	Anual o semestral	Tiempo	Legal
Revisión del tacógrafo	2 años	Tiempo	Legal

Tiempos y costes estándar

Para cada paquete conviene definir un tiempo estándar y un coste estándar de recambios, de forma que el sistema pueda presupuestar la intervención, comparar lo real con lo previsto y detectar desviaciones.

Paquete	Tiempo estándar	Recambios orientativos	Frecuencia anual (130.000 km)
A	1,5 h	40 €	4 a 6
B	4 h	450 €	1 a 2
C	8 h	700 €	1
D	14 h	1.400 €	Cada 3 o 4 años

Ejemplo: con un coste horario del taller propio de 40 € y la frecuencia anual de la tabla (5 paquetes A, 1 paquete B adicional y 1 paquete C), el coste preventivo anual de un tractor sería: paquetes A, $5 \times (1,5 \times 40 + 40) = 500$ €; paquete B, $4 \times 40 + 450 = 610$ €; paquete C, $8 \times 40 + 700 = 1.020$ €. Total: 2.130 €, más la parte proporcional del paquete D, unos $(14 \times 40 + 1.400) / 3,5 = 560$ € anuales. Total preventivo: 2.690 €, es decir, unos 0,021 €/km.

3.16 Adaptar el plan con la experiencia

El plan no es estático. Debe revisarse al menos una vez al año con los datos acumulados:

- Si un componente falla de forma repetida antes de su intervalo, el intervalo es demasiado largo o la causa es otra (uso, calidad del recambio, montaje).

- Si en las revisiones se sustituyen sistemáticamente elementos en buen estado, el intervalo puede alargarse, siempre dentro de lo que permite el fabricante.
- Los cambios de uso del vehículo (paso de larga distancia a distribución, cambio de carrocería) exigen reclasificar el vehículo y su plan.
- Los resultados de la ITV (defectos leves y graves) son una auditoría externa gratuita del plan.

Checklist: - ¿Cada vehículo y semirremolque tiene asignado un plan según su tipo de uso? - ¿Las tareas tienen disparadores por km, horas y tiempo, ejecutándose al primero que se alcanza? - ¿Utiliza aceites y fluidos con la homologación exacta del fabricante? - ¿Vigila la frecuencia de regeneraciones del DPF y el consumo de AdBlue? - ¿Controla el desgaste de pastillas, embrague y la armonización de frenos tractor-semirremolque? - ¿Hace test de baterías antes del invierno y sustituye preventivamente las degradadas? - ¿El semirremolque y el grupo frigorífico tienen ficha y plan propios? - ¿La quinta rueda y el pivote se engrasan y miden periódicamente? - ¿Los conductores realizan y registran la inspección diaria, con respuesta a cada defecto? - ¿Programa los paquetes en ventanas acordadas con tráfico y con recambios preparados? - ¿Hace coincidir la revisión completa con la preparación de la ITV? - ¿Revisa el plan anualmente con los datos de averías y resultados de ITV?

4

Mantenimiento predictivo, telemática e inteligencia artificial

Un camión moderno es un centro de datos sobre ruedas. Sus unidades de control registran cada segundo cientos de parámetros: régimen y par del motor, temperaturas, presiones, estado del postratamiento, desgaste estimado de frenos y embrague, tensión de baterías, códigos de avería. Durante años esa información solo se consultaba cuando el vehículo llegaba al taller y un técnico conectaba el equipo de diagnóstico. Hoy viaja de forma continua a los servidores del fabricante y, si la empresa lo organiza bien, a su propio sistema de gestión de flota.

Este capítulo explica cómo convertir esos datos en decisiones de mantenimiento: qué datos están disponibles y por qué vías, qué servicios ofrecen los fabricantes, qué técnicas predictivas funcionan en la práctica, qué aporta la inteligencia artificial y qué no, cómo cambia el mantenimiento con los camiones eléctricos y de hidrógeno, y qué implican la normativa Euro 7 y las nuevas exigencias de ciberseguridad.

4.1 Las fuentes de datos del vehículo

El bus CAN y el estándar FMS

Las unidades de control del camión se comunican entre sí a través de redes internas, principalmente el bus CAN con el protocolo SAE J1939 en vehículos pesados. Para que terceros puedan leer datos sin interferir en la red del fabricante, los principales constructores europeos acordaron hace años la **interfaz FMS** (*Fleet Management System*): un conector o pasarela que ofrece, en modo solo lectura, un conjunto normalizado de datos como kilometraje total, consumo de combustible acumulado, nivel de depósito, régimen del motor, velocidad, uso del freno, horas de motor, temperatura del refrigerante, peso por eje en vehículos equipados, distancia hasta el próximo mantenimiento y datos del tacógrafo.

Los proveedores de telemática independientes instalan su equipo en esta interfaz. Su ventaja es la homogeneidad: un mismo sistema lee vehículos de distintas marcas. Su limitación es que el FMS no ofrece todos los datos internos del vehículo, en particular los códigos de avería detallados de cada unidad de control, que siguen siendo propiedad de cada fabricante.

El rFMS: los datos desde la nube del fabricante

El **rFMS** (*remote FMS*) es la evolución del estándar: en lugar de conectar un equipo al vehículo, la empresa o su proveedor de software accede vía internet, mediante una interfaz de programación normalizada, a los datos que el equipo telemático de serie del camión envía a la nube del fabricante. Las versiones más recientes del estándar han ido ampliando el contenido, incorporando información sobre vehículos eléctricos (estado de carga, energía consumida y recuperada) y otros datos de interés operativo.

Ventajas del rFMS para el mantenimiento:

- No requiere instalar hardware adicional en vehículos nuevos.
- Un software de flota puede integrar vehículos de varias marcas con una misma estructura de datos.
- Los datos llegan con la frecuencia que permite el fabricante, normalmente suficiente para análisis de tendencia, aunque no siempre para monitorización en tiempo real.

Limitaciones: el acceso suele requerir la contratación de un servicio del fabricante, el detalle de los datos de diagnóstico sigue siendo limitado y cada marca implanta el estándar con matices.

Datos de diagnóstico y servicios propietarios

Los datos más ricos para el mantenimiento (códigos de avería con su contexto, parámetros internos de las unidades de control, desgaste estimado de componentes, resultados de autodiagnóstico) se quedan, por lo general, en los servicios propios de cada fabricante. Todos los grandes constructores europeos ofrecen hoy plataformas conectadas que combinan diagnóstico remoto, planificación del mantenimiento y gestión de la flota, con nombres comerciales que cambian con frecuencia. Funcionalmente ofrecen:

- **Diagnóstico remoto:** el centro de servicio del fabricante recibe los códigos de avería en tiempo casi real, los interpreta y avisa a la empresa y al taller con una recomendación (continuar, acudir al taller en un plazo, detenerse).
- **Planificación del mantenimiento según el uso real:** el intervalo de revisión se calcula a partir de la carga del motor, la calidad del aceite estimada y el desgaste de componentes, y el taller de la red propone la cita.
- **Preparación de la visita:** el taller conoce antes de la llegada qué piezas y qué tiempo se necesitan.
- **Actualizaciones de software a distancia (OTA):** se instalan nuevas versiones de software de motor, caja o sistemas de asistencia sin pasar por el taller, o en una visita más corta.
- **Informes de conducción y de consumo** que alimentan también los programas de formación de conductores.

Las principales marcas presentes en Europa (Mercedes-Benz, Volvo, Scania, DAF, MAN, Iveco y Renault Trucks) disponen de servicios de este tipo, y los grupos fabricantes están unificando sus plataformas de software para que el vehículo pueda actualizarse y ampliarse a lo largo de su vida, una tendencia que se conoce como **vehículo definido por software**.

Clave: al comprar o renovar vehículos, negocie expresamente el acceso a los datos: qué servicios conectados se incluyen, durante cuántos años, si el acceso rFMS tiene coste y si podrá extraer el historial de diagnóstico a su propio sistema. Los datos del vehículo son un activo de la empresa.

Otras fuentes

- **Telemática del semirremolque:** módulos que leen el EBS del remolque (kilometraje, cargas por eje, eventos de frenado, estado de los frenos), sensores de presión de neumáticos, apertura de puertas y temperatura del frigorífico.
- **Sistemas de control de presión de neumáticos (TPMS),** obligatorios en vehículos pesados nuevos en la Unión Europea dentro del Reglamento General de Seguridad.
- **Tacógrafo inteligente:** aunque su finalidad es el control de los tiempos de conducción, proporciona datos de actividad y posicionamiento útiles para la planificación.
- **Inspecciones digitales de los conductores** realizadas con aplicación móvil (Capítulo 3).
- **Órdenes de trabajo y facturas de taller:** el historial de mantenimiento es la fuente de verdad sobre los fallos reales, imprescindible para entrenar cualquier modelo.
- **Análisis de laboratorio de aceite y refrigerante.**

Fuente	Tipo de dato	Ventaja	Limitación
FMS (equipo instalado)	Operativo normalizado	Multimarca, propio	Poco diagnóstico
rFMS (nube del fabricante)	Operativo normalizado	Sin hardware	Frecuencia y coste
Servicio conectado de marca	Diagnóstico detallado	Interpretación experta	Propietario, una marca
Telemática de remolque	EBS, TPMS, temperatura	Cubre el remolque	Equipo adicional
Órdenes de trabajo	Fallos reales y costes	Verdad de referencia	Calidad del registro
Análisis de aceite	Desgaste interno	Detección temprana	Muestreo manual

4.2 Técnicas predictivas que funcionan en el camión

Análisis de tendencias y umbrales

La técnica más sencilla, y a menudo la más rentable, consiste en vigilar la evolución de un parámetro y fijar umbrales de alerta. No requiere inteligencia artificial, solo datos periódicos y reglas bien definidas:

- **Tensión de arranque de las baterías:** la caída de tensión durante el arranque y la tensión en reposo tras la noche anticipan el fallo de las baterías con semanas de antelación.
- **Frecuencia de regeneraciones del DPF y presión diferencial:** anticipan colmatación o problemas de combustión.
- **Consumo de AdBlue respecto al de gasóleo:** detecta problemas de dosificación y sensores.
- **Temperatura del refrigerante y del aceite en condiciones comparables:** detecta pérdidas de eficacia del circuito.

- **Tiempo de llenado del circuito neumático:** degradación del compresor o fugas.
- **Consumo de combustible normalizado** (por carga y tipo de ruta): un aumento sostenido sin causa operativa puede indicar inyectores, turbo, frenos agarrotados o mala alineación.
- **Presión de neumáticos:** pérdidas lentas detectadas por el TPMS antes de que el neumático se dañe.

Ejemplo: una regla sencilla en el software de flota genera una alerta cuando la tensión mínima de arranque de un vehículo es inferior a 18 V en tres arranques en frío consecutivos. En una flota de 120 vehículos, la regla genera unas 25 alertas al año, de las que 21 se confirman en el test de baterías. Las asistencias en ruta por baterías bajan un 70 %.

Análisis de aceite

El análisis de aceite en laboratorio es una de las técnicas predictivas más veteranas y eficaces. Una muestra tomada en el cambio de aceite, o a mitad de intervalo, permite conocer:

- **Metales de desgaste** (hierro, cromo, aluminio, cobre, plomo, estaño): indican qué componentes se desgastan (camisas, segmentos, pistones, cojinetes, bujes).
- **Contaminantes:** silicio (entrada de polvo por fallo de filtración de aire), sodio y potasio (fuga de refrigerante), dilución por combustible (inyectores, regeneraciones excesivas), hollín.
- **Estado del aceite:** viscosidad, oxidación, número básico (TBN), que determinan si puede prolongarse el intervalo con seguridad.

Su coste por muestra es reducido frente a lo que permite evitar. Es especialmente útil para validar intervalos prolongados, para vehículos de alto valor o con historial de problemas, y en cajas de cambios, ejes y sistemas hidráulicos.

Ejemplo: el análisis de una muestra de aceite de motor revela sodio y potasio muy por encima de los valores de referencia, junto a un aumento de la viscosidad. El diagnóstico apunta a una fuga de refrigerante hacia el aceite, probablemente en el enfriador de aceite. La reparación cuesta en torno a 1.200 €; si la fuga hubiera continuado, el riesgo era de daño en los cojinetes del cigüeñal y una reparación de motor de importe muy superior.

Vibraciones, acústica y termografía

En vehículos de carretera, el análisis de vibraciones es menos común que en la industria, pero tiene aplicaciones concretas: rodamientos de ruedas y de ventiladores, cardanes, compresores de equipos frigoríficos y bombas hidráulicas. Algunos fabricantes de ejes y de semirremolques ofrecen sensores de temperatura y vibración en los cubos que detectan rodamientos degradados o frenos agarrotados. La termografía con cámara infrarroja es una herramienta rápida en el taller para detectar frenos que trabajan en exceso, conexiones eléctricas con resistencia elevada o rodamientos calientes tras una prueba en carretera.

Desgaste estimado por el propio vehículo

Muchos camiones calculan internamente el desgaste de las pastillas de freno, del embrague y la vida restante del aceite. Integrar estos valores en el sistema de gestión permite planificar las sustituciones en la ventana de mantenimiento más cercana, en vez de reaccionar al aviso en el cuadro.

4.3 Inteligencia artificial aplicada al mantenimiento

Qué puede hacer la IA hoy

La inteligencia artificial, y en particular el aprendizaje automático, aporta valor cuando hay **muchos datos, muchas variables y patrones que una regla simple no capta**. En mantenimiento de flotas, las aplicaciones más maduras en 2025-2026 son:

- **Predicción de fallos de componentes concretos:** modelos entrenados con el historial de miles de vehículos que estiman la probabilidad de fallo de un componente (baterías, turbo, inyectores, sensores NOx, bombas de AdBlue, compresores) en las próximas semanas. Los fabricantes son quienes disponen de más datos para entrenarlos y los ofrecen dentro de sus servicios conectados.
- **Detección de anomalías:** modelos que aprenden el comportamiento normal de cada vehículo y señalan desviaciones, sin necesidad de conocer de antemano el tipo de fallo.
- **Asistentes de diagnóstico:** sistemas que, a partir de los códigos de avería, los síntomas descritos por el conductor y el historial, proponen al técnico las causas más probables y los pasos de comprobación. La IA generativa se está incorporando a los equipos de diagnosis y a los portales de información técnica para buscar procedimientos en lenguaje natural.
- **Clasificación automática de órdenes de trabajo:** modelos de lenguaje que leen las descripciones libres de los mecánicos y las facturas de talleres externos y las clasifican por sistema y causa, mejorando la calidad de los datos para los indicadores.
- **Optimización de la programación:** algoritmos que proponen la mejor ventana para cada intervención combinando la previsión de fallo, la planificación de rutas y la capacidad del taller.
- **Visión artificial:** análisis de fotografías de neumáticos, frenos o daños de carrocería tomadas por el conductor o en arcos de inspección automatizados a la entrada de la base.

Qué no puede hacer

- No compensa la falta de un registro de mantenimiento fiable: un modelo entrenado con órdenes de trabajo mal codificadas aprende errores.
- No es infalible: genera falsos positivos (alertas que no se confirman) y falsos negativos (fallos no anticipados). Hay que medir su tasa de acierto.
- No sustituye al técnico: la decisión de intervenir y el diagnóstico final siguen siendo humanos.
- No es rentable para todos los componentes: para un elemento barato y de fallo poco crítico, la regla preventiva simple es mejor.

Cómo evaluar una solución predictiva

Antes de contratar un servicio predictivo, propio del fabricante o de un tercero, conviene pedir un periodo de prueba y medir:

- **Precisión:** de cada 100 alertas, cuántas corresponden a un problema real.
- **Sensibilidad o cobertura:** de cada 100 fallos reales, cuántos se anticiparon.
- **Antelación media:** días entre la alerta y el fallo previsto. Una alerta con dos horas de antelación no permite planificar.
- **Acción recomendada:** si la alerta indica qué hacer o solo que "algo va mal".

Ejemplo: un piloto de seis meses con 50 tractores genera 40 alertas predictivas. Se confirman 30 (precisión del 75 %). En el mismo periodo se producen 45 averías relevantes, de las que 30 fueron anticipadas (sensibilidad del 67 %). Si cada avería en ruta evitada supone un ahorro medio de 1.500 € entre asistencia, inmovilización y daños secundarios, y la intervención planificada cuesta de media 300 € más que la reparación que se habría hecho de todos modos, el ahorro neto es $30 \times (1.500 - 300) = 36.000$ €. Las 10 alertas falsas suponen 10×120 € de revisión innecesaria: 1.200 €. Con un coste del servicio de 15 € por vehículo y mes ($50 \times 15 \times 6 = 4.500$ €), el resultado neto del piloto es $36.000 - 1.200 - 4.500 = 30.300$ €.

Gemelos digitales

El gemelo digital es una representación virtual de un vehículo o de un componente que se alimenta con sus datos reales y permite simular su comportamiento y su desgaste. En el mantenimiento de flotas se habla de gemelo digital en dos sentidos:

- **Gemelo del componente:** el fabricante modeliza un componente crítico, como la batería de tracción o el sistema de postratamiento, y estima su degradación según el uso real de cada vehículo. Es la base del cálculo de vida residual de las baterías de los camiones eléctricos.
- **Gemelo de la flota:** una réplica digital de toda la flota que combina datos de uso, estado de mantenimiento, rutas y costes, y permite simular escenarios: qué ocurre con la disponibilidad si se alargan los intervalos, cuántos mecánicos se necesitan si se incorporan 20 camiones eléctricos, cuándo conviene renovar cada vehículo.

Para la mayoría de las empresas medianas el gemelo digital completo es todavía un horizonte, pero un sistema de gestión que reúna en una misma base de datos vehículos, telemetría, órdenes de trabajo y costes es el primer paso necesario.

Error frecuente: empezar por la tecnología. Las empresas que obtienen resultados con el mantenimiento predictivo empiezan por un problema concreto y caro (por ejemplo, las averías de postratamiento), reúnen los datos de ese problema y prueban una solución acotada antes de extenderla.

4.4 Mantenimiento de camiones eléctricos de batería

El camión eléctrico de batería ha pasado en pocos años de prototipo a producto comercial en todos los segmentos, incluida la larga distancia, con autonomías que en los modelos más recientes rondan o superan los 500 km por carga. Su mantenimiento es distinto del de un diésel: menos tareas mecánicas, pero nuevas exigencias técnicas, de seguridad y de organización.

Qué desaparece o se reduce

- Aceite de motor, filtros de aceite, combustible y aire del motor.
- Sistema de postratamiento: DPF, SCR, AdBlue y sus sensores, una de las principales fuentes de averías del diésel.
- Embrague en la mayoría de configuraciones, y caja de cambios simplificada o con menos marchas.
- Correas, turbo, inyección, escape, reglaje de válvulas.
- **Desgaste de frenos:** la frenada regenerativa realiza la mayor parte de las deceleraciones, por lo que las pastillas y los discos duran mucho más. El efecto es especialmente marcado en distribución urbana y regional.

Qué aparece o cambia

- **Batería de tracción:** control del estado de salud (SoH), de la temperatura y del equilibrio entre celdas, normalmente mediante el sistema de gestión de la batería y los servicios conectados del fabricante. Los fabricantes ofrecen garantías específicas de la batería, ligadas a un porcentaje mínimo de capacidad durante un número de años o de energía procesada.
- **Sistema de gestión térmica:** circuitos de refrigeración y calefacción de baterías y electrónica de potencia, con sus propios refrigerantes, bombas y filtros.
- **Componentes de alta tensión:** cableado naranja, conectores, inversores, convertidores, motores eléctricos, compresor de aire y bomba de dirección eléctricos. Su inspección incluye el aislamiento eléctrico y la integridad de los conectores.
- **Sistema de carga:** tomas de carga del vehículo (CCS y, en camiones de larga distancia, el nuevo estándar de carga de megavatios MCS), cables, y, en su caso, el mantenimiento de los cargadores de la base.
- **Frenos que se usan poco:** paradójicamente, las pinzas y discos que trabajan menos tienden a agarrotarse o a oxidarse, por lo que deben inspeccionarse y, en algunos casos, el vehículo realiza frenadas de limpieza automáticas.
- **Neumáticos:** el par instantáneo y el mayor peso en vacío de las baterías pueden aumentar el desgaste de los neumáticos motrices; conviene vigilarlo.
- **Software:** las actualizaciones influyen en la autonomía, la gestión de la carga y la vida de la batería.

Elemento	Diésel Euro VI	Eléctrico de batería
Aceite de motor y filtros	Sí, cada revisión	No
Postratamiento (DPF, SCR)	Sí, alta incidencia	No

Elemento	Diésel Euro VI	Eléctrico de batería
Pastillas de freno	Desgaste normal	Desgaste muy reducido
Refrigeración	Motor y retarder	Batería y electrónica
Alta tensión	No	Sí, personal cualificado
Software y OTA	Relevante	Crítico

Coste de mantenimiento

Los estudios y la experiencia de las primeras flotas indican que el coste de mantenimiento por kilómetro de un camión eléctrico es claramente inferior al de un diésel equivalente, con ahorros que, según el uso y el modelo, suelen situarse en un rango amplio que muchos fabricantes y analistas sitúan entre una cuarta parte y casi la mitad. Hay que tomar estas cifras con prudencia: las flotas son todavía jóvenes, el coste de las reparaciones de alta tensión fuera de garantía no está consolidado y la vida real de las baterías en uso intensivo se conocerá con certeza en los próximos años.

Ejemplo: un tractor diésel regional tiene un coste de mantenimiento (sin neumáticos) de 0,075 €/km. Un tractor eléctrico equivalente, según el contrato de mantenimiento ofrecido por el fabricante, tiene una cuota equivalente a 0,050 €/km. Para 90.000 km anuales, el ahorro es de $(0,075 - 0,050) \times 90.000 = 2.250$ € al año por vehículo. En una flota de diez tractores eléctricos, 22.500 € anuales, que deben sumarse al resto de diferencias del TCO (energía, peajes, ayudas, valor residual) en la evaluación de la inversión.

Seguridad y formación en alta tensión

Trabajar con sistemas de alta tensión de varios cientos de voltios exige formación específica, procedimientos y equipos. En España, el marco de referencia es la normativa de prevención de riesgos eléctricos (el Real Decreto 614/2001 y su guía técnica) junto con los procedimientos del fabricante, y es habitual aplicar los niveles de cualificación utilizados en la automoción europea:

- **Nivel de sensibilización:** personal que trabaja en el entorno del vehículo (conductores, personal de lavado, mecánicos que no tocan la alta tensión). Conocen los riesgos y la identificación de componentes.
- **Nivel de trabajos sin tensión:** técnicos capacitados para desconectar y verificar la ausencia de tensión del sistema siguiendo el procedimiento del fabricante, y trabajar después en el vehículo.
- **Nivel de trabajos en tensión o sobre la batería:** especialistas que intervienen en componentes con tensión o en el interior de la batería, normalmente en talleres del fabricante o especializados.

Requisitos prácticos para un taller propio que vaya a mantener camiones eléctricos:

1. Formación acreditada de los técnicos según los niveles anteriores y designación de responsables.
2. Equipos de protección individual específicos: guantes aislantes de la clase adecuada, pantalla facial, herramientas aisladas, comprobadores de ausencia de tensión.
3. Zona de trabajo señalizada y delimitada para vehículos de alta tensión.

4. Procedimiento escrito de desconexión, bloqueo y verificación.
5. Plan de emergencia ante incidentes con baterías (fuga térmica), con medios de extinción y coordinación con bomberos.
6. Equipos de diagnosis y software del fabricante actualizados.

Clave: el cuello de botella del camión eléctrico no es la tecnología sino las personas. Planifique la formación de los técnicos al menos seis meses antes de la llegada de los primeros vehículos y valore un contrato de mantenimiento con el fabricante durante los primeros años.

4.5 Camiones de hidrógeno

Los camiones de pila de combustible de hidrógeno se encuentran todavía en fase de pruebas y series cortas en Europa, y los camiones con motor de combustión de hidrógeno empiezan a ofrecerse en pequeñas series. Para el responsable de mantenimiento implican, además de los elementos de alta tensión propios de un vehículo eléctrico (la pila genera electricidad y suele combinarse con una batería):

- **Sistema de almacenamiento de hidrógeno a alta presión:** depósitos con inspecciones periódicas, válvulas, reguladores y conducciones. La detección de fugas es una tarea esencial.
- **Pila de combustible:** filtros de aire de alta pureza, sistemas de humidificación y refrigeración, con degradación a vigilar mediante el diagnóstico del fabricante.
- **Instalaciones del taller:** ventilación, detectores de hidrógeno, zonas clasificadas según el riesgo de atmósferas explosivas y procedimientos de degasificación antes de ciertas intervenciones.

Dada la escasez de vehículos y de experiencia, lo razonable hoy es que el mantenimiento lo realice la red del fabricante bajo contrato.

4.6 Euro 7 y lo que implica para el mantenimiento

El Reglamento Euro 7, aprobado en 2024, sustituye a la normativa Euro VI para vehículos pesados. Para camiones y autobuses se aplicará a los nuevos tipos de vehículo a partir del 29 de mayo de 2028 y a todos los vehículos pesados nuevos matriculados a partir del 29 de mayo de 2029, con plazos más amplios para fabricantes de pequeño volumen.

Aspectos relevantes para el mantenimiento:

- **Límites más estrictos** de óxidos de nitrógeno y de partículas, y nuevos contaminantes regulados en vehículos pesados (entre ellos amoníaco, relacionado con el SCR y el AdBlue).
- **Mayor durabilidad exigida:** los sistemas de control de emisiones deben cumplir los límites durante una vida útil más larga que en Euro VI, lo que obliga a los fabricantes a diseñar componentes más robustos y a controlar mejor su degradación.
- **Monitorización a bordo de emisiones (OBM):** el vehículo vigila continuamente sus propias emisiones y avisa al conductor si se superan los límites. Para el taller, esto significa más alertas precisas, pero también más exigencia: un fallo de emisiones no corregido podrá conllevar

limitaciones de funcionamiento.

- **Medidas contra la manipulación** del sistema de postratamiento, que dificultan las prácticas ilegales de anulación.
- **Emisiones de frenos y neumáticos:** el reglamento incorpora por primera vez límites a las partículas de frenos y requisitos sobre abrasión de neumáticos, aplicados inicialmente a turismos y furgonetas, con desarrollo posterior para vehículos pesados.
- **Durabilidad de baterías:** el reglamento introduce requisitos mínimos de durabilidad de las baterías de tracción para turismos y furgonetas; para vehículos pesados está prevista su regulación posterior.

Clave: los camiones Euro 7 llegarán a las flotas a partir de 2028-2029. Para entonces, el taller necesitará equipos de diagnóstico capaces de interpretar la OBM, y los procedimientos de reparación del postratamiento serán aún más dependientes del software del fabricante.

4.7 Ciberseguridad y actualizaciones de software: UNECE R155 y R156

La conectividad abre la puerta a nuevos riesgos: accesos no autorizados al vehículo, manipulación de software o robo de datos. Para afrontarlos, la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas aprobó dos reglamentos que la Unión Europea ha hecho obligatorios a través del Reglamento General de Seguridad:

- **UNECE R155 (ciberseguridad):** exige al fabricante un sistema de gestión de la ciberseguridad certificado durante todo el ciclo de vida del vehículo, con análisis de riesgos, medidas de protección, monitorización de amenazas y respuesta a incidentes.
- **UNECE R156 (actualizaciones de software):** exige un sistema de gestión de las actualizaciones de software, que garantice su integridad, su trazabilidad y que se realicen de forma segura, incluidas las actualizaciones a distancia.

En la Unión Europea, ambos reglamentos se aplican a los nuevos tipos de vehículo desde julio de 2022 y a todos los vehículos nuevos matriculados desde julio de 2024, incluidos camiones y semirremolques con sistemas electrónicos relevantes.

Implicaciones para el responsable de flota y el taller:

- **Actualizaciones OTA:** el fabricante puede actualizar el software del vehículo a distancia. Conviene acordar con él cuándo se realizan (normalmente con el vehículo parado y con autorización del conductor o del gestor) y registrar en el historial del vehículo la versión instalada.
- **Acceso de talleres independientes:** el acceso a la información de reparación y mantenimiento está protegido por la normativa europea de homologación, pero las funciones relacionadas con la seguridad y la ciberseguridad requieren que los talleres se registren y autenticquen ante el fabricante. El taller propio debe disponer de esas acreditaciones.
- **Dispositivos de terceros conectados al vehículo:** equipos telemáticos, lectores de tacógrafo, dispositivos de diagnóstico. Deben ser de proveedores fiables, y conviene inventariarlos.

- **Gestión de accesos a las plataformas:** usuarios nominales, contraseñas robustas, doble factor de autenticación y revisión periódica de los permisos en los portales del fabricante y del software de flota.

Error frecuente: conectar al puerto de diagnosis dispositivos de bajo coste de origen desconocido, por ejemplo para "mejorar" el rendimiento o leer datos. Además de anular la garantía, pueden ser una vía de entrada para ataques y generar averías difíciles de diagnosticar.

4.8 Integración de los datos en el sistema de gestión de la flota

El mayor obstáculo práctico no es la falta de datos, sino su dispersión: cada fabricante tiene su portal, el proveedor de telemática tiene otro, el taller registra en su propio programa y las facturas de los talleres externos llegan en papel o en PDF. El objetivo es que toda esa información confluya en un único sistema (el módulo de flota de un ERP o un software específico) donde cada vehículo tenga una ficha completa.

Arquitectura recomendada

1. **Capa de captura:** conexiones rFMS con cada fabricante, integración con el proveedor de telemática para los vehículos antiguos o sin servicio de marca, y la aplicación de inspecciones de los conductores.
2. **Capa de normalización:** traducción de los datos de cada fuente a una estructura común (vehículo, fecha y hora, kilómetros, horas, parámetro, valor, unidad, código de avería normalizado).
3. **Capa de reglas y modelos:** umbrales, tendencias y, en su caso, modelos predictivos que generan alertas.
4. **Capa de gestión:** las alertas se convierten en solicitudes de trabajo que el responsable de mantenimiento revisa, prioriza y transforma en órdenes de trabajo (Capítulo 5).
5. **Capa de análisis:** indicadores, informes y retroalimentación para ajustar las reglas.

Frecuencia de los datos

No todos los datos necesitan tiempo real. Para el mantenimiento basta, en la mayoría de los casos, con:

- **Tiempo casi real:** códigos de avería críticos, alarmas de temperatura del frigorífico, pérdidas rápidas de presión de neumáticos.
- **Diario:** kilómetros, horas de motor, consumo de combustible y AdBlue, desgaste estimado, eventos de regeneración.
- **Semanal o mensual:** tendencias e indicadores.

Clave: defina para cada alerta quién la recibe, en qué plazo debe responderse y qué acción se espera. Una alerta sin responsable es ruido, y el exceso de ruido hace que se ignoren también las alertas importantes.

4.9 Casos de uso con cifras ilustrativas

Los siguientes casos son ilustrativos, contruidos con valores realistas, para mostrar cómo se calcula el retorno de las iniciativas descritas en este capítulo.

Caso 1: diagnóstico remoto y reducción de averías en ruta

Una empresa con 100 tractores de larga distancia registra 180 averías en ruta al año, con un coste medio por avería de 1.900 € (asistencia, grúa en una parte de los casos, reparación urgente fuera de tarifa, sobre coste de subcontratación y penalizaciones). Contrata el servicio de diagnóstico remoto y planificación del fabricante para toda la flota con un coste de 25 € por vehículo y mes.

Al cabo de un año, las averías en ruta bajan a 120, porque parte de los fallos se detectan con antelación y se reparan en la base o en un taller de la red en una parada planificada, con un coste medio de 700 € por intervención planificada.

Concepto	Antes	Después
Averías en ruta al año	180	120
Coste averías en ruta	342.000 €	228.000 €
Intervenciones planificadas adicionales	0	60 × 700 € = 42.000 €
Coste del servicio	0	30.000 €
Total	342.000 €	300.000 €

Ahorro neto: 42.000 € al año, sin contar la mejora de la calidad del servicio al cliente ni la disponibilidad ganada.

Caso 2: análisis de aceite para prolongar intervalos

Una flota de 40 tractores en servicio regional cambia el aceite cada 60.000 km. Con un programa de análisis de aceite (una muestra por cambio, 30 € por análisis), y con la conformidad del fabricante y del proveedor de lubricante, valida un intervalo de 80.000 km para los vehículos cuyo uso es más favorable.

Cada tractor recorre 100.000 km al año. Con el intervalo de 60.000 km necesita 1,67 cambios anuales; con 80.000 km, 1,25. Si un cambio completo cuesta 420 € (aceite, filtro y mano de obra), el ahorro por vehículo es $(1,67 - 1,25) \times 420 = 176$ € anuales, menos el coste de los análisis ($1,25 \times 30 = 37,5$ €): unos 139 € por vehículo y 5.560 € en la flota. Además, en el primer año los análisis detectan dos casos de entrada de polvo por fallo en el conducto de admisión y uno de fuga de refrigerante, evitando daños de motor.

Caso 3: alertas de presión de neumáticos

Un operador con 60 semirremolques instala sensores de presión de neumáticos conectados a la telemática del remolque. Antes del sistema sufría 24 reventones o neumáticos destruidos por rodar a baja presión al año, con un coste medio de 900 € por incidente (neumático, asistencia, tiempo perdido). Tras un año, los incidentes bajan a 8. El ahorro, $16 \times 900 = 14.400$ €, se suma a una reducción del consumo de combustible por circular con la presión correcta y a una mayor vida de los neumáticos, aspectos que se analizan en la parte del libro dedicada a neumáticos.

Caso 4: introducción de diez tractores eléctricos en distribución regional

Una empresa incorpora diez tractores eléctricos para rutas regionales de 300 km diarios. Decide no mantenerlos en su taller durante los cuatro primeros años y firma un contrato completo con el fabricante. Paralelamente, forma a dos mecánicos en nivel de trabajos sin tensión y a todo el personal del taller y a los conductores en nivel de sensibilización. Al cabo de dos años observa:

- Desgaste de pastillas de freno muy inferior al de los diésel equivalentes, con la primera sustitución todavía no alcanzada.
- Varias actualizaciones de software a distancia que han mejorado la gestión de la carga.
- Dos inmovilizaciones relacionadas con el sistema de carga del vehículo, resueltas por la red del fabricante.
- Estado de salud de las baterías dentro de lo previsto por el fabricante.

La empresa decide ampliar la flota eléctrica y empezar a asumir en su taller las tareas mecánicas no relacionadas con la alta tensión (suspensión, carrocería, neumáticos, quinta rueda).

En Latinoamérica: la conectividad de serie de los camiones europeos y norteamericanos se ha extendido en México, Brasil, Chile, Colombia y Argentina, y los fabricantes ofrecen allí versiones de sus servicios conectados. Sin embargo, la cobertura de datos móviles en rutas remotas (por ejemplo, en la Patagonia o en zonas mineras de Chile) obliga a equipos telemáticos que almacenen los datos y los envíen al recuperar la cobertura. La electrificación de camiones pesados avanza más despacio que en Europa, con mayor presencia en distribución urbana y en minería, y el gas natural sigue siendo una alternativa relevante en algunos países, con sus propios requisitos de mantenimiento e inspección de depósitos.

4.10 Hoja de ruta para la transformación digital del mantenimiento

1. **Inventario de datos:** qué vehículos tienen servicio conectado, qué datos ofrecen, quién tiene acceso y con qué contrato.
2. **Calidad del registro de taller:** codificación de sistemas y causas en todas las órdenes de trabajo, incluidas las externas.
3. **Integración básica:** kilómetros, horas y códigos de avería de todos los vehículos en el sistema de gestión, para automatizar los avisos del plan preventivo.

4. **Reglas de condición:** cinco o seis reglas de tendencia en los sistemas que más averías generan (baterías, DPF, AdBlue, neumáticos, refrigeración).
5. **Piloto predictivo:** probar el servicio predictivo del fabricante o de un tercero en una parte de la flota, midiendo precisión, sensibilidad y antelación.
6. **Escalado y formación:** extender lo que funciona, formar a técnicos y gestores en el uso de los datos, y preparar el taller para vehículos eléctricos y Euro 7.
7. **Ciberseguridad:** inventario de dispositivos y accesos, procedimiento para las actualizaciones a distancia y acreditaciones de acceso a la información de los fabricantes.

Checklist: - ¿Sabe qué datos genera cada uno de sus vehículos y por qué vía puede acceder a ellos (FMS, rFMS, servicio de marca)? - ¿Ha negociado el acceso a los datos y a los servicios conectados en la compra de los vehículos? - ¿Recibe en su sistema de gestión los kilómetros, horas y códigos de avería de toda la flota? - ¿Tiene definidas reglas de tendencia para baterías, DPF, AdBlue, neumáticos y refrigeración? - ¿Utiliza el análisis de aceite en motores, cajas o sistemas hidráulicos de alto valor? - ¿Mide la precisión, la sensibilidad y la antelación de las alertas predictivas que recibe? - ¿Cada alerta tiene un responsable, un plazo de respuesta y una acción definida? - ¿Su taller dispone de técnicos formados en alta tensión antes de recibir vehículos eléctricos? - ¿Tiene un plan de emergencia para incidentes con baterías de tracción? - ¿Registra en el historial las actualizaciones de software instaladas a distancia? - ¿Su taller está acreditado para acceder a la información de reparación protegida de los fabricantes? - ¿Ha previsto las necesidades de diagnóstico de los camiones Euro 7 que llegarán desde 2028-2029?

5

Gestión operativa del taller: órdenes de trabajo, recambios y proveedores

La estrategia y el plan de mantenimiento solo dan resultado si el día a día del taller está bien organizado. Este capítulo se ocupa de la gestión operativa: cómo nace, se ejecuta y se cierra una orden de trabajo, cómo se priorizan las intervenciones, cómo se gestionan las averías en ruta, cómo se organiza el almacén de recambios, cómo se aprovechan las garantías y campañas, cómo se evalúa a los talleres externos y qué datos mínimos debe registrar un software de gestión o un ERP para que todo lo anterior sea medible.

5.1 La orden de trabajo como unidad de gestión

La orden de trabajo (OT) es el documento que autoriza, describe y registra cualquier intervención sobre un vehículo. Toda intervención, por pequeña que sea y la haga quien la haga (taller propio, taller externo, servicio de asistencia, conductor), debe quedar reflejada en una OT. Sin OT no hay historial, no hay coste por vehículo, no hay indicadores y no hay trazabilidad ante una inspección o un accidente.

Origen de las órdenes de trabajo

Una OT puede nacer de varias fuentes:

- **Plan preventivo:** el sistema genera automáticamente la OT cuando el vehículo se acerca al disparador de un paquete.
- **Defecto comunicado por el conductor** en su inspección diaria o durante el servicio.
- **Alerta telemática o predictiva** (Capítulo 4).
- **Avería en ruta** atendida por asistencia o taller externo.
- **Campaña del fabricante** o llamada a revisión.
- **Resultado de la ITV** con defectos que corregir.
- **Daño por accidente** o siniestro.
- **Mejora o modificación** (instalación de equipos, reformas).

Conviene distinguir entre **solicitud de trabajo** (la petición, que aún no está aprobada) y **orden de trabajo** (la intervención aprobada y planificada). El responsable de mantenimiento revisa las

solicitudes, las agrupa por vehículo y las transforma en una o varias OT.

Flujo de la orden de trabajo

1. **Solicitud:** se registra el vehículo, los kilómetros, la descripción del problema o la tarea y su origen.
2. **Evaluación y prioridad:** el responsable asigna una prioridad y decide si la hace el taller propio o uno externo.
3. **Planificación:** se fija la fecha, la ventana con tráfico, el técnico, el tiempo estimado y se reservan los recambios.
4. **Ejecución:** el técnico registra el inicio y el final de cada operación, las piezas consumidas, los hallazgos y las mediciones.
5. **Control de calidad:** prueba del vehículo, verificación de las tareas críticas (frenos, ruedas, dirección) por una segunda persona cuando proceda.
6. **Cierre:** se codifican el sistema, el tipo de intervención y la causa; se valoran los costes; el vehículo se declara disponible.
7. **Análisis:** la OT cerrada alimenta los indicadores y el historial.

Estado	Responsable	Información mínima	Siguiente paso
Solicitada	Conductor, tráfico, sistema	Vehículo, km, descripción	Evaluar
Aprobada	Jefe de taller	Prioridad, propio o externo	Planificar
Planificada	Jefe de taller	Fecha, técnico, recambios	Ejecutar
En curso	Técnico	Tiempos, piezas, hallazgos	Verificar
Pendiente de recambio	Almacén	Pieza, plazo	Reanudar
Cerrada	Jefe de taller	Codificación y coste	Analizar

Error frecuente: cerrar la OT con la descripción "revisado y reparado". Una OT útil indica qué se encontró, qué se hizo, qué piezas se sustituyeron, la causa probable y las mediciones (espesor de pastillas, profundidad de dibujo, test de batería). Esa información es la que permite después analizar tendencias.

Codificación

Para que las OT sean analizables hay que codificar al menos tres dimensiones:

- **Sistema y subsistema:** motor, postratamiento, alimentación, refrigeración, transmisión, frenos, dirección, suspensión, eléctrico, cabina, carrocería, frigorífico, neumáticos, remolque. Existen codificaciones estándar en el sector (por ejemplo, las utilizadas por asociaciones de mantenimiento de flotas norteamericanas) que pueden adaptarse.
- **Tipo de intervención:** preventivo, correctivo planificado, correctivo no planificado, avería en ruta, campaña, accidente, modificación, inspección legal.

- **Causa:** desgaste normal, fallo de componente, uso indebido, accidente, defecto de reparación anterior, falta de mantenimiento, causa externa.

5.2 Priorización de intervenciones

Cuando la demanda del taller supera su capacidad, hay que decidir qué se hace primero. Un criterio de prioridad explícito evita que se imponga "el que más grita".

Niveles de prioridad

- **Prioridad 1, inmediata:** defectos que afectan a la seguridad o a la legalidad (frenos, dirección, neumáticos, alumbrado, enganche, tacógrafo), o vehículo inmovilizado. El vehículo no circula hasta su reparación.
- **Prioridad 2, urgente:** defectos que pueden provocar una avería o un daño mayor a corto plazo, o que afectan a un vehículo con servicio comprometido en las próximas 24 o 48 horas.
- **Prioridad 3, programable:** tareas preventivas en su ventana, defectos menores que pueden agruparse con la siguiente intervención.
- **Prioridad 4, oportunidad:** mejoras, estética, tareas sin plazo.

Matriz de priorización

Para decidir entre trabajos del mismo nivel puede usarse un índice que combine la criticidad del defecto, el impacto en la explotación y el tiempo de reparación.

Ejemplo: el taller tiene un hueco de cuatro horas y tres trabajos de prioridad 2: un tractor con fuga de aire en un fuelle que sale mañana en ruta internacional (4 horas), un camión rígido de reparto con un sensor de NOx que limita el par (2 horas, pieza en almacén) y un semirremolque con un fallo del módulo EBS (3 horas, pieza que llega mañana). Se elige el sensor de NOx (2 horas, recupera un vehículo para hoy) y se inicia el fuelle con el tiempo restante, reasignando a otro mecánico la última hora o adelantando su entrada; el semirremolque espera a la pieza. El criterio es maximizar los vehículos disponibles para el servicio del día siguiente.

Coordinación con tráfico

La priorización debe hacerse con tráfico, idealmente en una breve reunión diaria al final de la jornada en la que se repasan: vehículos inmovilizados y su previsión de salida, vehículos que entran esa noche, ventanas de la semana y necesidades especiales del servicio. Un tablero compartido en el software de gestión, con el estado de cada vehículo, sustituye con ventaja a las llamadas telefónicas.

5.3 Gestión de averías en ruta y asistencia

Por muy bueno que sea el plan preventivo, las averías en ruta seguirán ocurriendo. Una gestión eficaz reduce su coste y su impacto en el cliente.

Protocolo para el conductor

El conductor debe disponer de un protocolo claro, en su aplicación o en una tarjeta en la cabina:

1. Detener el vehículo en lugar seguro, señalizar (luces de emergencia, señal de peligro reglamentaria) y ponerse el chaleco.
2. Valorar si hay riesgo para las personas: incendio, fuga de mercancía peligrosa, situación en calzada. En ese caso, llamar a emergencias.
3. Comunicar con la central de la empresa o con la asistencia (número único 24 horas), indicando posición, vehículo, síntomas, testigos del cuadro y estado de la carga.
4. Enviar fotografías y, si el sistema lo permite, autorizar la lectura remota de códigos.
5. No intentar reparaciones que superen su formación ni manipular sistemas de alta tensión, frenos o postratamiento.

Organización de la asistencia

- **Asistencia del fabricante:** la mayoría de los fabricantes tienen un servicio 24 horas a escala europea, incluido normalmente en la garantía y en los contratos de mantenimiento. Coordina a la red de talleres y puede ver los datos del vehículo a distancia.
- **Asistencia de neumáticos:** los grandes fabricantes y distribuidores de neumáticos tienen redes de asistencia en carretera para flotas.
- **Asistencia del seguro:** remolque y grúa, según póliza.
- **Red propia de talleres colaboradores:** acuerdos con talleres en las rutas habituales, con tarifas pactadas.

Decisiones clave en una avería en ruta

- ¿Reparar en el sitio, remolcar a un taller cercano o trasbordar la carga?
- ¿Enviar otro tractor a recoger el semirremolque?
- ¿Avisar al cliente y renegociar la entrega?

Ejemplo: un tractor sufre una avería del sistema de refrigeración a 180 km de la base, con un semirremolque frigorífico cargado y una entrega a las 6:00 del día siguiente. La asistencia estima tres horas de llegada y un diagnóstico incierto. El jefe de tráfico envía un tractor de reserva, que llega en dos horas y recoge el semirremolque; el tractor averiado se remolca a un taller de la red. La entrega se cumple. El coste del tractor de reserva (combustible y conductor, unos 250 €) es muy inferior a la posible pérdida de una carga perecedera y a la penalización del cliente.

Registro de la avería en ruta

Cada avería en ruta debe generar su OT con: hora de la incidencia, posición, tiempo hasta la llegada de la asistencia, tiempo de reparación, solución adoptada, costes (asistencia, grúa, reparación, desplazamientos, alojamiento, sobre coste de servicio) y causa. Las averías en ruta son el indicador más visible de la calidad del mantenimiento y deben revisarse una a una en la reunión mensual.

5.4 Almacén de recambios

El almacén de recambios es un equilibrio entre dos riesgos: tener el vehículo parado esperando una pieza o tener dinero inmovilizado en piezas que no se usan. La gestión profesional del almacén permite reducir a la vez el MTTR y el valor del inventario.

Qué tener en almacén

No todo debe estar en almacén. La decisión depende de:

- **Consumo:** piezas de rotación alta y previsible (filtros, aceites, pastillas, lámparas, escobillas, correas, fuelles de suspensión).
- **Criticidad:** piezas cuya falta inmoviliza el vehículo y cuyo plazo de suministro es largo.
- **Homogeneidad de la flota:** cuantas menos marcas y modelos, más rentable es el almacén.
- **Plazo y fiabilidad del proveedor:** si el concesionario entrega en dos horas, no hace falta tener stock de piezas poco frecuentes.

Clasificación ABC

La clasificación ABC ordena las referencias por su valor de consumo anual (unidades consumidas por coste unitario):

- **Clase A:** aproximadamente el 20 % de las referencias que suponen en torno al 80 % del valor consumido. Control estricto, revisión frecuente de mínimos y máximos, negociación de precios.
- **Clase B:** referencias intermedias, en torno al 30 % de las referencias y el 15 % del valor.
- **Clase C:** el 50 % restante de las referencias, con apenas un 5 % del valor. Gestión simplificada.

Conviene completarla con una clasificación por **criticidad** (XYZ o similar), porque una pieza de clase C puede ser crítica: un relé barato que inmoviliza el vehículo.

Clase	% referencias	% valor consumo	Control recomendado
A	20 %	80 %	Mínimo y máximo revisado mensualmente
B	30 %	15 %	Revisión trimestral
C	50 %	5 %	Reposición simple o por lotes
Crítica (cualquier clase)	Variable	Variable	Stock de seguridad garantizado

Mínimos, máximos y punto de pedido

Para cada referencia en stock se definen:

- **Stock de seguridad (SS):** colchón para cubrir variaciones del consumo y del plazo de entrega.
- **Punto de pedido (PP):** nivel de existencias que dispara un nuevo pedido. $PP = \text{consumo medio diario} \times \text{plazo de entrega en días} + SS$.
- **Stock máximo:** límite superior, que suele fijarse como $PP + \text{cantidad económica de pedido}$.

