



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
Departamento de Economía y Administración de Empresas
Área de Organización de Empresas

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Análisis de Riesgos Laborales en Talleres de Reparación y Mantenimiento
de Vehículos Eléctricos.**

Analysis of Occupational Risks in Electric Vehicle Repair and Maintenance Workshops.

Máster en
Ingeniería Industrial

Autora: Elisa Castellanos Casado

Tutor: D. Manuel Suárez Cebador

MÁLAGA, Marzo 2025

Resumen

Cada vez son más los países que toman medidas para frenar el cambio climático que tan presente está en nuestra sociedad, siendo uno de los objetivos más importantes la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. De esta forma, una de las medidas de actuación es la integración de nuevas tecnologías en el sector de la automoción, entre los que destacan los vehículos eléctricos e híbridos. Esto radica en la diferencia principal que presentan con los vehículos de combustión interna, es decir, reducen la contaminación atmosférica al eliminar los motores térmicos que requieren de un combustible para su funcionamiento por los motores eléctricos que son alimentados mediante baterías.

Esta situación trae consigo un incremento significativo en la venta de vehículos eléctricos e híbridos y, por consiguiente, un aumento en la demanda del servicio post venta, es decir, en las labores de reparación y mantenimiento. Debido a su reciente incorporación en el mercado, los trabajadores especializados en este sector se enfrentan a nuevos retos ya que deben ser formados acerca del funcionamiento y de los nuevos componentes que presentan estos tipos de vehículos. Por otra parte, este desconocimiento y la integración de nuevas actividades productivas pueden provocar la aparición de nuevos riesgos laborales y/o aquellos que ya se habían identificado previamente aumenten su nivel de frecuencia y gravedad.

Por consiguiente, el objetivo principal del presente trabajo es identificar los riesgos emergentes en los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos a partir de una metodología tanto cuantitativa como cualitativa. Los resultados que se obtengan en el análisis van a permitir determinar si los riesgos que se establecen a partir de fuentes internas de información son los mismos que consideran los expertos del sector basados en su propia experiencia.

Tal y como establece la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de España (Ley 31/1995) se debe garantizar la seguridad y salud de los trabajadores mediante la reducción y/o eliminación de los riesgos mediante la implantación de acciones de actuación. Gracias a los resultados obtenidos en el estudio va a ser posible establecer las medidas preventivas necesarias para cada uno de los riesgos más significativos.

Palabras claves

Riesgos Laborales, Vehículos eléctricos, Seguridad, Talleres de reparación y mantenimiento, Prevención.

Abstract

More and more countries are taking measures to halt climate change which is so present in our society, being one of the most important aims to reduce greenhouse emissions. Therefore, one of the measures is the integration of new technologies in the self-propulsion sector, among which electric and hybrid vehicles are highlighted. This resides in the main difference that they have with internal combustion vehicles, that is to say, they decrease the atmospheric pollution by getting rid of heat engines which require fuel for its functioning in favour of electric engines that are powered by batteries.

This situation brings about a significant increase in the sale of electric and hybrid vehicles and, consequently, a rise in the demand of the after-sales service, that is, in the repair and maintenance work. Due to its recent incorporation into the market, specialized workers in this sector face new challenges since they must be trained in the operation and in the new components that are part of these vehicles. On the other hand, this ignorance and the integration of new productive activities can provoke the appearance of labour risks and/or those which have been previously detected can increase their frequency and seriousness.

Thus, the objective of the present document is to identify the emerging risks in the repair and maintenance workshops of electric vehicles from a quantitative and qualitative methodology. The results obtained in the analysis will allow us to determine if the risks that are established from internal sources of information are the same as experts in the field consider from their own experience.

As it is found in the Spanish Occupational Risk Prevention Law (Law 31/1995), it must be guaranteed the security and health of workers through the reduction and/or elimination of risks through the implementation of actions. Thanks to the results obtained, it will be possible to establish the preventive measures needed for each of the most significant risks.

Key words

Occupational Risk, Electric Vehicles, Security, Repair and maintenance workshops, Prevention.

Terminología

Accidente laboral.

Toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que se ejecute por cuenta ajena (Real Decreto Legislativo 8/2015).

Celda.

Única unidad electroquímica en una carcasa, que contiene un electrodo positivo y un electrodo negativo que presenta una tensión diferencial entre sus dos terminales (AEDIVE y GANVAM, 2020).

Enfermedad profesional.

Aquella que es contraída debido al trabajo realizado por cuenta ajena en las actividades que se especifiquen en el cuadro que se apruebe por las disposiciones y aplicación y desarrollo de esta Ley, y que esté provocada por la acción de los elementos o sustancias que en dicho cuadro se indiquen para cada enfermedad profesional. (Real Decreto Legislativo 8/2015)

Equipo de trabajo.

Cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo (Ley 31/1995).

Lugar de trabajo.

Cualquier lugar al que el trabajador pueda acceder, en razón de su trabajo (Real Decreto 614/2001, de 8 de junio).

Medida preventiva.

Medidas materiales de prevención que eliminan o disminuyen la probabilidad de materialización de los riesgos serán prioritarias respecto a las medidas de protección cuyo objetivo es minimizar sus consecuencias (INSST, 2008).

Prevención.

Conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de la actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo (Ley 31/1995).

Protección individual.

Cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. (Ley 31/1995)

Punto de recarga.

Interfaz que se emplea para la recarga del vehículo eléctrico o bien para realizar un cambio del pack de baterías del vehículo eléctrico (AEDIVE y GANVAM, 2020).

Riesgo laboral.

Posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo (Ley 31/1995).

Servicio Prevención Ajeno.

Servicio prestado por una entidad especializada que concierte con la empresa la realización de actividades de prevención, el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgos o ambas actuaciones conjuntamente (Real Decreto 39/1997).

Servicio Prevención Propio.

Conjunto de medios humanos y materiales de la empresa necesarios para la realización de las actividades de prevención (Real Decreto 39/1997).

Trabajador autorizado.

Trabajador que ha sido autorizado por el empresario para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta, según los procedimientos establecidos en este Real Decreto (Real Decreto 614/2001).

Trabajador cualificado.

Trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de instalaciones eléctricas, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años (Real Decreto 614/2001).

Trabajo en tensión.

Trabajo durante el cual un trabajador entra en contacto con elementos en tensión, o entra en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula (Real Decreto 614/2001).

Trabajo sin tensión.

Trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener la instalación sin tensión (Real Decreto 614/2001).

Zona de peligro o zona de trabajos en tensión.

Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse. (Real Decreto 614/2001).

Vehículo eléctrico.

Vehículo propulsado al menos por uno o más motores eléctricos (Real Decreto 2822/1998).

Vehículo eléctrico híbrido.

Vehículo propulsado por una combinación de motores de combustión y eléctricos (Real Decreto 2822/1998).

Vehículo eléctrico híbrido enchufable.

Vehículo eléctrico híbrido, provisto de baterías que pueden ser recargadas de una fuente de energía eléctrica exterior, que a voluntad puede ser propulsado sólo por su(s) motor(es) eléctrico(s) (Real Decreto 2822/1998).

Abreviaturas

AT: Alta tensión

BEV: Battery Electric Vehicle

BMS: Battery Management Systems

EPI: Equipos de Protección Individual

EREV: Extended Range Electric Vehicle

HEV: Hybrid Electric Vehicle

INSST: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

LPRL: Prevención de Riesgos Laborales

MCI: Motor de Combustión Interna

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PRL: Prevención de Riesgos Laborales

PPRL: Plan de Prevención de Riesgos Laborales

RD: Real Decreto

SPA: Servicio Prevención Ajeno

VE: Vehículo eléctrico

Índice General

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Objeto del trabajo..... | 5 |
| 2.1. Objetivos..... | 5 |
| 2.2. Metodología..... | 6 |
| 2.3. Alcance | 7 |
| 3. Marco teórico | 8 |
| 3.1. Introducción..... | 8 |
| 3.1.1. Evolución histórica vehículos eléctricos | 8 |
| 3.1.2. Componentes de los vehículos eléctricos | 11 |
| 3.1.2.1. Cargador a bordo | 11 |
| 3.1.2.2. Baterías | 12 |
| 3.1.2.3. Sistema de gestión de la batería (BMS) | 15 |
| 3.1.2.4. Sistemas de conversión e inversores | 16 |
| 3.1.2.5. Motor eléctrico | 17 |
| 3.1.3. Tipología de vehículos eléctricos | 19 |
| 3.1.3.1. Vehículo eléctrico de batería (BEV) | 19 |
| 3.1.3.2. Vehículo eléctrico híbrido (HEV) | 20 |
| 3.1.3.3. Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) | 22 |
| 3.1.3.4. Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV) | 23 |
| 3.2. Talleres de reparación y mantenimiento VE | 25 |
| 3.2.1. Cambios organizativos. | 26 |
| 3.2.2. Cambios de infraestructura. | 29 |
| 3.2.3. Cambios en la formación del personal y seguridad..... | 31 |
| 3.3. Prevención de Riesgos Laborales | 33 |
| 3.3.1. Evolución de la prevención de riesgos laborales..... | 34 |
| 3.3.2. Marco normativo | 36 |