Ejemplo: el filtro de aceite del modelo mayoritario de la flota se consume a razón de 1,2 unidades por día laborable. El proveedor entrega en 3 días. Se fija un stock de seguridad de 4 unidades. Punto de pedido = $1,2 \times 3 + 4 = 7,6$, redondeado a 8 unidades. Si se pide en cajas de 12, el stock máximo será $8 + 12 = 20$ unidades. Con estos parámetros, el stock medio estará en torno a $4 + 12 / 2 = 10$ unidades.

Indicadores del almacén

- **Nivel de servicio:** porcentaje de peticiones del taller atendidas desde el almacén sin espera.
- **Rotación:** consumo anual valorado / stock medio valorado. Una rotación baja indica sobrestock.
- **Stock obsoleto:** valor de referencias sin movimiento en 12 meses (por ejemplo, de modelos dados de baja).
- **Diferencias de inventario:** entre stock teórico y físico.

Buenas prácticas

- Toda salida de almacén va asociada a una OT y a un vehículo.
- Inventario rotativo de las referencias A cada mes y de todo el almacén una vez al año.
- Revisión de obsoletos al dar de baja un modelo de vehículo.
- Kits preparados para los paquetes preventivos (Capítulo 3).
- Acuerdos de consigna con proveedores para referencias de alto valor y bajo consumo: el proveedor mantiene la pieza en el almacén de la empresa y solo se factura al consumirla.
- Gestión de las piezas de intercambio estándar (alternadores, motores de arranque, compresores, pinzas de freno reconstruidas) con control de la devolución del casco.
- Tratamiento de residuos: aceites usados, filtros, baterías, refrigerantes y envases deben entregarse a gestores autorizados con su documentación.

En Latinoamérica: en países con aranceles e importaciones restringidas o con plazos largos de aduana, como ha sucedido en distintos periodos en Argentina, el stock de seguridad de las piezas críticas importadas debe ser mucho mayor que en Europa, y es habitual mantener un pequeño inventario de grandes conjuntos (turbos, inyectores, compresores) para no inmovilizar vehículos durante semanas. La estandarización de marcas y modelos en la flota es todavía más rentable en este contexto.

5.5 Garantías y campañas de llamada a revisión

Gestión de garantías

Las garantías de los fabricantes de vehículos, carrocerías, equipos frigoríficos, neumáticos y recambios tienen un valor económico considerable que muchas empresas pierden por falta de control. Para recuperarlo:

- Registrar en la ficha de cada vehículo y de cada componente sustituido su fecha de inicio de garantía y sus condiciones (años, kilómetros, horas, cobertura).
- Al abrir una OT por fallo, comprobar automáticamente si el vehículo o la pieza siguen en garantía.
- Conservar las piezas defectuosas cuando el proveedor lo exija y documentar el fallo con fotografías y lecturas de diagnóstico.
- Cumplir y documentar el plan de mantenimiento del fabricante, condición necesaria para que se acepte la garantía.
- En el taller propio, si se dispone de autorización del fabricante o del proveedor del recambio, reclamar la mano de obra además de la pieza.

Ejemplo: una flota de 70 vehículos revisa las OT correctivas del último año y descubre que 38 intervenciones afectaron a piezas sustituidas en los 24 meses anteriores, todavía en garantía del proveedor de recambios. Solo se habían reclamado 9. El valor de las piezas no reclamadas era de unos 11.000 €. Introducir el control de garantías en el software, con un aviso automático al abrir la OT, permite recuperar la mayor parte de ese importe al año siguiente.

Campañas y llamadas a revisión

Los fabricantes de vehículos, de carrocerías y de equipos lanzan campañas para corregir defectos detectados en la fabricación. Algunas son de seguridad, y en la Unión Europea las campañas de seguridad se comunican a las autoridades y se publican en el sistema europeo de alerta rápida de productos no alimentarios; otras son mejoras técnicas o actualizaciones de software.

- Consultar periódicamente con cada fabricante el estado de campañas por número de bastidor de toda la flota, o solicitar su envío automático.
- Programar las campañas de seguridad con prioridad 1 o 2 según su contenido.
- Aprovechar las ventanas preventivas para las campañas no urgentes.
- Registrar la ejecución en el historial del vehículo, ya que su incumplimiento puede afectar a la responsabilidad de la empresa y al valor de reventa.
- Con actualizaciones a distancia, verificar que la campaña ha quedado aplicada.

5.6 Evaluación y gestión de talleres externos

Incluso las empresas con taller propio recurren a talleres externos para trabajos especializados, averías fuera de la base o picos de carga. Una red de talleres homologados, con condiciones pactadas y evaluación periódica, evita sorpresas.

Criterios de homologación

- Autorización del fabricante o especialización acreditada en la marca o el sistema.
- Equipos de diagnosis actualizados y acceso a la información técnica de los fabricantes.
- Capacidad para vehículos pesados (fosos, elevadores, accesos).
- Horario y servicio de urgencia.

- Formación del personal, incluida alta tensión si se van a llevar vehículos eléctricos.
- Inscripción en el registro de talleres de la comunidad autónoma y cumplimiento de la normativa de residuos.
- Tarifas por hora, descuentos en recambios y condiciones de pago.

Condiciones de trabajo con talleres externos

- Toda intervención se inicia con una OT de la empresa, con número de referencia que debe figurar en la factura.
- Presupuesto previo obligatorio a partir de un importe definido.
- Prohibición de trabajos adicionales no autorizados.
- Entrega de un informe con las operaciones, piezas y tiempos, y devolución de las piezas sustituidas si se solicita.
- Garantía de la reparación conforme a la normativa de talleres (en España, la reparación tiene una garantía mínima legal, que conviene ampliar contractualmente cuando sea posible).

Evaluación periódica

Criterio	Medida	Peso orientativo
Plazo	Tiempo real frente a comprometido	30 %
Calidad	Repeticiones en 30 días	25 %
Coste	Precio frente a tiempos de baremo	20 %
Comunicación	Presupuestos y avisos en plazo	15 %
Documentación	Informes y facturas completas	10 %

Ejemplo: un taller externo obtiene en el semestre estas puntuaciones sobre 10: plazo 6, calidad 9, coste 7, comunicación 5 y documentación 8. Nota ponderada: $6 \times 0,30 + 9 \times 0,25 + 7 \times 0,20 + 5 \times 0,15 + 8 \times 0,10 = 1,8 + 2,25 + 1,4 + 0,75 + 0,8 = 7,0$. El taller se mantiene en la red, pero se le comunican los puntos débiles (plazo y comunicación) con un objetivo de mejora para el siguiente semestre.

Control de facturas

- Comparar las horas facturadas con los tiempos de baremo del fabricante para esa operación.
- Verificar que las piezas facturadas son coherentes con la reparación y que el precio se ajusta a lo pactado.
- Detectar duplicidades (la misma operación facturada dos veces en poco tiempo).
- Comprobar que la intervención no estaba cubierta por garantía o contrato de mantenimiento.

5.7 Documentación, trazabilidad y relación con la ITV

Expediente del vehículo

Cada vehículo y semirremolque debe tener un expediente, preferentemente digital, que reúna:

- Documentación del vehículo: permiso de circulación, tarjeta ITV, ficha técnica y reformas, certificados ATP o ADR cuando proceda.
- Historial completo de OT con sus costes.
- Informes de ITV y defectos corregidos.
- Revisiones del tacógrafo y de otros equipos regulados.
- Garantías y campañas.
- Contratos de mantenimiento y de servicios conectados.
- Inspecciones del conductor y su respuesta.

Trazabilidad

La trazabilidad permite responder, ante cualquier incidencia, a tres preguntas: quién hizo la intervención, con qué piezas (referencia y, en elementos críticos, lote o número de serie) y cuándo. Es especialmente importante en frenos, ruedas (apriete de tuercas con par controlado y registro), dirección, enganche y elementos de seguridad, y en caso de accidente puede ser determinante.

Clave: registre siempre el par de apriete de las tuercas de rueda y programe la comprobación de reapriete tras el montaje, en el plazo que indique el fabricante del eje o de la rueda. La pérdida de ruedas es un accidente grave y evitable.

Relación con la ITV

La ITV es una auditoría externa e independiente del estado del vehículo, y su resultado es un indicador de la calidad del mantenimiento. Buenas prácticas:

- Preparar la ITV con el paquete C del plan (Capítulo 3) en la semana anterior.
- Llevar el vehículo limpio, especialmente bajos y chasis, con la documentación completa y, en su caso, las reformas tramitadas.
- Registrar los defectos leves, graves y muy graves de cada inspección y analizar su recurrencia.
- Fijar como objetivo un porcentaje de ITV favorables a la primera superior al 95 %.
- Recordar que, en España, la inspección incluye la lectura de averías a través de la toma de diagnosis y la comprobación de los sistemas electrónicos de seguridad, por lo que los testigos de avería encendidos o los códigos activos pueden dar lugar a defectos.

En Latinoamérica: la inspección técnica periódica existe con distintos nombres y exigencias: Verificación Técnica Vehicular (VTV o RTO) en Argentina, la revisión técnica en Chile, la revisión técnico-mecánica y de emisiones en Colombia, y en México las verificaciones físico-mecánicas y de emisiones para el autotransporte federal. Las periodicidades varían por jurisdicción y tipo de vehículo, por lo que el sistema de gestión debe permitir configurar el vencimiento por país, provincia o estado.

5.8 Modelo de datos mínimo para un software o ERP de mantenimiento

Ya sea un módulo de flotas de un ERP o un software específico, el sistema de mantenimiento debe contar como mínimo con las entidades y campos siguientes. Esta estructura permite calcular todos los indicadores de la Parte I y conectarse con las partes del libro dedicadas a combustible, neumáticos y vencimientos.

Entidades principales

- **Vehículo y equipo:** matrícula, bastidor, tipo (tractor, rígido, semirremolque, equipo frigorífico, grúa), marca, modelo, motorización y norma de emisiones, fecha de matriculación, centro, tipo de uso, configuración, plan asignado, estado (activo, inmovilizado, baja), kilómetros y horas actuales.
- **Plan de mantenimiento:** paquetes, tareas, disparadores (km, horas, tiempo) y tolerancias, tiempos y recambios estándar.
- **Lecturas:** fecha, vehículo, kilómetros, horas, fuente (telemática, manual, taller).
- **Solicitud de trabajo:** origen, vehículo, descripción, gravedad, fotografías, solicitante, fecha.
- **Orden de trabajo:** número, vehículo, kilómetros, tipo, prioridad, taller (propio o externo), estado, fechas de entrada y salida, codificación de sistema y causa.
- **Línea de mano de obra:** OT, técnico, operación, inicio, fin, horas.
- **Línea de material:** OT, referencia, cantidad, coste, lote o número de serie en piezas críticas.
- **Línea de trabajo externo:** OT, proveedor, factura, importe.
- **Referencia de recambio:** código, descripción, clase ABC, criticidad, compatibilidades, stock mínimo, máximo y punto de pedido, proveedores.
- **Movimiento de almacén:** entradas, salidas (siempre ligadas a OT), ajustes.
- **Proveedor y taller externo:** datos, condiciones, evaluación.
- **Garantía:** vehículo o pieza, inicio, límites, cobertura.
- **Campaña:** código del fabricante, bastidores afectados, estado de ejecución.
- **Alerta telemática:** vehículo, fecha, código o regla, gravedad, solicitud generada.
- **Vencimiento legal:** ITV, tacógrafo, ATP, ADR, con fechas y documentos.

Entidad	Relación clave	Indicadores que alimenta
Vehículo	Con OT, lecturas, plan	Disponibilidad, coste/km

Entidad	Relación clave	Indicadores que alimenta
Orden de trabajo	Con vehículo, líneas	MTBF, MTTR, % correctivo
Plan	Con vehículo y OT preventivas	Cumplimiento del plan
Recambio y almacén	Con líneas de material	Rotación, nivel de servicio
Proveedor	Con trabajos externos	Evaluación de talleres
Alerta	Con solicitud y OT	Precisión del predictivo

Clave: el campo más importante del modelo es el kilometraje de cada OT y de cada lectura. Sin kilómetros fiables no hay coste por kilómetro, no funcionan los disparadores del plan y no se pueden calcular MTBF ni intervalos reales. Automatice su captura desde la telemática siempre que sea posible.

Integraciones

- **Telemática y rFMS:** lecturas de kilómetros, horas, códigos de avería y desgaste.
- **Aplicación del conductor:** inspecciones y defectos.
- **Contabilidad y compras:** facturas de proveedores, pedidos de recambios, imputación de costes a vehículo y centro.
- **Recursos humanos:** horas de presencia de los técnicos, para calcular la productividad.
- **Tráfico y planificación:** disponibilidad de vehículos y ventanas.
- **Combustible y neumáticos:** para el coste total por kilómetro.

Error frecuente: implantar un software de mantenimiento sin migrar ni depurar los datos maestros. Si los vehículos, las referencias de recambio o los proveedores están duplicados o mal codificados, los informes serán poco fiables desde el primer día. Reserve tiempo para la limpieza de datos antes de la puesta en marcha.

5.9 Indicadores de gestión del taller

Además de los indicadores de mantenimiento del Capítulo 2, que miden el resultado sobre la flota, el taller tiene sus propios indicadores de gestión, que miden su eficiencia interna.

- **Productividad:** horas imputadas a OT / horas de presencia de los técnicos. Un valor entre el 75 % y el 85 % es un objetivo razonable; por debajo del 65 % hay tiempos muertos significativos (esperas de recambios, falta de planificación, desplazamientos).
- **Eficiencia:** horas estándar de los trabajos realizados / horas reales empleadas. Mide la rapidez frente al baremo.
- **Cumplimiento de plazos:** porcentaje de OT terminadas dentro de la ventana comprometida con tráfico.
- **Repeticiones:** porcentaje de vehículos que vuelven por el mismo problema en 30 días.

- **Tiempo de espera de recambios:** horas de vehículo parado imputables a la falta de piezas.
- **Carga pendiente:** horas de trabajo aprobado y no ejecutado; un crecimiento sostenido indica falta de capacidad.
- **Relación propio y externo:** porcentaje de horas o coste realizadas fuera, por tipo de trabajo.
- **Coste por hora productiva** del taller propio (Capítulo 2).

Indicador	Fórmula	Objetivo orientativo
Productividad	Horas en OT / horas presencia	75 % a 85 %
Eficiencia	Horas estándar / horas reales	Más del 90 %
Plazos	OT en ventana / OT totales	Más del 90 %
Repeticiones	Retornos 30 días / OT	Menos del 3 %
Espera de recambios	Horas parado por piezas / horas parado	Menos del 15 %

Ejemplo: un taller con cuatro técnicos acumula en el mes 640 horas de presencia y 448 horas imputadas a OT: productividad del 70 %. El análisis muestra 60 horas de espera de recambios y 40 horas de búsqueda de herramientas y de información técnica. Con kits preparados para el preventivo y un carro de herramientas por puesto, se recuperan unas 50 horas al mes, lo que eleva la productividad al 77,8 % y equivale a casi un técnico adicional sin contratar.

5.10 Organización de las personas del taller

El factor humano determina la calidad del mantenimiento. La escasez de mecánicos de vehículos pesados es un problema estructural en España y en el resto de Europa, por lo que la retención y la formación son prioridades.

- **Roles definidos:** jefe de taller (planificación, prioridades, calidad), técnicos con especialidades (electrónica y diagnosis, frenos y neumática, carrocería y frigoríficos, alta tensión), almacenero o responsable de recambios, administrativo de OT y facturas en talleres medianos.
- **Formación continua:** plan anual con formación de los fabricantes, diagnosis, alta tensión, gases fluorados, tacógrafo si se dispone de autorización, prevención de riesgos.
- **Polivalencia:** cada tarea crítica debe poder hacerla al menos dos personas.
- **Seguridad laboral:** fosos protegidos, elevadores revisados, gestión de cargas suspendidas, inflado de neumáticos en jaula de seguridad, procedimientos de alta tensión y ventilación.
- **Motivación:** reconocimiento de la calidad (repeticiones bajas), participación en el análisis de averías, carrera profesional y retribución competitiva.

Checklist: - ¿Toda intervención, propia o externa, se gestiona con una orden de trabajo numerada? - ¿Las OT se cierran con codificación de sistema, tipo de intervención y causa, y con las mediciones relevantes? - ¿Existe un criterio de prioridad explícito y una coordinación diaria con tráfico? - ¿El conductor tiene un protocolo de avería en ruta y un número único de asistencia 24 horas? - ¿Cada avería en ruta se registra con tiempos, costes y causa, y se analiza mensualmente? - ¿El almacén tiene clasificación ABC y por criticidad, con mínimos, máximos y punto de pedido? - ¿Toda salida de almacén va ligada a una OT y a un vehículo? - ¿El sistema avisa automáticamente de garantías vigentes al abrir una OT? - ¿Consulta periódicamente las campañas pendientes por bastidor de toda la flota? - ¿Los talleres externos están homologados, trabajan con OT de la empresa y se evalúan cada semestre? - ¿Controla las facturas externas frente a baremos, garantías y contratos? - ¿El expediente de cada vehículo reúne historial, ITV, tacógrafo, garantías y campañas? - ¿Registra los pares de apriete de las ruedas y programa el reapriete? - ¿Su software registra kilómetros fiables en cada OT y lectura, preferentemente desde la telemática? - ¿Mide productividad, eficiencia, plazos, repeticiones y espera de recambios del taller? - ¿Tiene un plan anual de formación y polivalencia para los técnicos?



PARTE II

Control de combustible y energía

Medir, controlar y reducir la mayor
partida variable de la flota



6

El combustible en la cuenta de resultados

En una empresa de transporte por carretera, el combustible es la partida que más rápido se mueve y la que más margen se come cuando nadie la mira. Un camión de larga distancia que recorre 130.000 kilómetros al año puede consumir más de 40.000 litros de gasóleo; un desvío de un solo litro por cada cien kilómetros sobre el valor razonable supone 1.300 litros anuales por vehículo. En una flota de cincuenta tractoras, esa pequeña desviación equivale a 65.000 litros, que a precios de 2026 superan con holgura los 90.000 euros. Este capítulo enseña a medir el combustible con rigor, a entender qué lo hace subir o bajar y a convertir esos datos en decisiones de gestión.

6.1 El peso del combustible en el coste operativo

Estructura de costes de un vehículo pesado

El Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera que publica periódicamente el Ministerio de Transportes descompone el coste de un vehículo articulado de carga general en partidas fijas y variables. Sin entrar en cifras de una edición concreta, que cambian con cada actualización, la proporción se mantiene estable a lo largo de los años: el combustible y el personal de conducción se disputan el primer puesto y, entre ambos, suelen representar entre el 60 % y el 70 % del coste total. El resto se reparte entre amortización, financiación, seguros, neumáticos, mantenimiento y reparaciones, peajes, dietas y costes indirectos.

La tabla siguiente muestra una estructura ilustrativa para una tractora con semirremolque de lona en servicio nacional e internacional, con datos redondeados y coherentes entre sí. No sustituye al Observatorio, pero sirve como referencia para situar la propia empresa.

Partida	Coste anual (€)	% del total	€/km (130.000 km)
Combustible y AdBlue	59.500	38,4 %	0,458
Personal de conducción	48.000	31,0 %	0,369
Amortización y financiación	18.500	11,9 %	0,142
Seguros y fiscalidad	7.000	4,5 %	0,054

Partida	Coste anual (€)	% del total	€/km (130.000 km)
Neumáticos	4.200	2,7 %	0,032
Mantenimiento y reparaciones	8.300	5,4 %	0,064
Peajes y dietas	6.500	4,2 %	0,050
Costes indirectos	3.000	1,9 %	0,023
Total	155.000	100 %	1,192

Clave: el combustible es la única gran partida que el jefe de tráfico puede influir cada día. El salario lo fija el convenio, la amortización la decide la compra y el seguro se negocia una vez al año. El gasóleo, en cambio, depende de cómo se conduce, por dónde se circula, cuánto se carga y cómo se mantiene el vehículo hoy.

Sensibilidad al precio

El precio del gasóleo es volátil. Durante 2026, la tensión en Oriente Medio llevó el precio medio de venta al público en España por encima de 1,85 euros por litro en varios momentos, pese a las rebajas fiscales temporales aprobadas por el Gobierno sobre el Impuesto sobre Hidrocarburos. Para una empresa de transporte, la variable relevante no es el precio de surtidor con IVA, sino el precio neto: sin IVA (que se deduce) y descontando la devolución del gasóleo profesional y los descuentos pactados con la red de tarjetas.

Con el ejemplo de la tabla anterior, cada 10 céntimos por litro de variación en el precio neto supone unos 4.030 euros anuales por vehículo (40.300 litros × 0,10 €). Si el margen operativo de la empresa es del 4 % sobre una facturación de 165.000 euros por vehículo, es decir, unos 6.600 euros, una subida de 15 céntimos no repercutida se lleva casi todo el beneficio.

Ejemplo: una flota de 30 tractoras con 40.000 litros anuales cada una consume 1.200.000 litros. Una subida de 0,12 €/l en el precio neto cuesta 144.000 euros al año. Sin una cláusula de revisión de precio por combustible en los contratos con cargadores, esa cifra sale íntegramente del margen.

La cláusula de revisión del precio del gasóleo

La Ley 15/2009 del contrato de transporte terrestre de mercancías establece un mecanismo de actualización del precio del transporte en función de la variación del precio del gasóleo, aplicable salvo pacto en contrario, para los transportes en vehículos de más de 3,5 toneladas. La reforma introducida a partir de 2022 reforzó este mecanismo e impidió excluirlo en determinados supuestos. En la práctica, toda empresa debería tener calculado su coeficiente de repercusión, es decir, qué porcentaje de la tarifa corresponde al combustible, para aplicar la revisión con datos propios y no con una cifra genérica.

El cálculo es sencillo: si el combustible supone el 38,4 % del coste y la tarifa se fijó con un precio de referencia del gasóleo de 1,40 €/l, una subida al 1,54 €/l (un 10 %) justifica un incremento de la tarifa del 3,84 % (38,4 % × 10 %). Las asociaciones del sector y el propio Ministerio publican índices

de precios de referencia que conviene usar para que la revisión sea objetiva y difícil de discutir.

En Latinoamérica: en Argentina, la Federación Argentina de Entidades Empresarias del Autotransporte de Cargas publica un índice de costos en el que el combustible tiene un peso destacado y que se usa como referencia para actualizar tarifas en un contexto inflacionario. En México, las cámaras del autotransporte siguen de cerca los precios del diésel, condicionados por el estímulo fiscal del IEPS que el Gobierno ajusta semanalmente. En Chile y Colombia, los mecanismos de estabilización de precios de combustibles amortiguan la volatilidad, pero no la eliminan.

6.2 Cómo calcular el consumo con rigor

El consumo en litros por cada 100 kilómetros

La unidad de referencia en Europa es el litro por cada 100 kilómetros (L/100 km). Su cálculo exige dos datos fiables: litros repostados y kilómetros recorridos en el mismo intervalo.

La fórmula es: consumo (L/100 km) = litros consumidos ÷ kilómetros recorridos × 100.

El método más robusto es el de depósito lleno a depósito lleno. Se llena el depósito hasta el corte automático del surtidor, se anota el odómetro, se circula, se vuelve a llenar hasta el corte y se registran los litros del segundo repostaje. Los litros del segundo llenado son exactamente los consumidos entre ambos puntos. Si entre medias hay repostajes parciales, se suman todos los litros desde el primer llenado (sin incluirlo) hasta el siguiente llenado completo.

Ejemplo: una tractora llena el depósito el lunes con el odómetro en 412.350 km. El miércoles reposta 300 litros parciales. El viernes llena hasta el corte con 410 litros y el odómetro marca 414.630 km. Kilómetros recorridos: 2.280. Litros consumidos: 300 + 410 = 710. Consumo: $710 \div 2.280 \times 100 = 31,1$ L/100 km.

Errores que distorsionan el dato

- Calcular con periodos demasiado cortos. Un solo repostaje puede variar 20 o 30 litros según la inclinación del surtidor, la temperatura o la espuma. Como norma, el consumo debe calcularse sobre al menos 2.000 o 3.000 km, o mejor, en periodos mensuales.
- Mezclar fuentes de kilómetros. El odómetro del cuadro, el dato del tacógrafo, el GPS y el CAN-bus no coinciden exactamente. Debe elegirse una fuente única y documentada, preferentemente el odómetro leído por telemática desde el CAN o el tacógrafo.
- Olvidar repostajes fuera de la tarjeta principal: pago en efectivo, tarjeta de otra red o depósito propio.
- No separar el gasóleo de los equipos auxiliares. Los grupos de frío de semirremolques frigoríficos suelen tener depósito propio; si se repostan del mismo surtidor y no se separa el dato, el consumo de la tractora aparece inflado.
- Usar la lectura del ordenador de a bordo como si fuera un dato contable. El consumo instantáneo y el acumulado del CAN son muy útiles para comparar, pero pueden desviarse entre un 2 % y un

5 % del dato real del surtidor.

Consumo por tonelada transportada

El L/100 km por sí solo no dice si el camión trabaja con eficiencia. Un vehículo que circula vacío consume menos, pero no gana dinero. Por eso conviene complementarlo con indicadores de productividad energética:

- Litros por cada 100 toneladas-kilómetro: $\text{litros} \div (\text{toneladas de carga} \times \text{km cargado}) \times 100$.
- Litros por servicio o por palé entregado, útil en distribución.
- Porcentaje de kilómetros en vacío sobre el total.

Clave: un responsable de flota que solo persigue bajar el L/100 km puede acabar premiando al conductor que hace más kilómetros vacíos o con menos carga. El indicador que manda en la cuenta de resultados es el coste de combustible por unidad de trabajo útil.

Coste de combustible por kilómetro

El coste de combustible por kilómetro se obtiene multiplicando el consumo por el precio neto. Con 31 L/100 km y un precio neto de 1,45 €/l, el coste es $0,31 \times 1,45 = 0,4495$ €/km. A ese valor hay que añadir el AdBlue, que en camiones Euro VI se sitúa típicamente entre el 3 % y el 6 % del consumo de gasóleo en volumen. Con un 5 % de dosificación (1,55 L/100 km) y un precio de 0,55 €/l, el AdBlue añade unos 0,0085 €/km.

Concepto	Valor ilustrativo	Cálculo	Resultado
Consumo gasóleo	31 L/100 km	0,31 L/km	0,31 L/km
Precio neto gasóleo	1,45 €/l	$0,31 \times 1,45$	0,4495 €/km
Consumo AdBlue	5 % del gasóleo	0,0155 L/km	0,0155 L/km
Precio AdBlue	0,55 €/l	$0,0155 \times 0,55$	0,0085 €/km
Coste energético total		suma	0,458 €/km

El precio neto debe recalcularse cada mes con la media ponderada real de los repostajes: tarjetas de red, depósito propio y repostajes excepcionales. No sirve tomar el precio del boletín petrolero, porque cada empresa tiene descuentos diferentes y un mix distinto de puntos de suministro.

6.3 Factores que determinan el consumo

Ningún camión consume lo mismo en todos los servicios. Para gestionar el combustible hay que entender de dónde viene cada litro. La energía que produce el motor se gasta en vencer cuatro resistencias: la aerodinámica, la rodadura, la pendiente y la inercia (aceleraciones). A ello se suman las pérdidas de la cadena cinemática, los consumidores auxiliares y el tiempo en ralentí.

Carga

La masa influye de dos maneras: aumenta la resistencia a la rodadura, que es proporcional al peso, y multiplica el esfuerzo en pendientes y aceleraciones. En autopista llana, a velocidad constante, la diferencia entre circular vacío (unas 15 toneladas de conjunto) y a plena carga (40 toneladas) puede ser de 6 a 10 L/100 km. En rutas con puertos de montaña la diferencia crece. Como orden de magnitud prudente, cada tonelada adicional supone entre 0,3 y 0,5 L/100 km en tráfico interurbano mixto.

Ruta y orografía

La pendiente es el factor que más dispersión introduce. Un mismo camión puede consumir 27 L/100 km entre Valencia y Barcelona por la costa y 34 L/100 km entre Madrid y Burgos por el puerto de Somosierra con la misma carga. Por eso las comparaciones entre conductores o vehículos solo son válidas si se hacen sobre rutas comparables o se corrigen por el perfil de la ruta. La telemática moderna calcula el desnivel acumulado y permite normalizar.

La congestión y la travesía urbana también penalizan: cada parada y arranque de un vehículo de 40 toneladas exige acelerar de nuevo toda esa masa. Un reparto con 25 paradas diarias puede elevar el consumo entre un 20 % y un 40 % respecto a un trayecto interurbano equivalente.

Velocidad

La resistencia aerodinámica crece con el cuadrado de la velocidad, y la potencia necesaria para vencerla, con el cubo. Entre 80 y 90 km/h el consumo de una tractora articulada puede aumentar en torno a un 8 % o un 10 %, y entre 85 y 90 km/h, del orden de un 3 % a un 5 %. El limitador de los camiones está fijado legalmente en 90 km/h, pero muchas flotas lo configuran en 85 o incluso 82 km/h. La pérdida de tiempo es pequeña: en un trayecto de 400 km, circular a 85 km/h en lugar de 89 km/h de media en autopista supone unos 13 minutos más, mientras que el ahorro de combustible puede rondar los 4 a 6 litros.

Aerodinámica

A partir de 70 km/h, la resistencia aerodinámica supera a la de rodadura en un vehículo articulado. Influyen la forma de la cabina, el deflector de techo bien ajustado a la altura del semirremolque, el hueco entre cabina y caja, los faldones laterales, el difusor o los alerones traseros y los propios accesorios que se instalan: barras de luces, defensas, bocinas sobre el techo. Un deflector mal regulado para un semirremolque de 4 metros puede costar entre 1 y 2 L/100 km. El capítulo 8 trata la aerodinámica en detalle.

Neumáticos

La resistencia a la rodadura puede suponer hasta un tercio del consumo en un vehículo pesado. Desde 2021 la etiqueta europea de neumáticos (Reglamento (UE) 2020/740) clasifica también los neumáticos de camión por su eficiencia en consumo, de la clase A a la E. La diferencia entre un juego completo de clase A y otro de clase D puede superar el 5 % del consumo. La presión es igual de decisiva: un neumático con un 20 % menos de presión aumenta su resistencia a la rodadura de forma apreciable y acelera el desgaste. Este libro dedica la parte de neumáticos a su gestión completa.

Conductor

Es el factor más variable y el más rentable de trabajar. Con el mismo camión y la misma ruta, la diferencia entre el conductor más eficiente y el menos eficiente de una flota suele estar entre el 10 % y el 20 %. Influyen la anticipación, el uso de la inercia, la gestión del freno motor y del retardador, el aprovechamiento del control de crucero predictivo, la velocidad elegida y el tiempo de ralenti.

Ralenti

Un motor de camión pesado al ralenti consume aproximadamente entre 1,5 y 3 litros por hora, según cilindrada, régimen y consumidores conectados (aire acondicionado, compresor). Un camión que pasa una hora diaria al ralenti durante 220 días laborables quema entre 330 y 660 litros al año. En invierno, con calefacción por motor durante la pausa nocturna, la cifra se dispara. Los calefactores estacionarios y los climatizadores de cabina eléctricos consumen una fracción de esa cantidad.

Mantenimiento

Filtros de aire saturados, inyectores degradados, alineación incorrecta de ejes, frenos que rozan, fugas en el circuito de aire o un filtro de partículas que regenera con demasiada frecuencia elevan el consumo. Ninguno de estos efectos es espectacular por separado, pero juntos pueden sumar un 3 % o un 5 %.

Factor	Efecto orientativo en consumo	Quién lo controla	Indicador
Velocidad 90 → 85 km/h	-3 % a -5 %	Empresa (limitador)	Velocidad media autopista
Ralenti 1 h/día	+330 a 660 l/año	Conductor y equipamiento	% tiempo en ralenti
Neumáticos clase A vs D	-3 % a -6 %	Compras y taller	Clase etiqueta UE
Presión 20 % baja	+2 % a +4 %	Taller y conductor	Lecturas TPMS
Deflector mal ajustado	+1 a 2 L/100 km	Taller	Revisión al cambiar remolque
Conductor	±10 % a 20 %	Formación e incentivos	Scoring telemático

Error frecuente: atribuir al conductor desviaciones que en realidad vienen del vehículo o de la ruta. Antes de abrir una conversación con un conductor por su consumo, compruebe la carga media, el perfil de ruta, el estado del vehículo y el semirremolque asignado. Si no se normaliza, el indicador pierde credibilidad y la formación fracasa.

6.4 Benchmarking: con quién compararse

Referencias internas

La comparación más útil es la interna, porque comparte precios, vehículos y tipos de servicio. Para que sea válida hay que segmentar la flota en grupos homogéneos. Un esquema práctico es:

- Por tipo de vehículo: tractora 4x2 de larga distancia, rígido de distribución, vehículo de obra, frigorífico.
- Por tipo de servicio: larga distancia nacional, internacional, regional, urbano.
- Por rango de carga media: menos de 15 t, de 15 a 25 t, más de 25 t.
- Por marca, modelo y año de matriculación (versión de motor y de software).

Dentro de cada grupo se calcula la mediana de consumo mensual y se identifica la dispersión. Los vehículos o conductores que se sitúan más de un 8 % o 10 % por encima de la mediana de su grupo, durante dos o tres meses seguidos, merecen análisis.

Referencias externas

Para un articulado de 40 toneladas en larga distancia, con una carga media realista y camiones Euro VI de los últimos años, las flotas bien gestionadas en España se sitúan habitualmente en una horquilla de 27 a 32 L/100 km. Los camiones de la generación más reciente, con mejoras aerodinámicas y cadenas cinemáticas optimizadas, declaran mejoras adicionales del orden del 3 % al 10 % respecto a la generación anterior. En distribución regional con rígidos de 18 a 26 toneladas, la horquilla habitual es de 22 a 30 L/100 km, muy dependiente de las paradas. Estas cifras son orientativas: el valor de referencia de cada empresa debe salir de sus propios datos.

La herramienta VECTO, el simulador oficial europeo de consumo y emisiones de CO₂ de vehículos pesados, ofrece para cada camión nuevo certificado un valor de consumo en ciclos normalizados (larga distancia, regional, urbano). El fabricante debe facilitar al comprador el expediente de información del cliente con esos resultados. Aunque el valor VECTO no es el consumo real de su flota, permite comparar objetivamente dos camiones distintos antes de comprar, con la misma configuración y la misma misión.

Clave: pida siempre al concesionario el expediente de información del cliente VECTO de la configuración exacta que va a comprar: motor, relación de puente, neumáticos y carrocería. Es la única comparación homogénea entre marcas disponible antes de la compra.

Cuadro de mando mensual

Un cuadro de mando de combustible útil para la dirección cabe en una página. Debe incluir, para cada grupo homogéneo y para el total de la flota, los litros consumidos, los kilómetros, el L/100 km, el precio neto medio, el coste por kilómetro, la variación frente al mes anterior y frente al mismo mes del año anterior, el porcentaje de ralentí, el consumo de AdBlue y el número de alertas de combustible abiertas y cerradas.

6.5 Gasóleo profesional y devolución parcial del Impuesto sobre Hidrocarburos

Qué es y a quién beneficia

En España, el artículo 52 bis de la Ley 38/1992 de Impuestos Especiales regula la devolución parcial del Impuesto sobre Hidrocarburos soportado por el gasóleo de uso general que se utiliza como carburante en determinados vehículos profesionales. La devolución corresponde, en esencia, a la diferencia entre el tipo general del gasóleo y un tipo especial reducido para uso profesional. En el régimen ordinario de los últimos años, esa diferencia ha equivalido a unos 4,9 céntimos por litro. Además, en las comunidades autónomas que mantuvieron un tramo autonómico del impuesto, se añadía su devolución, con un máximo histórico del orden de 4,8 céntimos por litro.

Tienen derecho a la devolución, con los requisitos que se detallan después:

- Los vehículos de motor o conjuntos de vehículos de motor y remolque destinados exclusivamente al transporte de mercancías por carretera, por cuenta ajena o propia, con un peso total máximo autorizado igual o superior a 7,5 toneladas.
- Los autobuses de transporte de viajeros de las categorías M2 y M3.
- Los taxis, con un límite propio inferior.

Requisitos principales

- Estar inscrito en el Censo de Beneficiarios de la devolución, junto con los vehículos por los que se solicita, a través de la Sede Electrónica de la Agencia Tributaria. En el País Vasco y Navarra la gestión corresponde a las haciendas forales.
- Disponer de la autorización de transporte o de la habilitación administrativa que corresponda, cuando se exija.
- Pagar el gasóleo con tarjetas específicas de gasóleo profesional emitidas por entidades autorizadas, o bien, para el gasóleo suministrado en instalaciones de consumo propio, cumplir los requisitos de registro y control de esas instalaciones.
- Comunicar a la Agencia Tributaria, antes del 31 de marzo de cada año, los kilómetros recorridos por cada vehículo en el año anterior.
- Respetar el límite de 50.000 litros por vehículo y año para mercancías y viajeros (5.000 litros en taxis).

La devolución no se solicita repostaje a repostaje: los emisores de las tarjetas comunican a la Administración los suministros y la Agencia Tributaria calcula y abona la devolución periódicamente en la cuenta inscrita en el censo.

Ejemplo: una tractora de 44 toneladas consume 40.300 litros al año, todos pagados con tarjeta de gasóleo profesional. Con una devolución ordinaria de 4,9 céntimos por litro, el importe anual es $40.300 \times 0,049 = 1.974,70$ euros. Si el vehículo consumiera 56.000 litros, solo se devolverían 50.000 litros: 2.450 euros. Para una flota de 30 tractores de 40.000 litros, la devolución anual ronda los 58.800 euros.

Medidas extraordinarias de 2026

En 2026, la crisis de precios derivada del conflicto en Oriente Medio dio lugar a varios reales decretos-leyes. El Real Decreto-ley 7/2026, de marzo, redujo temporalmente los tipos del Impuesto sobre Hidrocarburos del gasóleo y las gasolinas hacia los mínimos de la directiva europea de fiscalidad energética y estableció una ayuda extraordinaria por litro para los beneficiarios del gasóleo profesional, que se canalizó precisamente a través de las tarjetas de gasóleo profesional: el uso de la tarjeta como medio de pago equivalía a solicitar la ayuda. El Real Decreto-ley 18/2026, de junio, prorrogó medidas para los suministros de julio a septiembre, con importes por litro escalonados y vinculados al tipo impositivo vigente en cada mes. A finales de septiembre, un nuevo real decreto-ley prorrogó hasta el 31 de diciembre de 2026 una rebaja decreciente del impuesto y la ayuda al transporte, con importes por litro que variaban según el tipo de vehículo. Para los vehículos sin derecho al gasóleo profesional, como los de menos de 7,5 toneladas, se articularon ayudas directas por vehículo.

Estas medidas son temporales y su detalle cambió varias veces a lo largo del año. Lo relevante para la gestión es la lección operativa: las ayudas se canalizaron a través del mismo circuito del gasóleo profesional. Las empresas que tenían toda la flota correctamente dada de alta en el censo y repostaban sistemáticamente con tarjeta de gasóleo profesional las cobraron sin trámites adicionales. Las que repostaban con medios de pago genéricos, o tenían vehículos sin inscribir, perdieron dinero.

Error frecuente: dar de alta un camión nuevo en la flota y olvidar inscribirlo en el censo de gasóleo profesional, o no asociar la tarjeta a su matrícula. La devolución de los litros repostados antes de la inscripción no se recupera. Incluya la inscripción en el censo en el procedimiento de alta de vehículo, al mismo nivel que el seguro o la tarjeta de transporte.

Depósito propio y gasóleo profesional

Las empresas que disponen de instalación de suministro propia también pueden beneficiarse de la devolución por el gasóleo consumido desde ella, siempre que la instalación esté registrada y cumpla los requisitos de control y llevanza de registros de entradas y salidas por vehículo que exige la normativa. El sistema de control del surtidor, que se estudia en el capítulo 7, no es solo una herramienta antifraude: es la prueba documental del consumo por matrícula ante la Agencia Tributaria.

Tratamiento contable

La devolución del gasóleo profesional no es un ingreso extraordinario: reduce el coste del combustible. Para que el coste por kilómetro sea correcto, debe imputarse como menor gasto de combustible del periodo al que corresponden los suministros, aunque se cobre con retraso. Lo mismo vale para las ayudas extraordinarias por litro de 2026. Si se contabilizan como subvenciones o ingresos diversos, el coste de combustible del cuadro de mando aparece inflado y la comparación con años anteriores pierde sentido. En el ERP, la forma más limpia es crear un apunte de periodificación mensual con la devolución estimada (litros con tarjeta profesional × importe por litro vigente) y regularizarlo cuando llega el abono.

En Latinoamérica: en Argentina existe un régimen de reintegro o acreditación del impuesto sobre combustibles líquidos para transportistas en determinadas condiciones, regulado por la normativa nacional y sujeto a cambios frecuentes. En México, los contribuyentes que usan diésel en vehículos de carga pueden acreditar el IEPS del diésel contra el ISR propio bajo condiciones establecidas en la Ley de Ingresos de cada ejercicio, lo que exige facturas electrónicas de combustible correctas. En Chile, las empresas de transporte de carga pueden recuperar parcialmente el impuesto específico al petróleo diésel en función del peso del vehículo y su facturación. En todos los casos, la condición común es la trazabilidad documental de cada litro.

6.6 Del dato a la decisión: un caso numérico completo

Una empresa valenciana de transporte de carga general dispone de 20 tractoras. Tras implantar la medición mensual por vehículo, obtiene estos datos del primer trimestre: consumo medio de la flota, 32,4 L/100 km; recorrido medio por vehículo, 32.000 km por trimestre; precio neto medio, 1,48 €/l. El consumo trimestral total es $20 \times 32.000 \times 0,324 = 207.360$ litros y el coste, 306.893 euros.

El análisis por grupos revela tres causas principales. Primero, cuatro tractoras de una generación anterior consumen de media 35,5 L/100 km. Segundo, el porcentaje medio de ralentí de la flota es del 14 % del tiempo de motor en marcha. Tercero, el limitador está fijado a 90 km/h en todos los vehículos.

La empresa decide tres medidas: fijar el limitador a 85 km/h, implantar una política de ralentí con apagado automático a los 3 minutos y climatizadores de cabina en las rutas con pernocta, y adelantar la sustitución de las cuatro tractoras más antiguas en el siguiente ciclo de renovación. Con estimaciones prudentes (un 3 % por la velocidad, un 2 % por el ralentí), el ahorro previsto es del 5 % del consumo: unos 10.368 litros por trimestre, es decir, 15.345 euros por trimestre y alrededor de 61.000 euros al año, sin contar la renovación.

Medida	Ahorro estimado	Litros/año	€/año (1,48 €/l)
Limitador a 85 km/h	3 %	24.883	36.827
Política de ralentí	2 %	16.589	24.552
Total medidas operativas	5 %	41.472	61.379

Clave: el valor de este análisis no está en la precisión de la estimación, sino en el método: medir por grupo homogéneo, identificar causas, cuantificar con hipótesis prudentes y verificar después con datos reales. Si a los tres meses el ahorro real no aparece, se revisa la hipótesis, no se abandona la medición.

6.7 Cómo integrar el combustible en el ERP de flota

Un sistema de gestión de flota, ya sea un módulo específico o un ERP generalista como Odoo con un módulo de flota, debe tratar el combustible como un flujo de datos y no como una factura mensual. El esquema mínimo incluye:

- Importación automática de los extractos de las tarjetas de combustible, línea a línea, con fecha, hora, estación, producto, litros, precio e importe.
- Registro de las salidas del depósito propio desde el software del surtidor, por matrícula, conductor y odómetro.
- Lectura de kilómetros y consumo CAN desde la telemática.
- Cálculo automático del consumo por vehículo, conductor y periodo, con la regla de depósito lleno a depósito lleno o de periodo mensual.
- Imputación de la devolución del gasóleo profesional y de las ayudas por litro como menor coste.
- Alertas por desviaciones sobre la mediana del grupo homogéneo.
- Informes de coste por kilómetro, por cliente y por ruta, que permitan saber qué servicios son rentables con el combustible real.

La conexión entre el combustible y la facturación por cliente es la que cierra el círculo: un ERP que asigna el coste real de combustible a cada servicio permite negociar tarifas con datos y aplicar correctamente la cláusula de revisión del gasóleo.

Checklist: control del combustible en la cuenta de resultados - Coste de combustible y AdBlue calculado mensualmente en €/km y en porcentaje del coste total. - Precio neto medio ponderado calculado con todos los puntos de suministro y descuentos. - Fuente única y documentada de kilómetros para todos los cálculos. - Consumo calculado en periodos de al menos 2.000 km o mensuales, nunca por repostaje aislado. - Flota segmentada en grupos homogéneos por vehículo, servicio y carga. - Indicadores de productividad energética (litros por tonelada-km, % de km en vacío). - Todos los vehículos de 7,5 t o más inscritos en el censo de gasóleo profesional. - Tarjeta de gasóleo profesional asociada a cada matrícula y política de uso exclusivo. - Comunicación anual de kilómetros a la Agencia Tributaria antes del 31 de marzo. - Devolución y ayudas por litro imputadas como menor coste de combustible. - Coeficiente de repercusión del combustible calculado para la cláusula de revisión de precios. - Expediente VECTO solicitado en cada compra de vehículo nuevo.

7

Sistemas de control: tarjetas, surtidores propios y telemática

Medir el consumo, como se vio en el capítulo anterior, solo es posible si cada litro que entra en un camión queda registrado con fecha, hora, lugar, matrícula, conductor y kilometraje. Este capítulo describe los tres grandes sistemas de control del suministro —las tarjetas de combustible, el depósito propio con surtidor controlado y la telemática embarcada— y, sobre todo, explica cómo cruzarlos para detectar errores, fugas y fraude. Un sistema de control aislado da información; tres sistemas cruzados dan certeza.

7.1 Las tarjetas de combustible

Tipos de tarjeta

En el mercado español y europeo conviven varios tipos de tarjeta para flotas profesionales:

- Tarjetas de petroleras, emitidas por las grandes compañías de distribución, válidas en su red propia y, con frecuencia, en redes asociadas en otros países.
- Tarjetas multirred, emitidas por proveedores de servicios de movilidad que agregan miles de estaciones de distintas marcas, además de servicios de peaje, recuperación del IVA extranjero y, cada vez más, recarga eléctrica.
- Tarjetas bancarias de flota, menos frecuentes en transporte pesado, que funcionan sobre las redes de pago generales.
- Tarjetas de gasóleo profesional, que en España son condición para obtener la devolución parcial del Impuesto sobre Hidrocarburos. Muchas tarjetas de petrolera o multirred se emiten con esa doble funcionalidad.

Clave: la elección de la tarjeta no es solo una negociación de descuento por litro. Hay que valorar la cobertura de estaciones en las rutas reales de la flota, la disponibilidad de datos en tiempo real, las restricciones configurables, el servicio de recuperación de IVA extranjero, la integración con peajes y la calidad del fichero de transacciones para importarlo al ERP.

Configuración de restricciones

Una tarjeta mal configurada es una invitación al fraude. Las plataformas actuales permiten fijar, para cada tarjeta, restricciones como:

- Asociación a matrícula concreta, con obligación de introducir el kilometraje en el terminal.
- PIN personal del conductor y, en algunos sistemas, doble identificación (tarjeta de vehículo más tarjeta de conductor).
- Productos permitidos: solo gasóleo y AdBlue, bloqueando tienda, lavado o lubricantes no autorizados.
- Límite de litros por operación, coherente con la capacidad del depósito.
- Límite diario, semanal o mensual de importe o de litros.
- Número máximo de operaciones por día.
- Franjas horarias y días de la semana.
- Países y redes autorizados.

El límite por operación es la restricción más eficaz y la que más se olvida. Si una tractora tiene un depósito de 700 litros, una carga de 950 litros con su tarjeta es imposible sin depósito adicional y debe ser rechazada en origen.

Conciliación de la tarjeta

La conciliación es la comprobación sistemática de que cada transacción de la tarjeta corresponde a un suministro real, en el vehículo correcto, por el importe correcto y al precio pactado. Se hace en dos niveles:

- Conciliación económica: que la factura del emisor coincida con la suma de transacciones y que el precio aplicado en cada transacción respete el descuento o el precio de referencia contratado.
- Conciliación operativa: que cada transacción sea físicamente posible para ese vehículo en ese momento, según su posición, su kilometraje y su capacidad de depósito.

La conciliación económica la suele hacer administración. La operativa corresponde a tráfico o al responsable de flota, y es la que detecta los problemas graves.