| | |
|---|-----|
| 3.3.2.1 Marco internacional..... | 36 |
| 3.3.2.2 Marco nacional | 37 |
| 3.3.3. Evaluación de riesgos laborales..... | 38 |
| 3.3.3.1. Identificación de riesgos laborales | 39 |
| 3.4. Riesgos Laborales en Talleres de vehículos eléctricos..... | 43 |
| 3.4.1. Riesgos de Seguridad Laboral | 43 |
| 3.4.1.1. Riesgos eléctricos | 43 |
| 3.4.1.2. Riesgo de incendio/explosión..... | 46 |
| 3.4.1.3. Riesgo mecánico..... | 47 |
| 3.4.2. Riesgos Higiénicos | 49 |
| 3.4.5. Riesgos ergonómicos y psicosociales..... | 50 |
| 4. Metodología | 52 |
| 4.1. Introducción..... | 52 |
| 4.2. Procedimiento de búsqueda | 53 |
| 4.3. Método Delphi..... | 55 |
| 4.3.1. Panel de expertos | 58 |
| 4.3.2. Diseño y contenido de los cuestionarios | 60 |
| 4.4. Método NTP 330 | 62 |
| 4.4.1. Introducción..... | 62 |
| 4.4.2. Descripción del método | 63 |
| 5. Resultados | 68 |
| 5.1. Análisis de los cuestionarios | 68 |
| 5.1.1. Vehículos convencionales | 69 |
| 5.1.2. Vehículos eléctricos e híbridos..... | 79 |
| 5.1.3. Interpretación..... | 89 |
| 5.2. Medidas preventivas | 90 |
| 6. Conclusiones | 102 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 6.1. Conclusiones generales | 102 |
| 6.2. Líneas futuras..... | 103 |
| 7. Bibliografía | 104 |
| 7.1. Referencias | 104 |
| 7.2. Legislación | 108 |
| ANEXOS | 109 |
| Anexo A. Cuestionario | 109 |
| Anexo B. Resultados de Cálculo..... | 116 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Venta de Vehículos Eléctricos 2021-2024. Fuente (International Energy Agency [IEA], 2024)..... | 3 |
| Ilustración 2. Jamais Contente, primer VE en superar los 100 km/h. Fuente: (Martín, 2020) .. | 9 |
| Ilustración 3. Esquema básico de un VE. Fuente:(Endesa, s.f) | 11 |
| Ilustración 4. Cargador a bordo. Fuente: (APTIV, 2023) | 12 |
| Ilustración 5. Disposición de celdas en pack de baterías. Fuente: (Díez González, 2019)..... | 13 |
| Ilustración 6. Inversor. Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)..... | 17 |
| Ilustración 7. Partes de un motor. Fuente (Trashorras Montecelos, 2019) | 17 |
| Ilustración 8. Esquema BEV. Fuente: (Recarga coches eléctricos,2012)..... | 19 |
| Ilustración 9. Sistema HEV en serie. Fuente: (Díaz Hervás, 2017)..... | 20 |
| Ilustración 10, Sistema HEV en paralelo. Fuente: (Díaz Hervás, 2017) | 21 |
| Ilustración 11, Sistema HEV Full Hybrid. Fuente: (Díaz Hervás, 2017) | 22 |
| Ilustración 12. Comparativa entre HEV - PEV. Fuente: (Endesa, s.f)..... | 23 |
| Ilustración 13. Esquema EREV. Fuente: (Recarga coches eléctricos, 2012) | 24 |
| Ilustración 14. Zonas habilitadas (Box eléctrico). Fuente: (AEDIVE y GANVAM, 2020).... | 30 |
| Ilustración 15. Mesa elevadora para las baterías. Fuente: (Blázquez, 2023)..... | 31 |
| Ilustración 16. Comparación de los recursos preventivos implantados en 2016 - 2019. Fuente: (INSST, 2024)..... | 35 |
| Ilustración 17. Organización preventiva. Fuente: (INSST, 2018) | 35 |
| Ilustración 18. Evaluación de Riesgos. Fuente: (Tema 3. Técnicas analísticas de prevención de riesgos laborales, s.f.)..... | 39 |
| Ilustración 19. Efectos directos debido a la intensidad de corriente. Fuente: (Umaker, s.f) .. | 44 |
| Ilustración 20. Efectos indirectos por arco eléctrico. Fuente: (Umaker, s.f) | 45 |
| Ilustración 21. Proceso fuga térmica por aumento temperatura. Fuente: (Poyato, 2023)..... | 47 |
| Ilustración 22. Fases del proceso Método Delphi. Fuente: (Reguant-Álvarez & Torrado-Fonseca, 2015)..... | 58 |
| Ilustración 23. Gráfica Probabilidades y Consecuencias. Fuente: (INSST, 2024) | 63 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 24. Interpretación de los valores de probabilidad. Fuente: (INSST,2024) | 65 |
| Ilustración 25. Explicación niveles probabilidad obtenidos. Fuente: (INSST, 2024) | 66 |
| Ilustración 26. Interpretación de los valores de intervención. Fuente: (INSST, 2024) | 67 |
| Ilustración 27. Explicación niveles intervención obtenidos. Fuente: (INSST, 2024)..... | 67 |
| Ilustración 28. Resultados Nivel Deficiencia Vehículos Convencionales..... | 70 |
| Ilustración 29. Resultados Nivel Exposición Vehículos Convencionales. | 72 |
| Ilustración 30. Resultados Nivel Consecuencias Vehículos Convencionales. | 76 |
| Ilustración 31. Resultados Nivel Deficiencia Vehículos Eléctricos e Híbridos..... | 80 |
| Ilustración 32. Resultados Nivel Exposición Vehículos Eléctricos e Híbridos. | 82 |
| Ilustración 33. Resultados Nivel Consecuencias Vehículos Eléctrico e Híbridos..... | 86 |
| Ilustración 34. 5 Reglas de Oro. Fuente: (Tema 6. Riesgo eléctrico, s.f.)..... | 92 |
| Ilustración 35. Cuadro resumen formación mínima. Fuente: (INSST, 2014)..... | 94 |
| Ilustración 36. Señales de advertencia. | 96 |
| Ilustración 37. Señales de prohibición | 97 |
| Ilustración 38. Elementos de protección colectiva | 98 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Labores de mantenimiento en talleres. | 28 |
| Tabla 2. Riesgos seguridad laboral | 40 |
| Tabla 3. Riesgos higiénicos | 41 |
| Tabla 4. Sistema de puntuación: Titulación..... | 59 |
| Tabla 5. Sistema de puntuación: Formación..... | 59 |
| Tabla 6. Sistema de puntuación: Experiencia | 60 |
| Tabla 7. Puntuación Nivel de Deficiencia (ND)..... | 64 |
| Tabla 8. Puntuación Nivel de Exposición (NE)..... | 65 |
| Tabla 9. Puntuación Nivel de Consecuencias (NC)..... | 66 |
| Tabla 10. Resultados Nivel Probabilidad Vehículos Convencionales..... | 73 |
| Tabla 11. Resultados Nivel Intervención Vehículos Convencionales | 77 |
| Tabla 12. Resultados Nivel Probabilidad Vehículos Eléctricos e Híbridos..... | 83 |
| Tabla 13. Resultados Nivel Intervención Vehículos Eléctricos e Híbridos..... | 87 |
| Tabla 14. Formación según tipo de trabajo y zona. | 94 |
| Tabla 15. EPIs riesgo eléctrico. | 99 |

1. Introducción

El sector transporte contribuye de manera significativa a la emisión de gases de efecto invernadero, con un 28,7% de emisiones totales centrados únicamente en el transporte por carretera (Sector transporte, s.f), originando diversos problemas como son la contaminación atmosférica y el posible aumento de los niveles del mar debido al deshielo por el aumento de la temperatura. Es por ello, que la sociedad, cada vez más consciente del cambio climático y de las repercusiones que pueden llegar a tener globalmente, inicia la búsqueda de soluciones que permitan disminuir los efectos nocivos a los que se enfrentan hoy en día.

Entre estas medidas se encuentra el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 cuya propuesta fue elaborada en el año 2020 por el Consejo de Ministros de España con el propósito de mitigar los impactos originados por la actual crisis climática. Para ello, se elabora un plan estratégico formado por un conjunto de acciones concretas, las cuales van a permitir alcanzar los objetivos fijados para el año 2030. De todas estas medidas cabe destacar las relacionadas con la industria automotriz, es decir, la previsión de un aumento significativo de venta de vehículos eléctricos para el año 2030, concretamente de hasta 5 millones, con el fin de impulsar la descarbonización global actual (Gobierno de España, 2020).

Sin embargo, la aparición del vehículo eléctrico no es una novedad de los últimos años. Desde inicios del siglo XXI hasta ahora se han realizado diversas investigaciones sobre su funcionamiento, comportamiento e impacto, y también se han avanzado en las investigaciones relacionadas con las baterías y su tecnología de almacenamiento, así como las infraestructuras de recarga o la adaptación por parte de los consumidores y de los trabajadores del sector automovilístico.

De todos estos análisis es importante distinguir la conferencia realizada en mayo de 1997 por parte de Argonne National Laboratory (ANL), en la cual se reunieron a un conjunto de expertos en la materia para debatir acerca del progreso operativo y de los costos previstos que podrían llegar a presentar los vehículos eléctricos en un futuro cercano, concretamente entre el año 2000-2020. Se abordaron diversos temas, entre los que se encuentran la autonomía de los vehículos eléctricos y la capacidad del paquete de baterías, así como el aumento progresivo que podrían sufrir en términos de potencia y de costes (Anderson et al. ,1997).

Para ello, se empleó el método Delphi, técnica en la cual se recopila información acerca de la perspectiva de los participantes sobre un tema concreto y se hace un análisis para así

anticiparse a futuros escenarios. Por lo tanto, tras la conferencia, se llegó a la conclusión de que la dependencia de los vehículos eléctricos de tener que disponer de una infraestructura de recarga con miras de conseguir un mayor número de horas de funcionamiento y recorrer más kilómetros sería un gran inconveniente. Asimismo, se observaron que los costes de producción y mantenimiento serían significativamente elevados, afectando así a decisiones competitivas como es que los consumidores elijan los vehículos de motor de combustión interna (en adelante MCI) frente a los vehículos eléctricos.

Por lo tanto, los costes de adquisición y la autonomía limitada han provocado un avance temporal menos progresivo de los vehículos eléctricos en el mercado, surgiendo la necesidad de implantar condiciones legales, políticas y funcionales que favorezcan la utilización de estas nuevas energías limpias.

En España, se ha instaurado y actualizado en los últimos años el Plan MOVES (Movilidad Eficiente y Sostenible), un programa de incentivos que intenta impulsar la venta de este tipo de vehículos otorgando ayudas económicas tanto a consumidores como a autónomos y pymes, e incluso subvenciona hasta un 70% los costes de instalación de los puntos de recarga en viviendas (Real Decreto 266/2021).

En cuanto a la falta de autonomía, se ha observado una mejora de la eficiencia energética gracias a un incremento del rendimiento del paquete de baterías, un sistema con capacidad de almacenamiento de energía química para su posterior transformación en energía eléctrica. Actualmente, las baterías de iones de litio son las que se emplean mayoritariamente en la industria automovilística ya que presentan una mayor densidad energética y de potencia. Esto les permite alcanzar largos periodos de funcionamiento, característica que la diferencia de otras baterías empleadas anteriormente, como son las baterías de plomo-ácido (Kong, L et al., 2018).

Debido a los esfuerzos que se han llevado a cabo por mejorar las dificultades funcionales y económicas de los vehículos eléctricos, las ventas, tanto a nivel nacional como internacional, han experimentado cambios a lo largo de los años. Concretamente, a partir del año 2020 la comercialización ha experimentado un aumento significativo, llegando a alcanzar en 2023 casi 14 millones de matriculaciones de coches eléctricos en todo el mundo. De esta forma, se consiguió un número óptimo de ventas para el año 2023 con un incremento del 18%, en comparación con el año 2018 que contaba únicamente con un 2 o 5 % (International Energy Agency [IEA], 2024).

Analizando concretamente las ventas entre 2021- 2024, tal y como se muestra en la Ilustración 1 adjuntada a continuación, se observa que la tasa de crecimiento en los últimos años ha sido muy similar pero siempre progresiva, posicionando a China como el país con mayores ventas. En cuanto Europa, se percibe un incremento en el cuarto cuatrimestre del año 2023 con respecto al de 2022, alcanzando los 3.5 millones de ventas, siendo una diferencia de casi un millón de ventas. Por lo tanto, y gracias a los resultados aportados en este análisis, es posible afirmar que hoy en día y en diferentes partes del mundo la aceleración de la electromovilidad es uno de los temas con mayor repercusión y que más presente están en la sociedad.

Quarterly electric car sales, 2021-2024

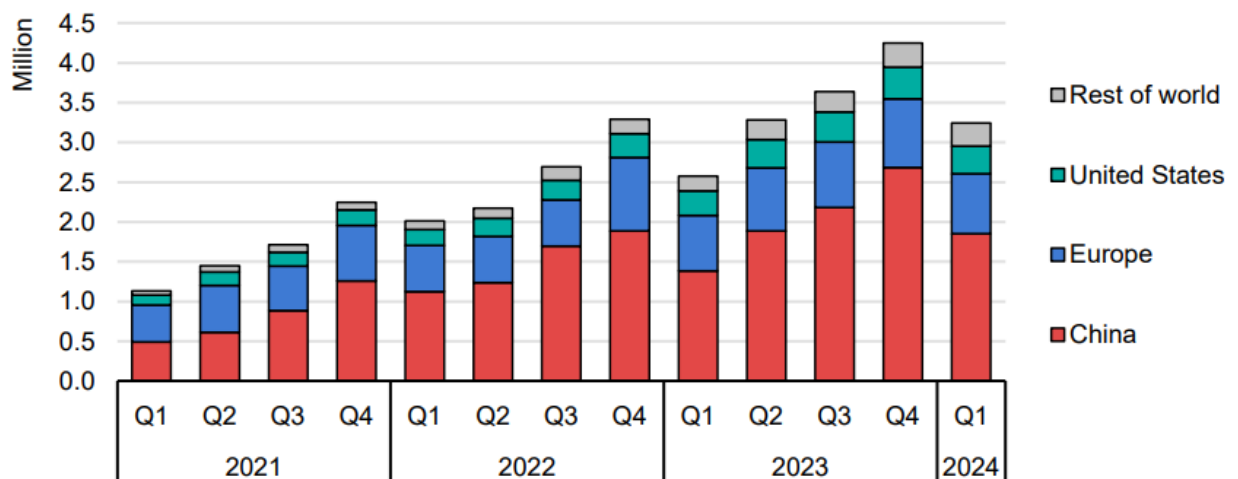


Ilustración 1. Venta de Vehículos Eléctricos 2021-2024. Fuente (International Energy Agency [IEA], 2024)

Todo esto conduce a plantearse como pueden estar afectando dichas modificaciones a los puestos de trabajos vinculados con la industria automovilística, como pueden ser las líneas de producción o los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos. Concretamente, en este último sector, el desarrollo y empleo de estas nuevas tecnologías está siendo un grave problema ya que no se dispone de trabajadores con la suficiente formación e información para trabajar correctamente.

Uno de los motivos principales es que se han incorporado labores que exigen estar en contacto directo e indirecto con sistemas eléctricos de alto voltaje o realizar el montaje y desmontaje de las baterías, entre otras de las muchas tareas. Son diferencias muy significativas con respecto a los vehículos de MCI, de ahí el desconocimiento e incertidumbre de los trabajadores.

El problema radica en que la implantación de nuevas tareas en el ámbito laboral va asociada con la aparición de nuevos riesgos, poniendo en peligro la seguridad de los empleados.

Sin embargo, este deber no recae únicamente en el personal técnico, cuya responsabilidad es conocer con detalle como realizar su trabajo, tomando siempre las medidas correctas para garantizar su protección. Es el empresario el que debe ser capaz de cumplir con las disposiciones mínimas de seguridad, tal y como exige la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante LPRL) de España *“En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio en todos los aspectos relacionados con el trabajo”* (Ley 31/1995).

Por las razones expuestas y debido a la escasez de investigaciones en materia de prevención de riesgos laborales relacionadas con el mantenimiento de vehículos eléctricos, se evidencia un gran problema. Por ello, hoy en día se presenta esta polémica cuya solución parece complicada al haber trabajadores y empresarios en el sector que desconocen cuales serían las medidas preventivas correctas que se deben implantar para disminuir o eliminar los riesgos.

De esta forma, el presente trabajo se centra en analizar la situación descrita llevando a cabo una investigación a través de diferentes fuentes y encuestas que permitan recopilar información suficiente para determinar la situación actual de los trabajadores del sector, centrandolo la investigación en los riesgos a los que realmente se encuentran expuesto. Esto permitirá hacer una comparativa entre los peligros laborales que se han obtenido teóricamente y los riesgos reales que ocurren actualmente en los talleres de reparación y mantenimiento y, de esta forma, poder establecer las medidas preventivas adecuadas.

2. Objeto del trabajo

2.1. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es analizar la situación actual a la que se enfrentan los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos ya que se han visto obligados a modificar sus centros de trabajo incorporando nuevas tecnologías o, incluso, la remodelación completa de los mismos. Esto conduce a un desconocimiento por parte del personal técnico que puede llegar a poner en peligro su seguridad y salud al no estar suficientemente capacitados para cubrir los servicios demandados. De esta forma, es muy importante que los empresarios cumplan con la LPRL, pero para ello deben estar informados, de forma adecuada, de todos los peligros existentes, de ahí la urgencia de iniciar una investigación en materia de prevención de riesgos laborales.

De esta forma, los objetivos que se van a abordar a lo largo del proyecto de fin de máster son los siguientes:

1. Estudiar el funcionamiento y los componentes más importantes de los vehículos eléctricos con el fin de comprender los riesgos asociados a los mismos.
2. Análisis teórico de los riesgos laborales en los talleres de reparación y mantenimiento mediante la búsqueda de información de diversas revistas científicas, tesis, investigaciones, etc.
3. Recopilar información de expertos y trabajadores del sector para así realizar una comparativa entre el escenario real actual y las conclusiones obtenidas en el análisis teórico.
4. Elaborar un plan de medidas preventivas para disminuir los riesgos asociados a las tareas que se llevan a cabo en estos centros de trabajo.

2.2. Metodología

En primer lugar, se va a realizar una investigación documental basada en la recopilación de información de artículos, libros, informes, etc. Como base, se han utilizado investigaciones centradas en el funcionamiento de los vehículos eléctricos y en su evolución a lo largo de los años. Gracias al trabajo realizado por Jesús Trashorras Montecelos en “Vehículos eléctricos” (Trashorras Montecelos, 2019) se han obtenido los conocimientos suficientes para conocer con exactitud esta nueva tecnología y comprender el ámbito técnico de sus componentes, los cuales son capaces de originar situaciones de peligro para el personal presente en el lugar de trabajo.

En segundo lugar, se llevará a cabo una investigación centrada únicamente en los nuevos talleres de trabajo, obteniendo para ello información acerca de cómo están organizados los lugares de desempeño, cómo son las labores que realizan y cuáles son los accidentes y/o enfermedades profesionales que con más frecuencia ocurren. Entre ellos destaca la guía elaborada por la Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico (AEDIVE) y la Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos (GANVAM) cuyo nombre es “Cuaderno de recomendaciones de seguridad en talleres de reparación y mantenimiento en lo que se refiere a vehículos híbridos y eléctricos”

La investigación descriptiva será el siguiente instrumento de investigación empleado en este proyecto, puesto que se van a repartir encuestas a diferentes trabajadores del sector con el fin de comprender los peligros que con mayor o menor frecuencia ocurren en sus centros de trabajo. Por consiguiente, se ha decidido emplear el método Delphi como técnica de consulta para obtener dicha información y cuya comunicación se realizará vía telefónica y/o correo electrónico.

Posteriormente, se va a realizar una investigación cuantitativa para recopilar los datos numéricos de las diferentes encuestas y, posteriormente, analizarlas estadísticamente. De esta forma, se pretende alcanzar los resultados establecidos y asentar las bases para elaborar un plan de medidas preventivas.

2.3. Alcance

El alcance del presente trabajo de fin de máster es el análisis teórico de los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos en materia de prevención de riesgos laborales. En lo que se refiere a los coches eléctricos, se van a estudiar las diferentes tipologías que existen dentro del sector automovilístico, abarcando en su análisis tanto el funcionamiento, componentes y riesgos asociados.

Con respecto al área de trabajo, el estudio está limitado al sector de reparación y mantenimiento, no abordando las líneas de producción ya que se observarían diferencias con respecto a los peligros existentes.

El método cuantitativo empleado en la investigación por encuestas se va a realizar a diferentes talleres nacionales, ubicados tanto en la localidad de Málaga como en Madrid, Sevilla... con el fin de conseguir la opinión de diez a quince centros de trabajo diferentes y organismos directamente relacionados con el sector de la automoción y con las nuevas tecnologías.

Por último, las medidas preventivas propuestas se van a centrar en los riesgos reales de los talleres como resultados de las encuestas realizadas. Con ello se pretende proporcionar a los trabajadores una solución real y eficiente de los peligros a los que se enfrentan actualmente.

3. Marco teórico

3.1. Introducción

El vehículo eléctrico es un modo de transporte cuya propulsión se realiza a través de uno o varios motores eléctricos, de corriente alterna o continua. Para ello, emplea la energía eléctrica almacenada por el paquete de baterías recargables y es consumida cuando el coche se pone en movimiento.

3.1.1. Evolución histórica vehículos eléctricos

Actualmente, existe la creencia de que los coches eléctricos son un invento reciente del siglo XXI, lo que es totalmente incorrecto. Históricamente, se asocia su época de oro entre finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, marcando sus inicios entre los años 1832 y 1839 con la aparición del que es considerado el primer vehículo eléctrico. Fue creado por Robert Anderson y se basó en la idea de incorporar a los carruajes de caballos unas celdas eléctricas que permitiesen el movimiento del vehículo empleando la electricidad y, de esta forma, sustituir a los animales (Toyota, 2024).