7.2 El depósito propio con surtidor controlado

Cuándo compensa

Una instalación de suministro propia en la base de la empresa tiene sentido cuando una parte relevante de la flota vuelve a dormir a la base con regularidad: distribución regional, transporte de obra, recogida de residuos, autobuses. El ahorro procede de comprar gasóleo a granel a precio de mayorista, con un diferencial frente a la estación de servicio que depende del mercado y de la capacidad de negociación, pero que con frecuencia se sitúa en varios céntimos por litro.

Ejemplo: una empresa con 25 camiones de distribución que consumen 30.000 litros al año cada uno (750.000 litros en total) consigue un diferencial neto de 0,06 €/l comprando a granel frente a su mejor precio con tarjeta. El ahorro bruto es de 45.000 euros al año. Si la instalación de un depósito de superficie de 30.000 litros con surtidor, sistema de control y obra cuesta 60.000 euros, y el mantenimiento, las inspecciones y el seguro añaden 6.000 euros anuales, el periodo de retorno es de algo más de un año y medio ($60.000 \div 39.000 = 1,54$ años).

Marco normativo básico en España

Las instalaciones de almacenamiento de productos petrolíferos líquidos destinadas al suministro a vehículos están reguladas por la normativa de instalaciones petrolíferas, en particular la instrucción técnica complementaria MI-IP04, desarrollada a partir del Reglamento de instalaciones petrolíferas. Su puesta en servicio exige proyecto o memoria técnica según capacidad, ejecución por empresa instaladora habilitada, inscripción en el registro de instalaciones petrolíferas del órgano competente en industria de la comunidad autónoma, y revisiones e inspecciones periódicas. A ello se suman los requisitos de licencia municipal de actividad, la normativa de protección contra incendios y de prevención de la contaminación del suelo.

Desde el punto de vista fiscal, para que el gasóleo suministrado desde una instalación de consumo propio dé derecho a la devolución por gasóleo profesional, la instalación debe cumplir los requisitos de registro y control de suministros por vehículo que establece la normativa de impuestos especiales. En la práctica, eso exige un sistema que asocie cada salida de gasóleo a una matrícula inscrita en el censo.

Error frecuente: instalar un depósito con un surtidor de contador mecánico y una libreta de anotaciones. Además de perder la trazabilidad, se pierde la base documental para la devolución del gasóleo profesional y se abre la puerta a suministros a vehículos ajenos a la empresa.

Componentes de un surtidor controlado

Un sistema de control de surtidor moderno incluye:

- Identificación del vehículo: etiqueta RFID en la boca del depósito del camión, llavero o tarjeta, o lectura de la matrícula.
- Identificación del conductor: tarjeta personal, llave electrónica o PIN.
- Introducción obligatoria del kilometraje o, mejor, lectura automática desde la telemática o desde un dispositivo instalado en el camión que transmite el odómetro al surtidor.
- Bloqueo del surtidor si el vehículo o el conductor no están autorizados, o si se supera el límite configurado.
- Contador electrónico calibrado.
- Registro de cada operación con fecha, hora, matrícula, conductor, kilometraje, producto y litros.
- Comunicación con un software central o con el ERP, en tiempo real o por lotes.

El sistema más fiable es el de identificación automática del vehículo mediante un anillo o etiqueta en la boca del depósito: la pistola solo dispensa si está introducida en el depósito de un vehículo

autorizado. Así se impiden los suministros a garrafas, bidones o vehículos no autorizados.

Sondas de nivel en el depósito fijo

La sonda de nivel del depósito fijo, electrónica y conectada al software, permite comparar las existencias medidas con las existencias contables. La fórmula de control es sencilla:

Existencias teóricas = existencias iniciales + entradas (descargas de cisterna) – salidas (suministros registrados).

La diferencia entre existencias teóricas y existencias medidas por la sonda debe estar dentro de una tolerancia explicable por temperatura y precisión de medida. El gasóleo se dilata con el calor: su coeficiente de dilatación ronda el 0,08 % por grado centígrado, de modo que 30.000 litros cambian unos 24 litros de volumen por cada grado. Por eso las sondas profesionales compensan por temperatura o informan del volumen a 15 °C.

Las sondas permiten además verificar cada descarga de la cisterna del proveedor: si el albarán dice 20.000 litros y la sonda registra un aumento de 19.700 litros a 15 °C, hay una diferencia de 300 litros que reclamar o explicar.

Clave: la comparación entre la descarga facturada y la descarga medida por la sonda, corregida a 15 °C, es uno de los controles con mejor retorno. Muchas empresas descubren con ella diferencias sistemáticas en los suministros a granel.

7.3 Sondas de nivel en el camión y detección de robo

Sensor de origen frente a sonda de precisión

Todos los camiones tienen un aforador de nivel en el depósito, cuya lectura llega al cuadro y al CAN-bus. Este sensor de serie es suficiente para el conductor, pero su resolución es baja: puede tener saltos de varios puntos porcentuales y verse afectado por el movimiento del combustible y la inclinación. Detecta un vaciado grande, no un goteo continuado.

Las sondas capacitivas de precisión, instaladas como accesorio en el depósito y conectadas al equipo telemático, ofrecen resoluciones de pocos litros, con filtrado del oleaje y compensación de temperatura. Son la herramienta de referencia para:

- Detectar descensos bruscos de nivel con el vehículo parado y el motor apagado (robo por extracción).
- Medir con precisión los litros de cada repostaje y compararlos con la transacción de tarjeta.
- Calcular el consumo real por diferencia de nivel en periodos cortos.

Medidas físicas contra el robo

Las sondas detectan, pero no impiden. Para dificultar el robo conviene combinar:

- Tapones de depósito con cierre de seguridad.
- Rejillas o filtros antisifón en la boca del depósito.

- Aparcamiento en áreas seguras certificadas en rutas internacionales y bases con vigilancia.
- Alarmas de nivel en tiempo real que avisen al centro de tráfico y, si procede, activen una sirena.
- Precintos en tuberías de retorno y conexiones accesibles.

Ejemplo: una tractora estacionada de noche en un polígono pierde 280 litros entre las 2:10 y las 2:25, con el motor apagado y la ubicación sin cambios. La sonda de precisión dispara una alerta de descenso brusco de nivel. El centro de tráfico avisa al conductor y a la policía. Sin sonda, la pérdida habría aparecido semanas después como un consumo anómalamente alto, imposible ya de investigar.

7.4 El cruce tarjeta–GPS–CAN

Las tres fuentes de verdad

El control serio del combustible se basa en cruzar tres fuentes independientes:

- La transacción de la tarjeta o del surtidor propio: dónde, cuándo, cuánto y quién dice que se ha repostado.
- La posición GPS del vehículo: dónde estaba realmente el camión en ese momento.
- Los datos del CAN-bus y de las sondas: cuánto subió el nivel del depósito, qué kilometraje marcaba el vehículo y cuánto combustible registra la unidad de control del motor como consumido.

Cuando las tres fuentes coinciden, el repostaje está validado. Cuando no coinciden, se genera una alerta que alguien debe revisar.

Comprobación	Fuente A	Fuente B	Tolerancia orientativa
Ubicación del repostaje	Estación de la tarjeta	Posición GPS	300 a 500 m
Hora del repostaje	Hora de transacción	Parada GPS	±15 a 30 min
Litros repostados	Litros facturados	Subida de nivel	3 % a 5 %
Capacidad posible	Litros facturados	Capacidad libre	0 litros de exceso
Kilometraje declarado	Km del terminal	Odómetro CAN	±1 % o 50 km
Consumo del periodo	Litros repostados	Consumo CAN	3 % a 5 %

Consumo CAN frente a litros repostados

La unidad de control del motor calcula el combustible inyectado y lo acumula en un contador total que la telemática lee a través del estándar FMS. Ese contador permite calcular el consumo del motor con independencia de lo que se reposta. Comparar, en un periodo de un mes, los litros repostados con el incremento del contador de consumo CAN es uno de los cruces más potentes:

- Si los litros repostados superan el consumo CAN en más de la tolerancia del vehículo, hay combustible que entra en la tarjeta pero no en el motor: desvío a otros depósitos, garrafas,

vehículos ajenos o extracción posterior.

- Si el consumo CAN supera los litros repostados, falta registrar algún repostaje: pago en efectivo, otra tarjeta, depósito de un cliente.

Cada vehículo tiene su propio sesgo sistemático entre CAN y surtidor. Lo correcto es calibrarlo durante dos o tres meses sin incidencias y aplicar después la tolerancia sobre ese sesgo.

Error frecuente: confiar en el consumo CAN como dato absoluto. El contador de la unidad de control es preciso para comparar periodos del mismo vehículo, pero puede desviarse unos puntos del consumo real, y algunas actualizaciones de software del motor cambian su calibración. Recalibre la referencia tras cada intervención relevante en taller.

7.5 Alertas y gestión de excepciones

Diseño de las alertas

Un sistema que genera doscientas alertas diarias es un sistema que nadie mira. Las alertas deben diseñarse por gravedad y con umbrales calibrados:

- Alertas críticas, en tiempo real: descenso brusco de nivel con el vehículo parado; transacción de tarjeta con el vehículo a más de 5 km de la estación; litros facturados superiores a la capacidad libre del depósito; uso de una tarjeta bloqueada o fuera del país autorizado.
- Alertas de revisión diaria: diferencia entre litros facturados y subida de nivel por encima del 5 %; kilometraje introducido incoherente; dos repostajes en menos de 3 horas con poco recorrido entre ellos; repostaje en estación fuera de la red preferente.
- Alertas de análisis mensual: consumo por encima de la mediana del grupo homogéneo; diferencia entre repostajes y consumo CAN fuera de tolerancia; ralentí excesivo; consumo de AdBlue anómalo.

Procedimiento de respuesta

Cada alerta debe tener un responsable, un plazo de respuesta y un cierre documentado con la causa: error de dato, explicación operativa válida, incidencia técnica o sospecha de fraude. El histórico de cierres es valioso: si un mismo conductor o una misma estación acumulan alertas explicadas como errores de dato, merece una revisión más profunda.

7.6 Señales de fraude y robo

El fraude interno en el combustible adopta formas conocidas. La tabla siguiente resume las más frecuentes, con la señal que las delata y el control que las detecta.

Modalidad	Señal típica	Control que la detecta
Repostar otro vehículo con la tarjeta	Vehículo lejos de la estación	Cruce tarjeta-GPS
Garrafas o depósito auxiliar	Litros facturados > subida de nivel	Sonda de precisión

Modalidad	Señal típica	Control que la detecta
Extracción del depósito en parada	Bajada brusca de nivel, motor apagado	Alerta de sonda
Ticket hinchado en connivencia	Precio o litros anómalos en estación concreta	Conciliación por estación
Cobro de productos no autorizados	Líneas de tienda o lubricantes	Restricción de producto
Kilometraje falso en terminal	Km incoherentes con CAN	Cruce km terminal-odómetro
Repostaje parcial frecuente	Muchas operaciones pequeñas	Límite de operaciones diarias
Exceso sobre capacidad	Litros > capacidad del depósito	Límite por operación

Clave: la mejor prevención del fraude es que todos sepan que el sistema cruza los datos. La mayoría de los conductores son honrados y agradecen un sistema que les protege de sospechas. Comuníquese abiertamente qué se controla y por qué, e incluya la política de combustible en el contrato o en las normas internas firmadas.

Aspectos legales del control

El uso de geolocalización y telemática para controlar a los trabajadores está sujeto al Reglamento General de Protección de Datos y a la Ley Orgánica 3/2018 de protección de datos y garantía de los derechos digitales. Esta última exige informar previamente, de forma expresa, clara e inequívoca, a los trabajadores y a sus representantes sobre la existencia y características de estos dispositivos. El control debe ser proporcionado y limitado a la finalidad declarada. Un despido basado en datos de telemática obtenidos sin informar puede ser declarado improcedente o nulo.

En Latinoamérica: el robo de combustible y de carga es un problema especialmente grave en México, donde las flotas combinan sondas de nivel, botones de pánico y monitoreo satelital las 24 horas. En Argentina y Colombia se ha extendido el uso de tarjetas de flota con límites por patente y control por GPS. Las leyes de protección de datos de cada país, como la Ley 25.326 en Argentina o la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares en México, también exigen informar al trabajador sobre el tratamiento de sus datos.

7.7 Políticas de repostaje

Una política de repostaje escrita reduce el coste y simplifica el control. Debe responder a estas preguntas:

- Dónde se reposta: red preferente de estaciones por ruta, con precio negociado, y depósito propio cuando el vehículo pasa por la base.
- Cuánto se reposta: preferentemente llenado completo, para facilitar el cálculo de consumo, salvo en rutas donde el diferencial de precio entre países o redes aconseje cargas parciales.

- Con qué se paga: siempre con tarjeta de gasóleo profesional asociada a la matrícula; efectivo solo en emergencias documentadas.
- Qué datos introduce el conductor: kilometraje exacto y, si se exige, código de conductor.
- Qué hace el conductor si la tarjeta falla: protocolo de contacto con tráfico antes de pagar con otro medio.
- Cómo se gestionan los tickets: foto del ticket en la aplicación móvil del conductor o conservación hasta la conciliación.

Repostaje en el extranjero

En transporte internacional, el precio del gasóleo varía notablemente entre países por la fiscalidad. La planificación del repostaje en función de los precios por país, respetando la autonomía del vehículo y la normativa de cada Estado, puede generar ahorros significativos. Algunas plataformas de tarjetas sugieren al conductor la estación óptima en la ruta. Debe tenerse en cuenta que el IVA soportado en el extranjero no se deduce en la declaración española: se recupera mediante el procedimiento de devolución a no establecidos, que los emisores de tarjetas suelen gestionar como servicio.

Ejemplo: un camión que cruza Francia desde la frontera de Irún hacia Alemania puede ajustar la carga en España antes de salir y repostar de nuevo en un país con gasóleo más barato. Con una diferencia neta de 0,10 €/l sobre 600 litros, el ahorro es de 60 euros por viaje. Con 80 viajes al año, 4.800 euros por vehículo. La política debe definir estas decisiones para que no queden al criterio de cada conductor.

7.8 AdBlue: consumo y control

Qué es y cuánto se consume

El AdBlue es una solución de urea al 32,5 % en agua desmineralizada, normalizada por la ISO 22241, que los motores diésel Euro VI inyectan en el sistema de reducción catalítica selectiva (SCR) para transformar los óxidos de nitrógeno en nitrógeno y agua. Su consumo se expresa como porcentaje del consumo de gasóleo y depende del motor, de la calibración y del tipo de servicio. En camiones Euro VI de larga distancia es habitual un consumo de entre el 3 % y el 6 % del volumen de gasóleo; en algunas aplicaciones con mucha carga o en motores calibrados para minimizar el gasóleo puede ser superior.

Por qué controlarlo

El AdBlue tiene interés por tres motivos:

- Coste: aunque es más barato que el gasóleo, para una tractora de 40.000 litros anuales con un 5 % de dosificación supone 2.000 litros de AdBlue al año.
- Calidad: el AdBlue contaminado o fuera de especificación daña el catalizador SCR y los inyectores de urea, con reparaciones costosas.

- **Cumplimiento:** un consumo de AdBlue muy bajo o nulo con el camión funcionando es la señal típica de manipulación del sistema de emisiones mediante emuladores.

Emuladores y manipulación

Los emuladores de AdBlue son dispositivos que engañan a la unidad de control para que no detecte la falta de urea ni reduzca la potencia del motor. Su instalación es ilegal en la Unión Europea, porque altera el sistema de control de emisiones homologado, y puede invalidar la homologación del vehículo, provocar el rechazo en la inspección técnica y conllevar sanciones administrativas. En varios países europeos las autoridades realizan controles específicos en carretera para detectarlos. Para la empresa, además, el riesgo reputacional y contractual con cargadores que exigen cumplimiento medioambiental es considerable.

Error frecuente: pensar que el consumo de AdBlue es un dato irrelevante. Un camión cuyo consumo de AdBlue cae de repente del 5 % al 0,5 % sin cambio de servicio puede tener una avería en el sistema SCR o un emulador instalado. Ambos casos exigen intervención inmediata.

Control del AdBlue

- Registrar el AdBlue en las mismas transacciones que el gasóleo, como producto separado.
- Calcular el ratio AdBlue/gasóleo mensual por vehículo y compararlo con el valor de referencia de su modelo.
- Leer el nivel y el consumo de AdBlue por telemática cuando el fabricante lo publica en el FMS.
- En depósito propio, utilizar un surtidor de AdBlue con el mismo sistema de identificación que el gasóleo.
- Almacenar el AdBlue protegido de la luz solar directa y de temperaturas extremas: se degrada por encima de unos 30 °C de forma sostenida y cristaliza por debajo de unos -11 °C.

7.9 Proceso de conciliación paso a paso

El siguiente procedimiento mensual, adaptado a una flota con tarjetas, depósito propio y telemática, puede implantarse en cualquier ERP con un módulo de flota bien configurado.

1. Importar el fichero de transacciones de todas las tarjetas del mes, con todos los campos disponibles: fecha, hora, estación, coordenadas o dirección, matrícula, conductor, kilometraje introducido, producto, litros, precio unitario e importe.
2. Importar las salidas del depósito propio desde el software del surtidor, con el mismo formato de campos.
3. Importar desde la telemática, para cada vehículo, las paradas con su ubicación y hora, el odómetro y el contador de consumo CAN al inicio y al final del mes, y los eventos de nivel de las sondas.
4. Validar la conciliación económica: suma de transacciones frente a factura del emisor y precios unitarios frente a condiciones contratadas, por estación.
5. Cruzar cada transacción con la posición GPS y la hora de parada del vehículo; marcar como incidencia las que superen la tolerancia.

6. Cruzar los litros de cada transacción con la subida de nivel medida y con la capacidad libre del depósito.
7. Comparar el kilometraje introducido por el conductor con el odómetro CAN.
8. Calcular, por vehículo, el total repostado del mes frente al consumo CAN del mes y frente al consumo histórico.
9. Calcular el ratio AdBlue/gasóleo por vehículo.
10. Revisar el inventario del depósito propio: existencias teóricas frente a sonda, a 15 °C, y descargas facturadas frente a descargas medidas.
11. Revisar y cerrar cada incidencia con causa documentada; escalar las sospechas de fraude a dirección.
12. Publicar el cuadro de mando mensual de combustible y archivar la conciliación como soporte de la devolución del gasóleo profesional.

Clave: automatice los pasos 1 a 10 y concentre el tiempo humano en el paso 11. Una conciliación manual en hoja de cálculo puede llevar dos o tres días al mes en una flota de 50 vehículos; con integración en el ERP se reduce a unas horas dedicadas solo a las excepciones.

Recursos necesarios

Tamaño de flota	Herramienta mínima	Tiempo mensual orientativo	Responsable
Hasta 10 vehículos	Hoja de cálculo e informes del emisor	4 a 6 horas	Gerente o administración
10 a 50 vehículos	ERP con importación y telemática básica	6 a 12 horas	Jefe de tráfico
50 a 200 vehículos	ERP integrado con reglas de alerta	12 a 25 horas	Analista de flota
Más de 200 vehículos	Plataforma integrada y alertas en tiempo real	Equipo dedicado	Departamento de control

7.10 Integración de datos y estándares

El estándar FMS, definido por los principales fabricantes europeos de vehículos industriales, normaliza el acceso de los equipos telemáticos a datos del CAN-bus: odómetro, consumo total, nivel de depósito, velocidad, régimen del motor, uso del freno y, en versiones recientes, datos de AdBlue y de vehículos eléctricos. La interfaz rFMS permite además obtener esos datos directamente de la plataforma telemática del fabricante a través de internet, sin instalar un equipo adicional en el camión. En flotas de varias marcas, una plataforma telemática independiente que agrega los datos rFMS de todos los fabricantes simplifica la integración con el ERP.

Para una integración robusta conviene:

- Usar como clave común la matrícula o el número de bastidor, normalizados en todas las fuentes.
- Sincronizar las horas en UTC y convertir a hora local solo en la presentación.

- Conservar los datos brutos, además de los resultados calculados, para poder auditar.
- Definir un responsable del dato maestro de vehículos: altas, bajas, cambios de matrícula, cambios de tarjeta.

En Latinoamérica: la integración de tarjetas, GPS y telemática se ha extendido en las grandes flotas de México, Brasil, Chile y Colombia, a menudo de la mano de proveedores locales de gestión de flotas. En Argentina, donde muchas flotas operan camiones de generaciones anteriores sin FMS, las sondas de nivel y los caudalímetros instalados en la línea de combustible son la alternativa habitual para medir el consumo del motor.

Checklist: sistemas de control del combustible - Todas las tarjetas asociadas a una matrícula, con PIN y kilometraje obligatorio. - Límite de litros por operación ajustado a la capacidad de cada depósito. - Productos restringidos a gasóleo y AdBlue salvo autorización expresa. - Política de repostaje escrita, comunicada y firmada por los conductores. - Depósito propio inscrito en el registro de instalaciones petrolíferas y con revisiones al día. - Surtidor con identificación automática de vehículo y conductor. - Sonda de nivel en el depósito fijo con compensación de temperatura. - Verificación de cada descarga de cisterna frente al albarán a 15 °C. - Sondas de precisión en el depósito de los camiones con mayor riesgo o en rutas con pernocta. - Cruce mensual tarjeta-GPS-CAN automatizado en el ERP. - Alertas clasificadas por gravedad con responsable y plazo de cierre. - Ratio AdBlue/gasóleo controlado por vehículo. - Información previa a trabajadores y representantes sobre geolocalización y telemática. - Conciliación mensual archivada como soporte de la devolución del gasóleo profesional.

8

Eficiencia: conducción, rutas y tecnología

Medir y controlar el combustible evita perder dinero; mejorar la eficiencia permite ganarlo. Este capítulo recorre las palancas que reducen el consumo por kilómetro y por tonelada transportada: el conductor, la tecnología embarcada, la planificación de rutas, la aerodinámica, la carga útil y el mantenimiento. Las cifras de ahorro que se citan son rangos prudentes observados en flotas y estudios del sector; cada empresa debe verificarlas con sus propios datos antes y después de aplicar cada medida, porque los efectos no siempre se suman de forma lineal.

8.1 Conducción eficiente

Principios técnicos

La conducción eficiente en vehículos pesados se apoya en unos pocos principios físicos que el conductor puede aplicar en cada kilómetro:

- **Anticipación:** leer el tráfico con 15 o 20 segundos de antelación para evitar frenadas y aceleraciones innecesarias. Cada frenada convierte en calor una energía cinética que costó gasóleo producir.
- **Uso de la inercia:** soltar el acelerador con antelación antes de rotondas, salidas, semáforos o bajadas, dejando que el vehículo avance sin inyección. En motores modernos, en retención con marcha engranada la inyección se corta.
- **Régimen óptimo:** mantener el motor en la zona verde del cuentarrevoluciones, donde el par es alto y el consumo específico bajo, normalmente en torno a 1.000 a 1.400 revoluciones por minuto en motores de larga distancia actuales.
- **Velocidad constante:** evitar el efecto acordeón y aprovechar el control de crucero en vías rápidas.
- **Gestión de pendientes:** aprovechar el impulso antes de la subida, no forzar la reducción de marcha y dejar que la caja automatizada trabaje; en bajada, usar el freno motor y el retardador antes que el freno de servicio.
- **Ralentí mínimo:** apagar el motor en paradas de más de uno o dos minutos y no calentar el motor parado.

Formación: qué funciona

La formación en conducción eficiente da resultados rápidos, pero tiende a diluirse con el tiempo si no se acompaña de seguimiento. Los programas que mejor funcionan combinan:

- Una sesión teórica breve sobre los principios y su impacto económico, con datos de la propia flota.
- Una sesión práctica en ruta real con un formador, midiendo el consumo antes y después en el mismo recorrido.
- Seguimiento telemático individual durante los meses siguientes, con informes periódicos al conductor.
- Sesiones de refuerzo cada 6 a 12 meses, y formación específica al cambiar de modelo de camión.

En España, la formación continua del Certificado de Aptitud Profesional (CAP), que los conductores profesionales deben renovar cada cinco años con 35 horas de formación, incluye contenidos de conducción racional basada en las normas de seguridad y la optimización del consumo. Es una oportunidad para alinear esa formación obligatoria con el programa de eficiencia de la empresa, eligiendo un centro que trabaje con casos y datos reales.

Clave: tras una formación práctica, es habitual medir mejoras inmediatas del 5 % al 10 % en el recorrido de prueba. En la flota real, a los seis meses, una mejora sostenida del 3 % al 7 % es un resultado bueno. Si no hay seguimiento, el efecto tiende a desaparecer en pocos meses.

Ejemplo: una flota de 40 tractoras consume 1.600.000 litros al año. Un programa de formación con seguimiento cuesta 400 euros por conductor en la primera fase y 150 euros anuales de refuerzo: 16.000 euros el primer año. Si el ahorro sostenido es del 4 %, se ahorran 64.000 litros, unos 92.800 euros a 1,45 €/l. El retorno es de unas seis veces la inversión el primer año.

8.2 Scoring de conductores

Qué mide un buen scoring

Las plataformas telemáticas calculan una puntuación de conducción a partir de los datos del CAN-bus y del acelerómetro. Un scoring útil para el combustible debe incluir variables como:

- Porcentaje de tiempo o distancia en inercia o con el acelerador suelto.
- Uso del control de crucero en vías rápidas.
- Aceleraciones y frenadas bruscas por cada 100 km.
- Uso del freno de servicio frente al freno motor y retardador.
- Porcentaje de tiempo con el motor en la zona verde de revoluciones.
- Porcentaje de tiempo en ralentí respecto al tiempo con motor en marcha.
- Exceso de velocidad sobre el valor configurado por la empresa.
- Uso de la marcha adecuada en arrancadas y pendientes.

Los fabricantes ofrecen sus propios sistemas de evaluación integrados en el portal del vehículo, que valoran el estilo de conducción con notas por categorías. En flotas multimarca, conviene usar un sistema independiente o normalizar las puntuaciones para que sean comparables.

Normalización: la condición de la justicia

Un scoring que no tiene en cuenta la ruta, la carga y el vehículo castiga a quien hace los peores servicios. Para que sea justo y creíble debe:

- Comparar a cada conductor dentro de su grupo homogéneo de servicio.
- Corregir o ponderar por carga media y desnivel acumulado.
- Excluir los periodos de maniobra en base, carga y descarga.
- Exigir un mínimo de kilómetros en el periodo para que la puntuación sea estadísticamente significativa.
- Ser transparente: el conductor debe poder ver su puntuación, sus variables y cómo mejorarlas.

Variable del scoring	Peso orientativo	Valor objetivo orientativo	Fuente
Anticipación e inercia	25 %	Más del 10 % de la distancia	CAN
Control de cruce	15 %	Más del 60 % en autopista	CAN
Frenadas y aceleraciones bruscas	20 %	Menos de 2 por 100 km	Acelerómetro
Ralentí	20 %	Menos del 5 % del tiempo	CAN
Zona verde de revoluciones	10 %	Más del 80 %	CAN
Exceso de velocidad	10 %	Cerca de 0 %	CAN y GPS

Error frecuente: publicar un ranking de conductores en el tablón sin normalizar por servicio. Los conductores de rutas de montaña o reparto urbano aparecen siempre en los últimos puestos, se desmotivan y cuestionan todo el sistema. Publique rankings por grupo y céntrese en la mejora individual respecto al propio histórico.

8.3 Incentivos

Diseño de un sistema de incentivos

Los incentivos económicos ligados a la eficiencia funcionan si son sencillos, justos, frecuentes y compatibles con la seguridad. Algunos criterios prácticos:

- Vincular el incentivo a una combinación de indicadores (scoring, consumo normalizado, ausencia de siniestros y de sanciones), no solo al consumo bruto.
- Repartir una parte del ahorro conseguido, por ejemplo entre el 20 % y el 40 % del ahorro medido frente a la referencia del grupo.
- Pagar con frecuencia mensual o trimestral, para que el conductor relacione su conducta con la recompensa.

- Establecer condiciones de exclusión: un siniestro con culpa, una sanción por exceso de velocidad o por tiempos de conducción anula el incentivo del periodo.
- Respetar el convenio colectivo y la normativa laboral: el incentivo debe reflejarse correctamente en nómina y no puede incentivar el incumplimiento de los tiempos de conducción y descanso.

Un aspecto legal importante es que el Reglamento (CE) 561/2006 sobre tiempos de conducción y descanso prohíbe remunerar a los conductores asalariados en función de la distancia recorrida, la rapidez de la entrega o la cantidad de mercancía transportada cuando ello pueda poner en peligro la seguridad vial o fomentar infracciones. Un incentivo por eficiencia en combustible, bien diseñado, no entra en esa prohibición, pero debe redactarse con cuidado para que no premie indirectamente la velocidad o la acumulación de kilómetros.

Incentivos no económicos

El reconocimiento también funciona: asignar el camión nuevo al conductor con mejor progresión, comunicar los logros, ofrecer formación adicional o dar prioridad en la elección de rutas o turnos. En empresas pequeñas, donde el incentivo económico es más difícil de articular, el reconocimiento y la retroalimentación directa son a menudo suficientes.

Ejemplo: una empresa fija para su grupo de larga distancia una referencia de 30,5 L/100 km normalizados. Un conductor que recorre 11.000 km en el mes con 29,2 L/100 km ahorra 143 litros ($11.000 \times 1,3 \div 100$). A 1,45 €/l, el ahorro es de 207 euros. Con un reparto del 30 %, el incentivo mensual es de 62 euros, condicionado a no tener siniestros ni sanciones en el periodo.

8.4 Tecnología embarcada para la eficiencia

Control de crucero predictivo

El control de crucero predictivo utiliza mapas topográficos y la posición GPS para conocer el perfil de la carretera en los kilómetros siguientes. Con esa información anticipa las subidas y bajadas: acelera ligeramente antes de una pendiente para aprovechar la inercia, deja de inyectar antes de la cima para coronar a menor velocidad y deja rodar el camión en bajada dentro de un margen de velocidad configurado. Los principales fabricantes lo ofrecen con distintos nombres comerciales, y en los camiones actuales suele estar integrado con la caja de cambios automatizada, que adapta las marchas a la topografía y puede desacoplar la transmisión para rodar en punto muerto (rueda libre) cuando conviene.

Los fabricantes declaran ahorros de hasta el 5 % o más en determinadas rutas. En flotas reales, un rango prudente está entre el 2 % y el 5 %, mayor en rutas onduladas y menor en llano. El sistema solo ahorra si se usa: el porcentaje de uso del control de crucero predictivo en vías rápidas debe ser una variable del scoring.

La configuración importa. Los márgenes de velocidad por encima y por debajo de la velocidad fijada (por ejemplo, permitir bajar 5 km/h en subida y subir 3 o 4 km/h en bajada antes de que actúe el retardador) determinan cuánto se ahorra. Configurar el sistema en modo de máxima economía de forma predeterminada en toda la flota, dejando al conductor un margen limitado de modificación,

suele ser la opción más rentable.

Gestión del ralentí

Las medidas tecnológicas contra el ralentí innecesario son baratas y eficaces:

- Apagado automático del motor tras un tiempo programable en ralentí con el vehículo parado y el freno de estacionamiento accionado, disponible en la mayoría de los camiones actuales.
- Climatizadores de cabina eléctricos alimentados por baterías auxiliares, que mantienen la refrigeración durante la pausa sin arrancar el motor.
- Calefactores estacionarios de aire o agua, que consumen una fracción de litro por hora frente a los 1,5 a 3 litros por hora del motor al ralentí.
- Sistemas de arranque y parada en vehículos de distribución.
- Alertas telemáticas en tiempo real cuando el ralentí supera un umbral.

Ejemplo: una tractora con pernocta en ruta 180 noches al año usaba el motor al ralentí una media de 3 horas por noche para climatizar la cabina, con un consumo de 2 litros por hora: 1.080 litros al año. Un climatizador de cabina eléctrico de unos 2.500 euros instalado elimina casi todo ese consumo. A 1,45 €/l, el ahorro es de unos 1.566 euros anuales; el retorno, de algo más de año y medio, sin contar el menor desgaste del motor y del filtro de partículas.

Otras tecnologías

- Cajas de cambio automatizadas con programas de conducción económica: hoy son estándar en larga distancia y han reducido mucho la dispersión entre conductores.
- Ejes y relaciones de puente largas, que permiten circular a velocidad de cruce con menos revoluciones.
- Bombas y compresores desembragables, ventiladores con embrague electrónico y alternadores inteligentes que reducen las pérdidas parásitas.
- Sistemas de control de presión de neumáticos (TPMS), que avisan de las pérdidas de presión antes de que afecten al consumo y al desgaste.
- Recuperación de energía en frenada en camiones con sistemas híbridos ligeros, todavía poco extendidos en larga distancia.

8.5 Optimización de rutas

Planificación y ruteo

La optimización de rutas ahorra combustible por dos vías: reduce los kilómetros totales y reduce el consumo por kilómetro al elegir itinerarios con menos pendientes, menos congestión y menos travesías urbanas. Los planificadores de rutas profesionales para vehículos pesados tienen en cuenta las restricciones de altura, peso y mercancías peligrosas, las restricciones de circulación de camiones y los peajes, y pueden optimizar por coste total y no solo por distancia o tiempo.

En distribución con múltiples paradas, los algoritmos de optimización del problema de rutas de vehículos (asignación de pedidos a camiones y orden de las paradas) pueden reducir los kilómetros recorridos entre un 5 % y un 15 % frente a una planificación manual, según el punto de partida. En larga distancia, el margen está en la elección entre autopista de peaje y vía alternativa, en el aprovechamiento de los retornos y en la reducción de los kilómetros en vacío.

Kilómetros en vacío

El kilómetro más caro es el que no transporta nada. Reducir el porcentaje de kilómetros en vacío es a menudo la medida de eficiencia energética con mayor impacto por tonelada transportada. Las herramientas son conocidas: bolsas de cargas, colaboración con otras empresas, planificación de rutas triangulares, negociación con cargadores de flujos de retorno y análisis sistemático de los viajes en vacío por zona y por cliente.

Coste real de una ruta

La elección entre dos itinerarios debe hacerse con el coste completo: combustible según el perfil, peajes, tiempo del conductor, desgaste de neumáticos y frenos, y riesgo de siniestro. La autopista de peaje suele ser más rápida, más llana, más segura y con menos consumo; la vía alternativa ahorra el peaje pero puede costar más en gasóleo y en horas.

Concepto	Ruta A: autopista de peaje	Ruta B: vía alternativa	Diferencia
Distancia	310 km	290 km	-20 km en B
Consumo estimado	28 L/100 km	33 L/100 km	+5 L/100 km en B
Litros	86,8 l	95,7 l	+8,9 l en B
Coste combustible (1,45 €/l)	125,86 €	138,77 €	+12,91 € en B
Peaje	48,00 €	0,00 €	-48,00 € en B
Tiempo y coste conductor (22 €/h)	3,7 h, 81,40 €	4,6 h, 101,20 €	+19,80 € en B
Total	255,26 €	239,97 €	-15,29 € en B

En este ejemplo ilustrativo la vía alternativa resulta algo más barata, pero la diferencia es pequeña y cambia con el precio del gasóleo, la carga, la hora y la disponibilidad del conductor para otro servicio. Por eso la decisión debe tomarla el planificador con un modelo de coste, no el conductor por costumbre.

En Latinoamérica: en México, la elección entre autopistas de cuota y carreteras libres está condicionada tanto por el coste como por la seguridad frente al robo de carga, y muchas flotas imponen las autopistas de cuota por motivos de seguridad. En Argentina y Chile, las grandes distancias y la escasez de alternativas reducen el margen de optimización por itinerario, y el ahorro se concentra en la velocidad, la carga y los retornos.

8.6 Aerodinámica

Dónde se pierde la energía

En un camión articulado a 85 km/h, la resistencia aerodinámica supone una parte muy importante de la energía consumida, del orden de un tercio o más. Las pérdidas se reparten entre la parte frontal de la cabina, el hueco entre cabina y semirremolque, los bajos y los laterales del semirremolque y la estela turbulenta detrás de la caja.

Medidas aerodinámicas y su efecto

- Deflector de techo y laterales de cabina bien ajustados a la altura y anchura del semirremolque. Debe revisarse cada vez que la tractora engancha un semirremolque distinto.
- Reducción del hueco entre cabina y semirremolque mediante prolongaciones laterales.
- Faldones laterales en el semirremolque, que reducen la turbulencia en los bajos. Ahorro orientativo en larga distancia, del 2 % al 4 %.
- Alerones o colas traseras plegables, que reducen la estela. Ahorro orientativo del 1 % al 3 %.
- Carenado de ruedas y de depósitos, y paragolpes aerodinámicos.
- Retrovisores digitales con cámaras, que algunos fabricantes ofrecen en lugar de los espejos convencionales con una pequeña mejora aerodinámica.
- Supresión de accesorios exteriores innecesarios: barras de luces, bocinas y defensas que se añaden por estética.

Los ahorros de cada medida no se suman linealmente, y dependen mucho de la velocidad media: en reparto urbano son casi irrelevantes; en larga distancia por autopista son significativos.

Medida aerodinámica	Ahorro orientativo larga distancia	Coste orientativo	Comentario
Ajuste correcto del deflector	1 % a 3 %	Casi nulo	Revisar en cada enganche
Faldones laterales semirremolque	2 % a 4 %	1.500 a 3.000 €	Cuidado en accesos a obra
Cola trasera plegable	1 % a 3 %	1.500 a 3.500 €	Requiere disciplina de uso
Carenados y bajos	1 % a 2 %	Variable	Mantenimiento de anclajes
Supresión de accesorios	0,5 % a 1,5 %	Ninguno	Política de flota

Normativa europea de pesos y dimensiones

La Directiva 96/53/CE fija los pesos y dimensiones máximos de los vehículos pesados en el tráfico internacional de la Unión Europea. Su reforma de 2015 permitió ya exceder la longitud máxima para incorporar dispositivos aerodinámicos traseros y cabinas con frontal más largo y redondeado, siempre que mejoren la eficiencia y la seguridad, incluida la protección de los usuarios vulnerables. Esa posibilidad se tradujo en los reglamentos técnicos de homologación y ha permitido que los fabricantes lancen cabinas con frontales alargados y mejor coeficiente aerodinámico en la generación más reciente de camiones.

La Comisión presentó en julio de 2023 una nueva propuesta de revisión de la directiva, centrada en facilitar los vehículos de emisiones cero y el transporte intermodal: compensar el peso adicional de baterías y pilas de combustible, permitir más longitud para el equipo de cero emisiones y clarificar la circulación transfronteriza de conjuntos más pesados. El Parlamento Europeo aprobó su posición en marzo de 2024 y el Consejo acordó su orientación general en diciembre de 2025, con un margen de peso adicional para los vehículos de emisiones cero y hasta 0,9 metros más de longitud para alojar su equipamiento. Las negociaciones entre las instituciones comenzaron en diciembre de 2025. A la fecha de redacción de este libro, el texto final no se había adoptado, por lo que conviene seguir su evolución antes de planificar inversiones que dependan de él.

En España, la reforma del Reglamento General de Vehículos aprobada en 2025 elevó a 44 toneladas la masa máxima de los conjuntos de cinco o más ejes en transporte nacional de mercancías, con un margen adicional en transporte intermodal; amplió a 4,5 metros la altura para determinados transportes y eliminó la necesidad de autorización previa individual para los conjuntos euromodulares de hasta 72 toneladas y 32 metros, que solo pueden circular por la red de itinerarios aprobada. Las masas por eje y las masas máximas autorizadas entraron en vigor con un periodo de adaptación de varios meses.

Clave: pasar de 40 a 44 toneladas no aumenta el consumo en la misma proporción que la carga. Un conjunto de 44 toneladas consume algo más por kilómetro, pero transporta en torno a 4 toneladas más de carga útil, lo que reduce los litros por tonelada-kilómetro. Para sacar partido hay que revisar la masa máxima técnica del vehículo, los ejes, los neumáticos y la documentación del conjunto.

8.7 Carga útil y factor de carga

Productividad por tonelada

La eficiencia energética de un transporte se mide mejor en litros por tonelada-kilómetro que en litros por kilómetro. Por eso las medidas que aumentan la carga útil o el factor de carga son medidas de eficiencia:

- Reducir la tara: tractoras y semirremolques más ligeros, llantas de aluminio, depósitos de combustible dimensionados a la ruta y no al máximo.
- Optimizar la ocupación: planificación de carga por volumen y peso, consolidación de envíos, palés de altura adecuada.

- Utilizar configuraciones de mayor capacidad donde estén permitidas: 44 toneladas en nacional, euromodulares en los itinerarios autorizados, dobles pisos en carga ligera.

Ejemplo: un conjunto de 40 toneladas con una tara de 15 toneladas transporta 25 toneladas a 31 L/100 km: 1,24 litros por cada 100 toneladas-kilómetro. El mismo trayecto a 44 toneladas, con 29 toneladas de carga y 32,5 L/100 km, da 1,12 litros por cada 100 toneladas-kilómetro: casi un 10 % menos de combustible por tonelada transportada.

Depósito de combustible y peso

Circular con el depósito siempre lleno añade peso. Un depósito de 900 litros lleno supone más de 750 kilos de gasóleo. Para rutas regulares con repostaje garantizado, llevar solo lo necesario más una reserva prudente libera carga útil en servicios limitados por peso. La política de repostaje del capítulo 7 debe tenerlo en cuenta.

8.8 Mantenimiento y consumo

El mantenimiento preventivo es también una medida de eficiencia. Las intervenciones con mayor impacto en el consumo son:

- Presión de neumáticos: control semanal o mediante TPMS, con la presión correcta para la carga.
- Alineación de ejes de tractora y semirremolque: una desalineación aumenta la resistencia a la rodadura y el desgaste irregular.
- Filtros de aire y de combustible: un filtro de aire colmatado reduce el rendimiento del motor.
- Estado de inyectores y del sistema de postratamiento: un filtro de partículas que regenera con demasiada frecuencia consume combustible adicional.
- Frenos: pinzas o zapatas que rozan suponen una pérdida continua de energía.
- Fugas de aire en el circuito neumático: obligan al compresor a trabajar más.
- Lubricantes de baja viscosidad homologados por el fabricante, en motor, caja y puente, que reducen las pérdidas por fricción.
- Actualizaciones de software del motor y la caja que los fabricantes publican para mejorar la eficiencia.

Error frecuente: retrasar la alineación y el control de presiones porque «el camión va bien». La pérdida de consumo por neumáticos mal inflados o ejes desalineados es silenciosa, pero en una flota grande se cuenta en decenas de miles de litros al año y además acelera el desgaste de los neumáticos.

8.9 Camiones Euro VI de última generación

Qué ha cambiado

La generación más reciente de tractoras de larga distancia, lanzada por los principales fabricantes europeos entre 2022 y 2025, ha incorporado de forma combinada mejoras que antes se ofrecían por separado: motores con mayor par a bajas revoluciones y mejor combustión, sistemas de postratamiento más compactos y eficientes, cajas automatizadas con más funciones predictivas, cabinas con frontales alargados al amparo de la normativa de dimensiones, mejoras aerodinámicas en techos, laterales y bajos, y una gestión electrónica más integrada de todos los consumidores. Los fabricantes declaran mejoras de consumo frente a la generación anterior que van del 3 % al 10 % según modelo y aplicación.

Esta generación coincide con la aplicación de los objetivos europeos de reducción de CO2 para fabricantes de vehículos pesados, que se estudian en el capítulo 9, lo que explica el esfuerzo por exprimir la eficiencia del diésel mientras se desarrolla el vehículo de emisiones cero. Además, la futura norma de emisiones Euro 7 para vehículos pesados, aprobada en 2024 y de aplicación a los nuevos tipos de vehículos pesados a partir de finales de esta década, endurecerá los límites de contaminantes y exigirá mayor durabilidad de los sistemas de control de emisiones.

Cuándo renovar por eficiencia

La renovación de un vehículo no debe justificarse solo por el consumo, pero el consumo forma parte del cálculo. Si un camión nuevo consume un 7 % menos que uno de ocho años, en una tractora de 40.000 litros anuales el ahorro es de 2.800 litros al año, unos 4.060 euros a 1,45 €/l. A ello se suman el menor coste de mantenimiento, la mayor disponibilidad, el mejor valor residual y la mejora de imagen ante cargadores. El análisis completo de coste total de propiedad es objeto del capítulo 9 y de la parte de mantenimiento.

8.10 Plan de eficiencia: priorizar las medidas

No todas las medidas tienen el mismo coste ni el mismo plazo de retorno. Un plan de eficiencia razonable las ordena por relación entre ahorro e inversión.

Medida	Ahorro orientativo	Inversión	Plazo de retorno típico
Limitador de velocidad a 85 km/h	3 % a 5 %	Nula	Inmediato
Apagado automático y política de ralentí	1 % a 3 %	Nula o baja	Inmediato
Control de presión y alineación	1 % a 3 %	Baja	Meses
Formación con seguimiento	3 % a 7 %	Media	Menos de 1 año
Configuración del crucero predictivo	2 % a 5 %	Nula si equipado	Inmediato
Aerodinámica del semirremolque	2 % a 5 %	Media	1 a 2 años
Climatizador de cabina	Según ralentí	Media	1 a 2 años
Optimización de rutas	5 % a 15 % en km	Media o alta	1 a 2 años
Renovación de vehículo	3 % a 10 %	Alta	Según TCO

Clave: los ahorros no se suman. Si la flota aplica cinco medidas con un 3 % cada una, el ahorro conjunto no será del 15 %, porque unas reducen la base sobre la que actúan las otras y algunas se solapan (por ejemplo, la formación y el crucero predictivo actúan sobre el mismo comportamiento). Calcule el ahorro combinado de forma multiplicativa y verifíquelo con datos reales.

Checklist: plan de eficiencia de la flota - Línea base de consumo por grupo homogéneo medida durante al menos tres meses. - Limitador de velocidad configurado según la política de la empresa. - Apagado automático del motor activado y umbral de ralentí definido. - Control de crucero predictivo configurado en modo económico por defecto. - Programa de formación práctica con seguimiento telemático y refuerzo periódico. - Scoring de conductores normalizado por servicio, transparente y comunicado. - Sistema de incentivos sencillo, compatible con la seguridad y con el Reglamento 561/2006. - Planificador de rutas con modelo de coste total y análisis de kilómetros en vacío. - Revisión del ajuste aerodinámico en cada cambio de semirremolque. - Evaluación de faldones y colas traseras en semirremolques de larga distancia. - Aprovechamiento de las 44 toneladas donde la carga lo permita. - Mantenimiento preventivo con foco en presiones, alineación, filtros y frenos. - Medición del ahorro real de cada medida frente a la línea base.

9

Transición energética de la flota

Durante décadas, la única decisión energética de una empresa de transporte era dónde comprar el gasóleo más barato. Esa época ha terminado. Entre 2025 y 2030 confluyen en Europa varios cambios que afectan directamente a la cuenta de resultados de cualquier flota: los objetivos obligatorios de reducción de CO₂ para los fabricantes de camiones, que cambiarán la oferta disponible en los concesionarios; el despliegue de la infraestructura de recarga para pesados; los peajes diferenciados por emisiones de CO₂ en buena parte de Europa; y la llegada del nuevo régimen de comercio de derechos de emisión para los combustibles de transporte, que encarecerá el gasóleo. Este capítulo ofrece un mapa de las alternativas energéticas, del marco normativo vigente a finales de 2026 y de un método para decidir y pilotar la transición sin poner en riesgo la operación.

Clave: la transición energética no es una decisión binaria entre diésel y eléctrico. Es una cartera de soluciones que convivirán durante años: diésel eficiente, biocombustibles sustitutos, gas natural renovable, eléctrico de batería en los usos donde ya compensa y, a más largo plazo, hidrógeno en nichos concretos. La tarea del responsable de flota es asignar a cada servicio la tecnología que mejor encaja en coste, operación y riesgo.

9.1 El marco normativo que empuja el cambio

Normas de CO₂ para vehículos pesados nuevos

El Reglamento (UE) 2019/1242 estableció por primera vez objetivos de reducción de las emisiones de CO₂ de los camiones nuevos, a cargo de los fabricantes. El Reglamento (UE) 2024/1610 lo modificó en 2024 para endurecer y ampliar esos objetivos. La reducción se mide frente a un periodo de referencia (de julio de 2019 a junio de 2020) y se aplica a la media de las emisiones de los vehículos nuevos que matricula cada fabricante, calculadas con la herramienta VECTO:

- 15 % de reducción a partir de 2025.
- 45 % a partir de 2030.
- 65 % a partir de 2035.
- 90 % a partir de 2040.