En paralelo surgió, en el año 1834, el primer motor eléctrico de corriente continua de 600 revoluciones por minuto, que se consiguió gracias a los estudios realizados por el inventor estadounidense Thomas Davenport. Sin embargo, no tuvo el éxito esperado ya que el vehículo al que se incorporaban este tipo de motores no era capaz de soportar el peso de las baterías ni el de las personas, además del elevado coste energético. A pesar de ello, es considerado uno de los hitos más importantes que han marcado la evolución de los vehículos eléctricos.

Con respecto a las baterías, es uno los componentes más importantes y determinantes para el desarrollo de este tipo de vehículos ya que a partir de su creación es cuando se consideran a los coches eléctricos realmente operativos. Su creación se otorga a Gastón Planté que inventó en 1859 la primera batería recargable de plomo y ácido, aunque no es hasta 1879 cuando tiene una plena acogida por parte de la industria. Este hecho motivo a posteriores investigadores para estudiar otro tipo de baterías, como es el caso de M. Stanley Whittingham, John B. Goodenough y Akira Yoshino que se centraron a lo largo de los años en las baterías de iones de litio con el objetivo de alcanzar su mejor rendimiento.

Existe mucha controversia acerca de la aparición del primer vehículo eléctrico, ya que para muchos es en 1888, y a manos de Andreas Flocken, cuando se presenta a la sociedad el

primer coche con estas características y cuyo nombre fue el Flocken Electrowagen. Se trataba de un modelo con un motor de potencia 0.7 kW y alimentado por baterías de elevados pesos, concretamente 100 kg (Zunder, 2022). Muchos de los problemas a los que se enfrentaban eran las bajas velocidades que podían alcanzar, de hasta 15km/h, por lo que eran relativamente bajas y poco rentables. Sumado a esto, se encontraba la problemática alrededor de la autonomía del vehículo, siendo uno de los principales obstáculos que se sigue analizando actualmente.

Para hacer frente al desafío de la velocidad, en 1899 se inventó el primer automóvil que fue capaz de superar el umbral, llegando a alcanzar los 100 km/h. Recibió el nombre de “Jamais contente” y este logro se consiguió gracias a Camille Jenatzy, el cual incorporó dos motores eléctricos con un rendimiento de 25 kW cada uno, con un funcionamiento de 200 V y un requerimiento de 124 A cada uno (Martín, 2020). Uno de los detalles más característicos fueron su forma de torpedo y la escasa protección que presentaba, tal y como se muestra en la Ilustración 2.



Ilustración 2. Jamais Contente, primer VE en superar los 100 km/h. Fuente: (Martín, 2020)

Todos estos acontecimientos condujeron al hecho de que a principios del siglo XX un 38% de los automóviles funcionasen gracias a la electricidad frente al 40% que empleaban vapor y el 22% gasolina (Vehículo eléctrico, 2019).

A pesar del intento de seguir mejorando muchos aspectos funcionales durante el transcurso del siglo XX, como es por ejemplo el hecho de que Oliver O. Frithle consiguiese en 1906 el valor más alto de autonomía del vehículo hasta el momento, más de 100 km, no impidieron la decaída del coche eléctrico. Esto fue provocado por la llegada de la producción en cadena de los vehículos de combustión a manos de Henry Ford.

Por lo tanto, los coches eléctricos disminuyen su presencia en la industria del automóvil de forma notable. No es hasta 1996 cuando resurgen de nuevo debido, principalmente, a la crisis del petróleo y al primer lanzamiento en el mercado del vehículo eléctrico, conocido como EV1 (General Motors). Fue fabricado y diseñado en serie consiguiendo pasar de 0 a 100 km/h en apenas nueve segundos, siendo totalmente eléctrico. Sin embargo, el éxito no duró demasiado debido tanto a la opinión tan negativa que se tenía acerca de las baterías como al poco apoyo legal con el que contaban, provocando así la eliminación por completo de este prototipo, exceptuando un único ejemplar que se conserva actualmente como patrimonio histórico.

Un año después aparece el primer coche híbrido de producción en masa, el Toyota Prius, que, a pesar de no ser 100% eléctrico, contaba con características muy similares y fue capaz de asentarse en el mercado gracias a su buena relación calidad – precio. Este hecho propulsó el avance de la tecnología híbrida y eléctrica, lo que conduce que en los últimos años muchas empresas hayan apostado por fabricar este tipo de vehículos, como es el caso de Tesla.

Por lo tanto, todos estos hechos han contribuido al renacimiento del vehículo eléctrico del siglo XXI, acompañado de importantes movimientos estructurales y políticos que están llevando a cabo diversos países, como es el caso de China, que planea poner en venta 71 nuevos modelos caracterizados por su propulsión eléctrica (Bradsher, 2024), o España, con la creación del Plan MOVES en 2009.

Es por ello, que el vehículo eléctrico ha experimentado diversos cambios a lo largo de su historia y que están marcados en su mayoría por fracasos, motivando de esta forma a científicos y expertos a mejorar aspectos funcionales con la intención de posicionarlos de nuevo en el mercado.

Si se analiza la situación actual es complicado que este tipo de vehículos fracasen de la misma forma que en su pasado, es decir, desapareciendo por completo o teniendo ventas casi nulas. Esto se debe a la conciencia social actual de cooperar con el medio ambiente e intentar reducir los gases de efecto invernadero (GEI). De igual manera, el aumento de matriculaciones está provocando que los talleres de reparación y mantenimiento tengan una demanda mayor de este tipo de vehículos, de ahí la problemática actual que se plantea analizar.

3.1.2. Componentes de los vehículos eléctricos

Si se analiza únicamente la fachada del coche, es decir, su apariencia exterior, no hay diferencias entre los vehículos de MCI y los eléctricos. Sin embargo, en lo que se refiere a los componentes internos se observan múltiples diferencias que conducen a situaciones donde es cada vez más frecuente la aparición de nuevos riesgos laborales, por lo que es difícil asegurar que la seguridad de las personas que trabajan directamente con ellos esté garantizada debido a la escasa formación e información en este ámbito.

En la ilustración adjuntada a continuación se muestra un esquema básico de los componentes que forman un vehículo eléctrico, aunque pueden observarse diferencias en función de la tipología que se esté analizando, tal y como se indica en el siguiente apartado.

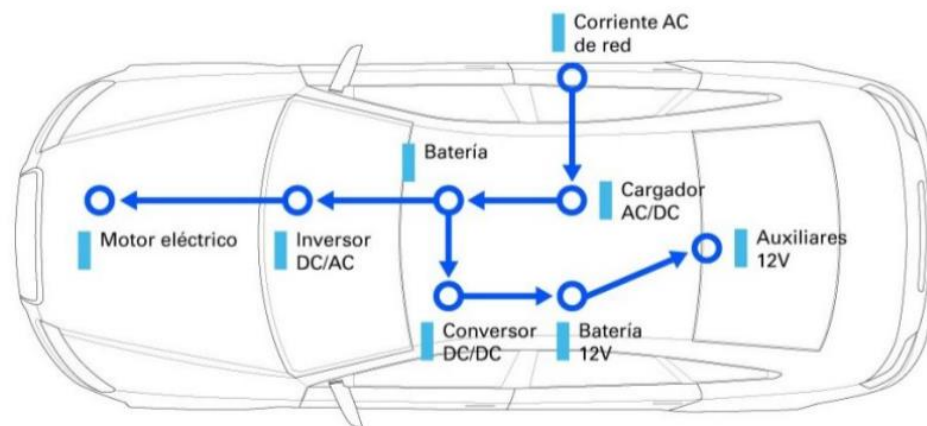


Ilustración 3. Esquema básico de un VE. Fuente: (Endesa, s.f)

Por lo tanto, en este apartado se procede a analizar los elementos más importantes de los vehículos eléctricos con el fin de comprender cómo funcionan y cuáles son sus funciones dentro de la infraestructura del coche. De esta forma, se podrá identificar de forma más sencilla los peligrosos asociados y poder así aplicarlo en estudios posteriores.

3.1.2.1. Cargador a bordo

Es un dispositivo electrónico de potencia clave en la infraestructura del vehículo eléctrico ya que su función es convertir la corriente alterna (AC) proveniente de fuentes externas, como son estaciones de puntos de recarga o enchufes domésticos, en corriente continua (DC).

Asimismo, para conseguir esta transmisión de energía compatible hacía el paquete de baterías es necesario que se establezca una comunicación entre el cargador a bordo y la unidad de control del vehículo (ECU), observándose diferentes fases. La primera de ellas es cuando el

vehículo se conecta a una red eléctrica, por lo que la ECU debe conocer el estado inicial de la batería con el fin de poder enviar información acerca de los valores de partida de tensión y voltaje.

Cuando se inicia el proceso de carga, la ECU debe controlar en todo momento como va a ir evolucionando el estado de la batería y, en el caso de sobrecalentarse, debe ajustar los parámetros de potencia y enviar esta información al cargador para que los ajustes igualmente en la conversión. Por último, al finalizar el proceso de carga la ECU se lo comunica al cargador para que detenga la conversión.

En cuanto al funcionamiento existen diferentes modos, pudiéndose clasificar en función de la potencia de carga, que va a determinar el tiempo de carga de las baterías y el voltaje.

- Clasificación en función potencia de carga:
 - Baja potencia: entre 1.4 – 3.7 kW. Líneas monofásicas y usos domésticos.
 - Media potencia: 7 – 11 kW. Líneas monofásicas y trifásicas y estaciones de carga pública.
 - Alta potencia: 22 – 44 kW. Líneas trifásicas y zonas industriales.
- Clasificación en función del voltaje:
 - Corriente Alterna (AC)
 - Corriente Continua (DC)



Ilustración 4. Cargador a bordo. Fuente: (APTIV, 2023)

3.1.2.2. Baterías

La batería es un dispositivo encargado de acumular energía eléctrica para así poder transmitirlo al motor eléctrico una vez se inicie el movimiento del vehículo. Para ello, deben ocurrir una serie de procesos electroquímicos ya que el funcionamiento de las baterías se basa en aprovechar la energía liberada en las reacciones de oxidación – reducción, llamadas redox, que tienen lugar entre el cátodo y el ánodo de las celdas de las baterías.