El ámbito se amplió a camiones medianos, camiones pesados de más de 7,5 toneladas en un abanico mayor de configuraciones, autobuses interurbanos y, en ciertas condiciones, remolques y

semirremolques, para los que se fijaron objetivos propios de eficiencia. Para los autobuses urbanos nuevos se estableció un objetivo de cero emisiones del 90 % en 2030 y del 100 % en 2035. Los fabricantes que no cumplen pagan una prima por exceso de emisiones por cada gramo de CO₂ por tonelada-kilómetro de exceso y por vehículo.

En 2026, ante el lento despegue del mercado de camiones eléctricos, la Unión aprobó una flexibilidad temporal que permite a los fabricantes acumular créditos de emisión de forma más favorable durante el periodo de 2025 a 2029, sin modificar los objetivos de 2030 y 2040. La revisión general del reglamento está prevista para 2027.

Clave: estas normas obligan al fabricante, no al transportista. Pero su efecto llega a la flota por la vía comercial: para cumplir, los fabricantes necesitan vender una proporción creciente de camiones de emisiones cero y harán más atractivas sus ofertas de vehículos eléctricos, mientras es previsible que los diésel incorporen la penalización en su precio. Esa presión aumentará a medida que se acerque 2030.

Peajes diferenciados por CO₂: la Euroviñeta

La Directiva 1999/62/CE, conocida como Euroviñeta, fue reformada por la Directiva (UE) 2022/362. Entre sus novedades, obliga a los Estados que aplican peajes por distancia a los vehículos pesados a variar las tarifas de infraestructura en función de la clase de emisiones de CO₂ del vehículo, con descuentos importantes para los vehículos de emisiones cero, y prevé la retirada progresiva de las viñetas temporales para pesados en la red transeuropea básica. Además, permite añadir cargos por los costes externos de contaminación atmosférica, ruido y CO₂.

Varios países ya la aplican con fuerza. Alemania introdujo en diciembre de 2023 un recargo por CO₂ en su peaje para camiones, que en la práctica casi duplicó el coste por kilómetro de un diésel de 40 toneladas, y amplió el peaje a los vehículos de más de 3,5 toneladas en 2024. Los camiones de emisiones cero disfrutaban allí de una exención temporal que se ha prorrogado hasta mediados de 2031. Austria, Dinamarca, Hungría y otros países han introducido o están introduciendo esquemas comparables.

En España, la red de autopistas de peaje es mayoritariamente de concesión y el Gobierno ha descartado introducir peajes en las autovías. Las concesiones existentes no están obligadas a aplicar la diferenciación por CO₂, y en las autopistas estatales gestionadas por la sociedad pública las tarifas se fijan por categoría de vehículo y medio de pago, con un incremento anual máximo hasta 2032. En consecuencia, el ahorro de peajes por circular con un camión eléctrico es hoy reducido en el ámbito nacional, y muy relevante en rutas internacionales hacia Francia, Alemania o el centro de Europa.

Ejemplo: un camión que recorre 60.000 km anuales por autopistas alemanas sujetas a peaje con una tarifa total ilustrativa de 0,35 €/km paga 21.000 euros al año. Si un camión de emisiones cero estuviera exento del componente de infraestructura y de CO₂, o pagara solo una fracción, el ahorro podría superar los 15.000 euros anuales solo en peajes. Para una flota española de transporte internacional, ese dato puede decidir la elección tecnológica.

ETS2: el precio del carbono en el gasóleo

La Directiva (UE) 2023/959 creó un segundo sistema de comercio de derechos de emisión, conocido como ETS2, que cubre los combustibles utilizados en edificios y transporte por carretera. A diferencia del sistema original, en el ETS2 la obligación recae en los distribuidores de combustible (los proveedores que ponen el combustible en el mercado), que tendrán que entregar derechos de emisión por el CO2 de los combustibles que venden y repercutirán ese coste en el precio.

La fecha inicial de aplicación era 2027, con una cláusula que permitía retrasarla a 2028 si los precios de la energía eran excepcionalmente altos. En el marco del acuerdo sobre el objetivo climático de 2040, alcanzado a finales de 2025, las instituciones europeas aplazaron el inicio del ETS2 a 2028, manteniendo la obligación de seguimiento y notificación de emisiones que ya se aplica desde 2025. En octubre de 2026 el Consejo Europeo pidió a la Comisión que actualizara su evaluación de los impactos y de los mecanismos de protección, pero no modificó la fecha. Conviene seguir su evolución, porque la presión política para nuevos aplazamientos o para reforzar los mecanismos de contención de precios es intensa.

El sistema incluye mecanismos para contener los precios: liberación de derechos adicionales desde una reserva si el precio supera determinados umbrales, con la referencia de unos 45 euros por tonelada en precios de 2020 en el diseño original, y un Fondo Social para el Clima destinado a compensar a hogares y microempresas vulnerables.

El impacto en el gasóleo se calcula fácilmente. La combustión de un litro de gasóleo emite unos 2,6 a 2,7 kilos de CO2. Con un precio del derecho de 45 euros por tonelada, el coste añadido sería de unos 12 céntimos por litro antes de IVA; con 60 euros, de unos 16 céntimos; con 80 euros, de unos 21 céntimos. En la mezcla real, la parte renovable del gasóleo (biodiésel incorporado) reduce algo esa cifra.

Precio ETS2 (€/t CO2)	Coste añadido (€/l, sin IVA)	Tractora de 40.000 l/año	Flota de 30 tractoras
45	0,12	4.800 €	144.000 €
60	0,16	6.400 €	192.000 €
80	0,21	8.400 €	252.000 €
100	0,27	10.800 €	324.000 €

Error frecuente: planificar la renovación de la flota con el precio del gasóleo de hoy. Un camión comprado en 2026 trabajará probablemente hasta 2032 o 2034, años en los que el ETS2 estará plenamente en vigor. El análisis de coste total de propiedad debe incluir escenarios de precio del carbono.

Reglamento AFIR: la infraestructura

El Reglamento (UE) 2023/1804 relativo a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos (AFIR), aplicable desde abril de 2024, fija objetivos obligatorios para los Estados miembros en la red transeuropea de transporte (RTE-T). Para los vehículos pesados establece, de forma escalonada:

- Puntos de recarga para pesados en un porcentaje creciente de la red RTE-T: el 15 % a finales de 2025, el 50 % a finales de 2027 y la cobertura completa en 2030.
- En 2030, en la red básica, estaciones de recarga para pesados al menos cada 60 km, con una potencia agregada mínima de varios megavatios por estación y algún punto de alta potencia; en la red global, cada 100 km con una potencia menor.
- Puntos de recarga en las áreas de estacionamiento seguras y protegidas para la recarga nocturna, y en los nodos urbanos para la distribución.
- Estaciones de repostaje de hidrógeno al menos cada 200 km en la red básica y en cada nodo urbano en 2030.
- Requisitos de pago ad hoc con tarjeta, transparencia de precios y datos abiertos sobre la disponibilidad.

A mediados de 2026 la mayoría de los Estados miembros había cumplido los primeros hitos generales de recarga, aunque la recarga específica para camiones seguía muy por detrás de la de turismos. En España, el Ministerio para la Transición Ecológica sometió a consulta en septiembre de 2026 un nuevo programa de ayudas a la recarga en carretera que contempla extenderse a los vehículos pesados en la red básica, los nodos urbanos y las zonas de estacionamiento seguro.

Recarga de megavatios (MCS)

El estándar de carga de megavatios (Megawatt Charging System, MCS) está diseñado para camiones y autobuses y admite potencias de hasta varios megavatios, con un primer escalón práctico en torno a 1 MW. El conector está normalizado internacionalmente, y en 2026 se ultimaban los protocolos de comunicación. Con MCS, un camión de larga distancia puede cargar del 20 % al 80 % de una batería de unos 600 kWh en torno a 30 minutos, es decir, durante la pausa obligatoria de 45 minutos que exige el Reglamento 561/2006 tras cuatro horas y media de conducción. Con un cargador CCS de 400 kW, la misma carga lleva alrededor de una hora.

En 2026 los primeros camiones de serie preparados para MCS comenzaban a entregarse y las estaciones públicas MCS eran todavía escasas en Europa. Durante los próximos años, la mayor parte de la recarga de camiones seguirá haciéndose en la base o en el cliente, de noche o durante la carga y descarga, con cargadores CCS de 50 a 400 kW.

9.2 Las alternativas energéticas

HVO y biocombustibles sustitutivos

El HVO (aceite vegetal hidrotratado, también llamado diésel renovable) es un combustible parafínico obtenido a partir de aceites usados de cocina, grasas animales residuales u otras materias primas, mediante hidrotratamiento. Cumple la norma europea de gasóleos parafínicos EN 15940 y puede utilizarse puro (HVO100) o mezclado con gasóleo en motores diésel que el fabricante haya homologado para ello, algo habitual en los camiones Euro VI recientes. Su gran ventaja es que no requiere cambiar de vehículo ni de infraestructura. Según la materia prima, la reducción de emisiones de CO₂ en el ciclo de vida, del pozo a la rueda, puede alcanzar el 70 % al 90 % frente al gasóleo fósil.

Sus limitaciones son el precio y la disponibilidad. En España, el HVO100 se comercializa en una red creciente de estaciones de las principales petroleras y en suministro a granel para depósitos propios, con un sobreprecio que en 2026 se movía, según el punto de venta, entre un 15 % y un 30 % por encima del gasóleo convencional. Su precio sigue en buena medida al del gasóleo. Además, la disponibilidad mundial de materias primas residuales es limitada, y la aviación compite por ellas.

El biodiésel (FAME) se incorpora en mezcla al gasóleo convencional en proporciones de hasta el 7 % en el gasóleo estándar EN 590. Mezclas superiores, como el B30 o el B100, requieren homologación específica del fabricante y cuidados adicionales de mantenimiento.

Clave: el HVO es la palanca de descarbonización más rápida para una flota diésel, y la que cargadores con objetivos climáticos aceptan con más facilidad. Si un cliente paga una prima por transporte bajo en emisiones, el HVO100 en los camiones que le prestan servicio permite ofrecerlo de inmediato. Exija al proveedor certificados de sostenibilidad y de origen de la materia prima.

Gas natural licuado y bioGNL

El gas natural licuado (GNL) se ha utilizado en camiones de larga distancia como alternativa al diésel, con ventajas en ruido, contaminantes locales y, en ciertos momentos, precio del combustible. España tiene una red de estaciones de GNL relativamente desarrollada. Sin embargo, con gas fósil, la reducción de CO₂ frente al diésel es pequeña, y la volatilidad del precio del gas desde 2022 ha erosionado su ventaja económica.

El interés actual se concentra en el bioGNL (biometano licuado), obtenido de residuos agrícolas, ganaderos o urbanos, que puede reducir drásticamente las emisiones de ciclo de vida. La normativa de CO₂ de los fabricantes, que mide las emisiones en el tubo de escape, no reconoce el origen renovable del gas, lo que limita el desarrollo de nuevos modelos de gas. Para una flota, el GNL y el bioGNL pueden ser una solución de transición en rutas bien cubiertas por estaciones, pero no parecen la tecnología de destino.

Camiones eléctricos de batería

El camión eléctrico de batería es, según la mayoría de los análisis recientes, la tecnología de emisiones cero con mayor recorrido en el transporte por carretera. En 2025 y 2026 los principales fabricantes europeos lanzaron tractoras de larga distancia con baterías de 500 a 700 kWh y autonomías declaradas de entre 400 y 600 km con carga completa, lo que, con una carga rápida en la pausa obligatoria, permite cubrir jornadas de conducción completas.

Sus ventajas operativas son claras: el rendimiento energético del motor eléctrico es muy superior al del motor diésel, el coste de mantenimiento es menor (sin aceite, filtros de motor, postratamiento ni embrague), el ruido es mínimo y el frenado regenerativo recupera energía en las bajadas. Un camión eléctrico articulado de 40 toneladas consume habitualmente entre 100 y 140 kWh por cada 100 km, según carga, ruta y temperatura.

Sus limitaciones son el precio de compra, que en 2026 seguía duplicando aproximadamente el de un diésel equivalente; el peso de la batería, que reduce la carga útil si no se compensa con la normativa de masas; la dependencia de la infraestructura de recarga; la pérdida de autonomía con frío y a plena carga; y la incertidumbre sobre el valor residual.

Ejemplo: un camión eléctrico que consume 120 kWh/100 km y recorre 100.000 km anuales necesita 120.000 kWh al año. Con un precio medio de 0,18 €/kWh en recarga en base (término de energía, peajes y cargos repartidos, sin IVA), el coste energético es de 21.600 euros. Un diésel equivalente de 30 L/100 km consume 30.000 litros; a 1,45 €/l netos, gasta 43.500 euros. La diferencia, 21.900 euros anuales, es la que debe compensar el sobrecoste de compra y la infraestructura. Si la recarga se hace en cargadores públicos de alta potencia a 0,45 €/kWh, el coste energético sube a 54.000 euros y la ventaja desaparece.

El ejemplo muestra la clave económica del camión eléctrico: la proporción de recarga en base, a precio de tarifa industrial y, si es posible, con autoconsumo fotovoltaico, frente a la recarga pública de alta potencia, considerablemente más cara.

Hidrógeno

El hidrógeno puede utilizarse en camiones de dos formas: en pilas de combustible, que generan electricidad a bordo para un motor eléctrico, o quemado directamente en motores de combustión de hidrógeno, una tecnología que algunos fabricantes desarrollan y que la normativa europea de CO2 considera de emisiones cero. Sus ventajas teóricas son la rapidez de repostaje y la autonomía, cercanas a las del diésel, y una menor penalización de peso que las baterías en largas distancias.

Sin embargo, en 2026 el hidrógeno en camiones seguía en fase de demostración. La red de estaciones era muy escasa, el precio del hidrógeno renovable en surtidor era alto y los vehículos disponibles eran pocos y caros. Los estudios comparativos más recientes sitúan al camión de hidrógeno como competitivo frente al eléctrico de batería solo en condiciones particulares, con hidrógeno muy barato o baterías que no progresen en coste. Para la mayoría de las flotas, el hidrógeno es una tecnología que conviene seguir, no una decisión de compra a corto plazo.

Tecnología	Reducción CO2 ciclo de vida	Madurez en 2026	Uso más adecuado
Diésel Euro VI eficiente	Referencia	Plena	Todos, como base
HVO100	70 % a 90 %	Comercial, oferta limitada	Flota diésel existente
GNL fósil	Pequeña	Comercial	Transición en rutas cubiertas
BioGNL	Alta	Comercial limitada	Nichos con suministro
Eléctrico de batería	Alta, según mix eléctrico	Comercial, en expansión	Regional, distribución, lanzaderas
Hidrógeno	Alta si es renovable	Demostración	Pilotos y nichos

9.3 Coste total de propiedad: diésel frente a eléctrico

Método

El coste total de propiedad (TCO) suma todos los costes de un vehículo a lo largo de su vida útil en la empresa, menos su valor residual. Para comparar tecnologías debe calcularse con el mismo servicio, los mismos kilómetros y el mismo horizonte temporal, e incluir:

- Precio de adquisición, descontadas las ayudas, y coste financiero.
- Infraestructura de recarga atribuible al vehículo (cargador, conexión eléctrica, obra).
- Energía: gasóleo y AdBlue frente a electricidad, con escenarios de precio.
- Mantenimiento y reparaciones.
- Neumáticos, seguro e impuestos.
- Peajes, según el país y la diferenciación por CO₂.
- Coste de la carga útil perdida, si la hubiera.
- Valor residual al final del periodo.

Tabla ilustrativa

La tabla siguiente presenta un TCO ilustrativo a cinco años para una tractora de 40 toneladas en servicio regional con retorno diario a base, 100.000 km anuales y recarga mayoritariamente nocturna en base. Las cifras son hipótesis redondeadas y coherentes aritméticamente; no corresponden a ninguna oferta concreta.

Concepto (5 años)	Diésel	Eléctrico	Diferencia
Precio de compra	125.000 €	260.000 €	+135.000 €
Ayuda a la compra	0 €	-40.000 €	-40.000 €
Cargador atribuible	0 €	30.000 €	+30.000 €
Energía	217.500 €	126.000 €	-91.500 €
AdBlue	4.100 €	0 €	-4.100 €
Mantenimiento	40.000 €	25.000 €	-15.000 €
Peajes	30.000 €	30.000 €	0 €
Valor residual	-45.000 €	-80.000 €	-35.000 €
TCO total	371.600 €	351.000 €	-20.600 €

Hipótesis del ejemplo:

- Diésel: 30 L/100 km, 150.000 litros en cinco años, a 1,45 €/l netos de media (217.500 euros). AdBlue al 5 %, 7.500 litros a 0,55 €/l (4.125 euros, redondeado a 4.100).
- Eléctrico: 120 kWh/100 km, 600.000 kWh en cinco años. Un 85 % en base a 0,18 €/kWh (91.800 euros) y un 15 % en recarga pública a 0,38 €/kWh (34.200 euros): total de 126.000 euros.

- Peajes iguales en ambos casos, porque el servicio es nacional y sin diferenciación relevante por CO₂.
- Valor residual del 36 % para el diésel y del 31 % para el eléctrico, este último con mayor incertidumbre.

En este escenario, el eléctrico resulta unos 20.600 euros más barato en cinco años, un 5,5 %. Pero la conclusión es frágil y cambia mucho con pocas variables:

- Sin la ayuda de 40.000 euros, el eléctrico pasaría a costar unos 19.400 euros más que el diésel.
- Si el precio medio en base subiera a 0,24 €/kWh, la energía del eléctrico aumentaría en unos 30.600 euros y la ventaja desaparecería.
- Si el gasóleo subiera de media 0,15 €/l por efecto del ETS2 en los últimos años del periodo, el diésel se encarecería en unos 22.500 euros si afectara a todo el periodo, o en una parte proporcional si solo afectara a los últimos años.
- Si el servicio fuera internacional con peajes diferenciados por CO₂, el eléctrico podría ganar decenas de miles de euros adicionales.

Clave: en 2026, los estudios independientes coinciden en que el TCO del camión eléctrico ya es favorable en varios países del centro y norte de Europa, gracias a los peajes diferenciados por CO₂, las ayudas y el precio de la electricidad, mientras que en España todavía no compensaba en la mayoría de los casos sin ayudas, por la ausencia de diferenciación de peajes y el coste de compra. La previsión generalizada es que la paridad se alcance antes de 2030 en un número creciente de servicios, especialmente en distribución regional y lanzaderas con recarga en base.

Error frecuente: comparar el TCO con el precio de la recarga pública como si fuera el único. La economía del camión eléctrico depende del mix de recarga. Un servicio que obliga a cargar siempre en estaciones públicas de alta potencia rara vez compensa hoy; uno que carga de noche en base con tarifa industrial y autoconsumo puede compensar ya.

Infraestructura en la base

Instalar recarga en la base de la empresa es a menudo el cuello de botella del proyecto, más que el propio camión. Hay que analizar:

- La potencia contratada disponible y la capacidad de la red de distribución en la zona. Una ampliación significativa puede exigir una nueva acometida o un centro de transformación, con plazos de muchos meses y costes que pueden superar los del propio cargador.
- El tipo de cargador: cargadores de 40 a 150 kW para recarga nocturna, suficientes en la mayoría de los casos; cargadores de mayor potencia solo si hay recargas intermedias en base.
- La gestión de la carga: un sistema de gestión que reparta la potencia entre los vehículos según su horario de salida permite instalar más cargadores con menos potencia contratada.
- La posibilidad de autoconsumo fotovoltaico en las cubiertas de naves y marquesinas, y de almacenamiento en baterías estacionarias.

- La tarifa eléctrica: los periodos tarifarios valle y la optimización de la potencia contratada son decisivos en el precio final del kWh.

9.4 Ayudas y financiación

En España, las ayudas a la renovación de flotas de transporte por carretera han procedido principalmente del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, con fondos europeos Next Generation EU, y se han canalizado a través de varios programas: los programas de ayudas a la transformación de flotas de transporte de viajeros y mercancías gestionados por el Ministerio de Transportes con las comunidades autónomas, que subvencionaban la adquisición de vehículos de energías alternativas, la infraestructura de recarga y el achatarramiento; y los programas MOVES gestionados por el IDAE y las comunidades autónomas para vehículos ligeros, recarga y proyectos singulares.

La disponibilidad de ayudas cambia de una convocatoria a otra, con presupuestos limitados, concurrencia competitiva y plazos cortos. Entre los requisitos habituales figuran que el proyecto no se haya iniciado antes de solicitar la ayuda (efecto incentivador), que el vehículo esté matriculado en España y se mantenga en la flota un tiempo mínimo, y que se respeten los límites de ayudas de Estado. Con la finalización de los fondos del Plan de Recuperación, la financiación de nuevas líneas se apoya en fondos FEDER del periodo 2021-2027 y en recursos nacionales. A escala europea, el Fondo Social para el Clima, ligado al ETS2, financiará medidas a partir de 2026, y el Mecanismo Conectar Europa ha financiado infraestructura de recarga y de hidrógeno en los corredores.

Junto a las subvenciones, existen otros instrumentos:

- Financiación preferente de entidades financieras públicas y privadas para vehículos de emisiones cero.
- Renting y arrendamiento con servicios incluidos, que trasladan parte del riesgo de valor residual al fabricante o a la financiera.
- Contratos de transporte con cargadores que comparten el sobre coste a cambio de emisiones reducidas, a menudo a más largo plazo.
- Certificados de ahorro energético, el sistema implantado en España que permite monetizar los ahorros de energía certificados de determinadas actuaciones, incluidas algunas en el transporte.
- Créditos por el uso de electricidad renovable en el transporte en el marco de la transposición de la directiva de energías renovables, que algunos países ya aplican y que podría mejorar la economía de la recarga en base.

En Latinoamérica: en Chile, la estrategia nacional de electromovilidad y los programas públicos de apoyo han impulsado sobre todo los autobuses eléctricos en Santiago, y empiezan a extenderse a camiones de distribución y minería. En México, las grandes flotas de distribución urbana están incorporando camiones eléctricos ligeros y medianos, mientras que el GNC y el GNL tienen presencia en algunas rutas. En Colombia, los incentivos tributarios a vehículos eléctricos y a gas incluyen beneficios en aranceles e IVA. En Argentina, el GNC tiene una larga tradición en vehículos ligeros y se ha planteado su uso en camiones, mientras la electrificación del transporte pesado está todavía en fase incipiente.

9.5 Cómo decidir: asignar tecnología a cada servicio

Matriz de idoneidad

No todos los servicios están igual de preparados para la electrificación. El primer paso es clasificar los servicios de la flota con datos telemáticos reales de un periodo representativo: kilómetros diarios, máximo diario, paradas, tiempo en base, carga media y máxima, perfil de ruta y temperaturas.

Tipo de servicio	Km diarios típicos	Recarga posible	Idoneidad eléctrica 2026
Distribución urbana	80 a 200	Base nocturna	Alta
Distribución regional	200 a 400	Base y cliente	Alta o media
Lanzadera fija	300 a 500	Base y destino	Alta si hay recarga en destino
Larga distancia nacional	500 a 800	Pública en ruta	Media, depende de MCS
Internacional	Más de 700	Pública en ruta	Media o baja, salvo peajes CO2
Obra y cantera	Variable	Base	Baja o media
Frigorífico	Variable	Base	Media, por consumo del equipo

Criterios de decisión

- Servicio repetitivo y previsible, con recorrido diario dentro de la autonomía real con margen, y retorno a base: candidato prioritario al eléctrico.
- Servicio con cliente o cargador dispuesto a pagar una prima por emisiones reducidas o a facilitar recarga en sus instalaciones: candidato prioritario.
- Rutas internacionales por países con peajes diferenciados por CO2: analizar con detalle, porque el ahorro de peaje puede ser decisivo.
- Servicios irregulares, con recorridos largos y variables, sin recarga en base ni en cliente: mantener diésel eficiente, con HVO si el cliente lo valora.
- Servicios limitados por peso con carga útil crítica: comprobar el efecto de la batería en la carga útil y las compensaciones normativas de masa.

Autonomía real

La autonomía declarada por el fabricante se obtiene en condiciones determinadas. En la planificación, conviene aplicar márgenes: el consumo aumenta con el frío (por la calefacción de la cabina y el acondicionamiento de la batería), con la carga máxima, con las pendientes y con la velocidad. Una regla prudente es planificar con una autonomía útil de un 65 % a un 75 % de la declarada, reservando un margen de seguridad y evitando ciclos completos que aceleran la degradación de la batería.

Ejemplo: un camión con autonomía declarada de 500 km se planifica con una autonomía útil de 350 km (70 %). Un servicio regional de 320 km diarios con retorno a base es viable sin recarga intermedia. Uno de 450 km necesita una recarga intermedia de unos 30 a 45 minutos en un cargador de alta potencia, que debe coincidir con la pausa del conductor o con la carga o descarga.

9.6 Cómo pilotar la transición

Fases de un piloto

Un piloto bien diseñado reduce el riesgo y genera los datos que la dirección necesita para decidir una inversión mayor. Sus fases son:

1. Análisis previo: selección de dos o tres servicios candidatos con datos telemáticos reales, estudio de la recarga en base y de la conexión eléctrica, y cálculo del TCO con escenarios.
2. Diseño: definición de objetivos medibles (disponibilidad del vehículo, coste por km, consumo en kWh/100 km, satisfacción del conductor y del cliente), duración mínima de seis a doce meses para cubrir distintas estaciones, y elección entre compra, renting o prueba del fabricante.
3. Preparación: instalación del cargador, formación de conductores, mecánicos y planificadores, adaptación de los procedimientos de tráfico, revisión del seguro y de los protocolos de emergencia.
4. Operación: seguimiento semanal con la telemática del vehículo y del cargador, registro de incidencias y comparación con un vehículo diésel de referencia en un servicio equivalente.
5. Evaluación: informe con los resultados reales frente a las hipótesis, revisión del TCO y decisión de escalar, ajustar o esperar.

Formación específica

El conductor de un camión eléctrico debe aprender a gestionar la regeneración, a planificar la carga y a interpretar la autonomía. Los mecánicos necesitan formación en seguridad en sistemas de alta tensión, ya que trabajan con tensiones de varios cientos de voltios, y el taller requiere procedimientos y equipos de protección específicos. Los planificadores de tráfico deben incorporar la autonomía y la recarga en la asignación de servicios. Esta formación debe planificarse antes de la llegada del vehículo, no después.

Indicadores del piloto

Indicador	Unidad	Comparación	Frecuencia
Consumo energético	kWh/100 km	Hipótesis y estación	Semanal
Coste energético	€/km	Diésel de referencia	Mensual
Disponibilidad	% días operativos	Diésel de referencia	Mensual
Recarga en base	% del total de kWh	Objetivo del TCO	Mensual
Incidencias de autonomía	Número	Objetivo cero	Semanal

Indicador	Unidad	Comparación	Frecuencia
Degradación de batería	% de capacidad	Datos del fabricante	Trimestral
Satisfacción	Encuesta	Conductores y cliente	Al final

Gestión del riesgo

Un piloto no está exento de riesgos. Conviene acordar con el fabricante o el concesionario condiciones de soporte técnico, vehículo de sustitución y plazos de reparación; verificar la garantía de la batería en kilómetros, años y porcentaje de capacidad; y prever un plan alternativo con vehículo diésel si el eléctrico queda inmovilizado. El ERP de flota debe adaptarse para registrar los kWh por vehículo y cargador, calcular el coste energético por kilómetro y comparar tecnologías en el mismo cuadro de mando.

Clave: el objetivo de un piloto no es demostrar que el camión eléctrico funciona, sino saber en qué servicios funciona para su empresa, a qué coste y con qué condiciones. Un piloto que concluye que hay que esperar dos años en un servicio concreto también es un piloto exitoso, si se basa en datos.

9.7 Hoja de ruta de transición 2026–2035

Una hoja de ruta orientativa para una flota mediana de transporte de mercancías en España podría estructurarse así:

- 2026-2027: maximizar la eficiencia del diésel (capítulos 6 a 8); introducir HVO en los servicios cuyos clientes lo valoren; realizar el estudio de electrificación de la base y solicitar a la distribuidora la capacidad de conexión; lanzar un piloto eléctrico en uno o dos servicios regionales; seguir la evolución de las ayudas y del ETS2.
- 2028-2030: con el ETS2 en marcha y una oferta más amplia de camiones eléctricos y recarga en corredores, escalar la electrificación en los servicios donde el piloto haya demostrado viabilidad; evaluar la recarga MCS en larga distancia; incorporar en los contratos con cargadores cláusulas de energía y de reparto de costes de emisiones.
- 2030-2035: con los objetivos de los fabricantes del 45 % y la infraestructura AFIR completada en la red básica, el eléctrico pasará a ser previsiblemente la opción por defecto en distribución y regional, y una opción competitiva en larga distancia; el diésel residual se concentrará en servicios especiales y podrá funcionar con combustibles renovables.

Checklist: transición energética de la flota - Inventario de servicios con datos telemáticos reales de al menos tres meses. - Clasificación de los servicios según idoneidad para HVO, eléctrico u otras tecnologías. - Escenarios de precio del gasóleo que incluyan el efecto del ETS2 a partir de 2028. - Análisis de los peajes de cada ruta internacional con la diferenciación por CO2. - Estudio de la capacidad eléctrica de la base y solicitud a la distribuidora. - Valoración de autoconsumo fotovoltaico y gestión de la carga. - TCO comparativo por servicio, con análisis de sensibilidad de ayudas, energía y valor residual. - Revisión de las convocatorias de ayudas vigentes antes de comprometer cualquier compra. - Diálogo con los cargadores sobre sus objetivos climáticos y su disposición a compartir costes. - Piloto con objetivos medibles, duración mínima de seis meses y vehículo diésel de referencia. - Formación de conductores, mecánicos y planificadores antes de recibir el primer vehículo. - ERP de flota preparado para registrar kWh, cargadores y coste energético por tecnología. - Hoja de ruta de transición revisada cada año con la evolución normativa y tecnológica.



PARTE III

Gestión de neumáticos

El neumático como activo con ciclo de vida y coste por kilómetro



10

El neumático de camión: tecnología y selección

En una flota de larga distancia, el neumático suele ser la segunda o tercera partida de coste variable, después del combustible y del conductor, y tiene mucha influencia sobre las demás. La resistencia a la rodadura explica una parte importante del consumo de gasóleo o de energía, sobre todo a velocidad de crucero en autopista; la adherencia condiciona las distancias de frenado; y la fiabilidad de la carcasa determina cuántas averías en carretera sufrirá la flota. Elegir bien el neumático no consiste en comprar la marca más conocida ni la más barata. Consiste en ajustar la tecnología a la aplicación, al eje y al ciclo de vida que la empresa quiere gestionar.

Este capítulo explica cómo está construido un neumático de camión, cómo se leen sus marcajes, qué significan los índices de carga y velocidad, en qué se diferencian los neumáticos por posición y por aplicación, cómo se interpreta la etiqueta europea y qué cambia con los camiones eléctricos. Termina con un método de selección y un checklist.

10.1 Estructura del neumático radial de camión

Prácticamente todos los neumáticos de camión y autobús que se venden en Europa son radiales sin cámara (*tubeless*) para llanta de 22,5 pulgadas, y en menor medida de 17,5 y 19,5 pulgadas para vehículos medios. Los neumáticos diagonales y con cámara siguen existiendo en obra, minería y algunos mercados latinoamericanos, pero en carretera son ya residuales.

Un neumático radial de camión se compone de estos elementos, de dentro hacia fuera:

- **Capa interior estanca (*inner liner*):** goma butílica o halobutílica que sustituye a la cámara y retiene el aire. Su calidad determina la pérdida natural de presión con el tiempo.
- **Carcasa:** en el camión es una única capa de cables de acero dispuestos radialmente, de talón a talón. Es el esqueleto que soporta la carga y la presión. Su integridad es lo que permite recauchutar.
- **Talones:** aros de alambre de acero envueltos en goma que anclan el neumático a la llanta. Un talón dañado inutiliza la carcasa.
- **Flancos:** goma flexible que protege la carcasa de golpes y ozono. Es la zona más vulnerable ante bordillos y rozaduras.

■ **Cinturas o lonas de cima:** tres o cuatro capas de cables de acero cruzados en ángulo bajo la banda de rodadura. Dan rigidez a la huella, controlan el desgaste y protegen contra perforaciones. Algunos fabricantes incluyen una capa a cero grados para limitar el crecimiento del diámetro en neumáticos de perfil bajo.

■ **Banda de rodadura:** el compuesto de goma en contacto con el suelo, con su escultura (dibujo). Es la parte que se desgasta y la que se sustituye en el recauchutado.

La banda de rodadura suele tener dos capas de compuesto: una inferior (*base* o *subbanda*), más fría y de baja histéresis, que reduce la resistencia a la rodadura, y otra superior en contacto con el suelo, formulada para el desgaste y la adherencia. Los compuestos actuales combinan negro de carbono y sílice en proporciones distintas según el uso. La sílice reduce la resistencia a la rodadura y mejora la adherencia en mojado, pero históricamente penaliza algo la resistencia al desgaste y a los cortes.

Clave: En un camión, el valor económico del neumático está en la carcasa. Una carcasa de calidad bien mantenida admite uno o dos recauchutados y, si es reesculturable, uno o dos reesculturados. Por eso las decisiones de compra deben evaluarse sobre toda la vida del neumático, no sobre la primera vida.

Altura de dibujo y profundidad útil

Un neumático nuevo de remolque de larga distancia suele salir con unos 13-15 mm de profundidad de dibujo; uno de dirección, con 15-17 mm; uno de tracción, con 18-22 mm; y los de obra o mixtos pueden superar los 20-24 mm. La profundidad útil es la diferencia entre la profundidad inicial y la profundidad a la que se retira el neumático, que en una flota gestionada suele fijarse por encima del mínimo legal para preservar la carcasa (véase el capítulo 11).

10.2 Nomenclatura y marcajes del flanco

El flanco de un neumático de camión contiene información técnica, legal y de trazabilidad. Saber leerla es imprescindible para recepcionar compras, controlar montajes y alimentar el sistema de gestión de neumáticos.

Designación de dimensión

Tomemos como ejemplo la designación **385/65 R22.5 164K (158L)**:

- **385:** anchura nominal de sección en milímetros.
- **65:** relación de aspecto o perfil: la altura del flanco es el 65 % de la anchura.
- **R:** construcción radial.
- **22.5:** diámetro de llanta en pulgadas.
- **164K:** índice de carga 164 (5.000 kg por neumático) a la velocidad del símbolo K (110 km/h).
- **(158L):** descripción de servicio alternativa: índice 158 (4.250 kg) a velocidad L (120 km/h).

Para neumáticos de montaje gemelo aparecen dos índices separados por una barra, por ejemplo **315/70 R22.5 154/150L**: 154 (3.750 kg) en montaje simple y 150 (3.350 kg) por neumático en montaje gemelo, ambos a 120 km/h.

Otros marcajes habituales

Marcaje	Significado	Uso en gestión
Marca y modelo	Fabricante y gama	Comparativas de rendimiento
DOT + código	Planta, dimensión y fecha	Antigüedad y trazabilidad
E + número + código	Homologación ECE R54	Conformidad legal
TUBELESS	Sin cámara	Montaje
REGROOVABLE o símbolo U	Apto para reesculturado	Planificación multi-vida
3PMSF y M+S	Invierno y barro/nieve	Rutas de montaña
Flechas o STEER, DRIVE, TRAILER	Posición y sentido	Control de montaje
Número de serie	Identificador único	Ficha del neumático
RETREAD + E + 109R	Recauchutado homologado	Control de segundas vidas

El **código DOT** termina en cuatro dígitos que indican la semana y el año de fabricación: 2325 significa semana 23 de 2025. Es el dato más fiable para conocer la edad del neumático. Aunque la normativa española no fija una caducidad legal para neumáticos de camión, los fabricantes desaconsejan montar neumáticos almacenados durante muchos años, y algunos países, como el Reino Unido, prohíben desde 2021 los neumáticos de más de diez años en los ejes directores de camiones y autobuses.

La **marca de homologación europea** aparece como una E dentro de un círculo seguida del número del país que homologó (España es el E9) y de un número que comienza por las cifras del reglamento. Para neumáticos nuevos de vehículos comerciales el reglamento base es el **Reglamento ONU n.º 54**; los requisitos de resistencia a la rodadura, adherencia en mojado y ruido se verifican según el **Reglamento ONU n.º 117**, y los recauchutados se homologan según el **Reglamento ONU n.º 109** (capítulo 12).

Error frecuente: Confundir el número de serie del fabricante con el código DOT. El DOT identifica un lote (planta, dimensión, semana), no un neumático concreto. Para una trazabilidad individual hace falta un número único: el que algunos fabricantes graban en el flanco, una etiqueta RFID o un código asignado por la propia flota y marcado a fuego o con etiqueta resistente.

10.3 Índices de carga y de velocidad

El **índice de carga** (*load index*, LI) es un código numérico que indica la carga máxima que el neumático puede soportar a la velocidad de su símbolo y a la presión de referencia. No es una cifra en kilos: hay que consultar la tabla.

Índice	Carga por neumático	Índice	Carga por neumático
146	3.000 kg	154	3.750 kg

Índice	Carga por neumático	Índice	Carga por neumático
148	3.150 kg	156	4.000 kg
150	3.350 kg	158	4.250 kg
152	3.550 kg	160	4.500 kg
153	3.650 kg	164	5.000 kg

El **símbolo de velocidad** indica la velocidad máxima a la que el neumático soporta la carga de su índice. En camión los más comunes son J (100 km/h), K (110 km/h), L (120 km/h) y M (130 km/h). Aunque los camiones de más de 3,5 t circulan limitados a 90 km/h por el limitador obligatorio, el símbolo de velocidad importa porque está ligado al índice de carga y porque un símbolo superior suele implicar una carcasa con más reserva térmica.

Cálculo de la capacidad por eje

La capacidad de un eje se obtiene multiplicando la carga por neumático por el número de neumáticos del eje, usando el índice simple o gemelo según corresponda.

Ejemplo: Un eje director con dos neumáticos 315/80 R22.5 156/150L admite $2 \times 4.000 = 8.000$ kg. Si el camión está homologado con una carga técnica de 8.000 kg en ese eje, el margen es nulo: cualquier sobrecarga del eje delantero, por ejemplo por mal reparto de la carga o por montaje de una grúa, deja al neumático fuera de su capacidad. Con un 385/65 R22.5 164K el mismo eje admite $2 \times 5.000 = 10.000$ kg, lo que permite cargas técnicas de hasta 10 t en el eje delantero, habituales en tractores de alta potencia y en camiones eléctricos.

Ejemplo: Un eje motor con montaje gemelo de cuatro neumáticos 315/70 R22.5 154/150L admite $4 \times 3.350 = 13.400$ kg. La masa máxima por eje motor en tráfico internacional en la UE es de 11,5 t, por lo que hay un margen de unos 1.900 kg que absorbe la transferencia dinámica de carga y los desequilibrios de reparto.

Las tablas de los fabricantes (y las normas ETRTO, la organización técnica europea de neumáticos y llantas) establecen la presión mínima necesaria para cada carga. Inflar por debajo de esa presión equivale, a efectos térmicos, a sobrecargar el neumático. El capítulo 11 desarrolla cómo calcular la presión de trabajo a partir de la carga real por eje.

Clave: La carga técnica de cada eje figura en la ficha técnica del vehículo. El neumático montado debe cubrirla con su índice de carga. La inspección técnica y los agentes de tráfico comprueban que la dimensión y los índices correspondan a lo homologado o a una equivalencia admitida.

10.4 Neumáticos por posición: dirección, tracción y remolque

Cada eje impone esfuerzos distintos y los fabricantes diseñan gamas específicas. Montar un neumático fuera de su posición prevista es una de las causas más frecuentes de desgaste prematuro y mal rendimiento.

Eje director (S, steer)

El neumático de dirección soporta cargas elevadas en montaje simple, esfuerzos laterales en curvas y maniobras, y es crítico para la seguridad: un reventón en el eje delantero puede hacer perder el control del vehículo. Se caracteriza por un dibujo de nervios longitudinales (acanalado) que favorece la estabilidad direccional y el guiado, hombros robustos contra el desgaste irregular y una carcasa preparada para cargas altas. Es el eje más sensible a la alineación y a la presión.

Eje motor (D, drive)

Transmite el par motor al suelo y debe ofrecer tracción en mojado, nieve y rampas. Tiene dibujo de tacos o bloques con surcos transversales, mayor profundidad inicial y compuestos más resistentes al arrancamiento. En una tractora de larga distancia suele ser el neumático con mayor duración en kilómetros por su mayor profundidad, pero también el que más influye en el consumo cuando el dibujo es muy agresivo.

Ejes de remolque y semirremolque (T, trailer)

Los ejes libres del semirremolque soportan cargas elevadas, arrastres laterales en curvas cerradas (sobre todo en semirremolques de tres ejes sin eje autodireccional) y largos periodos de inactividad. El neumático de remolque busca baja resistencia a la rodadura, resistencia a los arrastres y a los daños en flanco, y buena regularidad de desgaste. En larga distancia el tamaño dominante es el 385/65 R22.5, con alternativas de 385/55 R22.5 y 435/50 R19.5 para semirremolques de gran volumen y piso bajo.

Neumáticos multiposición y "todas las posiciones"

Algunas gamas regionales, de autobús y de obra se homologan para todas las posiciones. Simplifican el inventario y permiten rotaciones, pero rara vez igualan al neumático específico en la posición en la que este está optimizado.

Error frecuente: Montar neumáticos de tracción usados en el remolque "para aprovecharlos". Su dibujo de tacos genera más resistencia a la rodadura y desgaste irregular por arrastre lateral. Si se hace, debe ser una decisión consciente y registrada en la ficha del neumático, no una costumbre de taller.

10.5 Neumáticos por aplicación: larga distancia, regional, mixto y urbano

La segunda dimensión de la selección es el tipo de servicio. Los fabricantes organizan sus gamas por aplicación porque el equilibrio entre consumo, duración y robustez cambia mucho.

Larga distancia (long haul)

Uso predominante en autopista y autovía, a velocidad estable y con pocas frenadas. Prioriza la baja resistencia a la rodadura y la regularidad de desgaste. Los neumáticos de esta gama suelen tener las mejores clases de eficiencia de la etiqueta. Su punto débil es la menor resistencia a los cortes y a las maniobras frecuentes.

Regional

Mezcla de autovía, carreteras nacionales y accesos urbanos, con más curvas, rotondas, arranques y paradas. Los neumáticos regionales tienen bandas más resistentes a los arrastres y a los esfuerzos laterales, y hombros reforzados. Su resistencia a la rodadura es algo mayor que la de larga distancia, pero duran más en recorridos sinuosos. Es la gama más versátil para flotas de distribución entre plataformas.

Mixto (on/off) y obra

Combina carretera con pistas, canteras o accesos a obra. Tiene compuestos resistentes a cortes y desgarros, dibujos autolimpiables, flancos y protección contra piedras incrustadas. Su resistencia a la rodadura es claramente mayor y su desgaste en asfalto, más rápido, pero en terreno agresivo una gama de carretera se destruye antes de agotar su dibujo.

Urbano y autobús

Muchas paradas, maniobras, roce con bordillos y velocidades bajas. Requiere flancos muy reforzados, a veces con indicadores de roce, y compuestos que resistan el desgaste por arrastre en giros cerrados.

Aplicación	Prioridad principal	Riesgo dominante	Clase RR típica
Larga distancia	Consumo y regularidad	Arrastres en maniobras	A-B
Regional	Equilibrio y versatilidad	Desgaste en hombros	B-C
Mixto on/off	Robustez y cortes	Desgaste rápido en asfalto	C-E
Urbano y autobús	Flancos y maniobras	Golpes de bordillo	C-D

Las clases de resistencia a la rodadura de la tabla son orientativas y deben contrastarse con la etiqueta de cada referencia concreta.

Clave: La aplicación se define por el uso real del vehículo, no por el tipo de vehículo. Una tractora asignada a rutas entre plataformas logísticas a 150 km con accesos urbanos diarios es regional, aunque sea la misma tractora que otra empresa usa en larga distancia internacional. Los datos de telemática (porcentaje de autopista, paradas por cada 100 km, velocidad media) son la mejor herramienta para clasificar cada vehículo.

10.6 Invierno: marcajes M+S y 3PMSF

El marcaje **M+S** (*mud and snow*) es una declaración del fabricante sobre el diseño del dibujo y no exige un ensayo de rendimiento en nieve. El símbolo **3PMSF** (*Three Peak Mountain Snow Flake*, una montaña de tres picos con un copo de nieve) sí acredita que el neumático ha superado un ensayo homologado de tracción en nieve frente a un neumático de referencia, según el Reglamento ONU n.º 117. En camiones, los neumáticos de tracción de gama regional y muchos de dirección ya incorporan 3PMSF de serie.

En España, cuando la señalización de tráfico exige cadenas u otros dispositivos en vías con nieve, los vehículos pesados deben llevar los medios exigidos por la autoridad y, en la práctica, en los episodios de nevadas se restringe con frecuencia la circulación de camiones de más de 7,5 t por determinadas vías independientemente del neumático. Por eso el neumático 3PMSF no sustituye la planificación de rutas ni las cadenas obligatorias cuando se exigen, pero mejora la tracción y la seguridad en los accesos de montaña.

En otros países de la UE la exigencia es más estricta. Alemania, por ejemplo, exige neumáticos de invierno con marcaje 3PMSF en los ejes de tracción y directores de camiones pesados en condiciones invernales, y Austria y algunos países nórdicos tienen requisitos estacionales específicos para vehículos pesados. Las flotas internacionales deben consultar la normativa vigente de cada país de paso antes de cada temporada, porque estas reglas cambian y tienen periodos transitorios para los neumáticos solo M+S.

Ejemplo: Una flota valenciana que cubre rutas a Alemania, Austria y Suiza durante todo el año unifica sus ejes directores y motores con neumáticos regionales o de larga distancia con 3PMSF. El sobrecoste por neumático es reducido y evita inmovilizaciones y sanciones en invierno, además de simplificar el inventario.

10.7 La etiqueta europea de neumáticos

El **Reglamento (UE) 2020/740**, aplicable desde el 1 de mayo de 2021, obliga a etiquetar los neumáticos de las clases C1 (turismos), C2 (comerciales ligeros) y C3 (camiones y autobuses). Para los neumáticos C3, que con el reglamento anterior solo debían informar de sus valores en la documentación técnica, la nueva norma extendió la etiqueta, que debe acompañar al neumático y mostrarse al comprador antes de la venta y en la documentación técnica y promocional, y el producto debe estar registrado en la base de datos europea **EPREL**, donde puede consultarse la ficha de información del producto mediante el código QR de la etiqueta.

La etiqueta informa de tres parámetros:

- **Eficiencia energética (resistencia a la rodadura):** clases de la A a la E, según el coeficiente de resistencia a la rodadura (CRR) medido en ensayo normalizado.
- **Adherencia en mojado:** clases de la A a la E, según la capacidad de frenado en asfalto mojado frente a un neumático de referencia.
- **Ruido exterior de rodadura:** valor en decibelios y tres clases (A, B, C) respecto al límite de homologación.

Además indica, cuando procede, los pictogramas de 3PMSF y de neumático para hielo (este último, para turismos).

Resistencia a la rodadura en C3

Clase	CRR (kg/t)	Lectura práctica
A	Hasta 4,0	Óptima para larga distancia
B	4,1 a 5,0	Muy buena
C	5,1 a 6,0	Media
D	6,1 a 7,0	Baja eficiencia
E	7,1 o más	Uso severo u obra

El CRR expresa la fuerza de resistencia, en kilogramos de fuerza, por cada tonelada de carga sobre el neumático. Un neumático de clase A con CRR 4,0 kg/t genera una resistencia de 4 kgf por tonelada; uno de clase C con 5,5 kg/t, 5,5 kgf.

Cuánto vale una clase de eficiencia

El ahorro de combustible de pasar de una clase a otra depende del peso del vehículo, de la proporción de autopista y de la combinación de neumáticos en todos los ejes. Como orden de magnitud, los fabricantes y estudios técnicos estiman que la resistencia a la rodadura explica aproximadamente un tercio del consumo de un camión articulado de larga distancia, y que el salto entre clases extremas en todos los ejes puede suponer diferencias de consumo de varios puntos porcentuales.

Ejemplo: Cálculo ilustrativo para un conjunto de 40 t en larga distancia. Supongamos un consumo base de 30 l/100 km, un recorrido de 120.000 km/año y un precio del gasóleo de 1,40 €/l sin IVA. Si se acepta como hipótesis que pasar de una mezcla media de clase C a clase B en todos los ejes reduce el consumo un 2 %, el ahorro es de 0,6 l/100 km, es decir, 720 l/año, equivalentes a 1.008 € por vehículo y año. En una flota de 50 conjuntos son 50.400 € anuales. Si la diferencia de precio entre ambas gamas es de 40 € por neumático y el conjunto monta 12 neumáticos que se renuevan cada dos años, el sobrecoste es de 240 € por vehículo y año, claramente compensado.