La celda es el componente de menor tamaño del que está formado la batería cuyos valores de tensión deseados oscilan entre los uno y seis voltios, y están dispuestas en serie y/o paralelo formando módulos. A su vez, los paquetes de baterías están compuestos por módulos y se pueden integrar en serie y/o paralelo para una correcta conexión (MIT Electric Vehicle Team, 2008).

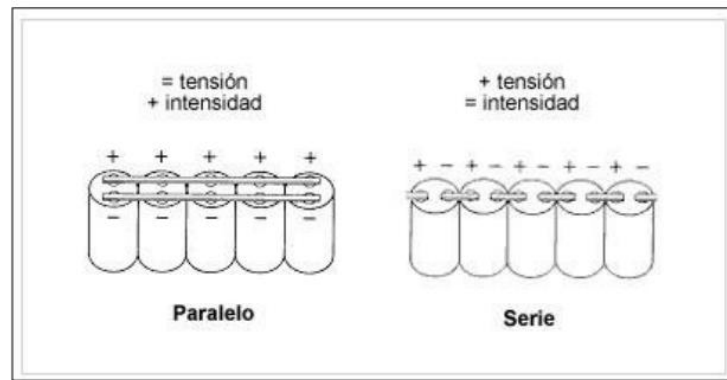


Ilustración 5. Disposición de celdas en pack de baterías. Fuente: (Díez González, 2019).

Hoy en día, es posible encontrar diferentes tipos de baterías, como son el Model S y Model X de Telsa o, el más reciente, Modelo 3, que se caracterizan por estar formadas por un gran número de celdas de pequeño tamaño y poca capacidad. Por otro lado, están aquellas que tienen celdas de gran tamaño y, por ende, mayor capacidad.

Con el propósito de comprender el principio de funcionamiento de las baterías, es importante analizar cómo trabajan las celdas que reciben o entregan la energía eléctrica en los procesos de carga o descarga. Como se ha indicado anteriormente, todo se basa en una reacción química conocida como redox cuyo concepto actual es el siguiente. “Una sustancia se oxida cuando pierde electrones, que cede a otra sustancia que es la que se reduce, luego la oxidación es una pérdida de electrones y la reducción una ganancia de electrones” (Universidad de Valencia, s.f).

Esta transferencia de electrones ocurre entre el cátodo, de polaridad positiva, y el ánodo, polaridad negativa, los cuales se encuentran sumergidos en un electrolito permitiendo así un movimiento continuo de iones a través de la batería. Durante el proceso de descarga, el cátodo es el que se oxida para liberar los electrones hacia el ánodo y, de esta forma, se crea un flujo de energía que se dirige hacia el motor eléctrico. En el caso de que se esté cargando la batería, es el ánodo el que cede los electrones al cátodo para que así pueda recuperarlos y sea posible iniciar de nuevo la descarga de la batería.

Se observan ventajas técnicas en comparación con las baterías empleadas en los coches de MCI, como es el alto rendimiento energético, alcanzando hasta un 97%. De esta forma, son capaces de aprovechar de manera más eficiente la energía almacenada.

Por otro lado, la batería es un factor determinante a la hora de elegir un vehículo eléctrico ya que influye de manera significativa en el precio final del vehículo y en la autonomía, al estar estrechamente vinculado con la capacidad de almacenamiento.

Actualmente, las baterías de ion-litio son las que utilizan la mayoría de los coches eléctricos en el mercado y se debe principalmente a sus mejoras en determinados aspectos funcionales. Por ejemplo, para solucionar el problema de los tiempos de autonomía de los vehículos, se han llevado a cabo investigaciones y se ha conseguido mejorar su capacidad de almacenamiento de energía eléctrica a pesar de ser baterías pequeñas, obteniendo así ciclos de carga más largos.

Al ser las más vendidas en el mercado, se ha decidido enfocar el estudio en este tipo de baterías, resumiendo a continuación su funcionamiento, características técnicas y ventajas y desventajas.

- Baterías Ion – Litio

El ánodo es de grafito, una forma del carbono, sumergido en un electrolito de sal de litio, junto con el cátodo. Para este último existen diferentes tipos y se clasifican en función del tipo de material empleado: óxido de litio-cobalto, fosfato de hierro y litio, níquel-cobalto-aluminio, níquel-manganeso-cobalto... Esta variación influye en la tensión que es capaz de soportar la celda de la batería, obteniendo valores que oscilan entre los 3,2 y 3,6 V/celda (Martín Escolar, 2016).

Ambos se encuentran sumergidos en un electrolito líquido y separados por un componente que impide el contacto entre ellos, cuyo nombre es separador. En esta mezcla de disolvente y sal de litio es donde ocurre la reacción oxidación – reducción (redox) y, por lo tanto, se genera la energía provocada por el diferencial de potencial que origina el movimiento de los electrones.

En lo que se refiere a sus ventajas, poseen una alta densidad energética, 200 – 500 Wh/L así como una alta energía específica, 130 Wh/kg (Martín Escolar, 2016). Además, no tienen efecto memoria por lo que su capacidad no se ve afectada al no tener que recordar el nivel de

carga de ciclos anteriores. Esto permite que las baterías se puedan recargar sin tener la obligación de esperar a que se descarguen por completo.

Sin embargo, se ven muy afectadas por las condiciones de sobrecarga y sobredescarga. Dicha desventaja puede conducir a situaciones en las que sea difícil garantizar tanto la seguridad de las baterías como de las personas que trabajan con ellas. De esta forma, deben tener integrados circuitos de seguridad que controlen los valores de voltaje y tensión y asegurarse que se encuentran dentro de los límites permitidos, que es lo que se conoce como sistema de gestión de la batería (BMS).

En conclusión, los vehículos eléctricos están formados por baterías de alto voltaje, por lo que es importante tomar medidas de seguridad y estar debidamente informados para trabajar con ellos. Además, disponen de una batería auxiliar de 12 V como la que usan los vehículos de MCI y cuya función es transmitir energía a otros elementos auxiliares del coche, por ejemplo, las luces, o para servir de apoyo en la carga de las baterías de alta tensión.

3.1.2.3. Sistema de gestión de la batería (BMS)

Una vez interiorizado el funcionamiento de las baterías, es posible establecer una serie de conclusiones que determinan lo peligrosas que pueden llegar a ser en el caso de existir riesgos de sobrecargas eléctricas y/o explosión de celdas debido a las altas o bajas temperaturas (Trashorras Montecelos, 2019).

Por lo tanto, es necesario que exista un aparato encargado de proteger las baterías y este dispositivo electrónico integrado en el vehículo eléctrico recibe el nombre de sistema de gestión de la batería (BMS).

Su función principal es vigilar y gestionar cada una de las celdas que componen el pack de baterías, las cuales son capaces de generar tensiones muy grandes y, por lo tanto, provocar un desequilibrio global en el funcionamiento del coche. De esta forma, el BMS debe suspender el proceso de carga en situaciones donde se alcancen picos altos de tensión evitando así un cortocircuito.

Asimismo, puede darse el caso en el que exista una descompensación energética si algunas de las celdas que forman la batería capte mayor energía de las que son capaces mientras que otras reciben menos y, por ende, no puedan realizar su función de carga. Esta situación puede desembocar en la destrucción o explosión de la batería.

En consecuencia, para que el BMS puede realizar su función de monitorización y control es necesario calcular el estado de carga de la batería (Soc), es decir, el nivel de energía disponible. Este valor, expresado la mayoría de las veces en unidades de porcentaje, se obtiene con la diferencia entre la carga actual y la carga completa y el resultado es enviado al conductor para informar de la condición actual de la batería.

Otra información que es transmitida a través de la comunicación BMS – conductor es el estado de salud (SOH). Este se determina mediante los ciclos de recarga de las que dispone la batería, estableciéndose a partir de una diferencia entre el estado de la batería en la situación actual y la inicial.

Por lo tanto, el BMS actúa como una unidad de control dentro de la batería y recibe la información a partir de unos sensores de corriente y de temperatura que emplea para mantener en buen estado las baterías.

3.1.2.4. Sistemas de conversión e inversores

Los convertidores e inversores son módulos de circuitos electrónicos encargados de transformar la energía en la forma y magnitud deseadas para poder accionar el motor, cargar la batería eléctrica o alimentar la batería auxiliar de 12V.

- Inversor

El inversor transforma la corriente continua (DC) proveniente de las baterías en corriente alterna (AC) con el fin de alimentar al motor eléctrico, en el caso de que este sea un motor de AC. Sino es así y se trata de un motor DC no es necesario que tenga lugar dicha transformación ya que el flujo de energía circula de forma directa de las baterías al motor.

Al entregar corriente AC al motor, el inversor es capaz de modificar su frecuencia cada vez que se acciona el pedal de aceleración del vehículo y, por ende, se produce una variación de la velocidad. Por lo tanto, el comportamiento de conducción del coche eléctrico va a depender del inversor (Berizzo, 2021).

Asimismo, se encarga de convertir la energía en forma de corriente AC recuperada durante el frenado en corriente DC para que sea devuelta a las baterías y así puedan iniciar el proceso de carga. Por lo tanto, dependiendo de la función que este realizando el motor eléctrico, si generando o entregando energía, el inversor realizará una labor u otra adaptando la tensión y longitud de onda.

En el caso de que el motor eléctrico sea trifásico, el inversor puede contar con un transformador, el cual es necesario para poder incrementar la tensión de salida del inversor y adaptarla a unos valores de voltaje que el motor eléctrico pueda recibir (Trashorras Montecelos, 2019). El esquema de funcionamiento se muestra en la ilustración adjuntada a continuación.

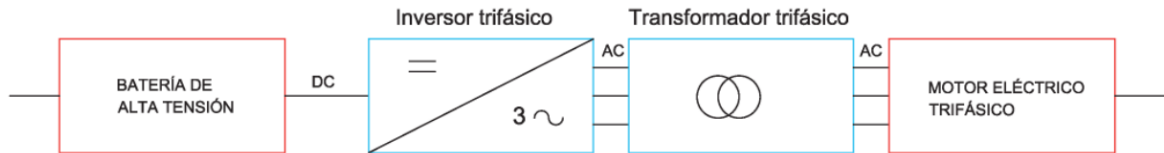


Ilustración 6. Inversor. Fuente: (Trashorras Montecelos, 2019)

- Conversor CC/CC

Se encuentra situado entre la batería principal y la batería auxiliar del vehículo eléctrico, por lo que su misión es transformar la corriente continua de alto voltaje en una de baja tensión, concretamente de 12 V. La finalidad de esta conversión es alimentar a los elementos auxiliares del coche y para ello estos dispositivos emplean capacitores y bobinas que almacenan energía de forma temporal y, en su debido momento, la entregan con una disminución de tensión.