La cifra del 2 % es una hipótesis didáctica: cada flota debe validarla con sus propios datos de consumo, comparando vehículos similares en rutas similares durante un periodo suficiente.

Limitaciones de la etiqueta

La etiqueta no informa sobre la duración en kilómetros, la resistencia a cortes, la aptitud para el recauchutado ni el comportamiento en nieve más allá del pictograma. Tampoco indica la posición en el eje ni la aplicación. La Comisión Europea reconoció en su informe de evaluación de 2026 que estos datos serían útiles para los compradores profesionales y que la abrasión y el kilometraje podrían incorporarse en el futuro, cuando existan métodos de ensayo adecuados. Por ahora, para el comprador de flota la etiqueta es un filtro inicial, no un criterio único.

Error frecuente: Comparar neumáticos solo por su etiqueta. Un neumático de clase A que dura un 25 % menos o que no admite recauchutado puede salir más caro por kilómetro que uno de clase B con carcasa robusta y gran profundidad de dibujo.

10.8 Neumáticos para camiones eléctricos

La electrificación del camión pesado cambia las exigencias al neumático en cuatro aspectos:

- **Más carga en el eje delantero y en el total:** las baterías añaden masa, por lo que la UE permite masas adicionales para vehículos de emisiones cero. Los ejes directores de los eléctricos superan a menudo las 8 t de carga técnica, lo que obliga a dimensiones e índices de carga altos (por ejemplo, 385/55 R22.5 o 385/65 R22.5 con índices 160 o superiores).
- **Par instantáneo:** el motor eléctrico entrega el par máximo desde parado, lo que aumenta el riesgo de patinamiento y el desgaste del eje motor si la gestión de tracción no es fina.
- **Frenada regenerativa:** buena parte de la deceleración se hace por el eje motor, que soporta esfuerzos longitudinales en ambos sentidos. Puede acelerar el desgaste de los neumáticos motrices y, a la vez, reducir el de los frenos de servicio.
- **Sensibilidad de la autonomía a la resistencia a la rodadura:** en un camión eléctrico cada kilovatio hora cuenta y la resistencia a la rodadura pesa más en el balance total porque las pérdidas del motor son menores que en un diésel. Un neumático más eficiente se traduce directamente en kilómetros de autonomía o en baterías más pequeñas.
- **Ruido:** sin ruido de motor, el ruido de rodadura domina, algo relevante en distribución urbana nocturna.

Los grandes fabricantes ya comercializan gamas etiquetadas como aptas para vehículos eléctricos o "EV ready", con compuestos de baja histéresis, carcassas reforzadas para más carga y dibujos optimizados para par alto. Su ventaja frente a una buena gama de larga distancia de clase A no siempre es grande; lo importante es comprobar índice de carga, clase de resistencia a la rodadura y ruido.

Ejemplo: Cálculo ilustrativo. Un camión eléctrico de distribución regional consume 110 kWh/100 km con neumáticos de clase C. Si unos neumáticos de clase A en todos los ejes reducen el consumo un 4 % (hipótesis), el consumo baja a 105,6 kWh/100 km. Con una batería útil de 400 kWh, la autonomía pasa de 364 km a 379 km, unos 15 km más por carga. Para una ruta diaria de 360 km, esa diferencia separa una operación justa de una operación con margen.

En Latinoamérica: La electrificación de camiones pesados avanza más despacio, pero los autobuses eléctricos urbanos se han extendido en ciudades como Santiago de Chile, Bogotá y Ciudad de México. Las flotas de autobús eléctrico deben aplicar los mismos criterios: índice de carga suficiente para el peso de las baterías, flancos reforzados para paradas frecuentes y control del desgaste por par en los ejes motrices.

10.9 Método de selección por aplicación

La selección de neumáticos debe seguir un procedimiento documentado, repetible y basado en datos. Proponemos siete pasos:

1. **Clasificar los vehículos por aplicación** usando datos de telemática: proporción de autopista, kilómetros anuales, paradas por cada 100 km, carga media y pendientes. Agrupar en perfiles homogéneos (por ejemplo, larga distancia internacional, regional, distribución urbana, obra).
2. **Fijar las restricciones técnicas** de cada perfil: dimensiones homologadas, carga técnica por eje, índice de carga mínimo, necesidad de 3PMSF, limitaciones de altura o volumen del semirremolque.
3. **Definir el objetivo de ciclo de vida:** si la flota recauchuta, la calidad de carcasa y la aptitud para recauchutado y reesculturado pesan mucho; si vende los vehículos con tres o cuatro años y neumáticos de primera vida, pesan menos.
4. **Preseleccionar referencias** con la etiqueta europea (resistencia a la rodadura y adherencia mínimas por perfil) y las fichas técnicas de los fabricantes.
5. **Hacer una prueba controlada** en vehículos comparables, con al menos dos referencias, registrando kilómetros, desgaste en milímetros y consumo. Una prueba útil requiere varios vehículos por referencia y un periodo suficiente para medir la tasa de desgaste.
6. **Calcular el coste total por kilómetro**, incluyendo precio de compra, valor de la carcasa, recauchutados previstos, consumo de combustible atribuible y coste de averías (capítulo 13).
7. **Homologar internamente** las referencias seleccionadas por perfil y posición, y revisarlas cada uno o dos años con los datos reales del sistema de gestión.

Tabla comparativa de selección

La siguiente tabla resume criterios orientativos por perfil y posición para una flota española típica. Los valores son referencias de partida, no prescripciones.

Perfil y posición	Gama	Profundidad nueva	Requisito clave
Larga distancia, dirección	Long haul S	15-17 mm	RR A-B, carga alta
Larga distancia, tracción	Long haul D	17-20 mm	RR A-B, 3PMSF si hay rutas al norte
Larga distancia, remolque	Long haul T	13-15 mm	RR A, regularidad
Regional, dirección	Regional S	16-18 mm	Hombros robustos
Regional, tracción	Regional D	19-22 mm	3PMSF, tracción en mojado

Perfil y posición	Gama	Profundidad nueva	Requisito clave
Regional, remolque	Regional T	14-16 mm	Resistencia a arrastres
Obra y mixto, todas	On/off	20-24 mm	Resistencia a cortes
Eléctrico, dirección	EV o long haul	15-17 mm	Índice de carga alto

Clave: La decisión no es "la mejor marca", sino "la mejor referencia para cada posición de cada perfil". Una misma flota puede tener una marca premium en dirección, otra en tracción y un neumático de gama media o un recauchutado en los ejes de remolque, si los datos lo justifican.

Primeras marcas, gama media y neumáticos de importación

El mercado se segmenta en primeras marcas (con redes de servicio, garantías de carcasa y programas de recauchutado propios), marcas de gama media, a menudo filiales de los mismos grupos, y neumáticos de importación de bajo precio. Para el responsable de flota la pregunta relevante es el coste por kilómetro y el riesgo operativo:

- Las primeras marcas suelen ofrecer mejor resistencia a la rodadura, mayor duración y carcassas más recauchutables. Su precio inicial más alto se compensa si la flota explota las vidas sucesivas.
- La gama media es competitiva en ejes de remolque y en flotas que no recauchutan o que venden los vehículos pronto.
- Los neumáticos de importación de bajo precio pueden ser adecuados en aplicaciones concretas, pero hay que exigir homologación ECE, etiqueta y registro EPREL, y valorar que muchos recauchutadores aceptan sus carcassas con limitaciones o las rechazan, lo que reduce o anula el valor residual.

En Latinoamérica: En Argentina, México, Chile y Colombia conviven las medidas métricas de 22,5 pulgadas sin cámara con medidas convencionales de 20 pulgadas con cámara (por ejemplo, 11.00 R20 o 12.00 R20), muy presentes en obra, minería y transporte rural. Cada país tiene su propio sistema de certificación obligatoria de neumáticos (normas IRAM en Argentina, NOM en México, certificación según normativa técnica en Colombia), y la etiqueta europea no es obligatoria, aunque muchas marcas la usan como referencia comercial. El criterio de seleccionar por aplicación y por posición se mantiene igual.

10.10 Compra, recepción y almacenamiento

La selección se pierde si la compra y la recepción no se controlan. Tres aspectos merecen procedimiento escrito.

Compra: fijar en el contrato con el proveedor las referencias homologadas por perfil y posición, el plazo de entrega, la antigüedad máxima admitida (por ejemplo, no más de doce meses desde la fecha DOT en la entrega), las condiciones de garantía y de valoración de carcassas.

Recepción: comprobar que dimensión, índices, referencia y fecha DOT coinciden con el pedido, identificar cada neumático con su número de serie en el sistema de gestión y asignarle estado "en

almacén”.

Almacenamiento: lugar fresco, seco, sin luz solar directa y lejos de fuentes de ozono, como motores eléctricos o cargadores de baterías. Los neumáticos sin montar se almacenan de pie y se giran periódicamente; los montados en llanta pueden apilarse en horizontal o colgarse. Debe aplicarse rotación FIFO por fecha de fabricación.

Checklist: Selección y compra de neumáticos. - Vehículos clasificados por perfil de aplicación con datos reales de telemática. - Carga técnica por eje verificada y cubierta por el índice de carga elegido. - Requisito de 3PMSF definido según rutas y países de paso. - Clases mínimas de resistencia a la rodadura y adherencia fijadas por perfil. - Política multi-vida decidida: recauchutado, reesculturado o no. - Prueba comparativa documentada antes de homologar una referencia nueva. - Coste por kilómetro calculado sobre toda la vida, no solo sobre el precio. - Antigüedad máxima DOT exigida al proveedor en la entrega. - Cada neumático identificado y dado de alta en el sistema al recibirlo. - Almacén con condiciones de luz, temperatura y ozono controladas y rotación FIFO.

Presión, inspección y mantenimiento

Un neumático excelente mal mantenido rinde menos que uno mediocre bien cuidado. La presión incorrecta, la mala alineación y los daños no detectados a tiempo son las causas principales de las bajas prematuras, de las averías en carretera y del consumo excesivo atribuible a los neumáticos. Este capítulo se centra en la parte operativa de la gestión: cómo fijar y controlar la presión, qué aportan los sistemas de monitorización y de inflado automático, qué operaciones mecánicas prolongan la vida del neumático, qué exige la ley en España y cómo interpretar los patrones de desgaste.

11.1 La presión como variable de gestión

La presión es la que soporta la carga: el aire comprimido, no la goma, sostiene el vehículo. Con la presión adecuada, la huella de contacto tiene la forma y el tamaño para los que se diseñó el neumático, la carcasa se deforma lo previsto y la temperatura de trabajo se mantiene en su rango.

Efectos de la subinflación

- **Más resistencia a la rodadura y más consumo:** el neumático se deforma más en cada vuelta y disipa más energía en forma de calor. Como orden de magnitud, la industria estima que una subinflación del 20 % sostenida puede aumentar el consumo de combustible en torno a un 1-2 % y reducir la vida del neumático en un 10-20 %. Son cifras orientativas que dependen de la carga y del uso.
- **Desgaste en hombros:** la huella se apoya en los bordes.
- **Sobrecalentamiento de la carcasa:** la flexión excesiva del flanco genera calor que degrada la unión entre goma y acero. Es la causa típica de separaciones y de reventones en verano, y deja carcasas no recauchutables.
- **Rodaje en gemelos desigual:** si un neumático del par gemelo pierde presión, el otro soporta casi toda la carga y queda sobrecargado, mientras el desinflado se arrastra y se desgasta irregularmente.

Efectos de la sobreinflación

- **Huella más pequeña:** menos adherencia, sobre todo en mojado.
- **Desgaste en el centro de la banda.**

- **Mayor vulnerabilidad a impactos y cortes:** la carcasa más tensa absorbe peor los golpes.
- **Menor confort y más fatiga de suspensión.**

Cómo fijar la presión de trabajo

La presión correcta depende de la carga real por neumático, no de una cifra única para toda la flota. El procedimiento es:

1. Conocer la carga máxima real por eje en servicio (pesajes en báscula o datos de sensores de suspensión).
2. Dividir por el número de neumáticos del eje para obtener la carga por neumático.
3. Consultar la tabla de carga y presión del fabricante para esa dimensión y montaje (simple o gemelo).
4. Añadir, si el fabricante lo recomienda, un margen para variaciones de carga o temperatura.
5. Documentar la presión de referencia por posición y vehículo en el sistema de gestión y en una etiqueta visible en la cabina o en el chasis.

Ejemplo: Una tractora con eje director de 7.100 kg de carga real y neumáticos 385/65 R22.5. Cada neumático soporta 3.550 kg. Si la tabla del fabricante indica que para esa carga en montaje simple basta con una presión aproximada de 7,5 bar, inflar a 9 bar "por si acaso" no aporta capacidad y empeora la adherencia y el desgaste. En cambio, en el eje del semirremolque cargado a 8.000 kg con dos neumáticos del mismo tamaño, cada uno soporta 4.000 kg y la presión necesaria será mayor. Las cifras de presión son ilustrativas: siempre debe usarse la tabla del fabricante del neumático concreto.

Clave: La presión se mide siempre en frío, con el vehículo parado al menos dos o tres horas o tras recorrer menos de unos pocos kilómetros. Un neumático caliente puede marcar 1 bar más. Nunca se debe desinflar un neumático caliente para "corregir" la presión: al enfriarse quedará subinflado.

Pérdida natural de presión

Incluso sin pinchazos, un neumático sin cámara pierde presión por permeación a través de la goma, por la válvula y por el asiento del talón. Una pérdida del orden de 0,1 bar al mes es habitual; pérdidas mayores indican un problema de válvula, de llanta (corrosión en el asiento) o una perforación lenta. Por eso no basta con controlar la presión en cada revisión periódica: hay que medirla con una frecuencia que las detecte antes de que causen daño.

11.2 Sistemas de monitorización de presión (TPMS)

Obligación legal en la UE

El **Reglamento (UE) 2019/2144**, conocido como Reglamento General de Seguridad o **GSR2**, hizo obligatorio el sistema de control de la presión de los neumáticos (TPMS) en los vehículos pesados según un calendario escalonado:

- Desde el **6 de julio de 2022**, para los **nuevos tipos** homologados de vehículos de las categorías M2, M3, N2, N3, O3 y O4 (autobuses, camiones de más de 3,5 t, remolques y semirremolques de más de 3,5 t).
- Desde el **7 de julio de 2024**, para **todos los vehículos nuevos** de esas categorías que se matriculen.

Los requisitos técnicos del sistema se recogen en el **Reglamento ONU n.º 141**, que para vehículos pesados exige que el TPMS avise al conductor de una pérdida de presión significativa y de los fallos del propio sistema. La obligación no es retroactiva: los vehículos matriculados antes de esas fechas no tienen que incorporarlo, aunque muchas flotas lo montan voluntariamente por sus ventajas económicas.

Error frecuente: Pensar que el TPMS de serie sustituye al control manual de presión. El sistema avisa de pérdidas, pero el umbral de alarma no siempre coincide con la presión óptima de la flota, y un sensor descalibrado, con la batería agotada o mal asignado a la posición tras un cambio de neumático, deja ese neumático sin vigilancia. El TPMS debe integrarse en el procedimiento de mantenimiento, no reemplazarlo.

Tipos de TPMS

- **Directos:** un sensor en cada rueda mide presión y temperatura y transmite por radio a un receptor en el vehículo. Los sensores pueden ir fijados a la llanta con abrazadera o a la válvula, o pegados en el interior del neumático. Los pegados en el interior miden la temperatura del aire con más precisión y pueden incorporar identificación del neumático, pero se pierden con el neumático.
- **Indirectos:** deducen la pérdida de presión a partir de las diferencias de velocidad de giro de las ruedas, a través del sensor del ABS. Son habituales en turismos, pero poco precisos en camiones con gemelos.

En los semirremolques, el TPMS se integra a menudo en la telemática del remolque y en el sistema electrónico de frenos (EBS), lo que permite que las alarmas lleguen tanto al conductor como al centro de control de la flota.

Valor del TPMS para la flota

El TPMS conectado a la telemática permite pasar de un mantenimiento reactivo (encontrar el neumático desinflado en la revisión) a uno predictivo: detectar pérdidas lentas días antes de que el neumático quede dañado, programar la reparación en una parada y medir el cumplimiento de la presión de referencia de cada vehículo.

Indicador	Sin TPMS	Con TPMS conectado
Detección de pérdida lenta	En la revisión, días o semanas	En horas
Control de presión en frío	Manual, según disciplina	Automático en cada arranque
Averías en carretera por neumático	Más frecuentes	Reducción significativa
Datos para análisis	Puntuales	Históricos por posición

Indicador	Sin TPMS	Con TPMS conectado
Coste	Mano de obra	Sensores, plataforma y mantenimiento

Ejemplo: Cálculo ilustrativo del valor de evitar una avería. Una avería por reventón en carretera de un semirremolque supone, como ejemplo, 350 € de asistencia y neumático de urgencia, 4 horas de inmovilización valoradas en 60 €/h y la pérdida de la carcasa (valor residual de 90 €). Total: $350 + 240 + 90 = 680$ €. Si un TPMS retroadaptado cuesta 600 € para un semirremolque de seis ruedas más 8 € al mes de plataforma (96 € al año), evitar una sola avería al año prácticamente amortiza el sistema, sin contar el ahorro de combustible y de desgaste.

11.3 Sistemas de inflado automático y nitrógeno

Inflado automático

Los sistemas de inflado automático (ATIS, *automatic tire inflation systems*) toman aire del circuito neumático del vehículo y lo aportan a los neumáticos a través del eje o de mangueras rotativas, manteniendo una presión prefijada. Son comunes en semirremolques en Norteamérica y crecen en Europa. Sus ventajas son mantener la presión de referencia sin intervención y compensar pérdidas lentas hasta llegar al taller. Su limitación es que pueden enmascarar un pinchazo si no avisan al conductor, por lo que conviene que incluyan indicador o integración telemática. Existen también sistemas de control de presión variable (CTIS) para vehículos que alternan carretera y terreno blando, que ajustan la presión según el firme.

Nitrógeno: mitos y realidad

El aire ya contiene alrededor de un 78 % de nitrógeno. Inflar con nitrógeno de alta pureza tiene ventajas reales, pero menores de lo que a veces se promete:

- **Realidad:** las moléculas de oxígeno atraviesan la goma algo más deprisa que las de nitrógeno, por lo que un neumático inflado con nitrógeno pierde presión algo más despacio. Además, el nitrógeno seco reduce la humedad dentro del neumático, lo que limita la oxidación interior de la llanta y de la carcasa.
- **Mito:** el nitrógeno no reduce por sí solo el consumo ni aumenta la duración si la presión se controla correctamente con aire. El beneficio procede de mantener la presión, no del gas.
- **Mito:** no evita la necesidad de revisar la presión. Y si se completa con aire, la pureza baja.
- **Coste:** requiere generador o servicio externo, y la logística de rellenar con nitrógeno en ruta es compleja.

Clave: En una flota con TPMS y procedimiento de presión fiable, el nitrógeno aporta poco. En una flota sin control sistemático de presión, el problema real es la falta de control, y el nitrógeno solo lo maquilla parcialmente. Aire seco y limpio de un compresor con secador cumple casi todas las ventajas prácticas.

11.4 Alineación, equilibrado y rotación

Alineación

Una geometría de ejes incorrecta hace que los neumáticos avancen con un pequeño ángulo de deriva, arrastrándose lateralmente. El resultado es desgaste acelerado e irregular, y más consumo. En un conjunto articulado hay que controlar:

- **Convergencia (paralelismo) del eje director:** el desajuste más frecuente y el que más desgasta los neumáticos de dirección.
- **Caída y avance:** afectan a la estabilidad y al desgaste de hombros.
- **Paralelismo y escuadra de los ejes motrices y del semirremolque:** si los ejes del remolque no son perpendiculares a la línea de marcha, el conjunto "camina de lado" (*dog tracking*) y arrastra todos los neumáticos.
- **Alineación del conjunto tractora-semirremolque:** posición del pivote (*king pin*) respecto a los ejes del remolque.

Se recomienda alinear al montar neumáticos nuevos en el eje director, tras reparaciones de dirección o suspensión, tras golpes importantes contra bordillos y cuando aparezcan patrones de desgaste irregular. Muchas flotas de larga distancia programan además una verificación periódica anual o cada cierto número de kilómetros.

Ejemplo: Un desajuste de convergencia de pocos milímetros por metro en el eje director puede traducirse en un arrastre lateral de decenas de metros por cada kilómetro recorrido. Si los neumáticos de dirección de una tractora duran normalmente 180.000 km y por un desajuste se retiran a 130.000 km, con un precio de 480 € por neumático se pierden $2 \times 480 \times (1 - 130/180) = 267$ € en un juego, a lo que hay que sumar el combustible extra. Una alineación cuesta una fracción de esa cifra.

Equilibrado

El desequilibrio produce vibraciones en dirección y cabina, desgaste en placas y fatiga de componentes. Es más crítico en el eje director. Se equilibra al montar un neumático nuevo o recauchutado y cuando aparecen vibraciones. Existen equilibradores dinámicos internos (polvos o bolas dentro del neumático) que algunas flotas usan con buenos resultados; deben ser compatibles con los sensores TPMS internos.

Rotación

En camión la rotación tiene menos recorrido que en turismo, porque cada posición usa un neumático específico. Las rotaciones útiles son:

- Cruzar los neumáticos de dirección de lado cuando el desgaste es asimétrico por el bombeo de la carretera.
- Mover neumáticos de dirección parcialmente gastados a los ejes de remolque o, en algunas flotas, a tracción, cuando se alcanza la profundidad de retirada definida para dirección (práctica conocida como "bajar de posición").

- Intercambiar posiciones entre ejes del semirremolque, en particular en el eje autodireccional o el primero, que sufren más arrastres.

Cada rotación debe registrarse en la ficha del neumático para no perder la trazabilidad del rendimiento por posición.

11.5 Profundidad mínima legal en España e ITV

Hasta 2026, la normativa española fijaba de forma expresa una profundidad mínima de 1,6 mm en las ranuras principales para turismos y vehículos ligeros, pero no contenía un límite específico para camiones, autobuses y remolques pesados, lo que dejaba margen a interpretaciones distintas en inspecciones y controles. La **Orden PJC/528/2026**, publicada en el BOE el 29 de mayo de 2026 y en vigor desde el día siguiente, actualizó el anexo VII del Reglamento General de Vehículos y estableció por primera vez un mínimo diferenciado:

Categorías	Vehículos	Profundidad mínima
M1, N1, O1, O2	Turismos, furgonetas, remolques ligeros	1,6 mm
M2, M3	Autobuses y autocares	1,0 mm
N2, N3	Camiones de más de 3,5 t	1,0 mm
O3, O4	Remolques de más de 3,5 t	1,0 mm

La profundidad se mide en las **ranuras principales**: las ranuras longitudinales y transversales que forman el dibujo principal de la banda de rodadura.

En la **ITV**, el inspector comprueba la profundidad del dibujo, el estado del neumático (cortes, deformaciones, cables visibles, separaciones), la correspondencia de dimensión e índices con lo homologado, la igualdad de neumáticos en el mismo eje y el correcto montaje. Los defectos graves impiden superar la inspección. En carretera, los agentes pueden sancionar la circulación con neumáticos por debajo del mínimo, y además el vehículo puede ser inmovilizado.

Clave: El mínimo legal es un límite de seguridad, no un objetivo de gestión. Una flota que quiere recauchutar debe retirar sus neumáticos bastante antes: los fabricantes recomiendan habitualmente retirar con 2-3 mm en ejes de remolque y tracción, y con más profundidad en ejes de dirección, para que la carcasa no sufra en los últimos milímetros y llegue intacta al recauchutador. Además, por debajo de 3-4 mm la capacidad de evacuar agua cae y aumenta el riesgo de aquaplaning.

Error frecuente: Agotar los neumáticos de dirección hasta el límite legal. El eje director es el más crítico para la seguridad y el que más afecta al control del vehículo en un reventón. Muchas flotas fijan una profundidad de retirada en dirección de 4-6 mm y bajan esos neumáticos a remolque o tracción para terminar su vida.

En Latinoamérica: Los mínimos legales de profundidad varían por país y, en algunos, por tipo de vehículo. En Argentina, Chile, Colombia y México se aplica de forma general un mínimo del orden de 1,6 mm para vehículos ligeros, con criterios específicos o más exigentes para transporte de pasajeros y de carga en algunas jurisdicciones. Las revisiones técnicas obligatorias (RTO en Argentina, revisión técnica en Chile, revisión técnico-mecánica en Colombia, verificación físico-mecánica federal en México) controlan el estado de los neumáticos. Conviene comprobar la reglamentación local vigente, porque cambia con frecuencia.

11.6 Reesculturado

El reesculturado (*regrooving*) consiste en recortar con una cuchilla caliente el fondo de las ranuras del dibujo para recuperar profundidad cuando el neumático está próximo a su límite de retirada. Solo puede hacerse en neumáticos marcados como **REGROOVABLE** o con el símbolo **U**, que tienen bajo la banda una capa de goma suficiente para ello. Las reglas básicas son:

- Reesculturar únicamente neumáticos aptos y respetar la profundidad de corte que indique el fabricante, normalmente de 2 a 4 mm, sin llegar a dejar al descubierto las cinturas.
- Hacerlo cuando quedan unos 2-4 mm de dibujo, antes de llegar al mínimo legal, para que el desgaste del dibujo nuevo sea regular.
- Seguir el patrón de corte del fabricante, que puede ser distinto del dibujo original.
- Lo debe realizar personal formado, con equipo regulado en temperatura y anchura de cuchilla.

El reesculturado es especialmente rentable en ejes de remolque de larga distancia, donde puede alargar la vida del neumático un 15-25 % con un coste de mano de obra reducido, y además reduce la resistencia a la rodadura en ese periodo porque el neumático trabaja con poca goma. En ejes de dirección se desaconseja o se limita a lo que el fabricante permita. El reesculturado y el recauchutado son compatibles: un neumático puede reesculturarse en primera vida, recauchutarse y reesculturarse otra vez (capítulo 12).

11.7 Inspección diaria y periódica

La inspección se organiza en tres niveles:

Inspección del conductor (diaria, antes de salir): inspección visual de todos los neumáticos y de las llantas; comprobación de alarmas TPMS; búsqueda de objetos incrustados, cortes, bultos y pérdidas evidentes entre gemelos; comprobación visual de tuercas (indicadores de apriete si los hay).

Inspección del taller (semanal o quincenal, según uso): medida de presión en frío con manómetro calibrado o validación de datos TPMS; medida de profundidad en tres puntos de la banda (hombro interior, centro, hombro exterior) para detectar desgaste irregular; revisión de válvulas y tapones; control del par de apriete de las tuercas de rueda.

Auditoría de neumáticos (mensual o trimestral): revisión completa por técnico especializado o por el proveedor de servicio, con registro de todos los datos en el sistema de gestión, propuesta de rotaciones, reesculturados y retiradas.

Par de apriete de ruedas

La pérdida de ruedas por aflojamiento de tuercas es un riesgo grave. Tras cada montaje, las tuercas deben apretarse al par indicado por el fabricante del vehículo con una llave dinamométrica calibrada y **reapretarse tras los primeros 50-100 km** (o según la indicación del fabricante), porque el asentamiento de la llanta reduce la tensión inicial. Los indicadores de tuerca suelta, unas piezas de plástico con flecha, permiten detectar visualmente el giro.

Checklist: Inspección diaria del conductor. - Sin alarmas activas de TPMS en el cuadro ni en el remolque. - Sin pérdidas visibles de presión ni neumáticos gemelos "abiertos" o en contacto. - Sin cortes, bultos, abolladuras ni cables visibles en banda y flancos. - Sin piedras incrustadas entre gemelos. - Tapones de válvula colocados y válvulas sin daños. - Indicadores de tuerca alineados y sin restos de óxido en los espárragos. - Llantas sin grietas ni deformaciones. - Cualquier anomalía registrada en la aplicación y comunicada al taller antes de salir.

11.8 Daños típicos y diagnóstico por patrón de desgaste

El neumático es un registro físico de cómo se ha usado y mantenido el vehículo. Saber leer su desgaste permite corregir la causa antes de que destruya el siguiente juego.

Patrón o daño	Causa probable	Acción correctora
Desgaste en ambos hombros	Subinflación o sobrecarga	Revisar presión y cargas
Desgaste en el centro	Sobreinflación	Ajustar presión a la tabla
Desgaste de un solo hombro	Caída o convergencia incorrecta	Alinear el eje
Dientes de sierra en nervios	Convergencia, arrastre lateral	Alinear; revisar rótulas
Escalones o <i>heel and toe</i>	Par de frenado o tracción, poco uso	Revisar frenos; rotar
Desgaste en placas o calvas	Bloqueo de frenos, desequilibrio	Revisar ABS, frenos y equilibrado
Desgaste diagonal	Ejes no paralelos, holguras	Alinear el conjunto
Desgaste en ondas (<i>cupping</i>)	Amortiguadores, holguras	Revisar suspensión
Gemelos con desgaste distinto	Presión o diámetro diferente	Igualar presión y medida
Flanco con anillo descolorido	Rodaje desinflado	Retirar; carcasa en riesgo
Bulto en flanco	Rotura de cables por impacto	Retirada inmediata
Cortes y arranques de goma	Terreno agresivo, uso inadecuado	Cambiar a gama mixta
Grietas en ranuras o flanco	Envejecimiento, ozono, subinflación	Valorar retirada
Separación de banda	Calor por subinflación o sobrecarga	Retirar; analizar causa

Error frecuente: Cambiar un neumático con desgaste irregular sin corregir la causa. El neumático nuevo empezará a desgastarse igual. La regla del taller debe ser: ningún neumático retirado por desgaste irregular sin una orden de trabajo de diagnóstico asociada.

El rodaje desinflado y la carcasa

Un neumático que ha rodado con muy baja presión puede parecer intacto por fuera y tener la carcasa dañada por dentro: cables rotos en la zona del flanco, goma interior arrugada o pulverizada. Montarlo de nuevo es peligroso, porque puede producirse una rotura en zip (una apertura del flanco a lo largo de los cables) al volver a inflarlo. Por eso cualquier neumático que haya rodado desinflado debe inspeccionarse por dentro, desmontado, y reinflarse siempre en jaula de seguridad.

Reparaciones

Las perforaciones en la banda de rodadura dentro de los límites de tamaño que fijan los fabricantes pueden repararse con parches de combinación (tapón y parche) aplicados desde el interior, tras desmontar el neumático. Las reparaciones con mecha desde el exterior son solo provisionales. Las reparaciones de flanco y las de cortes grandes requieren un taller especializado y la aceptación del fabricante o del recauchutador. Cada reparación debe registrarse en la ficha del neumático, porque afecta a su aceptación posterior para recauchutado.

11.9 Organización del mantenimiento de neumáticos

El mantenimiento de neumáticos funciona cuando tiene responsables, frecuencias y datos.

Tarea	Frecuencia orientativa	Responsable
Inspección visual y TPMS	Diaria	Conductor
Presión en frío	Semanal o continua con TPMS	Taller o TPMS
Profundidad en tres puntos	Quincenal o mensual	Taller o proveedor
Reapriete de tuercas	50-100 km tras montaje	Taller
Alineación	Montaje en dirección, anual o por desgaste	Taller especializado
Auditoría completa	Mensual o trimestral	Proveedor o técnico
Revisión de causas de baja	Mensual	Responsable de flota

Ejemplo: Una flota de 40 tractoras y 60 semirremolques de configuración 4x2 monta unos 240 + 360 = 600 neumáticos en servicio (6 por tractora y 6 por semirremolque, sin repuestos). Si el taller propio mide presión y profundidad en cada uno cada dos semanas y tarda 1,5 minutos por neumático, necesita $600 \times 1,5 = 900$ minutos, 15 horas cada dos semanas. Con TPMS conectado, la medida de presión se automatiza y el tiempo se concentra en la medida de profundidad y la inspección visual, por ejemplo en las auditorías mensuales.

Checklist: Programa de mantenimiento de neumáticos. - Presión de referencia documentada por vehículo y posición, basada en la carga real. - Manómetros y profundímetros calibrados periódicamente. - TPMS operativo en todos los vehículos que lo tienen, con alarmas que llegan al centro de control. - Procedimiento de reasignación de sensores al cambiar neumáticos. - Profundidad de retirada por posición fijada por encima del mínimo legal (1,0 mm para pesados desde mayo de 2026). - Alineación programada al montar neumáticos de dirección y ante desgaste irregular. - Reapriete de tuercas registrado tras cada montaje. - Reesculturado planificado para neumáticos aptos en ejes de remolque. - Diagnóstico obligatorio de la causa de cualquier desgaste irregular. - Todas las inspecciones, rotaciones y reparaciones registradas en la ficha del neumático.

12

Ciclo de vida: recauchutado, reesculturado y fin de vida

Un neumático de camión de calidad está diseñado para vivir varias vidas. La carcasa, que representa la mayor parte del coste de fabricación, puede durar mucho más que la banda de rodadura original si se cuida y se recupera a tiempo. Gestionar ese ciclo completo, del neumático nuevo al residuo reciclado, es una de las palancas de ahorro más potentes de una flota y, a la vez, una obligación ambiental cada vez más regulada. Este capítulo explica la estrategia multi-vida, las tecnologías de recauchutado y su homologación, el balance económico y ambiental, la gestión de carcassas y el marco legal español de los neumáticos al final de su vida útil, además de los límites de abrasión que llegarán con Euro 7.

12.1 La estrategia multi-vida

Una estrategia multi-vida planifica desde la compra cuántas vidas tendrá cada neumático y en qué posiciones. Un ciclo típico en una flota de larga distancia puede ser:

1. **Primera vida en dirección:** neumático nuevo de primera marca, retirado con profundidad alta (por ejemplo, 5-6 mm) por seguridad.
2. **Continuación en remolque o tracción:** el mismo neumático "baja de posición" y termina su primera banda.
3. **Reesculturado:** si es apto, se recorta el fondo de las ranuras y se gana un tramo adicional de kilómetros.
4. **Primer recauchutado:** con la carcasa en buen estado, se monta en tracción o remolque.
5. **Reesculturado del recauchutado,** si la banda lo permite.
6. **Segundo recauchutado** en ejes de remolque, en aplicaciones regionales o de menor exigencia.
7. **Fin de vida:** entrega al sistema de gestión de neumáticos al final de su vida útil para reciclaje o valorización.

No todas las carcassas llegan al final del ciclo. Daños por impacto, rodaje desinflado, reparaciones excesivas o envejecimiento hacen que una parte se rechace en cada paso. La clave de la estrategia es **maximizar la tasa de supervivencia de carcassas**, porque cada carcasa perdida antes de tiempo obliga a comprar un neumático nuevo.

Clave: La decisión de recauchutar empieza el día que se compra el neumático nuevo. La calidad de la carcasa, la profundidad de retirada en primera vida y la disciplina de presión determinan si habrá segunda y tercera vida. Una flota que retira sus neumáticos con 1 mm ha decidido, aunque no lo sepa, que no recauchutará muchos de ellos.

Cuándo tiene sentido

La estrategia multi-vida es más rentable cuando:

- La flota recorre muchos kilómetros por vehículo y genera volumen de carcacas.
- Usa neumáticos de primera marca con carcacas diseñadas para varias vidas.
- Tiene ejes de remolque, donde los recauchutados rinden muy cerca de un neumático nuevo.
- Puede controlar la presión y la profundidad de retirada.

Es menos rentable en flotas con mucha rotación de vehículos (se venden con neumáticos en primera vida), en aplicaciones muy agresivas que destruyen carcacas, o cuando se usan neumáticos nuevos de bajo coste cuyas carcacas apenas tienen valor de recauchutado.

12.2 Tecnologías de recauchutado

El recauchutado sustituye la banda de rodadura desgastada por una nueva sobre una carcaca inspeccionada y preparada. El proceso común a todas las tecnologías es:

1. **Recepción e identificación** de la carcaca, con registro de su número de serie, fecha DOT y procedencia.
2. **Inspección inicial** visual, táctil y con equipos: shearografía (interferometría láser que detecta separaciones internas), rayos X o detectores de perforaciones por alta tensión.
3. **Raspado (*buffing*)**: se elimina la goma restante de la banda hasta un perfil y una textura definidos.
4. **Reparación** de daños menores dentro de los límites permitidos.
5. **Aplicación de la nueva banda** y curado, según la tecnología.
6. **Inspección final**, marcado y, en su caso, pruebas.

Recauchutado en caliente (molde)

La carcaca raspada recibe una capa de goma sin vulcanizar y se introduce en un molde a alta temperatura y presión, en un proceso similar al de fabricación de un neumático nuevo. El dibujo se forma en el molde. Puede aplicarse solo en la banda (*top cap*) o cubrir también parte o la totalidad de los flancos (*flanco a flanco*). Ventajas: acabado muy similar al nuevo, buena integración de la banda. Inconvenientes: inversión elevada en moldes por cada dimensión y dibujo, y mayor esfuerzo térmico para la carcaca.

Recauchutado en frío (prevulcanizado)

Se usa una banda ya vulcanizada con el dibujo formado (banda precurada), que se pega a la carcasa con una capa de goma de unión y se vulcaniza en un autoclave a temperatura más baja que el método en caliente. Ventajas: gran flexibilidad de dibujos y dimensiones sin necesidad de moldes, menor esfuerzo térmico de la carcasa y calidad muy consistente. Es la tecnología dominante en Europa para camión. Existe una variante con banda anular sin empalme (banda en anillo), que elimina la junta de la banda y mejora la uniformidad.

Recauchutado del fabricante y recauchutado independiente

Los grandes fabricantes de neumáticos ofrecen programas propios, a menudo con bandas que reproducen el dibujo y el compuesto del neumático nuevo y con garantías equivalentes. Junto a ellos operan recauchutadores independientes con bandas de proveedores especializados. La elección debe basarse en el rendimiento medido, la tasa de aceptación de carcassas, el plazo de entrega y la garantía.

Aspecto	Caliente (molde)	Frío (precurado)
Temperatura de curado	Más alta	Más baja
Dibujos disponibles	Limitados por moldes	Muy amplios
Inversión del recauchutador	Alta	Moderada
Esfuerzo en la carcasa	Mayor	Menor
Uso típico en Europa	Primeras marcas, obra	Mayoritario en camión
Uniformidad	Muy alta	Alta, máxima en banda anular

12.3 Homologación: el Reglamento ONU n.º 109

En la UE y en los países que aplican los reglamentos de la ONU, los neumáticos recauchutados para vehículos comerciales (categorías M2, M3, N, O3 y O4) deben fabricarse en instalaciones homologadas conforme al **Reglamento ONU n.º 109**. A diferencia del neumático nuevo, lo que se homologa es la unidad de producción del recauchutador, que debe demostrar un sistema de calidad, la descripción de su gama y la superación de ensayos de carga y velocidad sobre muestras, además de controles periódicos de conformidad de la producción.

Los requisitos principales para el usuario son:

- **Marcaje obligatorio:** marca o nombre del recauchutador, dimensión, índices de carga y velocidad, la palabra **RETREAD**, la fecha de recauchutado (semana y año con cuatro dígitos) y la marca de homologación, una E en un círculo con el número del país y un número de homologación que empieza por **109R**.
- **No se pueden aumentar las prestaciones:** el recauchutado no puede llevar un índice de carga ni un símbolo de velocidad superiores a los del neumático original, salvo autorización del fabricante de la carcasa.
- **Aceptación de carcassas:** deben rechazarse las carcassas con daños irreparables, talones dañados, corrosión de cables, separaciones u otros defectos. El reglamento excluye las carcassas

que no fueran originalmente homologadas según el Reglamento ONU n.º 54 y las de categoría de velocidad inferior a 80 km/h.

- **Trazabilidad de materiales:** la versión vigente (serie 01 de enmiendas, cuyo suplemento más reciente entró en vigor en enero de 2026) refuerza la trazabilidad de las bandas, y las bandas precuradas se vinculan a su propia homologación bajo el **Reglamento ONU n.º 172**.

La serie 01 tiene un periodo transitorio: las homologaciones de la serie anterior concedidas antes del 1 de septiembre de 2025 deben seguir aceptándose hasta el 1 de septiembre de 2028. Para la flota esto significa que en el mercado conviven recauchutados con ambas series, todos ellos legales si llevan su marca 109R.

Error frecuente: Comprar recauchutados sin marca de homologación 109R, procedentes de talleres no homologados o de importación sin control. Además de ser ilegales para su uso en vías públicas en la UE, carecen de las garantías de inspección de carcasa y suponen un riesgo grave de separación de la banda.

Etiquetado de recauchutados

El Reglamento (UE) 2020/740 prevé la extensión de la etiqueta a los neumáticos recauchutados cuando exista un método de ensayo adecuado. A finales de 2026 todavía no se ha adoptado el acto delegado que la haga obligatoria para los C3 recauchutados, aunque la industria ha propuesto una metodología y la Comisión ha estudiado su viabilidad técnica. Mientras tanto, la flota debe pedir al recauchutador datos de rendimiento propios y comparar con sus registros.

12.4 Economía del recauchutado

El recauchutado de camión cuesta habitualmente entre el 30 % y el 50 % del precio de un neumático nuevo de primera marca, según la tecnología, la marca de la banda y la dimensión, mientras que su rendimiento en kilómetros en ejes de remolque y tracción puede acercarse mucho al de un neumático nuevo si la banda es de calidad. La comparación correcta se hace en coste por kilómetro.

Ejemplo: Cálculo ilustrativo para un eje de semirremolque de larga distancia (385/65 R22.5).

Neumático nuevo de primera marca: 450 €, recorre 150.000 km, valor de carcasa al retirarlo 70 €.

Coste neto: $450 - 70 = 380$ €; coste por km: $380 / 150.000 = 0,00253$ €/km, es decir, 0,253 €/100

km. Recauchutado en frío de calidad sobre carcasa propia: 190 €, recorre 120.000 km, valor residual de la carcasa para un segundo recauchutado 50 €. Coste neto: $190 - 50 = 140$ €; coste por km: $140 / 120.000 = 0,00117$ €/km, es decir, 0,117 €/100 km. El recauchutado reduce el coste por kilómetro del neumático a menos de la mitad en esa posición.

Ejemplo: Coste medio de un ciclo completo con las cifras anteriores: nuevo más un recauchutado. Coste total: $450 + 190 - 50 = 590$ €. Kilómetros totales: $150.000 + 120.000 = 270.000$ km. Coste medio: $590 / 270.000 = 0,00219$ €/km, es decir, 0,219 €/100 km. Si además se reescultura en cada vida ganando un 15 % de kilómetros con un coste de 25 € por operación, los kilómetros totales son $270.000 \times 1,15 = 310.500$ km y el coste total $590 + 50 = 640$ €: $640 / 310.500 = 0,00206$ €/km. Cada vida y cada reesculturado añadidos diluyen el coste de la carcasa.

Factores que reducen el ahorro

- **Tasa de rechazo de carcasas** alta por mala gestión de presión o de retirada.
- **Tiempo de rotación:** cuántas semanas tarda la carcasa en volver recauchutada; un ciclo largo obliga a mantener más stock.
- **Fallos en servicio** de recauchutados de baja calidad, con averías en carretera y riesgo de restos de banda en la calzada.
- **Mayor resistencia a la rodadura** de algunas bandas de recauchutado frente al neumático nuevo de baja resistencia, que puede consumir parte del ahorro en combustible. Hay que pedir datos y medir.

En Latinoamérica: El recauchutado (o "recapado", "reencauche" o "renovado", según el país) tiene una cuota muy alta en el transporte de carga y de pasajeros, a menudo superior a la europea, por el mayor precio relativo del neumático nuevo importado. En Colombia y Chile existen esquemas de certificación de calidad del reencauche, y en Brasil, México y Argentina operan grandes redes de reencauchadores con bandas de fabricantes internacionales. La homologación ONU R109 no es obligatoria en general, por lo que la flota debe exigir certificaciones locales, inspección de carcasa con equipos y trazabilidad.

12.5 Huella de carbono y recursos

El recauchutado reutiliza la carcasa, que contiene la mayor parte del acero, de los tejidos y de buena parte de la goma del neumático. Según los análisis de ciclo de vida publicados por fabricantes y recauchutadores, un neumático recauchutado de camión requiere del orden de un 70 % menos de materias primas que uno nuevo, y su huella de carbono de fabricación se reduce en una proporción similar, con valores que algunos estudios sitúan en torno a tres cuartas partes menos. Son cifras de estudios sectoriales, con metodologías y supuestos propios, por lo que deben citarse como órdenes de magnitud.

Para una empresa que informa sobre su huella de carbono o sobre criterios de sostenibilidad (por ejemplo, por exigencias de clientes cargadores o de la normativa de información corporativa), el recauchutado aporta tres argumentos medibles:

- Toneladas de neumáticos nuevos evitados al año.
- Emisiones de fabricación evitadas, con el factor de emisión que facilite el proveedor.
- Mejora de los indicadores de economía circular (porcentaje de neumáticos reutilizados o recauchutados sobre el total retirado).

Ejemplo: Cálculo ilustrativo. Una flota retira 800 neumáticos de camión al año, de unos 60 kg cada uno. Si recauchuta 400 carcassas y cada recauchutado sustituye a un neumático nuevo, evita fabricar 400 neumáticos nuevos (24 toneladas de neumático). Si el proveedor indica que cada recauchutado evita unos 120 kg de CO₂ equivalente frente a un nuevo (dato hipotético para el ejemplo), el ahorro es de $400 \times 120 = 48.000$ kg, es decir, 48 t de CO₂ equivalente al año.

12.6 Gestión de carcassas

Las carcassas son un activo con valor de mercado y su gestión requiere procedimiento.

Clasificación al retirar: cada neumático retirado se clasifica según su destino posible: apto para recauchutado, apto para reesculturado, reparable o residuo. La clasificación preliminar la hace el taller o el proveedor y la confirma el recauchutador tras su inspección.

Propiedad y valor: hay dos modelos principales. En el primero, la flota es propietaria de sus carcassas y paga solo el servicio de recauchutado, recibiendo de vuelta sus propias carcassas. En el segundo, la flota vende sus carcassas al recauchutador o al proveedor (con un abono por carcassa según marca, dimensión y estado) y compra recauchutados del stock. El primero da más control de calidad y trazabilidad; el segundo simplifica la logística.

Rechazos: el recauchutador debe informar de cada carcassa rechazada con su causa. Ese dato alimenta el análisis de causas de baja (capítulo 13) y revela problemas de presión, de retirada tardía o de daños de uso.

Almacenamiento de carcassas: deben guardarse limpias, secas, protegidas del sol y de la lluvia, y sin aplastarse. Una carcassa con agua en su interior durante semanas puede sufrir corrosión de los cables y quedar inutilizada.

Indicador	Cálculo	Orientación
Tasa de recauchutabilidad	Carcassas aceptadas / carcassas enviadas	Cuanto más alta, mejor
Rechazos por rodaje desinflado	Rechazos por esa causa / rechazos totales	Indica fallo de presión
Rechazos por retirada tardía	Rechazos por desgaste excesivo / total	Indica fallo de retirada
Tiempo de rotación	Días desde envío hasta recepción	Mínimo posible
Vidas por carcassa	Vidas totales / carcassas dadas de baja	Objetivo de la estrategia

Clave: Un rechazo de carcassa "por rodaje desinflado" casi siempre es un fallo de gestión, no de fabricación. Si esa causa crece, el problema está en la presión, en el TPMS o en la disciplina del conductor, y es más barato corregirlo que seguir perdiendo carcassas.

12.7 Neumáticos al final de su vida útil: el marco español

Del RD 1619/2005 al RD 712/2025

La gestión de neumáticos al final de su vida útil en España se rige desde el 28 de agosto de 2025 por el **Real Decreto 712/2025**, que derogó y sustituyó al Real Decreto 1619/2005. La nueva norma adapta el régimen a la Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular y mantiene el principio de **responsabilidad ampliada del productor** (RAP): quienes ponen neumáticos en el mercado español de reposición, nuevos o recauchutados, deben financiar y garantizar su recogida y gestión cuando se conviertan en residuo.

Las novedades más relevantes son:

- **Objetivos nacionales** por primera vez de preparación para la reutilización y de reciclado, y límites máximos de valorización energética, para los horizontes de 2025, 2030 y 2035. La preparación para la reutilización incluye los neumáticos de segunda mano y la recuperación de carcasas para recauchutado.
- **Jerarquía de residuos reforzada:** se prohíbe incinerar neumáticos que puedan prepararse para su reutilización o reciclarse, así como depositarlos en vertedero (salvo usos técnicos en la propia instalación del vertedero).
- **Productores fuera de España** y ventas a distancia: deben designar un representante autorizado en España; si no lo hacen, responde el importador o adquirente intracomunitario.
- **Facturas:** el productor debe hacer constar su número de inscripción en el registro de productores, y la factura al comprador debe reflejar el coste de la gestión ambiental del neumático.
- **Sistemas colectivos (SCRAP):** deben ser entidades sin ánimo de lucro, con autorización única válida en todo el territorio nacional y garantía financiera, y sus contribuciones podrán modularse según criterios de ciclo de vida. Los sistemas existentes disponían de un año para adaptarse.
- **Almacenamiento máximo de dos años** de neumáticos al final de su vida útil en cualquier instalación, en condiciones de seguridad, sin mezclar con otros residuos y protegidos de la lluvia y del robo.

SIGNUS y TNU

En España operan dos grandes sistemas colectivos: **SIGNUS** y **TNU** (Tratamiento Neumáticos Usados), que han ido adaptando su estructura y gobernanza al nuevo real decreto. Ambos recogen de forma gratuita los neumáticos al final de su vida útil en los talleres y puntos de generación adheridos, en la proporción que corresponde a los neumáticos de reposición puestos en el mercado por sus productores. Como referencia de escala, en 2025 SIGNUS gestionó más de 230.000 toneladas y TNU cerca de 99.000. En el reparto de destinos de TNU, en torno a un 10 % se destinó a reutilización (segunda mano y recauchutado), alrededor de un 43 % a reciclaje de materiales y el resto a valorización energética; en SIGNUS, aproximadamente la mitad se convirtió en materias primas (caucho granulado, acero y fibras), una de cada diez unidades se preparó para reutilización o recauchutado y casi cuatro de cada diez se valorizaron energéticamente.

Qué debe hacer la flota

Para una empresa de transporte, la situación más común es la de **poseedor** de neumáticos usados que se cambian en un taller (propio o externo). Las obligaciones prácticas son:

- Entregar los neumáticos al final de su vida útil a un gestor autorizado o al sistema de responsabilidad ampliada a través del taller, sin venderlos ni clasificarlos fuera de los cauces previstos.
- Si la flota tiene taller propio y genera neumáticos usados, darse de alta como punto de generación ante el sistema colectivo correspondiente y facilitar la información que se le solicite.
- No almacenar neumáticos usados más de dos años y hacerlo en condiciones seguras, protegidos de la lluvia y separados de otros residuos.
- Separar con claridad las **carcasas destinadas a recauchutado**, que no son residuo mientras sigan un circuito de reutilización, de los neumáticos que sí lo son.
- Conservar la documentación de entregas (albaranes o certificados del gestor) para justificar el destino.
- Si compra neumáticos directamente en otros países de la UE o fuera de ella para usarlos en España, comprobar quién asume la responsabilidad ampliada del productor; la empresa podría ser considerada productora.

Error frecuente: Acumular neumáticos usados en el patio "por si se pueden recauchutar". Sin clasificación ni protección, se degradan, crean riesgo de incendio y de criaderos de mosquitos, y pueden superar el plazo máximo de almacenamiento. Las carcasas útiles deben salir hacia el recauchutador en semanas, y el resto, entregarse al sistema de recogida.

En Latinoamérica: Varios países han adoptado regímenes de responsabilidad extendida del productor para neumáticos. Chile incluyó los neumáticos entre los productos prioritarios de su ley de responsabilidad extendida del productor, con metas de recolección y valorización obligatorias para camiones y vehículos ligeros. Colombia tiene sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas con metas para productores e importadores. En Argentina y México la regulación se desarrolla en buena medida a nivel provincial, estatal o municipal. La flota debe identificar el sistema vigente en cada jurisdicción donde cambia neumáticos.

12.8 Euro 7 y los límites de abrasión

El desgaste de los neumáticos libera partículas de goma y de otros componentes al ambiente. Se considera una de las principales fuentes de microplásticos y de partículas no procedentes del escape. El **Reglamento (UE) 2024/1257, conocido como Euro 7**, es la primera norma que fija la obligación de que los neumáticos cumplan límites de abrasión (pérdida de masa por desgaste) para su homologación, además de requisitos de durabilidad de la adherencia en mojado con el neumático desgastado.

Los métodos de medición y los valores límite se desarrollan en el marco de la ONU (Foro Mundial WP.29 y su grupo de trabajo sobre ruido y neumáticos). Para los neumáticos de turismo (C1), el

método y los límites se aprobaron en 2026. Para C2 y C3, el trabajo sigue en curso y se esperan resultados para C2 hacia 2027 y para C3 más tarde. El calendario de aplicación previsto por Euro 7 para los límites de abrasión es:

Clase	Nuevos tipos de neumático	Todos los neumáticos	Fin de venta de no conformes
C1 (turismo)	1 de julio de 2028	1 de julio de 2030	30 de junio de 2032
C2 (comercial ligero)	1 de abril de 2030	1 de abril de 2032	31 de marzo de 2034
C3 (camión y autobús)	1 de abril de 2032	1 de abril de 2034	31 de marzo de 2036

Si los métodos de la ONU no estuvieran disponibles a tiempo, el reglamento prevé que la Comisión pueda establecerlos mediante actos delegados.

Consecuencias para la flota

- A medio plazo, todos los neumáticos de camión nuevos que se comercialicen deberán cumplir un límite de abrasión, lo que impulsará compuestos más duraderos.
- Es previsible que la información sobre abrasión o kilometraje llegue también a la etiqueta europea, lo que facilitará comparar neumáticos por duración, una carencia actual.
- La presión correcta, la alineación y la conducción suave, que ya reducen el coste, también reducen las emisiones de partículas: una flota con buenos indicadores de desgaste estará mejor preparada para futuras exigencias de información ambiental.
- Para los camiones eléctricos, más pesados, la abrasión es un asunto de mayor peso relativo, porque las emisiones de escape desaparecen y el desgaste de neumáticos gana protagonismo en el balance de partículas.

Clave: Euro 7 no impone obligaciones directas al usuario de la flota sobre la abrasión de sus neumáticos en servicio; obliga a los fabricantes. Pero el indicador de milímetros perdidos por cada 1.000 km, que una buena gestión ya calcula para controlar costes, es exactamente la variable física que la nueva regulación quiere reducir.

Checklist: Gestión del ciclo de vida. - Política multi-vida escrita: posiciones por vida, número máximo de recauchutados y criterios de retirada. - Profundidad de retirada que preserve la carcasa en cada posición. - Recauchutadores con homologación ONU R109 vigente y marca 109R verificada en cada entrega. - Contrato de recauchutado con tasa de aceptación, informe de rechazos por causa, plazo de rotación y garantía. - Carcasas clasificadas al retirar y enviadas al recauchutador en plazo, protegidas de la lluvia. - Registro de cada vida en la ficha del neumático con su número de serie. - Neumáticos al final de su vida útil entregados a gestor autorizado o al sistema colectivo, con justificante. - Almacenamiento de neumáticos usados inferior a dos años y separado de otros residuos. - Cálculo anual de neumáticos nuevos evitados y emisiones evitadas para el informe de sostenibilidad. - Seguimiento del calendario Euro 7 de abrasión y de los cambios en la etiqueta europea.

13

Control de costes y sistemas de gestión de neumáticos

La gestión de neumáticos solo mejora lo que se mide. Muchas flotas conocen cuánto gastan al año en neumáticos, pero no cuánto les cuesta cada kilómetro por posición, qué marca rinde más en sus semirremolques ni por qué se dan de baja sus neumáticos. Este capítulo presenta los indicadores de coste, el registro individual del neumático, las tecnologías de identificación, los modelos de contratación externa, los KPI, el análisis de causas de baja, el control de inventario y un modelo de datos que puede implantarse en un software de flota o en un ERP. Termina con un caso numérico completo.

13.1 Las métricas de coste: por kilómetro y por milímetro

Coste por kilómetro (CPK)

El coste por kilómetro es la métrica central. Para un neumático individual:

CPK = (precio de compra + coste de servicios asociados + coste de vidas adicionales – valor residual) / kilómetros totales recorridos

Los servicios asociados incluyen montaje, equilibrado, reparaciones y reesculturados. El valor residual es lo que se obtiene por la carcasa al darla de baja o venderla.

Suele expresarse en euros por 1.000 km o en céntimos por 100 km para que las cifras sean legibles.

Coste por milímetro y rendimiento por milímetro

El CPK solo puede calcularse con exactitud cuando el neumático termina su vida. Para decidir antes, se usa el **rendimiento por milímetro**:

km/mm = kilómetros recorridos / milímetros desgastados

Y la **proyección de vida**:

km proyectados = km recorridos + (profundidad actual – profundidad de retirada) × km/mm

El **coste por milímetro** (precio del neumático dividido por la profundidad útil) permite comparar neumáticos de distinta profundidad inicial: un neumático más barato con menos goma útil puede

salir más caro por milímetro.

Ejemplo: Neumático de tracción nuevo de 20 mm, retirada prevista a 3 mm (profundidad útil de 17 mm). Precio: 510 €. Coste por milímetro: $510 / 17 = 30,0 \text{ €/mm}$. Tras 90.000 km tiene 11 mm: ha gastado 9 mm, rinde $90.000 / 9 = 10.000 \text{ km/mm}$. Le quedan $11 - 3 = 8 \text{ mm}$, por lo que se proyectan $90.000 + 8 \times 10.000 = 170.000 \text{ km}$. CPK proyectado de primera vida, con un valor de carcasa de 70 €: $(510 - 70) / 170.000 = 0,00259 \text{ €/km}$, es decir, 2,59 € por 1.000 km.

Clave: El rendimiento por milímetro se estabiliza tras los primeros milímetros de uso. Las primeras medidas, cuando el dibujo es muy profundo y los tacos se mueven más, suelen dar desgastes algo más rápidos. Para comparar referencias conviene usar medidas a partir de un tercio de vida.

Coste por vehículo y coste por kilómetro de flota

A nivel de vehículo y de flota, el coste de neumáticos por kilómetro se obtiene sumando todos los costes del periodo (compras, recauchutados, servicios, averías de neumático) y dividiéndolos por los kilómetros recorridos. Es menos preciso que el CPK individual porque mezcla neumáticos en distintas fases de vida, pero es el que se compara con el presupuesto y con el coste del contrato de pago por kilómetro.

Métrica	Fórmula	Uso
CPK individual	Coste neto / km totales	Comparar referencias
km/mm	km / mm desgastados	Proyectar vida
Coste por mm	Precio / profundidad útil	Comparar antes de comprar
Coste flota por 1.000 km	Gasto total $\times$ 1.000 / km flota	Presupuesto y contratos
Coste de avería por neumático	Coste averías / n° averías	Valorar prevención

13.2 La ficha del neumático y la trazabilidad

La gestión por neumático requiere que cada neumático tenga una identidad única y una historia. La **ficha del neumático** es el registro maestro que recoge:

- **Identificación:** número interno o de serie único, marca, modelo, dimensión, índices, código DOT, profundidad inicial, aptitud para reesculturado, identificador RFID si lo tiene.
- **Datos de compra:** proveedor, fecha, precio, número de factura, garantía.
- **Historial de montajes:** vehículo, eje, posición, fecha y kilometraje de montaje y desmontaje.
- **Historial de inspecciones:** fecha, kilometraje, profundidad en tres puntos, presión, observaciones.
- **Intervenciones:** reparaciones, reesculturados, recauchutados (con recauchutador, banda y fecha).

- **Baja:** fecha, kilometraje total, profundidad final, causa, destino (recauchutado, venta, residuo) y valor residual.

Cómo identificar cada neumático

- **Número de serie del fabricante:** algunos fabricantes graban un número único en el flanco de sus neumáticos de camión. Es la solución más sencilla cuando está disponible.
- **Código DOT:** útil para la antigüedad, pero no es único.
- **Marcado propio:** etiquetas vulcanizables o marcado a fuego en el flanco con un código de la flota. Es barato y funciona con cualquier marca, pero exige disciplina en el alta.
- **RFID:** una etiqueta de radiofrecuencia incorporada al neumático en fábrica o pegada después permite leer su identidad con un lector, incluso con el neumático montado y sucio. Las normas **ISO 20909** e **ISO 20910** definen las etiquetas RFID para neumáticos y su codificación, y varios fabricantes ya incorporan RFID de serie en gamas de camión. Permite automatizar la lectura en las auditorías, en la entrada del taller y en el recauchutador.
- **Sensores TPMS internos con identificación:** algunos sensores pegados en el interior del neumático asocian la identidad del neumático a sus datos de presión y temperatura.

Ejemplo: Una flota de 120 vehículos con 1.200 neumáticos en servicio dedica en sus auditorías unos 3 minutos por neumático a leer manualmente el número, anotarlo y medir. Con RFID, la identificación se reduce a segundos y los errores de transcripción casi desaparecen. Si la lectura y anotación manual del número supone 1 minuto de esos 3, el ahorro es de 1.200 minutos (20 horas) por auditoría completa, y la calidad de los datos mejora, que es el beneficio principal.

Error frecuente: Registrar los neumáticos solo por vehículo y posición ("neumático delantero izquierdo de la tractora 23"). Cuando el neumático cambia de posición o se envía a recauchutar, su historia se pierde y es imposible calcular su CPK real.

13.3 Contratos de pago por kilómetro y gestión externalizada

Los grandes fabricantes y algunas redes de servicio ofrecen contratos en los que la flota no compra neumáticos, sino que paga una tarifa por kilómetro recorrido por cada vehículo, y el proveedor asume el suministro, el mantenimiento, el recauchutado y, a menudo, la asistencia en carretera.

Modalidades

- **Pago por kilómetro integral:** tarifa por vehículo y km que incluye neumáticos nuevos y recauchutados, servicios, inspecciones y asistencia. El proveedor es el propietario de los neumáticos.
- **Gestión externalizada con compra:** la flota compra los neumáticos, pero contrata la gestión (auditorías, presión, decisiones de retirada y recauchutado, informes) a cambio de una cuota.
- **Contratos mixtos:** pago por kilómetro para los neumáticos de tracción y remolque y compra directa en dirección, o viceversa.

Ventajas e inconvenientes

Aspecto	Gestión propia	Pago por kilómetro
Coste	Variable, depende de la gestión	Previsible por km
Control técnico	Propio	Del proveedor
Riesgo de daños	De la flota	Repartido según contrato
Datos	Propios si hay sistema	Del proveedor; exigir acceso
Flexibilidad de marca	Total	Limitada al proveedor
Necesidad de personal	Alta	Baja

Cláusulas clave del contrato

- **Tarifa por kilómetro** por tipo de vehículo y perfil, y criterio de medición del kilometraje (telemática, tacógrafo, cuentakilómetros).
- **Mínimos de kilometraje** anual por vehículo y penalizaciones por debajo.
- **Exclusiones:** daños por accidentes, vandalismo, mal uso, carreteras no asfaltadas; cómo se facturan.
- **Niveles de servicio:** tiempo de respuesta de la asistencia en carretera, frecuencia de auditorías, presión de referencia.
- **Propiedad de los datos** y acceso a la ficha de cada neumático y a los informes.
- **Situación al final del contrato:** quién se queda con los neumáticos montados, cómo se valora la profundidad restante, si hay liquidación por milímetros.
- **Revisión de tarifas** ligada a índices de precios de materias primas o de neumáticos.

Ejemplo: Comparación ilustrativa para un conjunto de tractora y semirremolque de larga distancia con 130.000 km/año. Coste propio medido el año anterior: 12 neumáticos con un coste medio ponderado de 2,40 € por 1.000 km por neumático, más 600 € anuales de servicios y 700 € de averías. Coste neumáticos: $12 \times 2,40 \times 130 = 3.744$ €. Total: $3.744 + 600 + 700 = 5.044$ €, es decir, 38,8 € por 1.000 km. Oferta de pago por kilómetro: 36 € por 1.000 km, con asistencia incluida: $36 \times 130 = 4.680$ €. Diferencia: 364 € a favor del contrato por vehículo y año. La decisión dependerá de si la gestión propia puede mejorarse por debajo de esa cifra, de las exclusiones y de lo que pase con los neumáticos al final del contrato.

Clave: No se puede evaluar un contrato de pago por kilómetro sin conocer el propio coste por kilómetro. Una flota sin datos negocia a ciegas y tiende a aceptar tarifas que incluyen el margen de su propia ineficiencia.

13.4 Indicadores clave (KPI)

Un cuadro de mando de neumáticos debe combinar indicadores de coste, de rendimiento técnico, de mantenimiento y de ciclo de vida. Proponemos un conjunto básico:

KPI	Definición	Frecuencia
Coste por 1.000 km de flota	Gasto neumáticos $\times$ 1.000 / km	Mensual
CPK por referencia y posición	Coste neto / km por neumático dado de baja	Trimestral
km/mm por referencia y posición	Media de rendimiento por milímetro	Trimestral
Cumplimiento de presión	% de lecturas dentro de ± 5 % de referencia	Semanal
Averías por 100.000 km	Averías de neumático en ruta $\times$ 100.000 / km	Mensual
Bajas prematuras	% de bajas por daño antes del desgaste previsto	Trimestral
Profundidad media de retirada	mm al retirar por posición	Trimestral
Tasa de recauchutabilidad	Carcasas aceptadas / enviadas	Trimestral
Vidas medias por carcasa	Vidas / neumáticos dados de baja definitiva	Anual
Rotación de inventario	Consumo anual / stock medio	Trimestral

Los valores objetivo dependen de cada flota. Lo más útil es comparar la flota consigo misma en el tiempo, comparar vehículos y conductores de un mismo perfil, y comparar referencias en la misma posición.

Error frecuente: Fijarse solo en el gasto anual de neumáticos. Una flota puede reducir su gasto comprando neumáticos más baratos y, a la vez, aumentar su consumo de combustible, sus averías y su tasa de rechazo de carcasas. El gasto total relevante incluye el combustible atribuible y el coste de las inmovilizaciones.

13.5 Análisis de causas de baja

Cada neumático dado de baja debe tener una causa codificada. Sin codificación, los informes se llenan de "desgaste" u "otros" y no permiten actuar. Una tabla de causas útil es:

Código	Causa de baja	Gestionable por la flota
D1	Desgaste normal hasta retirada	Sí, objetivo
D2	Desgaste irregular por alineación o presión	Sí
P1	Perforación reparable no reparada a tiempo	Sí
P2	Perforación o corte no reparable	Parcialmente
R1	Rodaje desinflado	Sí
I1	Impacto, bulto o rotura de flanco	Parcialmente

Código	Causa de baja	Gestionable por la flota
S1	Separación de banda o carcasa	Sí, si es por presión
E1	Envejecimiento, grietas, ozono	Sí, rotación de stock
F1	Defecto de fabricación (reclamación)	No, garantía
A1	Accidente o vandalismo	No

El análisis consiste en calcular cada trimestre el porcentaje de bajas por causa y por posición, compararlo con el periodo anterior y asignar acciones. La causa D1 debería ser la mayoritaria; cuando R1, D2 o S1 crecen, el problema está en el mantenimiento. Un análisis de Pareto suele mostrar que dos o tres causas explican la mayoría de las bajas prematuras.

Ejemplo: En un trimestre una flota da de baja 180 neumáticos: 110 por D1, 22 por R1, 18 por D2, 15 por P2, 8 por I1, 4 por S1 y 3 por otras causas. Las bajas prematuras gestionables (R1, D2 y S1) suman 44, el 24 % del total. Si cada una se produce, en promedio, con un 40 % de vida útil restante y un precio medio de 470 €, el valor perdido es de $44 \times 0,40 \times 470 = 8.272$ € en el trimestre, sin contar las carcacas no recauchutables. Las acciones prioritarias serían reforzar el TPMS y la presión (R1, S1) y programar una campaña de alineación (D2).

Reclamaciones de garantía

Las bajas codificadas como posible defecto de fabricación deben conservarse y presentarse al fabricante con su ficha completa: fecha de compra, kilometraje, presiones registradas y profundidad. Sin datos de presión y kilometraje, la mayoría de las reclamaciones se rechazan por presunto mal uso.

13.6 Inventario de neumáticos

El inventario de neumáticos incluye neumáticos nuevos en almacén, recauchutados, carcacas pendientes de envío, carcacas en el recauchutador y neumáticos de repuesto montados en llanta. Su gestión debe equilibrar disponibilidad y capital inmovilizado.

Dimensionado del stock

Para cada referencia, el stock de seguridad se calcula a partir del consumo medio y del plazo de reposición:

Punto de pedido = consumo diario medio × plazo de reposición (días) + stock de seguridad

Ejemplo: Una flota consume 24 neumáticos 385/65 R22.5 de remolque al mes, es decir, unos 0,8 al día (con 30 días por mes). El proveedor entrega en 5 días y se fija un stock de seguridad equivalente a 7 días de consumo. Punto de pedido: $0,8 \times 5 + 0,8 \times 7 = 4 + 5,6 = 9,6$, redondeado a 10 neumáticos. Si se pide en lotes de 20, el stock medio será aproximadamente $20 / 2 + 5,6 \approx 16$ neumáticos. Con un precio de 450 €, el capital inmovilizado medio es de unos 7.200 € para esa referencia.

Buenas prácticas

- Reducir el número de referencias mediante la homologación interna por perfil y posición.
- Aplicar FIFO por fecha DOT y fijar una antigüedad máxima de almacén.
- Inventariar físicamente al menos una vez al año y conciliar con el sistema.
- Controlar el circuito de carcassas como parte del inventario: una carcasa olvidada en el recauchutador es dinero inmovilizado.
- Valorar el stock en consigna del proveedor para referencias de alto consumo.

13.7 Modelo de datos para un software de flota

Un sistema de gestión de neumáticos, sea un módulo de un ERP o una aplicación especializada, necesita un modelo de datos que separe el neumático, su posición en el vehículo y los eventos de su vida. Proponemos las siguientes entidades:

Entidad	Atributos principales	Relación
Referencia	Marca, modelo, dimensión, índices, profundidad, posición	Tiene muchos neumáticos
Neumático	ID único, serie, DOT, RFID, estado, vida actual	Pertenece a una referencia
Vehículo	Matrícula, tipo, configuración de ejes, perfil	Tiene muchas posiciones
Posición	Eje, lado, interior o exterior, presión de referencia	Pertenece a un vehículo
Montaje	Neumático, posición, fecha y km de montaje y desmontaje	Une neumático y posición
Inspección	Fecha, km, profundidades, presión, observaciones	Pertenece a un neumático
Intervención	Tipo, proveedor, coste, fecha	Pertenece a un neumático
Vida	Número de vida, tipo (nuevo, recauchutado), banda, km	Pertenece a un neumático
Baja	Fecha, km, profundidad, causa, destino, valor residual	Cierra un neumático

Estados del neumático

El neumático debe tener un ciclo de estados controlado: en almacén, montado, desmontado pendiente de decisión, en reparación, en recauchutado, en almacén recauchutado, vendido como carcasa, dado de baja como residuo. Cada transición genera un evento con fecha, usuario y kilometraje.

Kilometraje del neumático

El sistema no debe pedir el kilometraje del neumático, sino calcularlo a partir de los montajes y de los kilometrajes del vehículo: los kilómetros de un neumático en un montaje son la diferencia entre el kilometraje del vehículo al desmontar y al montar. La integración con la telemática o el tacógrafo, que dan el kilometraje real, evita errores. En los semirremolques, que no tienen cuentakilómetros propio, el kilometraje se obtiene de la telemática del remolque, de un hubodómetro o, en su defecto, del kilometraje de las tractoras que lo han arrastrado.

Reglas de negocio recomendadas

- Un neumático solo puede estar montado en una posición a la vez, y una posición solo puede tener un neumático.
- No se permite montar una referencia no homologada para el perfil y la posición sin autorización registrada.
- Alerta cuando la profundidad proyectada a la siguiente inspección quede por debajo de la profundidad de retirada de la posición.
- Alerta por diferencia de profundidad superior a un umbral entre neumáticos gemelos.
- Alerta por diferencia de desgaste entre hombros superior a un umbral (desgaste irregular).
- Cálculo automático de CPK y km/mm al cerrar cada vida y al dar de baja.
- Obligatoriedad de causa de baja codificada.

Ejemplo: En un ERP como Odoo, el modelo puede implementarse con un objeto "neumático" vinculado al producto (la referencia) y a un número de serie o lote, que aprovecha la trazabilidad de inventario estándar; un objeto "posición" asociado al vehículo del módulo de flota; y objetos de "montaje", "inspección" y "baja" que se registran desde una aplicación móvil del taller. Los costes de compra proceden de las facturas de proveedor, y los de recauchutado, de las órdenes de compra de servicio asociadas a cada número de serie.

En Latinoamérica: Muchas flotas de Argentina, México, Chile y Colombia gestionan los neumáticos con hojas de cálculo o con módulos de proveedores de reencauche. Cuando el reencauche tiene una cuota alta, el control de vidas por carcasa y del destino de cada carcasa adquiere aún más valor económico, y los proveedores suelen ofrecer informes por número de fuego (el número marcado a fuego en el flanco por la flota), una práctica muy extendida en la región para la trazabilidad.

13.8 Caso práctico completo

Presentamos un caso ilustrativo, con cifras coherentes pero supuestas, de una flota que decide entre dos estrategias para los ejes de sus semirremolques.

Datos de partida:

- 80 semirremolques de tres ejes, con 6 neumáticos 385/65 R22.5 cada uno: 480 neumáticos en servicio.
- Recorrido medio: 110.000 km por semirremolque y año.
- Kilómetros-neumático anuales: $480 \times 110.000 = 52.800.000$ km.

Estrategia A, neumático nuevo de gama media sin recauchutado:

- Precio: 330 €. Duración: 120.000 km. Valor residual: 0 € (carcasa no aceptada para recauchutado).
- CPK: $330 / 120.000 = 0,00275$ €/km.
- Coste anual: $52.800.000 \times 0,00275 = 145.200$ €.

■ Neumáticos consumidos al año: $52.800.000 / 120.000 = 440$.

Estrategia B, neumático nuevo de primera marca, reesculturado y un recauchutado con reesculturado:

■ Primera vida: precio 450 €, 150.000 km, más reesculturado (25 €) que añade 22.500 km (15 %).
Total primera vida: 172.500 km.

■ Segunda vida: recauchutado 190 €, 120.000 km, más reesculturado (25 €) que añade 18.000 km.
Total segunda vida: 138.000 km.

■ Valor residual final de la carcasa: 30 €.

■ Tasa de supervivencia de la carcasa para el recauchutado: 80 %. Las carcasas rechazadas (20 %) no tienen segunda vida.

Cálculo por cada 100 neumáticos nuevos comprados:

■ Coste de primeras vidas: $100 \times (450 + 25) = 47.500$ €. Kilómetros: $100 \times 172.500 = 17.250.000$ km.

■ Carcasas recauchutadas: 80. Coste: $80 \times (190 + 25) = 17.200$ €. Kilómetros: $80 \times 138.000 = 11.040.000$ km.

■ Valor residual final: $80 \times 30 = 2.400$ €.

■ Coste neto: $47.500 + 17.200 - 2.400 = 62.300$ €.

■ Kilómetros totales: $17.250.000 + 11.040.000 = 28.290.000$ km.

■ CPK medio: $62.300 / 28.290.000 = 0,00220$ €/km.

■ Coste anual para la flota: $52.800.000 \times 62.300 / 28.290.000 \approx 116.280$ €.

Comparación:

Concepto	Estrategia A	Estrategia B
CPK medio	0,00275 €/km	0,00220 €/km (redondeado)
Coste anual	145.200 €	116.280 €
Neumáticos nuevos al año	440	unos 187
Ahorro anual	Referencia	28.920 €

Los neumáticos nuevos al año en la estrategia B se obtienen así: cada 100 neumáticos nuevos cubren 28.290.000 km, por lo que para 52.800.000 km se necesitan $52.800.000 / 28.290.000 \times 100 \approx 187$ neumáticos nuevos, más unos 149 recauchutados (el 80 %).

Lectura del resultado: con estos supuestos, la estrategia B ahorra unos 28.900 € al año (un 20 %) y reduce a menos de la mitad los neumáticos nuevos comprados, con el correspondiente ahorro de materias primas y de residuos. El resultado es sensible a dos variables: la tasa de supervivencia de carcasas y el kilometraje del recauchutado. Si la supervivencia cayera al 50 % por mala gestión de presión, el coste neto por cada 100 neumáticos sería $47.500 + 50 \times 215 - 50 \times 30 = 56.750$ €, los kilómetros $17.250.000 + 6.900.000 = 24.150.000$, y el CPK 0,00235 €/km: el ahorro se reduciría a unos 21.000 €. La estrategia B solo rinde todo su potencial si la flota protege sus carcasas.

Efecto en combustible: si además el neumático de primera marca tiene una clase de resistencia a la rodadura mejor y ahorra, por hipótesis, un 1 % de combustible en los ejes de remolque, con un

consumo de 30 l/100 km, 110.000 km por conjunto y 1,40 €/l, el ahorro sería de $0,3 \times 1.100 \times 1,40 = 462$ € por conjunto y año, 36.960 € en la flota. Este efecto puede ser mayor que el ahorro directo en neumáticos, y es la razón por la que la decisión de neumáticos debe integrarse con el análisis de consumo.

Clave: En la gestión de neumáticos, las tres palancas económicas se refuerzan entre sí: una presión correcta reduce el consumo, alarga la vida de la banda y salva la carcasa para nuevas vidas. Por eso el primer euro de inversión en gestión de neumáticos suele ir al control de presión y a la calidad de los datos.

Checklist: Control de costes y sistema de gestión. - Cada neumático identificado con un número único (serie, marcado propio o RFID) desde su alta. - Ficha del neumático con montajes, inspecciones, intervenciones, vidas y baja. - Kilometraje del neumático calculado desde los montajes y la telemática, no introducido a mano. - CPK y km/mm calculados por referencia y posición al cierre de cada vida. - Causa de baja codificada obligatoria y análisis de Pareto trimestral. - Cuadro de mando con coste por 1.000 km, cumplimiento de presión, averías por 100.000 km y tasa de recauchutabilidad. - Coste propio por kilómetro conocido antes de negociar un contrato de pago por kilómetro. - Contratos con cláusulas de datos, exclusiones, niveles de servicio y liquidación final. - Stock dimensionado por referencia con punto de pedido y FIFO por fecha DOT. - Circuito de carcasas controlado como parte del inventario. - Revisión anual de las referencias homologadas con los datos reales de rendimiento.



PARTE IV

Agendas de vencimientos

Todo lo que caduca en el vehículo,
el conductor y la empresa

IV

14

El mapa de vencimientos de una empresa de transporte

Una empresa de transporte por carretera no solo mueve mercancías: también gestiona, sin descanso, un inventario de fechas. Cada camión, cada remolque, cada conductor y la propia empresa arrastran un conjunto de autorizaciones, certificados, inspecciones, pólizas y plazos que caducan. Ninguno de ellos genera ingresos por sí mismo, pero cualquiera de ellos, si vence sin renovarse, puede detener un vehículo en un control, anular la cobertura de un seguro o poner en riesgo la autorización de transporte.

Este capítulo abre la Parte IV con una visión de conjunto. Antes de entrar en el detalle de cada vencimiento (capítulos 15 y 16) y en cómo automatizar su control (capítulo 17), conviene dibujar el mapa completo: qué caduca, quién es responsable, qué pasa cuando algo vence y cómo organizar la información en una tabla maestra que sirva de punto de partida para cualquier sistema de gestión.

14.1 Por qué los vencimientos son un problema de gestión, no de administración

En muchas empresas pequeñas y medianas, el control de vencimientos lo lleva una persona de administración con una hoja de cálculo, un calendario de pared o, en el peor de los casos, la memoria. Funciona mientras la flota es pequeña y esa persona no se va de vacaciones. A partir de diez o quince vehículos el volumen de fechas crece de forma que la gestión informal deja de ser fiable.

Hagamos una estimación. Un camión rígido de 18 toneladas con caja frigorífica acumula, como mínimo, una decena de fechas propias: ITV, revisión del tacógrafo, descarga de la unidad del vehículo, certificado ATP, póliza de seguro, impuesto municipal, contrato de renting o leasing, garantía del equipo de frío, mantenimiento preventivo por kilometraje y autorización de transporte vinculada. Un conductor suma otras cinco o seis: permiso de conducir, tarjeta de cualificación (CAP), tarjeta del tacógrafo, descarga de su tarjeta, reconocimiento médico laboral y, si procede, autorización ADR. Y la empresa añade las suyas: visado de autorizaciones, pólizas generales, certificados de estar al corriente con Hacienda y Seguridad Social, licencias de software y certificaciones de calidad.

Ejemplo: Una flota ilustrativa de 25 cabezas tractoras, 30 semirremolques y 32 conductores puede generar fácilmente entre 450 y 550 eventos de vencimiento al año si se cuentan las descargas periódicas del tacógrafo, las ITV semestrales de los vehículos más antiguos y las renovaciones de documentos personales. Eso son entre 9 y 11 eventos por semana laborable, todos con fecha fija y consecuencias reales.

El problema no es la dificultad de cada trámite, que suele ser baja, sino la **acumulación**, la **dispersión de la información** (unos datos están en la ficha técnica, otros en una póliza en PDF, otros en la sede electrónica de la DGT) y la **dependencia de terceros** (estaciones de ITV con lista de espera, talleres de tacógrafos con citas a semanas vista, centros de formación CAP con plazas limitadas). Un vencimiento bien gestionado no es el que se renueva el último día, sino el que se planifica con margen suficiente para absorber esos retrasos.

Clave: La gestión de vencimientos es una función de gestión de riesgos. Su objetivo no es "hacer papeles", sino garantizar que ningún vehículo ni conductor quede inoperativo por una causa evitable y que la empresa nunca circule sin cobertura legal o aseguradora.

14.2 Los tres grandes bloques: vehículo, conductor y empresa

Para ordenar el mapa conviene clasificar cada vencimiento según la **entidad** a la que está ligado. Esta clasificación no es solo didáctica: determina quién lo gestiona, dónde se archiva la evidencia y qué ocurre cuando la entidad cambia (venta de un camión, baja de un conductor, fusión de empresas).

Vencimientos del vehículo

Son los ligados a una matrícula o a un número de bastidor. Viajan con el vehículo: si se vende, la ITV y el certificado ATP siguen siendo válidos para el nuevo titular, mientras que el seguro y la autorización de transporte normalmente no.

- Inspección técnica periódica (ITV), con periodicidad según tipo de vehículo y antigüedad.
- Revisión periódica del tacógrafo y, cuando corresponda, sustitución por un modelo más reciente.
- Descarga periódica de los datos de la unidad intravehicular del tacógrafo.
- Verificación del limitador de velocidad.
- Certificado ATP para vehículos isotermos, refrigerados o frigoríficos.
- Certificado de aprobación ADR para determinados vehículos de mercancías peligrosas.
- Seguro obligatorio de responsabilidad civil y seguros voluntarios.
- Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica y otras tasas.
- Copia certificada de la autorización de transporte asociada al vehículo.
- Contratos de renting, leasing, garantías y mantenimiento.
- Mantenimientos preventivos por tiempo o kilometraje (tratados en la Parte I del libro).

Vencimientos del conductor

Son personales e intransferibles. Si el conductor cambia de empresa, se los lleva; si causa baja, dejan de ser responsabilidad de la empresa, pero la empresa debe conservar la evidencia de que estaban en vigor mientras trabajó para ella.

- Permiso de conducir de las categorías C1, C, C1E o CE.
- Certificado de aptitud profesional y tarjeta de cualificación del conductor (CAP).
- Tarjeta de conductor del tacógrafo.
- Descarga periódica de la tarjeta del conductor.
- Autorización ADR para conductores de mercancías peligrosas.
- Reconocimientos médicos de vigilancia de la salud y formación en prevención de riesgos laborales.
- Límites de tiempos de conducción y descanso, que funcionan como "vencimientos" diarios, semanales y quincenales.
- Obligaciones de retorno periódico y declaraciones de desplazamiento en transporte internacional.

Vencimientos de la empresa

Son los ligados al NIF del titular de la actividad. Afectan a toda la flota a la vez: un fallo aquí no inmoviliza un camión, sino potencialmente todos.

- Visado periódico de la autorización de transporte público de mercancías.
- Mantenimiento de los requisitos de establecimiento, honorabilidad, capacidad financiera y competencia profesional.
- Designación y vinculación efectiva del gestor de transporte.
- Pólizas corporativas: responsabilidad civil general, mercancía transportada, flota.
- Certificados de estar al corriente de obligaciones tributarias y con la Seguridad Social, que exigen muchos cargadores.
- Documentación de control y cartas de porte, hoy en transición a formato electrónico.
- Certificaciones voluntarias (calidad, medio ambiente, seguridad alimentaria) y homologaciones de clientes.
- Contratos con clientes y subcontratistas con cláusulas de renovación o revisión de precios.

Error frecuente: Mezclar en una misma lista los vencimientos de vehículo y de conductor sin indicar la entidad. Cuando un conductor rota entre varios camiones, la alerta "tarjeta del tacógrafo caducada" asignada a un vehículo se pierde en cuanto el conductor cambia de unidad. Cada vencimiento debe ir ligado a la entidad que lo posee, no al lugar donde se usa.

14.3 Tipología de los vencimientos según su naturaleza

Además de la entidad, cada vencimiento tiene una naturaleza que condiciona cómo se calcula la próxima fecha y cuánto preaviso necesita. Distinguir estos tipos evita errores sistemáticos al configurar alertas.

Tipo	Cómo se calcula	Ejemplos	Preaviso típico
Fecha fija de caducidad	Indicada en el documento	Permiso, tarjeta CAP, póliza	60-90 días
Periódico por calendario	Última realización + periodo	ITV, tacógrafo, ATP	30-60 días
Periódico por uso	Kilómetros u horas de motor	Mantenimiento preventivo	2.000-5.000 km
Rodante o deslizante	Ventana móvil sobre registros	Descansos, retorno 4 semanas	Diario
Calendario administrativo	Mes fijado por la Administración	Visado de autorizaciones	60-90 días
Contractual	Fecha de fin o preaviso de denuncia	Renting, leasing, contratos	Preaviso + 30 días

El **tipo rodante** merece mención especial. Los tiempos de conducción y descanso no tienen una fecha de caducidad escrita en ningún documento: se calculan sobre una ventana que se desplaza cada día. Un conductor no "renueva" su descanso semanal; simplemente, si no lo toma dentro del plazo, comete una infracción. Por eso estos vencimientos no se gestionan con una agenda de calendario, sino con software de análisis de datos del tacógrafo, como se verá en el capítulo 16.

El **tipo contractual** también tiene una trampa: en muchos contratos de renting, mantenimiento o seguros, lo relevante no es la fecha de fin, sino la fecha límite para comunicar que no se desea prorrogar. Si se pasa esa fecha, el contrato se renueva automáticamente por otro periodo.

Clave: En los contratos con prórroga tácita, la fecha que se debe registrar en la agenda es la del preaviso de denuncia, no la del vencimiento. Un contrato que vence el 31 de diciembre con preaviso de tres meses tiene su fecha crítica el 30 de septiembre.

14.4 Consecuencias de un vencimiento no atendido

Cuando un vencimiento se pasa, las consecuencias se acumulan en varias capas. Entenderlas ayuda a priorizar: no todos los vencimientos tienen el mismo impacto, y la agenda debe reflejarlo.

Sanciones administrativas

La Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres (LOTT) y su reglamento clasifican las infracciones en leves, graves y muy graves, y el reglamento escalona las multas en tramos según el apartado concreto infringido. Como orientación general, las infracciones leves se mueven en cuantías de cientos de euros, las graves pueden llegar a varios miles y las muy graves alcanzan los tramos superiores, que en caso de reincidencia se multiplican. Las infracciones relacionadas con el tacógrafo (no llevarlo, manipularlo, no descargar datos, no presentar registros) y con la falta de autorización figuran entre las más severas.

A esas sanciones de transporte se suman las de tráfico: circular con la ITV caducada, sin seguro obligatorio o con un permiso de conducir caducado se sanciona por la normativa de tráfico y seguridad vial, con multas propias e incluso, en algunos supuestos, detracción de puntos.

Clave: Las cuantías concretas de las sanciones se revisan periódicamente y dependen del apartado exacto del reglamento aplicable. Para presupuestar el riesgo, consulte la tabla vigente de la LOTT y del Reglamento General de Circulación, o el baremo sancionador que publican las asociaciones del sector.

Inmovilización del vehículo

Para determinadas infracciones, los agentes pueden ordenar la inmovilización del vehículo hasta que se subsane la causa. Es típico en casos de ITV desfavorable o caducada con defectos graves, ausencia de seguro obligatorio, falta de tacógrafo o tacógrafo manipulado, exceso de tiempos de conducción (el conductor debe descansar antes de continuar) o carencia de autorización de transporte. En el caso de vehículos extranjeros o empresas no residentes, puede exigirse además el pago inmediato o un depósito de la sanción.

El coste de una inmovilización rara vez es la multa: es la carga que no se entrega, la penalización contractual del cargador, el conductor parado, la grúa, la campa y, en mercancía perecedera, la posible pérdida total de la carga.

Ejemplo: Coste ilustrativo de una inmovilización de 30 horas de un camión frigorífico por ITV caducada: multa de tráfico 200 euros; traslado en grúa a estación ITV y regreso 450 euros; inspección urgente 150 euros; día de conductor parado 180 euros; penalización del cliente por retraso 600 euros; pérdida parcial de mercancía refrigerada 2.500 euros. Total: 4.080 euros por un trámite cuyo coste ordinario habría sido de unos 150 euros.

Pérdida o reducción de la cobertura del seguro

Este es el riesgo más infravalorado. Muchas pólizas de flota y de mercancías incluyen cláusulas de exclusión o de repetición cuando el siniestro se produce con el vehículo en situación irregular: ITV caducada, conductor sin permiso en vigor, conductor sin CAP o sin ADR cuando eran exigibles, o equipos de frío sin certificado ATP. En el seguro obligatorio, la aseguradora suele indemnizar al tercero perjudicado, pero puede repetir contra el tomador o el conductor. En los seguros voluntarios (daños propios, mercancía), la exclusión puede dejar a la empresa sin indemnización alguna.

Error frecuente: Suponer que "el seguro paga igual". La cobertura frente a terceros suele mantenerse por imperativo legal, pero el derecho de repetición de la aseguradora contra el asegurado puede trasladar a la empresa el coste íntegro de un siniestro grave. Revise en cada póliza las causas de exclusión y repetición relacionadas con la documentación del vehículo y del conductor.

Pérdida de autorizaciones y de honorabilidad

Algunos vencimientos de empresa tienen efectos acumulativos. No visar la autorización de transporte en plazo provoca su pérdida de validez. La comisión reiterada de infracciones muy graves puede afectar al requisito de honorabilidad de la empresa y del gestor de transporte, lo que en última instancia puede conducir a la suspensión o revocación de la autorización. Además, el historial de infracciones alimenta el sistema europeo de clasificación del riesgo de las empresas, que orienta la frecuencia e intensidad de las inspecciones: una empresa con mala calificación será inspeccionada con más frecuencia.

Consecuencias comerciales y laborales

Los grandes cargadores auditan a sus proveedores de transporte y exigen evidencia documental vigente: pólizas, certificados ATP, autorizaciones, certificados de estar al corriente. Un documento caducado en una auditoría puede suponer la suspensión temporal como proveedor. En el plano laboral, permitir que un conductor trabaje con el CAP o el reconocimiento médico caducado expone a la empresa a responsabilidades en materia de prevención de riesgos laborales, especialmente si se produce un accidente.

14.5 Responsabilidades: quién responde de cada vencimiento

La normativa reparte las responsabilidades entre la empresa, el conductor y, en algunos casos, terceros como el cargador o el taller. En la práctica, la empresa responde de casi todo, porque la LOTT atribuye la responsabilidad administrativa principalmente al titular de la actividad o de la autorización.

Vencimiento	Responsable legal principal	Responsable operativo recomendado
ITV, tacógrafo, ATP, ADR vehículo	Titular del vehículo	Jefe de taller o responsable de flota
Seguro, impuestos, contratos	Titular o arrendatario	Administración y finanzas
Permiso, CAP, tarjeta conductor	Conductor (y empresa al permitir conducir)	RR. HH. con aviso al jefe de tráfico
Descarga de tarjeta y vehículo	Empresa	Jefe de tráfico
Tiempos de conducción y descanso	Empresa y conductor	Jefe de tráfico

Vencimiento	Responsable legal principal	Responsable operativo recomendado
Visado y requisitos de empresa	Titular de la autorización	Gestor de transporte
Documentación de control	Empresa transportista y cargador	Tráfico y administración

El reparto "legal" y el "operativo" no coinciden, y eso es intencionado. Que la tarjeta CAP sea un documento personal del conductor no exime a la empresa: si la empresa permite conducir a alguien sin la cualificación exigida, también incurre en infracción. Por eso, aunque la renovación la tramite el conductor, la empresa debe vigilar la fecha y exigir la evidencia.

Clave: Para cada vencimiento debe existir un único responsable operativo con nombre y apellidos, y un suplente. "Administración" o "el taller" no son responsables: son departamentos. Si nadie concreto tiene la tarea asignada, nadie la hará a tiempo.

El papel del gestor de transporte

El Reglamento (CE) 1071/2009 exige que la empresa designe un gestor de transporte que dirija de manera efectiva y permanente las actividades de transporte. Entre sus funciones están, explícitamente, la gestión del mantenimiento de los vehículos, la verificación de contratos y documentos de transporte y la supervisión de los procedimientos de seguridad. El gestor de transporte es, por tanto, el responsable natural de que la agenda de vencimientos exista, funcione y se audite, aunque delegue la ejecución.

Las infracciones graves de la empresa pueden repercutir en la honorabilidad del propio gestor, lo que convierte la agenda de vencimientos también en un mecanismo de protección personal para quien ocupa ese puesto.

Responsabilidad del conductor

El conductor responde personalmente de llevar consigo y en vigor su permiso de conducir, su tarjeta CAP, su tarjeta de conductor y, si procede, la autorización ADR; de utilizar correctamente el tacógrafo; y de respetar los tiempos de conducción y descanso. Sin embargo, la empresa no puede organizar el trabajo de forma que obligue al conductor a incumplir, ni retribuirlo en función de la distancia recorrida o la carga transportada si ello incentiva infracciones. Esto convierte la planificación de rutas en un elemento más del cumplimiento.

En Latinoamérica: El reparto de responsabilidades es similar en lo esencial: el titular del vehículo responde de la verificación técnica y del seguro, y el conductor de su licencia. En Argentina, la Revisión Técnica Obligatoria (RTO) y la Licencia Nacional de Conducir con clase profesional se complementan con el registro en el RUTA para transportistas; en México, la SICT exige la verificación físico-mecánica y el permiso de autotransporte federal; en Chile, la revisión técnica y la licencia profesional A-4/A-5; en Colombia, la revisión técnico-mecánica y el SOAT. Las periodicidades y plazos varían por país e incluso por jurisdicción, por lo que conviene verificarlas localmente.

14.6 Criticidad: no todos los vencimientos pesan igual

Una agenda que trata igual la renovación de una licencia de software y la ITV de un camión genera ruido y acaba siendo ignorada. Conviene clasificar cada vencimiento en un nivel de criticidad según dos factores: el **impacto** si se incumple y el **plazo de recuperación** (cuánto se tarda en regularizar una vez vencido).

Nivel	Criterio	Ejemplos	Tratamiento
A. Bloqueante	Impide circular o trabajar	ITV, seguro obligatorio, permiso, CAP, tarjeta	Alertas escalonadas y bloqueo en planificación
B. Sancionable	Genera sanción sin parar la actividad	Descargas de tacógrafo, revisión limitador	Alertas y control semanal
C. Económico	Pérdida de dinero o cobertura	Garantías, preaviso de renting, pólizas voluntarias	Alertas con antelación amplia
D. Comercial	Afecta a clientes o auditorías	Certificaciones, homologaciones	Revisión trimestral

El **plazo de recuperación** es clave para fijar el preaviso. Renovar un permiso de conducir caducado exige reconocimiento médico y trámite en la DGT, lo que puede llevar días. Una autorización ADR caducada no se puede renovar: hay que obtenerla de nuevo con curso y examen inicial, lo que puede llevar semanas. Una autorización de transporte que pierde validez por falta de visado exige un procedimiento de rehabilitación. Cuanto mayor es el plazo de recuperación, mayor debe ser el preaviso.

Ejemplo: Cálculo del preaviso mínimo para la renovación de la tarjeta CAP de un conductor. Si los cursos de formación continua de 35 horas en la zona se programan con unas cuatro semanas de antelación, se imparten en cinco días o en varios fines de semana, y la expedición de la nueva tarjeta tarda varias semanas, el preaviso mínimo razonable ronda los 90 días, y lo prudente es planificar el curso con seis meses de margen.