3.1.2.5. Motor eléctrico

El motor eléctrico, junto con la batería, son los dos componentes más importantes que conforman el vehículo eléctrico ya que sin ellos no sería posible el inicio del proceso de propulsión. Está formado por una parte fija, estátor, en cuyo interior se encuentra el rotor, la parte móvil, y están cubiertos por una carcasa metálica.

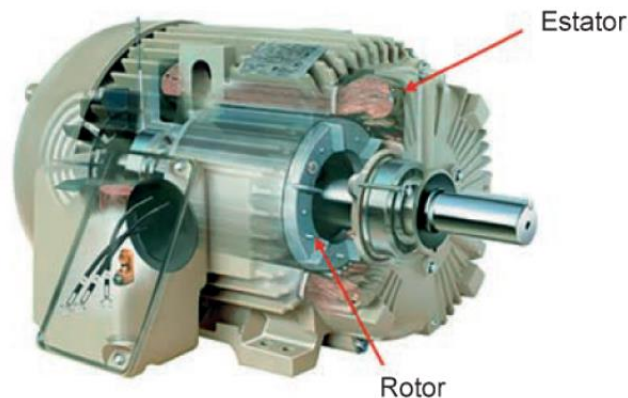


Ilustración 7. Partes de un motor. Fuente (Trashorras Montecelos, 2019)

Una de las funciones principales del motor eléctrico es convertir la energía eléctrica que recibe de las baterías en energía mecánica gracias a una serie de interacciones

electromagnéticas. Explicándolo de forma más detallada, las bobinas que forman el estátor giran debido al paso de la corriente alterna generando un campo magnético rotativo que interactúa con el rotor y forma un par motor. Finalmente, la energía mecánica es generada y dirigida hacia las ruedas que se accionan dando lugar al inicio de la marcha.

Sin embargo, el motor eléctrico también puede actuar como generador, tal y como se ha indicado anteriormente. Para que esto ocurra, el sistema de frenado almacena parte de la energía cinética que se genera cuando el vehículo va disminuyendo la velocidad en lugar de disiparla en forma de calor como ocurre en los vehículos de MCI. Por lo tanto, esta energía se aprovecha para cargar las baterías por lo que debe pasar previamente por un inversor que transforme la corriente alterna del motor en corriente continua.

En lo que se refiere a los tipos de motores eléctricos, la forma de alimentación es un factor determinante en su clasificación al haber motores de corriente continua o alterna. La principal diferencia es que, en el primer caso, no necesitan un inversor ya que la energía fluye de manera directa de la batería principal al motor.

No obstante, en lo que se refiere al comportamiento del estátor y rotor a la hora de generar energía mecánica existe una mayor variedad en su clasificación, tal y como se indica a continuación.

- Motor asíncrono (inducción)

La velocidad de giro del campo magnético generado por el estátor es mayor que la velocidad a la que gira el rotor, el cual puede ser de tipo bobinado o jaula de ardilla. Su funcionamiento se basa en crear el campo magnético gracias al movimiento de giro de los imanes permanentes que lo constituyen. Asimismo, la frecuencia con la que se produce la rotación no coincide con la frecuencia de alimentación.

Es uno de los motores más empleados en el sector eléctrico del automóvil al caracterizarse por una alta eficiencia y fiabilidad, además de tener un bajo precio de mercado. Sin embargo, uno de los inconvenientes que le hace perder ventaja competitiva es su poca potencia.

- Motor síncrono

Tal y como su nombre indica, la velocidad de giro del campo magnético es la misma que la velocidad de giro del rotor, existiendo una subclasificación para este tipo de motor.

- Imanes permanentes
- Reluctancia conmutada o variable
- Sin escobillas de imanes permanentes

3.1.3. Tipología de vehículos eléctricos

Una vez analizado los componentes que forman el esqueleto de este tipo de vehículos y comprendido el ámbito técnico que les rodea, se procede a describir las distintas tipologías que existen en el mercado. La clasificación seleccionada para el estudio está basada en la electrificación ya que los coches pueden ser impulsados únicamente por la electricidad almacenada o bien por la combinación entre motor eléctrico y MCI, tal y como se muestra a continuación.

3.1.3.1. Vehículo eléctrico de batería (BEV)

Conocido también como vehículo totalmente eléctrico, es el único dentro de la clasificación que es 100% eléctrico, por lo que el motor de combustión es sustituido por completo por uno o dos motores eléctricos. Así es como se consigue reducir las emisiones que salen por el tubo de escape al no tener que quemar ningún tipo de combustible.

El suministro depende exclusivamente del paquete de baterías que debe ser conectado a una infraestructura de recarga o a una red de carga disponible para así almacenar la energía eléctrica necesaria. De esta forma, la electricidad fluye hacia el motor eléctrico lo que provoca que las ruedas comiencen a girar mediante un engranaje y, por ende, que el vehículo inicie su desplazamiento.

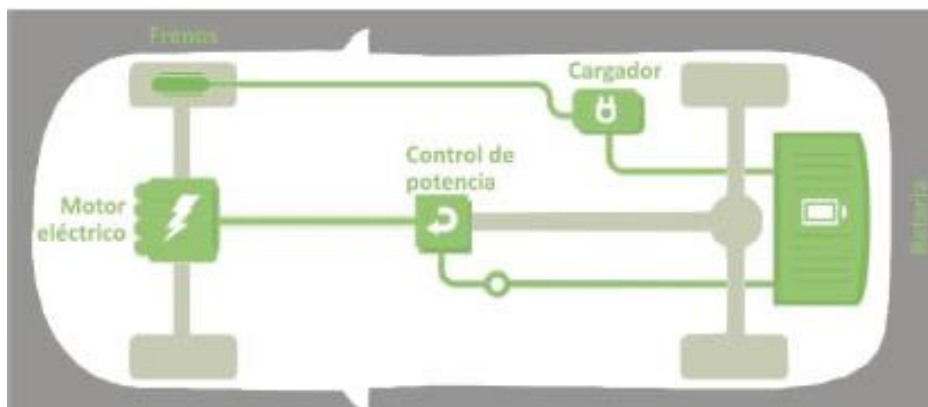


Ilustración 8. Esquema BEV. Fuente: (Recarga coches eléctricos,2012)

Sin embargo, una de las desventajas que poseen es la baja autonomía ya que hay estudios que han demostrado que las baterías son capaces de alcanzar como máximo 200 km, aunque pueden ser valores incluso inferiores al depender del número de baterías y tipología.

3.1.3.2. Vehículo eléctrico híbrido (HEV)

Este tipo de vehículos combinan un motor eléctrico y un MCI, el cual obtiene la energía gracias a algún tipo de combustible, por ejemplo, gasolina, y que se encuentra almacenado en el depósito de combustible.

La diferencia principal con respecto al resto de coches analizados en el presente trabajo es que la carga de las baterías no se realiza a través de la red eléctrica, por lo que no disponen de ninguna abertura de conexión. Sin embargo, emplean la energía generada por el motor térmico y/o por la energía recuperada durante el frenado.

Atendiendo al funcionamiento de los motores se observan diversas variaciones, por lo que es posible establecer la siguiente subclasificación.

- Híbridos en serie

Es considerado un vehículo eléctrico casi por completo ya que el MCI funciona como una central térmica que genera electricidad, pero no realiza ninguna función de propulsión del vehículo. Por lo tanto, el motor eléctrico hace uso de esa electricidad y proporciona la tracción necesaria para que las ruedas se muevan, las cuales no están conectadas con el motor de combustión interna, es decir, no existe tracción mecánica.

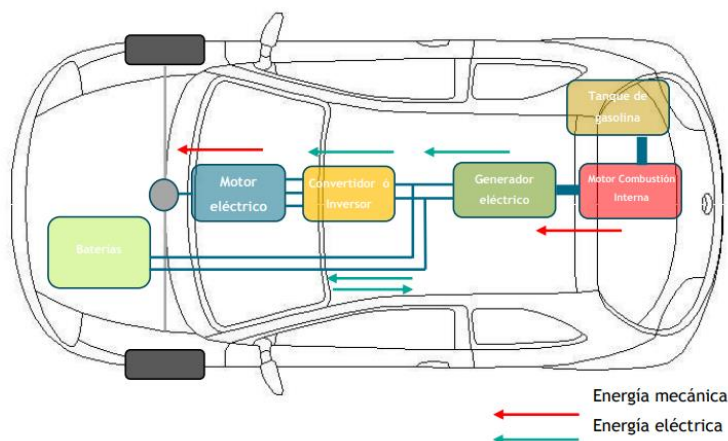


Ilustración 9. Sistema HEV en serie. Fuente: (Díaz Hervás, 2017)

En relación con la ilustración, la energía que se obtiene del MCI pasa por un generador eléctrico que permite la transformación de la energía mecánica en energía eléctrica y esta debe pasar por un inversor. Esto se debe a que la energía que se almacena en las baterías debe ser corriente continua (DC) y la que proviene del generador es alterna (AC).

Así, las baterías disponen de energía para que, en el momento que el vehículo inicie el movimiento, se pueda recurrir a ella y llegue al motor eléctrico, pasando previamente por el inversor con el fin de convertir la corriente en AC.

- Híbridos en paralelo

Se conocen como vehículos semihíbridos (MHEV) y en estos casos el MCI y el eléctrico pueden trabajar de manera simultánea o de forma independiente, en función de la demanda exigida. De esta forma, si las velocidades son bajas al requerir poca potencia puede trabajar únicamente el motor eléctrico. En caso de necesitarse una potencia mayor o no se disponga de suficiente batería, el motor de combustión es el que realiza la tarea de impulsar al vehículo. Otro escenario posible es cuando trabajan ambos a la vez y principalmente ocurre cuando el motor eléctrico sirve de apoyo al MCI con el fin de obtener una eficiencia mejor.

Este mecanismo de trabajo es posible gracias a que ambos motores están conectados a las ruedas de tracción, por lo que los flujos de energía pueden llegar a ellas en ambas direcciones, tal y como se observa en la ilustración adjuntada a continuación.