14.7 La tabla maestra de vencimientos

La tabla maestra es el inventario de referencia: una fila por cada tipo de vencimiento, con su entidad, su periodicidad orientativa, su criticidad y su responsable. No es la agenda (que tiene una fila por cada vencimiento concreto de cada vehículo o persona), sino el catálogo a partir del cual se genera la agenda. Las periodicidades se desarrollan y matizan en los capítulos 15 y 16; aquí se presentan de forma resumida y deben confirmarse con la normativa vigente en el momento de configurar el sistema.

Bloque vehículo

Vencimiento	Periodicidad orientativa	Criticidad	Evidencia
ITV camión o tractora más de 3,5 t	Anual hasta 10 años; semestral después	A	Tarjeta ITV e informe
ITV remolque y semirremolque pesado	Según categoría y antigüedad	A	Tarjeta ITV e informe
Revisión periódica del tacógrafo	Cada 2 años	A	Placa y certificado de taller
Descarga de la unidad del vehículo	Máximo 90 días	B	Archivo firmado
Limitador de velocidad	Con ITV y revisión del tacógrafo	B	Placa y certificado
Certificado ATP	Inicial 6 años; renovaciones posteriores	A	Certificado y placa
Certificado ADR del vehículo	Anual	A	Certificado de aprobación
Seguro obligatorio	Anual, salvo otra duración	A	Póliza y recibo
Impuesto municipal de vehículos	Anual	B	Recibo
Contrato de renting o leasing	Según contrato	C	Contrato

Bloque conductor

Vencimiento	Periodicidad orientativa	Criticidad	Evidencia
Permiso C o CE	5 años; 3 a partir de 65	A	Permiso en vigor
Tarjeta CAP	5 años, con 35 h de formación	A	Tarjeta CAP
Tarjeta de conductor	5 años	A	Tarjeta
Descarga de tarjeta de conductor	Máximo 28 días	B	Archivo firmado
Autorización ADR	5 años, con reciclaje	A	Certificado ADR
Reconocimiento médico laboral	Según protocolo de vigilancia	B	Certificado de aptitud
Descanso semanal y retorno	Ventana semanal y de 4 semanas	B	Registros del tacógrafo

Bloque empresa

Vencimiento	Periodicidad orientativa	Criticidad	Evidencia
Visado de autorizaciones	Bienal, mes según NIF	A	Resolución de visado
Requisitos de capacidad financiera	En cada visado	A	Cuentas o aval
Gestor de transporte	Vinculación permanente	A	Contrato y alta

Vencimiento	Periodicidad orientativa	Criticidad	Evidencia
Póliza de mercancía o RC general	Anual	C	Póliza
Certificados Hacienda y Seguridad Social	Validez limitada	D	Certificados
Certificaciones de calidad	Auditoría anual y renovación trienal	D	Certificado

Clave: La tabla maestra debe revisarse al menos una vez al año, y siempre que cambie la normativa. Durante 2024-2026 han cambiado, entre otras cosas, los plazos del tacógrafo inteligente, la obligación de documentación de control electrónica y se ha aprobado una nueva directiva europea de permisos de conducción que modificará plazos en los próximos años. Una tabla maestra desactualizada propaga el error a toda la agenda.

14.8 Cómo construir el mapa en una empresa real

Construir el mapa de vencimientos de una empresa concreta lleva entre dos y cinco días de trabajo en una flota mediana, y conviene hacerlo como un pequeño proyecto con fases claras.

1. **Inventario de entidades.** Listar todos los vehículos (matrícula, bastidor, tipo, fecha de primera matriculación, MMA), todos los conductores (incluidos los eventuales y los autónomos colaboradores habituales) y todas las sociedades del grupo con autorización de transporte.
2. **Inventario de documentos.** Para cada entidad, reunir los documentos vigentes en formato digital: fichas técnicas, tarjetas ITV, certificados del tacógrafo, pólizas, permisos, tarjetas CAP y de conductor. Escanear lo que esté en papel.
3. **Extracción de fechas.** Anotar para cada documento su fecha de emisión, su fecha de caducidad y, si es periódico, la fecha de la última realización. Señalar los documentos que no tienen fecha visible o cuya fecha es dudosa.
4. **Aplicación de la tabla maestra.** Cruzar el inventario con la tabla maestra para detectar huecos: vencimientos que deberían existir pero de los que no hay evidencia (por ejemplo, un camión frigorífico sin certificado ATP en el archivo).
5. **Asignación de responsables.** Asignar un responsable operativo y un suplente a cada tipo de vencimiento.
6. **Priorización inicial.** Ordenar todos los vencimientos por fecha y atender primero los ya vencidos y los que vencen en los próximos 30 días.
7. **Carga en la herramienta de gestión.** Pasar el inventario a la herramienta elegida (hoja de cálculo estructurada, software de flotas o ERP), tema del capítulo 17.

Error frecuente: Empezar por la herramienta. Comprar o configurar un software de flotas antes de tener el inventario completo lleva a cargar datos incompletos y a confiar en un sistema que no sabe lo que no sabe. Primero el mapa, después la herramienta.

Ejemplo: En un diagnóstico inicial de una flota ilustrativa de 18 vehículos, el cruce del inventario con la tabla maestra detectó: dos remolques con la ITV vencida desde hacía semanas (estaban parados en la campa y nadie lo había advertido), un conductor con la tarjeta CAP a 40 días de caducar sin curso programado, tres vehículos sin registro de la última descarga de la unidad del vehículo y un contrato de renting con preaviso de denuncia vencido, que se había renovado automáticamente un año más a una cuota superior a la de mercado.

14.9 Del mapa a la agenda

El mapa es estático; la agenda es dinámica. Una vez construido el mapa, la agenda se genera calculando, para cada vencimiento concreto, su próxima fecha, sus fechas de preaviso y su estado. A partir de ahí, cada renovación realizada actualiza la fecha y reinicia el ciclo. Los capítulos 15 y 16 desarrollan el contenido de cada vencimiento para que el lector pueda configurar correctamente su tabla maestra, y el capítulo 17 explica cómo convertir todo ello en un sistema automatizado con alertas, semáforos, flujos de renovación e indicadores.

Checklist: Mapa de vencimientos de la empresa - Existe un inventario completo de vehículos, remolques, conductores y sociedades con autorización. - Cada vencimiento está ligado a su entidad propietaria (vehículo, conductor o empresa), no al lugar donde se usa. - Se ha identificado el tipo de cada vencimiento (fecha fija, periódico, por uso, rodante, administrativo o contractual). - En los contratos con prórroga tácita se registra la fecha de preaviso de denuncia. - Cada vencimiento tiene asignado un nivel de criticidad (A, B, C o D). - Cada tipo de vencimiento tiene un responsable operativo con nombre y un suplente. - El preaviso se ha fijado según el plazo de recuperación, no de forma uniforme. - Se han revisado las cláusulas de exclusión y repetición de las pólizas de seguro. - La tabla maestra se ha contrastado con la normativa vigente en el último año. - Se han atendido primero los vencimientos ya caducados y los de los próximos 30 días. - El gestor de transporte supervisa y firma la revisión anual del mapa.

15

Vencimientos del vehículo

El vehículo concentra la mayor parte de los vencimientos técnicos de la flota. Son, además, los que con más frecuencia provocan inmovilizaciones en carretera, porque se comprueban de forma inmediata en un control: basta con mirar la tarjeta ITV, la placa del tacógrafo o la póliza en el sistema de consulta de los agentes. En este capítulo se recorren uno por uno, con su base normativa, su periodicidad, los puntos de fricción habituales y las recomendaciones de preaviso. Al final se recoge una tabla resumen para cargar en la agenda.

Todas las periodicidades indicadas corresponden al marco español y europeo vigente en 2025-2026. Dado que varias de ellas han cambiado recientemente y otras están en proceso de cambio, se recomienda contrastarlas con la normativa vigente antes de configurar el sistema.

15.1 Inspección técnica de vehículos (ITV)

La ITV es el vencimiento más visible y uno de los más críticos. En España se regula por el Real Decreto 920/2017, que traspone la Directiva 2014/45/UE sobre inspecciones técnicas periódicas. La fecha de la próxima inspección figura en la tarjeta ITV y en el registro de vehículos de la DGT, y la falta de inspección en vigor se detecta en cualquier control.

Periodicidades para vehículos de mercancías

Las periodicidades dependen de la categoría del vehículo y de su antigüedad desde la primera matriculación.

Vehículo	Antigüedad	Periodicidad
Camión o conjunto de más de 3,5 t	Hasta 10 años	Anual
Camión o conjunto de más de 3,5 t	Más de 10 años	Semestral
Furgoneta o camión hasta 3,5 t	Hasta 2 años	Exento
Furgoneta o camión hasta 3,5 t	De 2 a 6 años	Bienal
Furgoneta o camión hasta 3,5 t	De 6 a 10 años	Anual
Furgoneta o camión hasta 3,5 t	Más de 10 años	Semestral

Para los remolques y semirremolques de más de 3,5 toneladas (categorías O3 y O4), el régimen general sigue un esquema análogo al de los pesados, con inspección anual en los primeros años y mayor frecuencia a partir de cierta antigüedad. Conviene confirmar en la estación ITV la periodicidad concreta de cada remolque según su categoría y fecha de matriculación, y registrarla en la agenda a partir de la fecha que figura en su tarjeta.

Clave: En una flota pesada, cada vehículo que cumple diez años pasa a necesitar dos ITV al año. Una flota de 25 tractoras con una antigüedad media de 8 años verá crecer el número de inspecciones anuales a medida que envejece, con el consiguiente coste en horas de inmovilización y desplazamientos. Este dato debe incorporarse al análisis de renovación de flota (Parte II).

Cómo se calcula la fecha

La inspección puede realizarse dentro de un margen anterior a la fecha de vencimiento sin que se altere la fecha de la siguiente; si se realiza antes de ese margen, la siguiente fecha se cuenta desde el día de la inspección. Este margen permite planificar la ITV con algunas semanas de antelación sin "perder" días de validez. Conviene verificar el margen exacto aplicable en el momento de planificar, ya que la norma lo establece de forma expresa.

Cuando el resultado es **desfavorable**, se concede un plazo para subsanar los defectos y volver a presentar el vehículo; durante ese plazo solo puede circular para ir al taller y a la estación. Cuando es **negativo**, el vehículo no puede circular por sus propios medios. En ambos casos, la fecha de vencimiento se resetea con la inspección favorable.

Puntos de fricción

- Las estaciones con línea de pesados son menos numerosas que las de turismos, y en algunas zonas hay listas de espera de varias semanas. Reservar cita con al menos 30 días de antelación.
- Para la inspección de vehículos con tacógrafo, la estación comprueba la placa de instalación y la fecha de la última revisión. Si el tacógrafo tiene la revisión caducada, se anotará como defecto.
- Los vehículos con equipos especiales (grúa, frigorífico, cisterna ADR) pueden exigir documentación adicional en la inspección.
- Las reformas de importancia (cambio de carrocería, instalación de grúa, enganche) exigen una inspección específica antes de circular. No son un vencimiento periódico, pero deben gestionarse como un evento con fecha.

Ejemplo: Programación ilustrativa de ITV para un vehículo de 11 años con última inspección favorable el 15 de marzo. Próxima fecha: 15 de septiembre. Reserva de cita: 15 de agosto como tarde (30 días). Preventivo previo en taller propio: primera quincena de agosto, para corregir alumbrado, neumáticos y frenos antes de la inspección. Alerta de preaviso: 60 días antes (15 de julio).

15.2 Tacógrafo: revisión periódica y calibración

El tacógrafo es el aparato de control de los tiempos de conducción y descanso y, por tanto, una pieza central del cumplimiento. Se regula en la Unión Europea por el Reglamento (UE) 165/2014 y sus actos de ejecución, y en España por la normativa de desarrollo sobre instalación, revisión y talleres autorizados.

La revisión periódica

El Reglamento 165/2014 establece que los tacógrafos deben someterse a una **inspección periódica al menos cada dos años**, realizada por un taller autorizado. En la inspección se comprueba el funcionamiento del aparato, la integridad de los precintos, la calibración (constantes del vehículo, tamaño efectivo de los neumáticos, velocidad) y la ausencia de dispositivos de manipulación. Tras la inspección, el taller coloca una nueva placa de instalación con la fecha y emite el certificado correspondiente.

Además de la revisión bienal, debe realizarse una nueva inspección cuando:

- Se repara el tacógrafo o se sustituye algún componente.
- Se modifica el coeficiente característico del vehículo o se cambia de forma relevante el perímetro efectivo de los neumáticos.
- Cambia la matrícula del vehículo.
- La hora UTC del aparato se desvía más de lo admitido.

Error frecuente: Confundir la fecha de la ITV con la fecha de la revisión del tacógrafo. Son vencimientos distintos, con periodicidades distintas y realizados por entidades distintas. Que el camión haya pasado la ITV no significa que el tacógrafo esté en plazo; de hecho, la estación lo anotará como defecto si no lo está.

El tacógrafo inteligente y sus plazos de sustitución

El tacógrafo inteligente incorpora posicionamiento por satélite, comunicación remota de corto alcance para controles en marcha y registro automático de determinados eventos. Su segunda versión, conocida como **G2V2**, añade el registro automático de los cruces de frontera y de las operaciones de carga y descarga, y está pensada para facilitar el control de las normas del Paquete de Movilidad (cabotaje, desplazamiento y retorno).

Los hitos principales del calendario de implantación son:

- **21 de agosto de 2023:** los vehículos matriculados por primera vez a partir de esa fecha deben llevar tacógrafo G2V2.
- **31 de diciembre de 2024:** fecha límite para sustituir los tacógrafos analógicos y los digitales de primera generación en vehículos que realizan transporte internacional.
- **19 de agosto de 2025:** fecha límite para sustituir los tacógrafos inteligentes de primera versión (G2V1) por G2V2 en vehículos que realizan transporte internacional.
- **1 de julio de 2026:** los vehículos ligeros de más de 2,5 toneladas y hasta 3,5 toneladas que realicen transporte internacional o cabotaje por cuenta ajena deben llevar tacógrafo inteligente

G2V2.

Para los vehículos que solo realizan transporte nacional, no se ha impuesto de momento una fecha general de sustitución, y pueden seguir utilizando el tacógrafo que tengan instalado siempre que funcione correctamente y pase sus revisiones. No obstante, cualquier sustitución por avería debe hacerse ya con un modelo de la generación vigente.

Clave: Si la flota mezcla tráfico nacional e internacional, la agenda debe registrar la generación de tacógrafo de cada vehículo y bloquear en la planificación la asignación de servicios internacionales a vehículos que no lleven G2V2. Un vehículo con G2V1 o anterior enviado a un viaje internacional después del 19 de agosto de 2025 incurre en infracción.

Ejemplo: Una empresa ilustrativa con 25 tractoras tenía en 2024 la siguiente distribución: 6 con G2V2 de fábrica, 11 con G2V1 y 8 con digital de primera generación. Si 14 de ellas hacían transporte internacional, debía sustituir antes del 31 de diciembre de 2024 los tacógrafos de las tractoras internacionales con digital de primera generación y, antes del 19 de agosto de 2025, los de las internacionales con G2V1. Con un coste orientativo por sustitución de entre 1.000 y 1.500 euros incluyendo instalación, calibración y parada, el presupuesto rondaba entre 14.000 y 21.000 euros, que debía planificarse con meses de antelación por la saturación de los talleres en las semanas previas a cada fecha límite.

Vida útil de otros componentes del tacógrafo

Los tacógrafos inteligentes incorporan certificados digitales con periodos de validez limitados, y los sensores de movimiento emparejados pueden requerir sustitución en ciertas intervenciones. Aunque no son un vencimiento que el gestor de flota deba vigilar a diario, conviene que el taller autorizado informe de cualquier fecha límite técnica relevante en cada revisión y que esa información se anote en la ficha del vehículo.

15.3 Descarga de datos de la unidad del vehículo

La memoria del tacógrafo (unidad intravehicular) almacena las actividades de todos los conductores que han utilizado el vehículo, los eventos, los fallos, los controles y las calibraciones. La empresa está obligada a descargar periódicamente esos datos y conservarlos.

En España, la **periodicidad máxima de descarga de la unidad del vehículo es de 90 días**. La descarga debe realizarse también antes de cualquier circunstancia que pueda impedirla: venta del vehículo, baja, fin de un contrato de renting, reparación del tacógrafo o envío del vehículo a otra empresa. Los datos descargados deben conservarse durante al menos un año desde su registro, y en condiciones que permitan presentarlos a la inspección cuando lo solicite.

Hay dos formas de descargar:

- **Manual**, con un dispositivo de descarga conectado al tacógrafo y la tarjeta de empresa insertada. Requiere que alguien acuda físicamente al vehículo.

- **Remota**, mediante la telemática del vehículo, que con la tarjeta de empresa alojada en un servidor de autenticación permite descargar sin presencia física. Es la opción habitual en flotas medianas y grandes.

Clave: Aunque el plazo máximo sea de 90 días, la práctica recomendable es descargar la unidad del vehículo cada 30 días, coincidiendo con el cierre mensual. Así se dispone de datos frescos para el análisis de infracciones y se tiene margen de sobra si una descarga falla.

Error frecuente: Dar por buena una descarga remota sin comprobar que el archivo se ha recibido completo y con firma válida. Las descargas remotas fallan con más frecuencia de lo que parece por cobertura, por tarjetas de empresa caducadas en el servidor o por incompatibilidades de versión. El sistema debe registrar la fecha de la última descarga válida, no la del último intento.

La tarjeta de empresa

La descarga exige una tarjeta de empresa en vigor. La tarjeta de empresa tiene validez limitada (generalmente cinco años) y es, por tanto, otro vencimiento de la empresa que conviene registrar, porque su caducidad interrumpe todas las descargas remotas a la vez. Lo recomendable es disponer de varias tarjetas de empresa y escalonar sus caducidades.

15.4 Limitador de velocidad

Los vehículos de mercancías de más de 3,5 toneladas deben llevar un dispositivo limitador de velocidad que impida superar los 90 km/h. El limitador se instala y precinta en un taller autorizado, que emite el certificado y coloca la placa correspondiente, y se comprueba en la ITV.

En la práctica, la verificación del limitador se integra en las intervenciones del tacógrafo, porque ambos dispositivos comparten la señal de velocidad y, en muchos vehículos, el mismo taller realiza las dos comprobaciones. Conviene registrar en la agenda la fecha de la última verificación del limitador y revisar que el certificado esté disponible en el vehículo.

Error frecuente: No volver a verificar el limitador tras una intervención en la electrónica del motor o una reprogramación de la centralita. Cualquier actuación que pueda alterar la velocidad máxima exige comprobar de nuevo el limitador y, si procede, precintarlo de nuevo.

15.5 Certificado ATP para mercancías perecederas

El Acuerdo sobre transportes internacionales de mercancías perecederas (ATP) regula los vehículos isotermos, refrigerados, frigoríficos y caloríficos. En España, el certificado ATP es exigible también en transporte nacional de determinados productos, conforme al Real Decreto 237/2000 y sus modificaciones. El certificado acredita que el vehículo cumple la clase de aislamiento y, si dispone de equipo de frío, la capacidad de producción.

El esquema general de validez es el siguiente:

- Un equipo nuevo obtiene un certificado inicial de **seis años**.
- Al cumplir ese plazo, se realiza una inspección en servicio por un organismo de control acreditado que permite prolongar la validez por periodos sucesivos, generalmente de tres años.
- A partir de cierta antigüedad del equipo (habitualmente a partir de los 12 años y con más exigencia según envejece), las renovaciones pueden requerir ensayos en estación de ensayo, como la medida del coeficiente global de transmisión térmica.

El certificado se acompaña de una placa de identificación colocada en el vehículo, donde figuran la clase ATP y la fecha de caducidad. La placa debe retirarse si el vehículo deja de cumplir.

Clave: El vencimiento del ATP afecta directamente al seguro de mercancía. Muchas pólizas de transporte frigorífico excluyen la cobertura de daños por rotura de la cadena de frío si el certificado ATP no estaba en vigor. Además, los clientes del sector alimentario lo piden sistemáticamente en sus auditorías de proveedores.

Ejemplo: Planificación ilustrativa de la renovación ATP de un semirremolque frigorífico fabricado en marzo de 2020. Certificado inicial: hasta marzo de 2026. Primera inspección en servicio: febrero de 2026, para mantener la continuidad. Si la inspección es favorable, nueva validez de unos tres años. Coste orientativo de la inspección: entre 250 y 450 euros más el desplazamiento al organismo de control; conviene combinarla con el mantenimiento del equipo de frío para evitar dos paradas.

15.6 Vehículos para mercancías peligrosas (ADR)

Los vehículos que transportan mercancías peligrosas en cisternas, contenedores cisterna de cierta capacidad, explosivos y algunos otros supuestos definidos en el ADR (Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera) necesitan un **certificado de aprobación** del vehículo. Este certificado tiene una **validez máxima de un año** y su renovación va ligada a la inspección técnica del vehículo, de modo que en la práctica se renueva coincidiendo con la ITV.

Además del certificado del vehículo, las cisternas tienen sus propias inspecciones periódicas (inspecciones intermedias y periódicas de la cisterna, con prueba de estanqueidad y, en su caso, de presión), cuyas periodicidades dependen del tipo de cisterna y se indican en la placa de la cisterna. Y el equipo obligatorio a bordo incluye extintores con revisión periódica, equipos de protección individual y otros elementos que también caducan.

Elemento ADR	Vencimiento	Quién lo realiza
Certificado de aprobación del vehículo	Anual, ligado a ITV	Estación ITV
Inspección de la cisterna	Según tipo, indicada en placa	Organismo de control
Extintores del vehículo	Revisión periódica y retimbrado	Empresa mantenedora
Equipamiento de a bordo	Según fabricante	Empresa

Elemento ADR	Vencimiento	Quién lo realiza
Consejero de seguridad (empresa)	Certificado con validez limitada	Persona certificada

Error frecuente: Controlar el certificado ADR del vehículo y olvidar los extintores. La fecha de revisión y la de retimbrado de los extintores son vencimientos independientes y un extintor caducado en un vehículo ADR es una infracción en sí mismo.

15.7 Seguros obligatorios y voluntarios

Todo vehículo a motor debe tener en vigor el seguro obligatorio de responsabilidad civil derivada de la circulación. Los remolques y semirremolques de más de 750 kilos también deben asegurarse. La vigencia de la póliza se comprueba en los controles mediante consulta al fichero de vehículos asegurados, por lo que no basta con llevar el recibo: la póliza debe constar como vigente.

Además del obligatorio, las flotas suelen contratar:

- Responsabilidad civil voluntaria, que eleva los límites del obligatorio.
- Daños propios, a todo riesgo o con franquicia.
- Robo, incendio y lunas.
- Asistencia en viaje, especialmente relevante para pesados en internacional.
- Seguro de mercancía transportada, a menudo en póliza de flota o abierta.
- Retirada del permiso y defensa jurídica para conductores.
- Pérdida de beneficios por inmovilización.

Clave: En flotas medianas y grandes es habitual la póliza de flota con vencimiento único anual y altas y bajas a lo largo del año. Esto simplifica la agenda, pero exige un control riguroso de que cada vehículo nuevo se da de alta antes de su primer viaje y de que el alta queda reflejada en el fichero de vehículos asegurados.

Los dos puntos críticos de los seguros en la agenda de vencimientos son la **fecha de renovación**, en la que conviene revisar coberturas y comparar ofertas con antelación, y el **preaviso de no renovación**, que en los contratos de seguro suele ser de un mes para el tomador antes de la conclusión del periodo en curso. Para negociar con margen, la revisión debe empezar unos 90 días antes.

15.8 Impuestos y tasas

Los vehículos generan varias obligaciones tributarias periódicas:

- **Impuesto sobre vehículos de tracción mecánica (IVTM)**, municipal y anual, con periodo de pago fijado por cada ayuntamiento. El impago no impide circular, pero bloquea trámites ante la DGT como la transferencia o la baja.
- **Tasas de la DGT** por transferencia, duplicados o cambios.

- **Peajes y viñetas** en otros países de la UE, donde muchos sistemas de peaje para pesados se basan en dispositivos o registros con validez y saldo que también deben vigilarse.
- **Tasas de ITV**, tacógrafo y autorizaciones, que no vencen por sí mismas pero conviene presupuestar.

En las empresas que realizan transporte internacional, la gestión de los dispositivos de telepeaje (contratos con proveedores de servicio, registro de matrículas, clase de emisiones declarada) es otro foco de vencimientos: un dispositivo dado de baja o una clase de emisiones mal registrada generan recargos o sanciones en el país de tránsito.

En Latinoamérica: El equivalente a la ITV recibe distintos nombres: Revisión Técnica Obligatoria (RTO) en Argentina, verificación físico-mecánica en México para el autotransporte federal, revisión técnica en Chile y revisión técnico-mecánica y de emisiones en Colombia. El seguro obligatorio tiene también versiones nacionales, como el SOAT colombiano. Los impuestos a los vehículos suelen ser provinciales, estatales o municipales (patente, tenencia o permiso de circulación). Las periodicidades varían entre países y jurisdicciones, por lo que la tabla maestra debe adaptarse a cada uno.

15.9 Autorizaciones de transporte asociadas al vehículo

En España, la autorización de transporte público de mercancías se otorga a la empresa, pero cada vehículo adscrito debe llevar a bordo una **copia certificada** de la autorización, vinculada a su matrícula. Desde el punto de vista de la agenda, el vencimiento principal es el visado de la autorización de la empresa (capítulo 16), pero hay eventos ligados al vehículo que deben gestionarse:

- **Alta del vehículo** en la autorización, antes de que realice su primer servicio público. Requiere que el vehículo cumpla las condiciones de antigüedad y disposición exigidas.
- **Baja del vehículo** cuando se vende, se da de baja o finaliza el contrato de arrendamiento.
- **Sustitución** de un vehículo por otro.
- **Renovación de la copia** cuando cambia la titularidad o se modifica el contrato de arrendamiento.
- **Licencia comunitaria** y sus copias certificadas para transporte internacional.

Cuando el vehículo está en renting o leasing, la autorización depende de que el contrato esté en vigor. Si el contrato finaliza o se prorroga, puede ser necesario actualizar la información en el registro, por lo que la fecha de fin del contrato debe disparar una tarea de revisión de la autorización con antelación.

15.10 Garantías, renting, leasing y contratos de servicio

Los vencimientos contractuales del vehículo no generan sanciones, pero sí pérdidas económicas cuantificables.

Garantías

La garantía del fabricante del vehículo suele tener plazos distintos para el vehículo completo, la cadena cinemática y componentes específicos, a menudo con un límite combinado de tiempo y kilometraje. Los equipos auxiliares (frío, grúa, plataforma elevadora, carrocería) tienen garantías propias. Una avería reparada fuera de garantía por no haber detectado que seguía cubierta es dinero perdido; una avería reparada en garantía sin haber cumplido el plan de mantenimiento del fabricante puede ser rechazada.

Clave: Registre en la agenda la fecha y el kilometraje de fin de cada garantía y programe una inspección completa del vehículo uno o dos meses antes de que venza. Cualquier defecto detectado en esa revisión se reclama todavía dentro de garantía.

Renting y leasing

En el **renting**, los vencimientos clave son la fecha de fin del contrato, el kilometraje contratado (con penalización por exceso), la fecha de preaviso para comunicar si se prorroga o se devuelve el vehículo y la fecha de inspección de devolución. En el **leasing**, lo relevante es la fecha de la opción de compra y las condiciones para ejercerla.

Ejemplo: Control ilustrativo del kilometraje en un renting de una tractora a 48 meses con 600.000 km contratados y penalización de 0,05 euros por kilómetro excedido. En el mes 30 el vehículo lleva 420.000 km, es decir, 14.000 km al mes. Proyección a 48 meses: 672.000 km, con un exceso de 72.000 km y una penalización estimada de 3.600 euros. Con esa información, la empresa puede rotar el vehículo hacia servicios más cortos, renegociar el kilometraje o planificar la devolución anticipada, según lo que resulte más económico.

Contratos de mantenimiento y servicios

Los contratos de mantenimiento con el concesionario, los contratos de telemática, los de descarga remota del tacógrafo y los de los dispositivos de peaje tienen fechas de renovación y, a menudo, cláusulas de permanencia. Deben estar en la agenda con la misma lógica de preaviso que los demás contratos.

15.11 Tabla resumen de vencimientos del vehículo

La siguiente tabla recoge los vencimientos del vehículo con sus periodicidades orientativas y los preavisos recomendados. Las periodicidades deben confirmarse con la normativa vigente y con la documentación concreta de cada vehículo.

Vencimiento	Periodicidad	Preaviso recomendado	Responsable
ITV pesado hasta 10 años	Anual	60 días, cita a 30	Jefe de taller
ITV pesado más de 10 años	Semestral	45 días, cita a 30	Jefe de taller

Vencimiento	Periodicidad	Preaviso recomendado	Responsable
ITV ligero hasta 3,5 t	Según antigüedad	60 días	Jefe de taller
Revisión del tacógrafo	Cada 2 años	60 días	Jefe de taller
Sustitución a G2V2 (internacional)	Fechas fijadas por la UE	6 meses	Responsable de flota
Descarga unidad del vehículo	Máximo 90 días	Mensual	Jefe de tráfico
Tarjeta de empresa	Unos 5 años	90 días	Administración
Limitador de velocidad	Con intervención o ITV	60 días	Jefe de taller
Certificado ATP	6 años y renovaciones	90 días	Responsable de flota
Certificado ADR del vehículo	Anual con ITV	60 días	Consejero de seguridad
Seguro obligatorio y de flota	Anual	90 días	Administración
IVTM	Anual	Según ayuntamiento	Administración
Renting: preaviso de fin	Según contrato	Preaviso + 60 días	Responsable de flota
Garantía del fabricante	Tiempo o kilómetros	60 días	Jefe de taller

Checklist: Vencimientos del vehículo - Cada vehículo y remolque tiene registrada su fecha de primera matriculación y su periodicidad ITV calculada. - Los vehículos que cumplen 10 años este ejercicio tienen ya programada su segunda ITV anual. - Las citas de ITV de pesados se reservan con al menos 30 días de antelación. - Cada vehículo tiene registrada la fecha de la última revisión del tacógrafo y la generación del aparato. - La planificación impide asignar servicios internacionales a vehículos sin tacógrafo G2V2. - La última descarga válida de cada unidad del vehículo tiene menos de 90 días, y el objetivo interno es de 30. - Las tarjetas de empresa tienen caducidades escalonadas y registradas. - Los vehículos frigoríficos tienen el certificado ATP y su placa en vigor. - Los vehículos ADR tienen el certificado de aprobación, la inspección de cisterna y los extintores en vigor. - Todos los vehículos y remolques constan como asegurados en el fichero oficial. - Los contratos de renting tienen registrados el kilometraje contratado, la proyección actual y la fecha de preaviso. - Las garantías tienen programada una revisión completa antes de su vencimiento.

16

Vencimientos del conductor y de la empresa

Si los vencimientos del vehículo son los más visibles, los del conductor y los de la empresa son los más delicados. Los primeros dependen de personas, que cambian de empresa, enferman, se van de vacaciones o simplemente olvidan renovar un documento personal. Los segundos afectan de golpe a toda la flota: un fallo en el visado de las autorizaciones o en el requisito de capacidad financiera no inmoviliza un camión, sino potencialmente todos.

Este capítulo se divide en dos grandes partes. La primera recorre los vencimientos del conductor: permiso de conducir, cualificación profesional, tarjeta del tacógrafo, ADR, descargas, tiempos de conducción y descanso, vigilancia de la salud y desplazamiento en transporte internacional. La segunda se centra en la empresa: autorización de transporte y su visado, requisitos de acceso a la profesión, gestor de transporte y documentación de control, que en España ha cambiado de forma relevante en octubre de 2026.

16.1 El permiso de conducir de las categorías C y CE

Los conductores de camiones necesitan el permiso de la categoría C1 (vehículos de más de 3.500 kg y hasta 7.500 kg de MMA), C (más de 3.500 kg sin límite superior) y, para conjuntos con remolque de más de 750 kg, las categorías C1E o CE. La vigencia actual en España de los permisos de los grupos profesionales es de **cinco años**, que se reduce a **tres años a partir de los 65**. La renovación exige superar un reconocimiento de aptitud psicofísica en un centro de reconocimiento de conductores autorizado y abonar la tasa correspondiente. El propio centro puede tramitar la renovación telemáticamente con la DGT.

El reconocimiento puede acortar la vigencia si el médico detecta una condición que requiera seguimiento. En ese caso, la fecha que figura en el permiso renovado será anterior a la que correspondería por edad, y la agenda debe tomar siempre la fecha del documento, no la teórica.

Clave: La renovación puede iniciarse en los meses anteriores a la caducidad sin perder días de vigencia. Programe el aviso a 90 días y exija al conductor la evidencia de renovación antes de los 30 días. Si el permiso caduca, el conductor no puede conducir, aunque su categoría no se pierda.

La nueva directiva europea de permisos de conducción

En 2025 se aprobó una nueva directiva de la Unión Europea sobre permisos de conducción que, entre otros cambios, generaliza el permiso digital, fija la edad mínima de 18 años para la categoría C (con la cualificación profesional correspondiente), introduce la posibilidad de conducción acompañada a los 17 años para C en determinadas condiciones y mantiene una vigencia de cinco años para las categorías de camiones y autobuses. Los Estados disponen de varios años para transponerla, por lo que en España su aplicación se espera hacia finales de la década. Hasta su transposición, rigen las reglas nacionales vigentes.

Error frecuente: Confundir la caducidad del permiso con la de la tarjeta CAP. Son documentos distintos, con fechas distintas, aunque desde hace años la cualificación puede anotarse en el permiso mediante un código comunitario. Si el CAP se renueva pero el permiso caduca, el conductor no puede conducir; y al revés, tampoco.

16.2 Cualificación profesional: CAP y formación continua

La Directiva 2003/59/CE, modificada por la Directiva (UE) 2018/645, exige a los conductores profesionales de vehículos de las categorías C1, C1E, C y CE un **certificado de aptitud profesional (CAP)**. En España, el CAP se acredita con la tarjeta de cualificación del conductor o con la anotación del código comunitario 95 en el permiso.

La cualificación tiene una vigencia de **cinco años** y se renueva superando un **curso de formación continua de 35 horas**. Los cursos se imparten en centros autorizados, con contenidos sobre conducción racional y eficiente, normativa, seguridad y salud, servicio y logística. La normativa permite fraccionar la formación en módulos, y las reformas recientes han ampliado la posibilidad de realizar una parte en modalidad de aprendizaje electrónico. Conviene confirmar con el centro las condiciones vigentes de cada modalidad.

Elemento	Dato práctico	Preaviso recomendado
Vigencia del CAP	5 años	6 meses para planificar curso
Formación continua	35 horas	Reservar plaza a 90 días
Expedición de la tarjeta	Puede tardar varias semanas	Curso terminado a 60 días
Conductores con más de un CAP	Basta un curso para ambos	Unificar fechas

Ejemplo: Planificación ilustrativa de la formación CAP en una empresa con 32 conductores. Si las fechas de caducidad están repartidas de forma uniforme, cada año caducan unos 6 o 7 CAP. Agrupando a los conductores en dos cursos anuales de 35 horas (por ejemplo, en marzo y en octubre, fuera de los picos de actividad), se forman entre 3 y 4 conductores por curso. Con un coste ilustrativo de 250 euros por plaza y una pérdida de 5 jornadas por conductor, el coste directo anual ronda los 1.600 euros en formación, más las jornadas de sustitución. Parte de ese coste puede bonificarse con el crédito de formación de la empresa, siempre que se cumplan los requisitos y plazos de comunicación.

Error frecuente: Programar el curso CAP en el último mes. Si el centro cancela por falta de alumnos o el conductor se pone enfermo, la tarjeta caduca y el conductor no puede trabajar hasta completar la formación. Planifique con seis meses de margen y tenga un plan alternativo.

16.3 Tarjeta de conductor del tacógrafo

La tarjeta de conductor es personal, intransferible y única: un conductor no puede tener más de una tarjeta válida. Tiene una **validez de cinco años** y su renovación debe solicitarse con antelación suficiente; la normativa europea prevé que el conductor la solicite al menos quince días hábiles antes de su caducidad y que la autoridad la emita antes de esa fecha. En la práctica, y dados los plazos de tramitación, conviene iniciar la solicitud con dos meses de margen.

En caso de pérdida, robo o mal funcionamiento, el conductor dispone de un plazo breve para solicitar la sustitución, durante el cual puede seguir conduciendo un tiempo limitado imprimiendo tickets al inicio y al final de la jornada. Estos episodios deben registrarse como incidencias con fecha límite en la agenda.

Clave: Las tarjetas de conductor de generaciones anteriores siguen funcionando en tacógrafos G2V2, pero para aprovechar toda la capacidad de registro conviene que las renovaciones se hagan ya con tarjetas de la generación actual, que se emiten de forma ordinaria en las nuevas solicitudes.

16.4 Descarga de la tarjeta del conductor

La empresa debe descargar periódicamente los datos de la tarjeta de cada conductor y conservarlos. En España, el **plazo máximo de descarga de la tarjeta del conductor es de 28 días**. Este plazo está vinculado a la capacidad de memoria de las tarjetas de primera generación; con las tarjetas de segunda generación y la ampliación del periodo de registros que el conductor debe poder presentar en carretera, se ha debatido extender el plazo, pero para la agenda conviene mantener el criterio de 28 días mientras no se confirme oficialmente otro distinto.

La descarga se hace con el lector de tarjetas en las instalaciones, insertando la tarjeta en el tacógrafo con un dispositivo de descarga, o de forma remota a través de la telemática del vehículo cuando el conductor inserta la tarjeta. Además del plazo periódico, la tarjeta debe descargarse antes de la baja del conductor en la empresa.

Registros que el conductor debe poder presentar

Desde la entrada en vigor de las modificaciones del Paquete de Movilidad, el conductor debe poder presentar en un control los registros del día en curso y de los **56 días anteriores** (antes eran 28). Con tacógrafo digital, esa información está en la tarjeta y en la unidad del vehículo; pero si el conductor ha tenido días sin conducir (vacaciones, baja, otras tareas), debe poder justificarlos, y la empresa debe facilitarles los certificados o registros manuales correspondientes.

Error frecuente: Descargar la tarjeta solo cuando el conductor pasa por la base. En conductores de larga distancia que pasan semanas fuera, el plazo de 28 días se supera con facilidad. La solución es la descarga remota o una regla de planificación que obligue a pasar por un punto de descarga dentro del plazo.

16.5 Autorización ADR del conductor

Los conductores que transportan mercancías peligrosas por encima de los umbrales de exención necesitan la autorización especial ADR, expedida por la DGT. Tiene una **vigencia de cinco años** y puede renovarse indefinidamente por periodos iguales, siempre que antes de su caducidad el conductor supere un **curso de reciclaje** en un centro autorizado y la prueba correspondiente. Si la autorización caduca, **no se puede renovar**: hay que obtener una nueva con curso y examen inicial.

Las especializaciones (cisternas, explosivos, materias radiactivas) tienen su propio reciclaje.

Clave: El ADR es el ejemplo perfecto de vencimiento de recuperación lenta. Si se pasa la fecha, el conductor queda inhabilitado para servicios ADR durante semanas. Fije el aviso a seis meses, programe el reciclaje con tres meses de margen y bloquee en la planificación cualquier servicio ADR para conductores con la autorización a menos de 15 días de caducar sin evidencia de renovación.

16.6 Tiempos de conducción y descanso como vencimientos rodantes

El Reglamento (CE) 561/2006, modificado por el Reglamento (UE) 2020/1054 del Paquete de Movilidad, fija los límites de conducción y los descansos mínimos. No son documentos con fecha de caducidad, pero funcionan exactamente como vencimientos: cada conductor tiene, en cada momento, un "saldo" de conducción disponible y una fecha y hora límite en la que debe iniciar un descanso.

Concepto	Límite general	Observación
Conducción continua	4 h 30 min	Pausa de 45 min, o 15 + 30
Conducción diaria	9 h	Hasta 10 h dos veces por semana
Conducción semanal	56 h	Semana de lunes a domingo
Conducción en dos semanas	90 h	Ventana rodante
Descanso diario	11 h	Reducible a 9 h tres veces entre semanales
Descanso semanal normal	45 h	Fuera de la cabina
Descanso semanal reducido	24 h	Compensar antes de 3 semanas

Reglas del Paquete de Movilidad relevantes para la agenda

- **Descanso semanal normal fuera de la cabina.** El descanso semanal normal y el de más de 45 horas que compensa uno reducido no pueden tomarse en el vehículo, sino en un alojamiento adecuado pagado por la empresa.
- **Dos semanas reducidas seguidas.** En transporte internacional, el conductor puede encadenar dos descansos semanales reducidos fuera del Estado de establecimiento, con la condición de compensarlos y de tomar la compensación junto a un descanso semanal normal.
- **Retorno del conductor.** La empresa debe organizar el trabajo para que el conductor pueda volver a su domicilio o al centro de operaciones de la empresa en cada periodo de **cuatro semanas consecutivas**, o de **tres semanas** cuando ha tomado dos descansos semanales reducidos consecutivos. La empresa debe poder demostrarlo documentalmente.
- **Retorno del vehículo.** El Reglamento (CE) 1071/2009, modificado por el Reglamento (UE) 2020/1055, exige que los vehículos adscritos a operaciones internacionales regresen a uno de los centros de operaciones del Estado de establecimiento al menos **cada ocho semanas** desde su salida.
- **Excepción para llegar a casa.** En circunstancias excepcionales, el conductor puede superar los límites diarios o semanales hasta en una o dos horas para llegar al centro de operaciones o a su domicilio para el descanso semanal, anotando la causa y compensándolo con un descanso equivalente.

Clave: El retorno del conductor (cada 3 o 4 semanas) y el del vehículo (cada 8 semanas) son vencimientos que el software del tacógrafo no siempre calcula de forma nativa. Deben configurarse como reglas explícitas en la agenda, con la fecha de la última estancia en base como dato de partida y alertas a 7 y 3 días del límite.

Ejemplo: Un conductor ilustrativo sale de la base el lunes 2 de marzo y encadena dos descansos semanales reducidos en Francia y Alemania. Al haber tomado dos reducidos consecutivos, su periodo máximo para volver es de tres semanas, por lo que debe estar en su domicilio o en la base para iniciar el descanso semanal compensatorio antes del final de la tercera semana. La planificación debe fijar el viaje de retorno con margen, no el último día.

Cabotaje

El cabotaje (transporte nacional en un Estado distinto del de establecimiento) está limitado a **tres operaciones en siete días** tras una entrega internacional, seguidas de un **periodo de enfriamiento de cuatro días** durante el cual el vehículo no puede realizar cabotaje en ese mismo Estado. Ambos límites son vencimientos rodantes que, con el tacógrafo G2V2, quedan registrados automáticamente mediante las anotaciones de cruce de frontera y de carga y descarga.

Error frecuente: No anotar manualmente el país al cruzar una frontera en vehículos con tacógrafos anteriores al G2V2. Con los aparatos que no registran el cruce de forma automática, la anotación del símbolo del país en la primera parada posible tras la frontera es obligatoria, y su omisión se sanciona.

16.7 Desplazamiento de conductores en transporte internacional

Desde febrero de 2022 se aplican al transporte por carretera reglas específicas de desplazamiento de trabajadores, que obligan a la empresa a presentar una **declaración de desplazamiento** a través de la interfaz pública conectada al Sistema de Información del Mercado Interior (IMI) para los conductores que realizan cabotaje u operaciones bilaterales cruzadas en otros Estados miembros. Las operaciones bilaterales (con origen o destino en el Estado de establecimiento) y el tránsito están, en general, excluidos.

Desde el punto de vista de la agenda, la declaración tiene dos aspectos de vencimiento:

- **Fecha de inicio y fin del desplazamiento**, que debe actualizarse si el periodo se prolonga.
- **Documentación disponible** en el vehículo o en formato electrónico: copia de la declaración, registros del tacógrafo y, en particular, los registros de cruces de frontera.

Además, la empresa debe enviar, a petición de las autoridades del Estado de acogida y en el plazo que fije la normativa, documentación adicional como nóminas, contratos y registros horarios.

Clave: Configure en la agenda una tarea mensual de revisión de declaraciones de desplazamiento activas y caducadas, y vincule cada declaración al conductor y al periodo. Una declaración que vence mientras el conductor sigue desplazado deja la operación sin cobertura.

16.8 Vigilancia de la salud y prevención de riesgos laborales

Al margen del reconocimiento psicofísico para el permiso, la empresa debe ofrecer a sus conductores la **vigilancia periódica de la salud** de acuerdo con la evaluación de riesgos y con el protocolo médico aplicable. La periodicidad la fija el servicio de prevención, habitualmente anual. El reconocimiento es, con carácter general, voluntario para el trabajador, salvo en los supuestos en los que la normativa lo considera imprescindible, entre los que puede encontrarse la conducción profesional cuando el estado de salud del conductor pueda suponer un peligro para él o para terceros. La empresa debe documentar la oferta y, si el trabajador renuncia, su renuncia.

Otros vencimientos de prevención ligados al conductor:

- Formación en prevención de riesgos del puesto, al incorporarse y cuando cambian las condiciones.
- Entrega y reposición de equipos de protección individual con fecha de caducidad (chalecos, calzado, guantes, cascos, y en ADR los equipos específicos).

- Formación específica en carga y descarga, uso de plataformas elevadoras o grúas, cuando procede.
- Coordinación de actividades empresariales con los centros de carga y descarga de los clientes, que a menudo exigen documentación renovada periódicamente.

En Latinoamérica: Las licencias profesionales tienen vigencias más cortas en muchos países y con exámenes médicos periódicos: en Argentina, la Licencia Nacional de Conducir profesional exige psicofísico con periodicidad reducida y, para el transporte de cargas, la Licencia Nacional Habilitante; en México, la licencia federal de conducir requiere examen psicofísico integral; en Chile, las licencias profesionales A-4 y A-5 tienen controles más frecuentes; en Colombia, la licencia de categoría C tiene vigencias diferenciadas por edad. Los límites de jornada también varían: en Argentina y México existen normas específicas de tiempos de conducción para el autotransporte de carga, con registros que se están digitalizando. Conviene verificar las cifras vigentes en cada país.

16.9 La empresa: autorización de transporte y visado

La autorización de transporte público de mercancías (en España, la autorización de la clase MDP para vehículos pesados y MDL para ligeros) se otorga a la empresa sin plazo de duración prefijado, pero su validez está condicionada a un **visado periódico** en el que la Administración comprueba que se siguen cumpliendo los requisitos de acceso a la profesión.

Para las autorizaciones de transporte público de mercancías, el visado es **bienal**, y en el calendario vigente se realiza en los **años impares** (2025, 2027, 2029). El **mes** del visado depende del último dígito del NIF del titular. El calendario habitual asigna cada dígito a un mes entre enero y noviembre, quedando agosto inhábil.

Último dígito del NIF	Mes del visado	Último dígito del NIF	Mes del visado
1	Enero	6	Junio
2	Febrero	7	Julio
3	Marzo	8	Septiembre
4	Abril	9	Octubre
5	Mayo	0	Noviembre

El visado se tramita electrónicamente y exige pagar una tasa por vehículo y aportar o permitir la comprobación de los requisitos. Si no se realiza en plazo, la autorización pierde validez y debe solicitarse su rehabilitación dentro del plazo establecido; mientras tanto, la empresa no puede prestar servicios con ella.

Clave: El visado es un vencimiento que afecta a toda la flota a la vez. Registre la fecha con un preaviso de al menos 90 días para preparar la documentación (cuentas anuales, acreditación del gestor de transporte, situación de los vehículos) y no lo deje para la última semana del mes: las incidencias de la sede electrónica o los requerimientos de subsanación consumen días.

Error frecuente: Suponer que, como en algunas comunidades el expediente se inicia de oficio, no hay que hacer nada. El procedimiento y su forma de inicio pueden variar según la administración competente; compruebe con su comunidad autónoma cómo se tramita y vigile en todo caso las notificaciones electrónicas durante el mes asignado.

16.10 Requisitos de acceso a la profesión

El Reglamento (CE) 1071/2009 y la LOTT exigen cuatro requisitos que deben mantenerse durante toda la vida de la autorización y que se comprueban en el visado y en cualquier momento por la inspección.

Establecimiento efectivo

La empresa debe tener en España un establecimiento con locales en los que conserve sus documentos principales (contables, de personal, tiempos de conducción y descanso, contratos) y disponer de los vehículos y de la infraestructura necesaria. El Paquete de Movilidad reforzó este requisito para combatir las sociedades buzón: los documentos deben ser accesibles y la empresa debe tener actividad real en el Estado de establecimiento, con un número de vehículos y conductores proporcionado a sus operaciones.