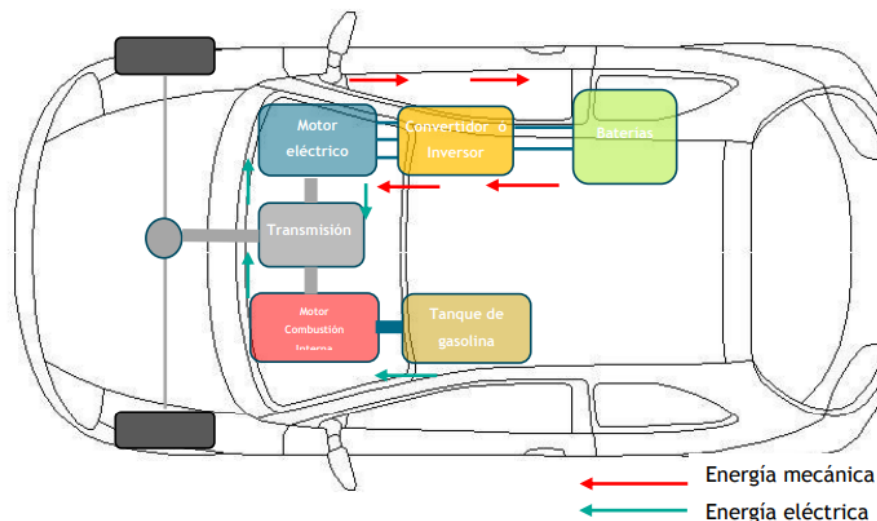


Ilustración 10, Sistema HEV en paralelo. Fuente: (Díaz Hervás, 2017)

- Híbridos combinados (full hybrid)

Tal y como su nombre indica, combina los dos sistemas anteriores, tanto el paralelo como el de serie, siendo una de las tecnologías más avanzadas.

En este caso, el MCI se emplea también para la recarga de las baterías, tal y como ocurre en la configuración en serie. Por lo tanto, se mantiene la misma estructura, es decir, un generador eléctrico que transforme la energía mecánica proveniente del depósito de combustible y un convertidor/inversor que transforme la corriente eléctrica en función de la dirección hacia donde se dirija.

Para que esto ocurra, debe existir un mecanismo divisor de potencia entre el generador y el MCI encargada de gestionar la energía. Este tren de engranajes distribuye parte de la energía mecánica producida en el MCI a las ruedas y el resto lo dirige hacia el generador que es el responsable de que el motor eléctrico reciba energía o de que las baterías sean cargadas.

Por último, el vehículo se mueve gracias a ambos motores, al igual que en la configuración en paralelo, por lo que esto permite al vehículo trabajar en función de la demanda y así obtener un mejor rendimiento funcional.

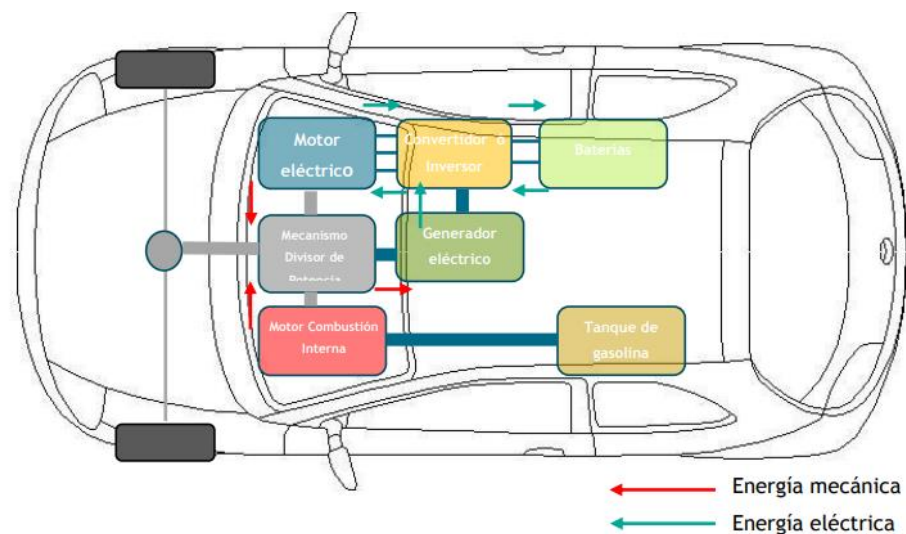


Ilustración 11, Sistema HEV Full Hybrid. Fuente: (Díaz Hervás, 2017)

3.1.3.3. Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)

Su funcionamiento es el mismo que los vehículos híbridos no enchufables ya que combinan un motor eléctrico y un MCI y se van alternando en función de la potencia demanda.

Por lo tanto, la única diferencia que existe entre ambos es que deben enchufarse a la red eléctrica para poder cargar el paquete de baterías, tal y como su nombre indica. De esta forma,

son capaces de transmitir la energía a las ruedas del vehículo sin necesidad de recurrir al MCI, aunque se sigue empleando la energía proveniente de este motor o de la recuperado en el frenado regenerativo cuando se ha agotado la batería y no hay puntos de recarga cerca.

Es por ello, que la limitación más importante es la autonomía ya que disponen como máximo de un desplazamiento de 100 km sin necesidad de cargar. El motivo es que el tamaño de sus baterías es bastante inferior que el de los coches 100% eléctricos, por lo que dependen de infraestructuras de recarga al realizar distancias más largas.

En la ilustración adjuntada a continuación se muestra de forma gráfica la diferencia interna entre HEV y PHEV.

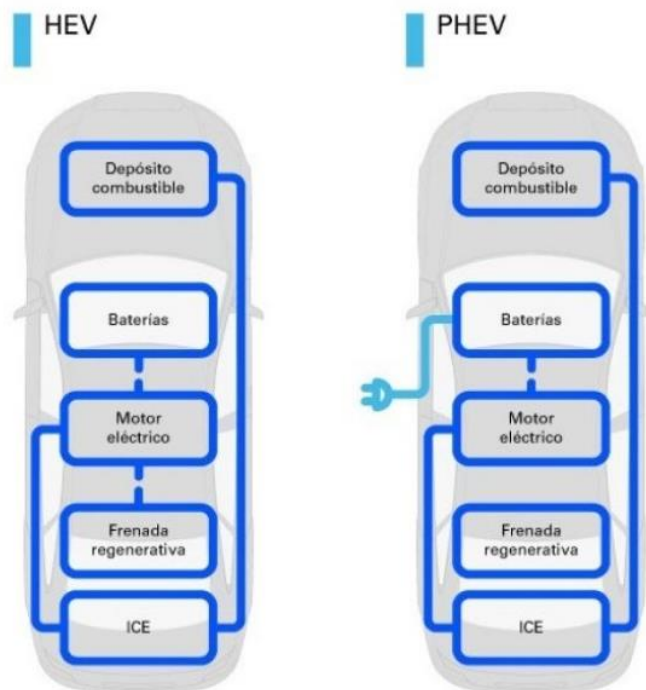


Ilustración 12. Comparativa entre HEV - PEV. Fuente: (Endesa, s.f)

3.1.3.4. Vehículo eléctrico de autonomía extendida (EREV)

Al igual que los vehículos híbridos, los EREV están formado por ambos motores con la diferencia que el MCI nunca va a realizar la función del impulsar al coche, sino que actúa como apoyo del motor eléctrico al cargar las baterías cuando estas se agotan. En cuanto a si se deben conectar a la red eléctrica o no, existen ambos tipos por lo que se puede recurrir a la red eléctrica o depender únicamente del MCI.

A pesar de ser la menos común dentro de la tipología de vehículos eléctricos, resulta interesante optar por esta opción ya que proporcione mayor tranquilidad en cuanto a la autonomía, estando la posibilidad de realizar viajes más largos.

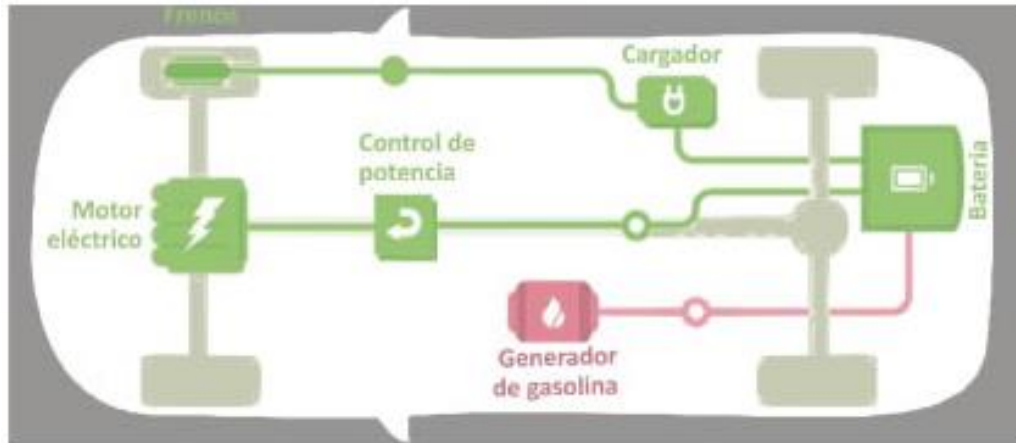


Ilustración 13. Esquema EREV. Fuente: (Recarga coches eléctricos, 2012)

3.2. Talleres de reparación y mantenimiento VE

Los talleres de reparación y mantenimiento de cualquier tipo de vehículo se describen como establecimientos industriales donde se realizan operaciones para solucionar problemas con el fin de conseguir un correcto funcionamiento de alguno de sus componentes o de todo en su conjunto. En consecuencia, se emplean una variedad determinada de herramientas y equipos que deben ser almacenados y mantenidos correctamente. De esta forma, se puede llevar a cabo todas y cada una de las labores necesarias, las cuales se pueden clasificar en función de la línea temporal, es decir, recepción, reparación o mantenimiento y tareas finales. Todas ellas permiten que, tras cualquier avería o problema, el vehículo sea entregado en un estado de adecuado funcionamiento.

Actualmente, este sector de servicio está sufriendo importantes cambios como consecuencia del incremento de vehículos eléctricos e híbridos en el mercado, los cuales exigen de nuevas tareas de reparación y mantenimiento. Esto se debe principalmente a modificaciones en el ámbito técnico en comparación con los vehículos de MCI, como son la presencia de otros componentes o variaciones en el modo de funcionamiento, tal y como se ha explicado anteriormente. Un ejemplo de ello es la alta tensión característica de los vehículos eléctricos, por lo que se debe trabajar con valores de voltaje muy elevados y que requieren por normativa una formación y medidas de seguridad determinadas, las cuales se detallarán más adelante.