Honorabilidad

Ni la empresa ni el gestor de transporte deben haber sido condenados por delitos graves ni sancionados por infracciones muy graves de forma reiterada, en los términos fijados por la normativa. La pérdida de honorabilidad del gestor afecta a todas las empresas en las que actúe como tal. No es un vencimiento con fecha, pero la agenda debe incluir un seguimiento de las sanciones recibidas y su firmeza.

Capacidad financiera

La empresa debe acreditar recursos financieros suficientes. En el marco europeo, se exigen unos importes mínimos de capital y reservas: del orden de 9.000 euros para el primer vehículo pesado y 5.000 euros por cada vehículo pesado adicional, con importes inferiores para los vehículos ligeros que realizan transporte internacional, introducidos por el Paquete de Movilidad. La acreditación se realiza mediante las cuentas anuales o, en su defecto, mediante garantías como avales o seguros de responsabilidad profesional. Las cifras exactas y los medios de acreditación admitidos deben confirmarse con la normativa vigente.

Ejemplo: Cálculo ilustrativo del requisito para una empresa con 25 vehículos pesados: 9.000 euros por el primero más 24 por 5.000 euros, total 129.000 euros de capital y reservas. Si sus fondos propios en el último ejercicio cerrado son de 110.000 euros, hay un déficit de 19.000 euros que deberá cubrirse con una ampliación de capital, un aval o un seguro antes del visado. Por eso conviene revisar este cálculo al cierre de cada ejercicio, no en el mes del visado.

Competencia profesional

La empresa debe contar con una persona titular del certificado de competencia profesional para el transporte de mercancías, que actúe como gestor de transporte.

16.11 El gestor de transporte

El gestor de transporte dirige de manera efectiva y permanente las actividades de transporte de la empresa. Puede ser **interno** (el propio empresario, un socio o un trabajador con vínculo real) o, en determinadas condiciones, **externo** mediante contrato, con un límite en el número de empresas y vehículos que puede gestionar.

Desde el punto de vista de la agenda, los vencimientos relevantes son:

- Vigencia del vínculo con la empresa (alta en Seguridad Social, contrato, participación en el capital, según el caso).
- Comunicación a la Administración de cualquier cambio de gestor en el plazo establecido.
- Plazo de sustitución en caso de fallecimiento, incapacidad o cese, durante el cual la empresa puede seguir operando de forma provisional.
- Actualización periódica de conocimientos, que, sin ser obligatoria en España con carácter general, es muy recomendable dados los cambios normativos.

Error frecuente: Mantener como gestor a una persona que ya no trabaja en la empresa o cuyo vínculo es solo nominal. El Paquete de Movilidad y la inspección han endurecido la comprobación de la dirección efectiva, y un gestor que no ejerce puede suponer la pérdida del requisito de competencia profesional.

16.12 Documentación de control, carta de porte y eCMR

La documentación que acompaña a la mercancía está en plena transición al formato electrónico, con varios hitos que deben incorporarse a la agenda de la empresa.

Documento de control administrativo electrónico en España

En España, el transporte público de mercancías por carretera debe ir acompañado de un **documento de control administrativo**, regulado por la Orden FOM/2861/2012. La Ley 9/2025 de Movilidad Sostenible estableció la obligación de emitirlo y conservarlo en **formato electrónico**, de modo que **desde el 5 de octubre de 2026** el papel deja de ser válido como documento de control. El formato técnico se ha concretado mediante una resolución de la Dirección General de Transporte por Carretera y Ferrocarril publicada en 2026.

La obligación afecta, en general, al transporte público de mercancías en vehículos pesados y en ligeros por encima de un umbral de masa, con exclusiones como la paquetería, las mudanzas y el transporte privado complementario, que se rige por sus propias reglas de acreditación. Conviene revisar el detalle de las exenciones con la normativa vigente.

Carta de porte electrónica (eCMR) y eFTI

En transporte internacional, la carta de porte CMR puede emitirse en formato electrónico (eCMR) gracias al protocolo adicional al Convenio CMR, ratificado por España. Su uso es, de momento, voluntario. Por su parte, el Reglamento (UE) 2020/1056 sobre información electrónica relativa al transporte de mercancías (eFTI) obliga a las autoridades de los Estados miembros a aceptar, a partir de **julio de 2027**, la información regulatoria presentada en formato electrónico a través de plataformas certificadas. Para las empresas, la presentación electrónica seguirá siendo voluntaria en ese momento, aunque la Comisión evaluará más adelante su posible generalización.

Documento	Situación en España	Hito para la agenda
Documento de control administrativo	Electrónico obligatorio	Desde el 5 de octubre de 2026
Carta de porte CMR internacional	Papel o eCMR	Voluntario
Información eFTI ante autoridades	Aceptación obligatoria para las autoridades	Julio de 2027
Declaración de desplazamiento	Electrónica a través del IMI	Por cada desplazamiento

Clave: La digitalización convierte la documentación de control en un nuevo foco de vencimientos técnicos: contratos con la plataforma de emisión, certificados digitales, usuarios y permisos, integración con el ERP o el software de tráfico y conservación de los documentos durante el plazo legal. Todos ellos deben estar en la agenda de la empresa.

16.13 Otros vencimientos de empresa

Para completar el mapa, conviene registrar también:

- **Certificados de estar al corriente** con la Agencia Tributaria y la Seguridad Social, exigidos por cargadores, en contratación pública y en la subcontratación. Tienen una validez limitada, habitualmente de meses, y su renovación es inmediata por vía electrónica.

- **Certificado de contratista** a efectos de responsabilidad tributaria en la subcontratación, que muchos clientes exigen periódicamente.
- **Consejero de seguridad ADR**, con certificado de validez limitada y obligación de elaborar el informe anual de actividades.
- **Licencias de software** (gestión de tráfico, análisis de tacógrafo, telemática) y certificados digitales de representante de la empresa.
- **Certificaciones voluntarias** de calidad, medio ambiente o seguridad alimentaria, con auditorías de seguimiento anuales y renovación periódica.
- **Contratos con clientes** con cláusulas de revisión de precios (por ejemplo, por variación del gasóleo) que deben activarse en fechas concretas.
- **Inscripción en registros** de transportistas de otros países o en plataformas de cargadores que exigen actualización periódica de documentación.

Checklist: Vencimientos del conductor y de la empresa - Cada conductor tiene registradas las fechas de caducidad de su permiso, su CAP, su tarjeta de conductor y, si procede, su ADR. - La agenda toma la fecha real que figura en cada documento, no la teórica por edad. - Los cursos CAP se planifican con seis meses de margen y se agrupan en convocatorias anuales. - El reciclaje ADR se programa antes de la caducidad, porque una autorización caducada no se renueva. - La última descarga válida de cada tarjeta de conductor tiene menos de 28 días. - El software de tráfico controla los límites de conducción y descanso y emite alertas diarias. - Se controlan como vencimientos el retorno del conductor (3 o 4 semanas) y el del vehículo (8 semanas). - Las declaraciones de desplazamiento activas están vinculadas a conductor y periodo, y se revisan cada mes. - Los reconocimientos médicos laborales y la formación en prevención están documentados y en plazo. - La fecha del visado de autorizaciones está registrada con un preaviso de 90 días. - La capacidad financiera se recalcula al cierre de cada ejercicio según el número de vehículos. - El gestor de transporte tiene un vínculo real y vigente con la empresa. - El documento de control se emite y conserva en formato electrónico desde el 5 de octubre de 2026. - Los certificados de estar al corriente y del consejero de seguridad tienen fecha de renovación registrada.

17

Diseñar y automatizar la agenda de vencimientos

Los tres capítulos anteriores han dibujado el mapa de lo que caduca. Este último capítulo de la Parte IV responde a la pregunta práctica: cómo convertir ese mapa en un sistema que avise a tiempo, asigne tareas, guarde las evidencias y permita demostrar, ante un inspector, un cliente o una aseguradora, que la empresa cumple. El enfoque es independiente de la herramienta: los principios sirven para una hoja de cálculo bien estructurada, para un software de gestión de flotas o para un ERP como Odoo. Al final se desarrolla un caso práctico con una flota de 25 camiones.

17.1 Principios de diseño

Una agenda de vencimientos eficaz cumple seis principios:

1. **Una sola fuente de verdad.** Cada fecha existe en un único lugar. Si la fecha de la ITV está en la hoja de taller, en el calendario del jefe de tráfico y en el ERP, tarde o temprano habrá tres fechas distintas.
2. **Cada vencimiento tiene dueño.** Un responsable con nombre y un suplente.
3. **La evidencia va con el dato.** Ninguna fecha se actualiza sin adjuntar el documento que la justifica.
4. **Preaviso proporcional al plazo de recuperación.** No todos los vencimientos necesitan el mismo margen.
5. **Escalado automático.** Si el responsable no actúa, el aviso sube de nivel.
6. **Medición.** Lo que no se mide no mejora: indicadores de cumplimiento mensuales.

Clave: El objetivo de la agenda no es avisar, sino conseguir que la renovación se haga antes de la fecha. Un sistema que envía cien correos que nadie lee es peor que uno que envía diez a la persona correcta con la tarea concreta que debe hacer.

17.2 Modelo de datos

El núcleo de cualquier sistema es un modelo de datos sencillo con dos tablas: el **catálogo de tipos de vencimiento** (la tabla maestra del capítulo 14) y el **registro de vencimientos** concretos.

Catálogo de tipos de vencimiento

Campo	Contenido	Ejemplo
Código	Identificador corto	ITV-P10
Nombre	Descripción	ITV pesado más de 10 años
Tipo de entidad	Vehículo, conductor, empresa	Vehículo
Naturaleza	Fecha fija, periódica, por uso, rodante, contractual	Periódica
Periodicidad	Meses, días o kilómetros	6 meses
Criticidad	A, B, C o D	A
Preavisos	Días de cada aviso	60, 30, 15, 7
Responsable por defecto	Puesto	Jefe de taller
Evidencia exigida	Tipo de documento	Tarjeta ITV e informe
Bloqueo	Si impide planificar al vencer	Sí

Registro de vencimientos

Cada fila representa un vencimiento concreto de una entidad concreta. Los campos mínimos son:

- **Entidad:** matrícula, conductor o sociedad.
- **Tipo de vencimiento:** referencia al catálogo.
- **Fecha de la última realización** (o de emisión del documento).
- **Fecha de vencimiento:** calculada o tomada del documento.
- **Kilometraje de referencia** si es por uso.
- **Estado:** vigente, en preaviso, en renovación, vencido, no aplica.
- **Responsable y suplente.**
- **Documento adjunto** con la evidencia.
- **Observaciones** e historial de cambios.

Error frecuente: Calcular siempre la fecha de vencimiento a partir de la periodicidad. Para los documentos con fecha de caducidad impresa (permiso, CAP, tarjetas, ATP, pólizas), la fecha que manda es la del documento. La periodicidad solo se usa para estimar y para comprobar que el dato es coherente.

Reglas de cálculo

- **Periódico por calendario:** vencimiento = última realización + periodicidad. Si la norma permite adelantar sin perder días (como en la ITV dentro de un margen), el sistema debe aplicar la regla: si la realización está dentro del margen, la nueva fecha se cuenta desde el vencimiento anterior.
- **Cambio de periodicidad por antigüedad:** el sistema debe recalcular automáticamente cuando el vehículo cumple 10 años y pasa de ITV anual a semestral.
- **Por uso:** fecha estimada = fecha actual + (kilómetros restantes / kilómetros medios diarios). Se recalcula con cada lectura de odómetro o de telemática.
- **Rodante:** se calcula a partir de los registros del tacógrafo, normalmente en el software específico, y se importa el resultado.
- **Contractual con prórroga tácita:** fecha crítica = fecha de fin menos el plazo de preaviso.

17.3 Reglas de alerta escalonadas

El esquema de referencia es el de **90, 60, 30 y 7 días**, que debe adaptarse a cada tipo de vencimiento según su plazo de recuperación. Cada aviso tiene un propósito distinto:

Aviso	Propósito	Destinatario	Acción esperada
90 días	Planificar	Responsable	Presupuestar, reservar curso o cita lejana
60 días	Iniciar	Responsable	Pedir cita, solicitar renovación
30 días	Confirmar	Responsable y suplente	Cita fijada y comunicada
7 días	Escalar	Responsable, suplente y dirección	Resolver o bloquear
Vencido	Bloquear	Todos, más tráfico	Retirar de la planificación

No todos los tipos necesitan los cuatro avisos. Una descarga de tarjeta de conductor con plazo de 28 días necesita avisos a 7 y 3 días antes del límite, no a 90. Un reciclaje ADR o un curso CAP necesitan un aviso adicional a 180 días.

Clave: El aviso de 30 días debe exigir una respuesta: el responsable marca el vencimiento como "en renovación" e indica la fecha de cita o trámite. Si no lo hace, el aviso de 7 días se envía automáticamente a dirección. Este cambio de un aviso informativo a un aviso que exige respuesta es lo que más mejora la tasa de cumplimiento.

Semáforo de estado

El semáforo traduce el estado de cada vencimiento a un código visual en los tableros:

- **Verde:** vigente y fuera del periodo de preaviso.
- **Amarillo:** dentro del periodo de preaviso, sin acción registrada todavía.
- **Azul:** en renovación, con cita o trámite registrado.
- **Rojo:** a menos de 7 días sin renovación confirmada, o vencido.

■ **Gris:** no aplica (vehículo de baja, conductor en excedencia).

El estado azul es importante: distingue los vencimientos próximos que ya están controlados de los que no lo están, y evita que el tablero se llene de amarillos que nadie mira.

17.4 El flujo de renovación

Cada renovación sigue un flujo estándar de seis pasos, que conviene documentar como procedimiento interno:

1. **Aviso** automático al responsable según el preaviso.
2. **Planificación:** el responsable reserva cita, curso o trámite y lo registra en el sistema (estado azul).
3. **Coordinación con tráfico:** si la renovación inmoviliza el vehículo o el conductor, se bloquea esa franja en la planificación de servicios.
4. **Ejecución:** se realiza la inspección, el curso o el trámite.
5. **Evidencia:** se adjunta el documento nuevo (tarjeta ITV, certificado, póliza, tarjeta CAP) y se actualiza la fecha de vencimiento.
6. **Validación:** una segunda persona verifica que la fecha registrada coincide con el documento, y el vencimiento vuelve a verde.

Error frecuente: Cerrar la renovación con la factura del taller o el justificante de la cita. La evidencia válida es el documento que acredita el nuevo vencimiento, no el que acredita que se ha pagado o reservado algo. Un vehículo que pasa la ITV con resultado desfavorable tiene factura de la estación, pero no tiene la ITV en vigor.

17.5 Integración con calendario, correo y ERP

Calendario y correo

La integración mínima consiste en generar eventos de calendario para las citas confirmadas y correos para los avisos. Recomendaciones prácticas:

- Enviar un **resumen semanal** por responsable con sus vencimientos en preaviso, en lugar de un correo por vencimiento.
- Enviar avisos **individuales solo para los de 7 días y los vencidos**.
- Crear el evento en el calendario solo cuando hay cita confirmada; no llenar el calendario de fechas de vencimiento.
- Incluir en el aviso la acción concreta y el enlace al registro, no solo la fecha.

ERP y software de flotas

Un ERP permite que los vencimientos dejen de ser una lista aislada y se integren con el resto de la gestión: compras, mantenimiento, recursos humanos, planificación y contabilidad. En Odoo, por ejemplo, el módulo de flota gestiona vehículos, contratos y servicios con fechas de vencimiento y recordatorios; el de empleados permite registrar documentos y caducidades de cada trabajador; el de documentos centraliza las evidencias; y el motor de actividades planificadas y acciones automatizadas permite programar avisos escalonados, asignar tareas al responsable y escalar si no se completan. Con un desarrollo moderado se puede añadir el catálogo de tipos de vencimiento, las reglas de cálculo específicas del transporte y el bloqueo en la planificación.

Las integraciones más útiles son:

- **Telemática:** lectura automática del odómetro para los vencimientos por uso y estado de las descargas remotas del tacógrafo.
- **Software de análisis del tacógrafo:** importación de infracciones, saldo de conducción, última descarga y fechas de retorno.
- **Recursos humanos:** alta y baja de conductores, que activa o desactiva sus vencimientos.
- **Compras y contabilidad:** generación de pedidos para ITV, cursos o renovaciones de pólizas y presupuesto anual de cumplimiento.
- **Planificación de servicios:** bloqueo automático de vehículos y conductores con vencimientos críticos caducados.

Clave: El bloqueo en la planificación es la integración que más riesgo elimina. Si el planificador no puede asignar un servicio a un camión con la ITV vencida o a un conductor con el CAP caducado, el error humano desaparece en el punto donde se produce.

17.6 Digitalización documental y extracción de fechas con OCR e IA

Gran parte del trabajo de mantener la agenda consiste en leer documentos y copiar fechas. La digitalización documental y las herramientas de extracción automática reducen ese esfuerzo y los errores de transcripción.

El flujo recomendado es:

1. **Captura:** el documento llega por correo, escaneo o fotografía desde el móvil del conductor o del taller.
2. **Clasificación:** el sistema identifica el tipo de documento (tarjeta ITV, póliza, permiso, certificado ATP).
3. **Extracción:** un motor de OCR, complementado con un modelo de lenguaje, extrae matrícula o persona, fecha de emisión, fecha de caducidad y otros datos relevantes.
4. **Validación humana:** una persona revisa los datos propuestos, especialmente las fechas, antes de confirmarlos.

5. **Actualización:** al confirmarse, se actualiza el registro y se archiva el documento vinculado a la entidad.

Error frecuente: Confiar sin revisión en la fecha extraída automáticamente. Los documentos de transporte contienen muchas fechas (emisión, primera matriculación, inspección, próxima inspección, efecto y vencimiento de la póliza), y un modelo puede tomar la equivocada. La validación humana de la fecha de vencimiento debe ser obligatoria, al menos para los vencimientos de criticidad A.

Clave: Al tratar documentos de conductores (permisos, reconocimientos médicos), la empresa trata datos personales, y algunos de ellos de salud. Aplique el principio de minimización: del reconocimiento médico laboral solo debe constar la aptitud y su fecha, no el informe clínico. Limite los accesos por perfil y documente el tratamiento conforme a la normativa de protección de datos.

17.7 Auditoría interna

La agenda necesita una auditoría periódica independiente de las alertas, porque los fallos más peligrosos son los silenciosos: un vehículo que no se dio de alta, un conductor nuevo sin vencimientos cargados o una fecha mal tecleada.

Se recomienda un esquema de tres niveles:

- **Revisión semanal** por el jefe de tráfico: vencimientos en rojo y amarillo, descargas de tacógrafo y saldo de conducción.
- **Auditoría mensual** por muestreo: se eligen al azar cinco vehículos y cinco conductores y se comparan los datos del sistema con los documentos físicos o digitales.
- **Auditoría anual** completa por el gestor de transporte: integridad del inventario, revisión de la tabla maestra frente a cambios normativos, análisis de los vencimientos incumplidos del año y plan de mejora.

Ejemplo: Muestreo mensual ilustrativo de 10 entidades con 6 vencimientos cada una: 60 comprobaciones. Si se detectan 2 discrepancias (por ejemplo, una fecha de ATP mal registrada y un permiso renovado sin actualizar), la tasa de exactitud del muestreo es del 96,7 %. Un objetivo razonable para una agenda madura es superar el 98 %.

17.8 Indicadores de cumplimiento

Los indicadores permiten saber si la agenda funciona y detectar dónde falla. Se proponen los siguientes, calculados mensualmente:

Indicador	Fórmula	Objetivo orientativo
Tasa de cumplimiento en plazo	Renovados antes del vencimiento / total vencidos en el periodo	100 % en criticidad A

Indicador	Fórmula	Objetivo orientativo
Vencimientos caducados abiertos	Número de vencimientos en rojo vencidos	0 en A
Antelación media de renovación	Media de días entre renovación y vencimiento	Más de 15 días
Exactitud de datos	Comprobaciones correctas / total en auditoría	Más del 98 %
Cobertura de evidencia	Vencimientos con documento / total	100 %
Descargas en plazo	Descargas válidas en plazo / exigibles	100 %
Días de inmovilización por vencimientos	Suma de días parados por causa documental	0

Ejemplo: En un mes ilustrativo vencen 42 eventos, de los que 39 se renuevan antes de la fecha y 3 después. La tasa de cumplimiento en plazo es $39 / 42 = 92,9 \%$. Si de esos 3, uno es una ITV (criticidad A), el indicador de criticidad A no alcanza el 100 % y debe analizarse la causa raíz: ¿falló el aviso, no había cita disponible o el responsable no actuó?

17.9 Plantilla de agenda anual

Además del registro de vencimientos, conviene elaborar al inicio de cada ejercicio una agenda anual que agrupe los grandes hitos y permita presupuestar y distribuir la carga de trabajo. Una plantilla orientativa:

Mes	Hitos de empresa	Hitos de vehículos	Hitos de conductores
Enero	Plan anual y presupuesto de cumplimiento	Calendario de ITV del año	Calendario de CAP y ADR
Febrero	Revisión de pólizas con vencimiento en primavera	ITV y tacógrafo según agenda	Reconocimientos médicos
Marzo	Certificados de estar al corriente	ATP antes de temporada de calor	Curso CAP de primavera
Abril	Cierre de cuentas: revisar capacidad financiera	Preventivo de climatización y frío	Formación PRL
Mayo	Preparación del visado si toca en otoño	ITV y tacógrafo según agenda	Planificación de vacaciones y retornos
Junio	Auditoría de certificaciones	Revisión de garantías	Descargas antes de vacaciones
Julio	Revisión de contratos de clientes	ITV y tacógrafo según agenda	Cobertura de bajas por vacaciones
Agosto	Mes inhábil para visado	Taller con menor carga	Control de retornos
Septiembre	Renovación de contratos con preaviso de fin de año	Preventivo de invierno	Curso CAP de otoño

Mes	Hitos de empresa	Hitos de vehículos	Hitos de conductores
Octubre	Renegociación de pólizas de flota	Neumáticos de invierno si procede	Reciclajes ADR
Noviembre	Revisión de la tabla maestra	Renting: preavisos de fin de año	Reconocimientos pendientes
Diciembre	Auditoría anual y plan del año siguiente	Inventario de flota	Inventario de documentos de conductores

17.10 Caso práctico: flota de 25 camiones

Situación de partida

Una empresa ilustrativa de transporte frigorífico con sede en la Comunidad Valenciana tiene 25 tractoras, 28 semirremolques frigoríficos y 30 conductores. Realiza transporte nacional y, con 12 de sus tractoras, rutas internacionales a Francia y Alemania. El último dígito de su NIF es 9, de modo que su visado corresponde a octubre de los años impares. Hasta ahora, los vencimientos se controlaban con una hoja de cálculo por departamento.

Diagnóstico inicial tras construir el mapa:

- 2 semirremolques con el certificado ATP caducado desde hacía semanas.
- 1 conductor con la tarjeta CAP a 35 días de caducar y sin curso reservado.
- 4 tractoras con descargas de la unidad del vehículo de más de 90 días.
- 3 tractoras internacionales con tacógrafo G2V1 pendientes de sustitución.
- 2 contratos de renting renovados automáticamente por no haber comunicado el preaviso.

Volumen anual de vencimientos

Bloque	Cálculo	Eventos al año
ITV tractoras	18 anuales + 7 semestrales (14)	32
ITV semirremolques	Según antigüedad, estimado	34
Tacógrafo	25 / 2 años	13
ATP	Renovaciones del año	6
Descargas unidad del vehículo	25 x 12 (objetivo mensual)	300
Descargas tarjeta conductor	30 x 13 (cada 28 días)	390
Permisos, CAP, tarjetas, ADR	30 conductores x 3 documentos / 5 años	18
Seguros, impuestos, contratos	Pólizas, IVTM, renting	60

Las descargas suman 690 eventos, pero al ser remotas y automáticas solo requieren intervención cuando fallan. El resto, unos 163 eventos, requieren acción humana: algo más de 3 por semana.

Solución implantada

1. **Herramienta:** se centraliza todo en el ERP de la empresa, con un catálogo de 34 tipos de vencimiento y el registro cargado a partir del inventario.
2. **Responsables:** jefe de taller para ITV, tacógrafo, ATP y garantías; jefe de tráfico para descargas, tiempos y retornos; responsable de personal para permisos, CAP, ADR y reconocimientos; administración para seguros, impuestos y contratos; gestor de transporte para visado, capacidad financiera y auditoría.
3. **Alertas:** esquema 90/60/30/7 para vencimientos A y C; 7/3 días para descargas; 180 días adicionales para CAP y ADR.
4. **Bloqueo:** el módulo de planificación impide asignar servicios a vehículos o conductores con vencimientos A caducados, y servicios internacionales a tractoras sin G2V2.
5. **Documentos:** captura por correo y aplicación móvil, extracción automática de fechas y validación humana obligatoria.
6. **Indicadores:** tablero mensual con los siete indicadores del apartado 17.8.

Resultados en el primer año (ilustrativos)

- Tasa de cumplimiento en plazo: del 81 % estimado inicial al 98,5 %.
- Vencimientos de criticidad A caducados: de 7 detectados en el diagnóstico a 0 al cierre del año.
- Días de inmovilización por causa documental: de 9 en el año anterior a 1.
- Ahorro por renting y garantías: se evitan 2 prórrogas automáticas y se reclaman en garantía 3 averías detectadas en las revisiones previas al fin de garantía.

Ejemplo: Balance económico ilustrativo del primer año. Costes: desarrollo y configuración en el ERP 6.000 euros; horas internas de carga de datos 80 horas a 25 euros, 2.000 euros; sustitución anticipada de tres tacógrafos G2V1 4.200 euros (inevitable, pero ahora planificada). Beneficios estimados: 8 días de inmovilización evitados a 1.200 euros por día, 9.600 euros; sobrecoste de rentings no renovados evitado 4.800 euros; reparaciones en garantía 3.500 euros. Beneficio neto, sin contar los tacógrafos, de unos 9.900 euros, sin incluir el valor del riesgo de siniestro sin cobertura evitado, que puede ser muy superior.

En Latinoamérica: Los mismos principios de diseño son aplicables, con un catálogo adaptado a cada país: revisión técnica, licencias profesionales, seguros obligatorios, habilitaciones de transporte y, en el transporte internacional dentro del Mercosur o entre México y Estados Unidos, los permisos y documentos aduaneros propios. La digitalización documental es especialmente útil allí donde cada jurisdicción emite documentos con formatos distintos, y la extracción de fechas con validación humana reduce mucho el trabajo de transcripción.

Checklist: Agenda de vencimientos automatizada - Existe un catálogo de tipos de vencimiento con naturaleza, periodicidad, criticidad, preavisos, responsable y evidencia. - Cada fecha está en un único sistema, sin copias en hojas paralelas. - Las fechas de documentos con caducidad impresa se toman del documento, no de la periodicidad. - El sistema recalcula la periodicidad de la ITV cuando un vehículo cumple 10 años. - Los avisos siguen un esquema escalonado adaptado al plazo de recuperación de cada tipo. - El aviso de 30 días exige respuesta y, si no la hay, se escala automáticamente. - El semáforo distingue entre vencimientos próximos sin acción y vencimientos en renovación. - Ninguna renovación se cierra sin el documento que acredita el nuevo vencimiento. - La planificación bloquea vehículos y conductores con vencimientos críticos caducados. - Las fechas extraídas por OCR o IA se validan por una persona antes de confirmarse. - Los documentos de conductores se tratan conforme a la normativa de protección de datos. - Se realizan revisiones semanales, auditorías mensuales por muestreo y una auditoría anual completa. - Los indicadores de cumplimiento se calculan cada mes y los incumplimientos se analizan por causa raíz. - La agenda anual se elabora en enero e incluye el presupuesto de cumplimiento.



PARTE V

Integración y futuro

El sistema de gestión conectado
y la inteligencia artificial



18

Integración: el sistema de gestión de flota conectado

18.1 De cuatro silos a un único sistema

A lo largo del libro se han tratado por separado el mantenimiento, el combustible, los neumáticos y los vencimientos. En la práctica, muchas empresas gestionan cada uno de ellos con una herramienta distinta: el taller usa su programa o un cuaderno, el combustible se controla con el portal de la tarjeta, los neumáticos con la hoja de cálculo del proveedor y los vencimientos con un calendario en la pared o en el correo del gestor de transporte. El resultado son datos duplicados, contradicciones entre fuentes y, sobre todo, la imposibilidad de calcular el coste real de cada vehículo.

Un sistema integrado parte de una idea sencilla: **el vehículo es la entidad central** y todo lo que ocurre en la flota se registra contra él, con fecha, kilómetros y responsable. Así, en una sola ficha se ve cuánto ha consumido un camión, qué averías ha tenido, qué neumáticos lleva montados y qué documentos caducan en los próximos 90 días.

Módulo	Datos de entrada	Datos que aporta al resto
Vehículos y activos	Alta, bastidor, configuración, contratos	Entidad central para todo
Telemática	Posición, km, consumo, alertas CAN	Km reales, horas motor, códigos de avería
Combustible	Tarjetas, surtidor propio, AdBlue	Consumo L/100 km, coste por km
Mantenimiento	Planes, órdenes de trabajo, recambios	Disponibilidad, coste de taller
Neumáticos	Montajes, inspecciones, bajas	Coste por km de neumáticos, presión
Vencimientos	Documentos, fechas, certificados	Estado de cumplimiento, bloqueos
Conductores	Permisos, CAP, tarjetas, tiempos	Asignaciones válidas, formación
Contabilidad y compras	Facturas, proveedores, pedidos	Coste real conciliado

18.2 Modelo de datos mínimo

Para que la integración funcione, los datos deben compartir identificadores y unidades. Un modelo mínimo que sirve tanto para un software de flota especializado como para un ERP generalista incluye las siguientes entidades:

- **Vehículo:** matrícula, bastidor, marca, modelo, tipo (tractora, rígido, semirremolque), fecha de matriculación, configuración de ejes, combustible, kilometraje y horas actuales, estado (activo, en taller, baja), centro de coste.
- **Lectura de odómetro:** vehículo, fecha y hora, kilómetros, horas de motor, origen (telemática, repostaje, orden de trabajo, manual). Es la tabla que sincroniza todo lo demás.
- **Repostaje:** vehículo, conductor, fecha, litros, importe, producto, estación, kilómetros, origen (tarjeta, surtidor propio).
- **Plan de mantenimiento y orden de trabajo:** vehículo, tipo de intervención, disparador (km, horas, fecha, condición), tareas, recambios, horas, coste, estado.
- **Neumático:** número de serie, marca, modelo, medida, posición actual, vida (nuevo, recauchutado 1, 2), profundidad medida, presión, coste, historial de movimientos.
- **Documento con vencimiento:** entidad (vehículo, conductor, empresa), tipo, número, fecha de emisión, fecha de vencimiento, preaviso, responsable, archivo adjunto.
- **Conductor:** datos personales, permisos, CAP, tarjeta de tacógrafo, certificados, asignaciones.

Clave: La lectura de odómetro es el corazón del sistema. Si los kilómetros de cada vehículo están bien registrados y llegan de una fuente fiable (idealmente, la telemática), los planes de mantenimiento se disparan solos, el consumo se calcula sin errores y el coste por kilómetro de cada neumático es exacto.

18.3 Integraciones habituales

Un sistema moderno no obliga a teclear lo que ya existe en formato digital. Las integraciones más rentables son:

1. **Telemática del fabricante o de terceros (rFMS):** importación diaria de kilómetros, horas, consumo, ralentí y códigos de avería.
2. **Ficheros o API de las tarjetas de combustible:** importación automática de transacciones para su conciliación con la posición y el consumo.
3. **Surtidor propio:** lectura del controlador del surtidor y de las sondas del depósito.
4. **Descarga de tacógrafo:** importación de actividades de conductores y alertas de infracciones.
5. **Proveedor de neumáticos:** informes de inspección y movimientos en contratos de gestión externalizada.
6. **Contabilidad:** contabilización de facturas de taller, combustible y neumáticos imputadas al vehículo.
7. **Calendario y correo:** envío de alertas de vencimientos a los responsables.

Ejemplo: Una empresa con 30 camiones dedicaba unas 25 horas semanales a introducir a mano repostajes, kilómetros y facturas. Tras integrar la telemática y el fichero de la tarjeta de combustible con su ERP, el trabajo administrativo bajó a unas 6 horas semanales dedicadas a revisar excepciones. La persona liberada pasó a ocuparse del análisis de consumos y de la negociación con proveedores.

18.4 Implantación en un ERP: el caso de Odoo

Muchas pymes de transporte ya utilizan un ERP para contabilidad, compras y facturación. Ampliarlo con la gestión de flota tiene la ventaja de que el coste de cada vehículo se calcula con los mismos datos que la contabilidad. Odoo, por ejemplo, incluye un módulo de flota con vehículos, contratos, servicios y registros de odómetro, que puede completarse con el módulo de mantenimiento, el de documentos y desarrollos específicos para combustible, neumáticos y vencimientos.

Una hoja de ruta de implantación por fases reduce el riesgo:

Fase	Contenido	Duración orientativa	Resultado
1. Base	Vehículos, conductores, documentos y vencimientos	3-5 semanas	Agenda de cumplimiento con alertas
2. Combustible	Importación de tarjetas y surtidor, conciliación	3-4 semanas	Consumo y coste por vehículo
3. Mantenimiento	Planes preventivos, órdenes, recambios	4-6 semanas	Taller planificado y costes de taller
4. Neumáticos	Ficha por número de serie, montajes, inspecciones	3-4 semanas	Coste por km de neumáticos
5. Telemática y analítica	rFMS, cuadro de mando, alertas	4-6 semanas	Gestión basada en datos

Error frecuente: Intentar implantar todo a la vez. Es preferible empezar por los vencimientos, que no dependen de integraciones complejas y ofrecen un beneficio inmediato y visible (cero multas por documentos caducados), y avanzar después hacia combustible y mantenimiento.

18.5 La inteligencia artificial en la gestión de flotas

La inteligencia artificial ha dejado de ser una promesa para convertirse en una herramienta cotidiana en varios puntos de la gestión de flotas. Conviene distinguir entre las aplicaciones maduras y las que todavía están en fase de prueba.

Aplicaciones maduras

- **Extracción de datos de documentos:** lectura automática de permisos de circulación, tarjetas ITV, pólizas, certificados CAP o facturas de taller para alimentar la agenda de vencimientos y los costes sin teclear.
- **Detección de anomalías en combustible:** modelos que comparan cada repostaje con la capacidad del depósito, la posición GPS, el consumo esperado y el patrón histórico del vehículo y el conductor.
- **Mantenimiento predictivo de componentes concretos:** baterías, sistemas de aire, postratamiento o frenos, a partir de los datos del bus CAN.
- **Puntuación de la conducción:** evaluación automática del estilo de conducción con recomendaciones personalizadas.

Aplicaciones emergentes

- **Asistentes conversacionales para el jefe de tráfico:** consultas en lenguaje natural sobre el estado de la flota, por ejemplo qué camiones tienen la ITV en el próximo mes y además una revisión pendiente.
- **Diagnóstico asistido en taller:** sistemas que proponen causas probables y procedimientos a partir de los códigos de avería y del historial del vehículo.
- **Optimización conjunta:** planificación que combina rutas, ventanas de mantenimiento, vencimientos y disponibilidad de conductores.
- **Visión artificial:** medición de la profundidad del dibujo de los neumáticos y detección de daños mediante cámaras en la entrada del recinto.

Clave: La inteligencia artificial solo es tan buena como los datos que la alimentan. Antes de invertir en modelos avanzados, asegúrese de que los kilómetros, los repostajes y las órdenes de trabajo se registran de forma completa y coherente. Un sistema de nivel 4 en la escala de madurez del capítulo 1 es el requisito previo para llegar al nivel 5.

18.6 Gobierno del dato y ciberseguridad

Cuanto más datos y conexiones, más importante es protegerlos. Una flota conectada debe atender al menos a:

- **Protección de datos personales:** la posición del vehículo y el estilo de conducción son datos personales del conductor. Su tratamiento debe tener base legal, informarse al trabajador y limitarse a finalidades legítimas, conforme al RGPD y a la normativa laboral.
- **Control de accesos:** cada usuario debe ver solo lo que necesita; las cuentas de proveedores externos deben revisarse periódicamente.
- **Seguridad de las integraciones:** credenciales de las API guardadas de forma segura, conexiones cifradas y registro de accesos.
- **Ciberseguridad del vehículo:** los camiones nuevos deben cumplir los reglamentos UNECE sobre ciberseguridad y actualizaciones de software, pero la empresa también debe gestionar de

forma segura los dispositivos que conecta al vehículo.

- **Copias de seguridad y continuidad:** los registros de tacógrafo y la documentación legal deben conservarse durante los plazos exigidos y poder recuperarse ante un incidente.

18.7 El cuadro de mando integrado

El resultado final de la integración es un cuadro de mando que permite a la dirección ver de un vistazo el estado de la flota y a cada responsable profundizar en su área. Una estructura recomendada:

Nivel	Destinatario	Contenido	Frecuencia
Estratégico	Gerencia	TCO, coste/km, disponibilidad, tendencia	Mensual
Táctico	Responsables de área	Consumo, % correctivo, coste neumáticos, vencimientos	Semanal
Operativo	Tráfico y taller	Alertas, órdenes abiertas, documentos a vencer	Diario
Individual	Conductor	Puntuación de conducción, consumo propio, avisos	Diario/semanal

Checklist: Para considerar integrada una flota: (1) todos los vehículos y conductores están dados de alta en un único sistema; (2) los kilómetros llegan automáticamente desde la telemática o se registran en cada repostaje; (3) los repostajes se importan y concilian sin intervención manual salvo excepciones; (4) el plan preventivo genera órdenes de trabajo de forma automática; (5) cada neumático tiene ficha y número de serie; (6) todos los documentos con vencimiento tienen fecha, responsable y archivo adjunto; (7) el coste por kilómetro de cada vehículo puede calcularse a cierre de mes; (8) existe una política escrita de protección de datos de la flota.

18.8 Conclusión: la flota como ventaja competitiva

En un mercado de márgenes estrechos, la diferencia entre una empresa de transporte rentable y otra que sobrevive a duras penas rara vez está en el precio de venta: está en la gestión. Mantener los camiones disponibles y fiables, controlar cada litro de combustible, exprimir la vida de cada neumático y no dejar caducar ni un solo documento son tareas poco vistosas, pero su efecto acumulado es enorme.

La tecnología de 2026 pone al alcance de cualquier flota, incluso de las pequeñas, herramientas que hace una década solo tenían los grandes operadores. El reto ya no es técnico, sino organizativo: definir procesos, asignar responsables, medir con disciplina y mejorar de forma continua. Este libro ha querido ofrecer el mapa; el camino lo recorre cada empresa con sus propios datos.



Anexos

A. Glosario

ADR. Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera. Regula los vehículos, los conductores, el embalaje y la documentación.

AdBlue. Nombre comercial de la solución de urea al 32,5 % que utilizan los sistemas SCR para reducir los óxidos de nitrógeno del escape.

AFIR. Reglamento europeo sobre infraestructura para combustibles alternativos, que fija objetivos de puntos de recarga y de hidrógeno en la red transeuropea de transporte.

ATP. Acuerdo sobre transportes internacionales de mercancías perecederas, que establece la certificación de los vehículos isotermos, refrigerados y frigoríficos.

CAN (bus). Red de comunicación interna del vehículo por la que circulan los datos de los distintos sistemas electrónicos.

CAP. Certificado de aptitud profesional exigido a los conductores profesionales, con formación inicial y formación continua periódica.

Carcasa. Estructura resistente del neumático, que puede reutilizarse mediante recauchutado si está en buen estado.

Coste por kilómetro. Coste de una partida o del total dividido por los kilómetros recorridos en el mismo periodo.

DPF. Filtro de partículas diésel, que retiene el hollín del escape y se regenera periódicamente quemándolo.

DOT. Código del neumático que incluye la semana y el año de fabricación.

eCMR. Versión electrónica de la carta de porte internacional CMR.

EBS. Sistema electrónico de frenado de vehículos pesados y remolques.

FMS / rFMS. Estándar de los fabricantes de camiones para acceder a datos del vehículo, de forma local (FMS) o remota a través de internet (rFMS).

Gestor de transporte. Persona que dirige de forma efectiva y permanente las actividades de transporte de la empresa y acredita la competencia profesional.

HVO. Aceite vegetal hidrotratado; combustible renovable parafínico que puede sustituir al gasóleo en muchos motores.

ITV. Inspección técnica de vehículos, obligatoria con periodicidad según el tipo y la antigüedad del vehículo.

KPI. Indicador clave de rendimiento.

MCS. Sistema de carga en megavatios, estándar de carga de alta potencia para camiones eléctricos.

MTBF. Tiempo medio entre fallos; indicador de fiabilidad.

MTTR. Tiempo medio de reparación; indicador de mantenibilidad.

OTA. Actualización de software a distancia, sin necesidad de llevar el vehículo al taller.

Paquete de Movilidad. Conjunto de normas europeas que reformaron los tiempos de conducción y descanso, el acceso a la profesión, el cabotaje y el desplazamiento de conductores.

Recachutado. Proceso de sustitución de la banda de rodadura de un neumático usado sobre una carcasa sana.

Reesculturado. Operación de profundizar el dibujo de un neumático específicamente marcado para ello, aprovechando el caucho restante.

RCM. Mantenimiento centrado en la fiabilidad; metodología para definir qué mantenimiento necesita cada componente según sus modos de fallo y consecuencias.

SCR. Reducción catalítica selectiva; sistema de postratamiento que reduce los óxidos de nitrógeno con AdBlue.

Tacógrafo inteligente. Tacógrafo digital conectado a GNSS que registra posiciones y permite la detección remota temprana; su segunda versión añade el registro de cruces de frontera y de operaciones de carga.

TCO. Coste total de propiedad de un vehículo a lo largo de su vida útil.

TPMS. Sistema de control de la presión de los neumáticos.

Valor residual. Precio previsto de venta del vehículo al final de su vida útil en la empresa.

B. Plantilla de inspección diaria del conductor

La inspección diaria antes de iniciar la jornada no debe durar más de diez minutos. Se recomienda que el conductor la registre en una aplicación móvil o, como mínimo, en un parte de papel que se archive.

Elemento	Qué comprobar	Estado
Niveles	Aceite motor, refrigerante, AdBlue, lavaparabrisas	OK / Defecto
Neumáticos	Presión visual, cortes, abultamientos, tuercas	OK / Defecto
Luces	Posición, cruce, freno, intermitentes, gálibo	OK / Defecto
Frenos	Presión de aire, purga de calderines, testigos	OK / Defecto

Elemento	Qué comprobar	Estado
Cuadro	Testigos de avería, mensajes del sistema	OK / Defecto
Acoplamiento	Quinta rueda, conexiones neumáticas y eléctricas	OK / Defecto
Carga	Sujeción, estado de lonas y puertas	OK / Defecto
Documentación	Permiso, ITV, seguro, tarjeta de transporte, tarjeta de conductor	OK / Defecto
Seguridad	Chaleco, triángulos, extintor, calzos	OK / Defecto
Fugas	Aceite, combustible, aire, refrigerante bajo el vehículo	OK / Defecto

Checklist: Cualquier defecto que afecte a frenos, dirección, neumáticos o luces obligatorias debe comunicarse al taller antes de salir y el vehículo no debe iniciar la ruta hasta su valoración.

C. Plantilla de ficha de vehículo

Campo	Ejemplo
Matrícula	1234 ABC
Bastidor	Número de identificación completo
Tipo	Tractocamión 4x2
Fecha de matriculación	15/03/2022
Combustible	Diésel / HVO
Norma de emisiones	Euro VI
Centro de coste	Línea regular Valencia-Madrid
Contrato	Renting 60 meses, vence 03/2027
Plan de mantenimiento	Larga distancia, intervalo según fabricante
Neumáticos montados	Seis posiciones con números de serie
Telemática	Unidad de fábrica, rFMS activo
Conductor habitual	Nombre y código

D. Plantilla de agenda de vencimientos

Entidad	Documento	Vence	Preaviso	Responsable	Estado
1234 ABC	ITV	12/02/2027	60 días	Taller	Vigente
1234 ABC	Revisión tacógrafo	05/09/2027	60 días	Taller	Vigente
1234 ABC	Seguro	31/12/2026	45 días	Administración	En renovación

Entidad	Documento	Vence	Preaviso	Responsable	Estado
Conductor 017	CAP	20/06/2027	180 días	RR. HH.	Vigente
Conductor 017	Tarjeta de conductor	10/04/2027	90 días	Conductor	Vigente
Empresa	Autorización de transporte	Control periódico	90 días	Gestor de transporte	Vigente

E. Plantilla de registro de repostaje

Campo	Descripción
Fecha y hora	Momento exacto del repostaje
Vehículo	Matrícula
Conductor	Código
Estación	Nombre o surtidor propio
Producto	Gasóleo, HVO, AdBlue
Litros	Cantidad suministrada
Importe	Con y sin impuestos
Kilómetros	Lectura del odómetro o telemática
Depósito lleno	Sí / No (necesario para el cálculo exacto del consumo)
Validación	Coincidencia con posición GPS y capacidad del depósito

F. Plantilla de ficha de neumático

Campo	Ejemplo
Número de serie / RFID	Identificador único
Marca y modelo	Modelo de larga distancia, eje de tracción
Medida e índices	315/70 R22.5 con índices de carga y velocidad
DOT	Semana y año de fabricación
Vida	Nuevo / recauchutado 1 / recauchutado 2
Coste de adquisición	Importe sin impuestos
Montajes	Vehículo, posición, fecha y km de montaje y desmontaje
Inspecciones	Fecha, profundidad por surco, presión
Baja	Fecha, km totales, causa

Campo	Ejemplo
Coste por km	Coste / km acumulados

G. Plantilla de orden de trabajo

Campo	Descripción
Número	Correlativo
Vehículo y km	Matrícula y kilometraje de entrada
Origen	Preventivo, correctivo, predictivo, inspección, campaña
Prioridad	Inmovilizante, urgente, programable
Descripción	Síntoma o intervención planificada
Tareas	Lista de operaciones con tiempo estándar
Recambios	Referencias, cantidades y coste
Mano de obra	Técnico, horas reales
Fechas	Entrada, inicio, fin, entrega
Coste total	Recambios + mano de obra + externos
Firma	Técnico y responsable de taller

H. Calendario anual tipo de revisión de la gestión

Mes	Revisión
Enero	Cierre de indicadores del año, presupuesto de flota, plan de renovación
Febrero	Revisión del contrato de combustible y tarjetas
Marzo	Auditoría de neumáticos y cambio a neumáticos de verano si procede
Abril	Revisión de la agenda de vencimientos del semestre
Mayo	Formación de conducción eficiente
Junio	Auditoría interna de cumplimiento (tacógrafo, documentación)
Julio	Revisión de proveedores de taller y recambios
Agosto	Mantenimiento preventivo aprovechando menor actividad
Septiembre	Preparación de la flota para el invierno
Octubre	Revisión de seguros y renovaciones del año siguiente
Noviembre	Análisis TCO por vehículo y decisiones de renovación
Diciembre	Planificación del calendario de ITV y revisiones del año siguiente

Cada kilómetro cuenta.

En una empresa de transporte por carretera, el beneficio se gana o se pierde en los detalles: un mantenimiento aplazado que acaba en avería en ruta, un litro de gasóleo que no llega al depósito, un neumático que se retira antes de tiempo o un documento que caduca sin que nadie lo advierta.

Este libro reúne en un solo volumen lo último en las cuatro áreas que más pesan en el coste y el riesgo de una flota de camiones, con criterios prácticos, tablas de referencia, ejemplos numéricos y listas de comprobación listas para aplicar:

- **Mantenimiento** preventivo, predictivo y conectado, incluido el camión eléctrico.
- **Control de combustible:** tarjetas, surtidor propio, detección de fraude, eficiencia y transición energética.
- **Neumáticos:** selección, presión, TPMS, recauchutado y coste por kilómetro.
- **Agendas de vencimientos:** ITV, tacógrafo inteligente, CAP, ADR, ATP, seguros y autorizaciones.

Una guía para jefes de tráfico, responsables de flota, gerentes y consultores que quieren convertir la gestión de la flota en una ventaja competitiva.

Marlon Falcón Hernández

Implemento BIM 2.0

Especialista en implantación de ERP Odoo y en soluciones verticales de gestión para empresas de construcción, logística y servicios. Desde Valencia trabaja con clientes de España y Latinoamérica en la digitalización de sus operaciones.