Por consiguiente, esta situación se presenta como un reto para los talleres convencionales, los cuales se han visto obligados a adaptarse al mercado actual y tomar medidas que conllevan cambios organizativos, formativos, de infraestructura y de seguridad.

A pesar de ello, algunos de estos espacios de trabajo han mantenido las zonas, equipos y labores relacionadas con los vehículos tradicionales, por lo que han conservado gran parte de su infraestructura a la vez que son capaces de dar servicio a los vehículos eléctricos. Este tipo de talleres son lo que se conocen como talleres “mixtos”, al contrario de los talleres especialistas cuyo servicio es exclusivo para los vehículos eléctricos (IRSST, 2023). En la mayoría de los casos, han surgido desde cero, por lo que han implantado las nuevas medidas desde sus inicios sin tener que variar su modo de funcionamiento y/o equipamiento de recursos.

A continuación, se exponen alguno de los cambios más importantes que han provocado que el sector automotriz modifique su cultura y modelo de negocio con el fin de adaptarlo y poder dar una respuesta efectiva.

3.2.1. Cambios organizativos.

Una gran parte de los empleados de talleres de vehículos están sufriendo una transición importante al experimentar cambios tanto en los procesos productivos como en la forma de gestionar la empresa.

En primer lugar, existe una presencia de energía eléctrica con valores muy elevados al tener que trabajar con cableado de alta tensión (AT). Esto se debe a que el coche eléctrico cuenta con una batería que alimenta al motor y cuyo rango es de 360 – 400 V, aunque hoy en día existe un modelo en el mercado, Porsche Taycan, que es capaz de operar a 800 V. La transmisión de esta energía se realiza a través de un cableado de AT, tal y como se ha mencionado anteriormente, que debe ser manipulado para poder llevar a cabo cualquier tarea de reparación o revisión vinculado con este componente.

Por lo tanto, además de la presencia de un nuevo riesgo para los trabajadores, el cual será analizado con posterioridad, aparece una nueva forma de trabajar que no existía con los vehículos de MCI ya que están formados únicamente por baterías de 12 V. Consiste en que al llegar un vehículo a la zona de trabajo los empleados deben clasificar la tarea a realizar en función de la presencia de la energía eléctrica, es decir, trabajos con tensión, con proximidad a elementos de tensión o sin tensión (IRSST, 2023).

Por consiguiente, deben conocer y cumplir con el Real Decreto 614/2001, normativa jurídica que establece todos los términos y disposiciones mínimas de seguridad en trabajos en los que exista un riesgo eléctrico. Se diferencian tres zonas y en función de la zona en la que se situó la labor de reparación o mantenimiento se deben llevar a cabo unas tareas con sus correspondientes exigencias.

- Zona de trabajo en tensión o zona de peligro.

Según el RD 614/2001, de 8 de junio, estas zonas de trabajo se definen como:

Espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse. (Real Decreto 614/2001)

- Zona de proximidad.

Espacio situado próximo a la zona de peligro, por lo que existe una alta probabilidad de que los trabajadores invadan dicha zona de forma accidental. Para garantizar la protección de los trabajadores, el RD 614/2001 establece unas distancias mínimas de seguridad entre el elemento en tensión y el límite de la zona (Real Decreto 614/2001).

- Zona sin tensión.

Espacios en los que no existe o se ha eliminado cualquier riesgo eléctrico, por lo que no existe ninguna probabilidad de que la seguridad y salud de los trabajadores se vea afectada.

Sin embargo, esta clasificación es aplicada a cualquier tipo de instalación en la que intervenga energía eléctrica. Debido a ello, AEDIVE y GANVAM establecieron en su guía de recomendaciones, destinada a talleres de vehículos eléctricos e híbridos, formas de actuar en función del tipo de operación y cuya agrupación es la siguiente (AEDIVE y GANVAM, 2020).

- Tipo I.

Cualquier labor de reparación o mantenimiento que se debe llevar a cabo y que no está relacionada con el sistema eléctrico de propulsión del vehículo. Por lo tanto, el trabajador no va a tener ningún contacto directo con elementos de alta tensión y va a ejercer tareas similares a los vehículos convencionales, como por ejemplo cambiar unos neumáticos.

- Tipo II.

Cualquier labor de reparación o mantenimiento de componentes que influyen o que existe una probabilidad de que afecten al sistema eléctrico de propulsión del vehículo. Esto puede deberse principalmente a que están vinculados de forma directa o indirecta, como es el cableado de alta tensión, los convertidores o inversores.

- Tipo III.

Cualquier labor de reparación o mantenimiento de todos y cada uno de los elementos que conforman el sistema eléctrico de propulsión del vehículo. Un ejemplo es la revisión del estado de las baterías y, si es necesario, el cambio integral del paquete.

Por consiguiente, y a tendiendo a las definiciones anteriores, ha cambiado el modo de proceder de los trabajadores. Esto se debe a que tras la llegada del vehículo a la zona de recepción los empleados deben identificar el tipo de vehículo y las operaciones que necesitan

que le realicen. En función de esta información recopilada, se debe trasladar el vehículo a espacios habilitados distribuidos a lo largo de la superficie del taller y que han sido debidamente señalados. Existen diferentes zonas cuya tipología depende el grado de intervención, por lo que se debe establecer una zona para el tipo I y una zona para los tipos II y III (AEDIVE y GANVAM, 2020).

Asimismo, los empleados deben identificar como es el tipo de trabajo en función de la proximidad del riesgo eléctrico y cumplir con las disposiciones laborales y de seguridad. Por esta razón, a lo largo de este trabajo se va a profundizar en el modo de proceder para cumplir con la LPRL y la normativa vigente.

Por último, aparecen nuevas labores de reparación y mantenimiento debido a la existencia de nuevos componentes como pueden ser los inversores, las baterías de alta tensión o los motores eléctricos. Asimismo, al desaparecer elementos que construían el esqueleto de vehículos de MCI no es necesario llevar a cabo labores que se realizaban en talleres convencionales. Un claro ejemplo de ello es la eliminación de cambios de aceite, filtros de aire y bujías ya que no se requieren para que el motor realice su labor adecuadamente.

A continuación, se muestra una tabla en la cual se resumen las tareas realizadas en talleres convencionales y en talleres de vehículos eléctricos e híbridos. De esta forma, se establece una comparativa entre los diferentes talleres con el fin de comprender mejor las modificaciones que se han llevado a cabo y, para más adelante, identificar todos los riesgos vinculados a cada una de las tareas.

Tabla 1. Labores de mantenimiento en talleres.

| Labor de reparación y/o mantenimiento | Talleres Convencional | Talleres de vehículos eléctricos e híbridos |
|---|--|---|
| Revisión de correas. | Mantenimiento regular de los componentes que lo forman para evitar sobrecalentamiento. | En coches eléctricos 100 % no existen correas, pero algunos híbridos sí. |
| Revisión sistema de refrigeración. | Mantenimiento regular de los componentes que lo forman para evitar sobrecalentamientos por el motor. | Mantenimiento regular de los componentes que lo forman para evitar sobrecalentamiento por los sistemas de alta tensión. |
| Revisión sistema de escape y emisiones. | Mantenimiento regular. | No se realizan al no existir MCI. |

| | | |
|---|--|---|
| Revisión sistema de lubricación. | Cambios periódicos de aceite y filtros debido al desgaste por la generación de calor y fricción. | Uso de lubricantes para los reductores y/o partes móviles. |
| Cambios en las bujías. | Cambios una vez desgastadas con el fin de garantizar el inicio de la combustión. | No se realizan al no existir MCI y, por ende, bujías. |
| Sustitución de pastillas y discos de frenos. | Cambios periódicos debido al desgaste por la generación de calor durante el frenado. | Menor desgaste debido al sistema de frenado regenerativo. |
| Revisión de neumáticos, amortiguadores y elementos de suspensión. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. | Mayores desgastes de los neumáticos debido al elevado peso de las baterías. |
| Revisión del estado de las baterías. | Revisión regular de su batería de 12 V y sustitución en caso de estado defectuoso. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. |
| Revisión de inversores y convertidores. | No cuentan con inversores, pero si convertidores. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. |
| Revisión del motor. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. |
| Inspección del sistema de carga y de su cableado y punto de conexión. | No se realiza al no contar con estos sistemas. | Revisión regular y sustitución en caso de estado defectuoso. |
| Diagnósticos de sistemas eléctricos avanzados. | No se realiza al no contar con estos sistemas. | Empleo de herramientas avanzadas como escáneres para detectar cualquier tipo de problema y posibilidad de realizar mantenimientos preventivos |

Nota. Elaboración propia. Fuente (Chargeguru, s.f.)

3.2.2. Cambios de infraestructura.

Otras de las variaciones a las que han tenido que enfrentarse los talleres de vehículos es la reestructuración de sus espacios de trabajo con el fin de habilitar ciertas zonas que permitan realizar las labores de reparación y mantenimiento de los vehículos eléctricos e híbridos. Esto es lo que se conoce como box eléctrico o zona de trabajo y la definición que se recoge en la guía de recomendaciones de AEDDIVE y GANVAM es la siguiente.

Un box eléctrico o zona de trabajo, es un espacio habilitado por el taller, permanente o no, que contiene todas las herramientas necesarias y específicas para cada tipo de intervención, que, junto a la formación de los técnicos, eliminen completamente los riesgos derivados de la alta tensión. (AEDIVE y GANVAM, 2020)

Algunas de las disposiciones que debe cumplir este espacio de trabajo es que debe estar delimitado, iluminado y señalizado para evitar invadir la zona de manera accidental, ya que existe una alta probabilidad de que se estén realizando trabajos con alta tensión. Además, las dimensiones mínimas son las medidas del vehículo añadiendo un metro alrededor de la zona.



Ilustración 14. Zonas habilitadas (Box eléctrico). Fuente: (AEDIVE y GANVAM, 2020)

De igual manera, debe contar con todo el equipamiento y herramientas especializadas que permitan llevar a cabo las tareas de mantenimiento, siendo una de las más importantes la medición del voltaje del motor o batería. Para esta tarea es necesario contar con dos herramientas importantes. Por un lado, un multímetro de categoría III (CAT III) de 1000 V el cual presenta una alta protección frente picos de voltaje y es capaz de medir hasta 1000 V, por lo que es ideal para las revisiones de los motores y baterías eléctricas.

Por otro lado, un banco de trabajo cuyo material no transmita energía eléctrica al trabajador, es decir, escoger aquellos que sean de plástico y evitar los que sean metálicos o de madera ya que con este último también existe riesgo de transmisión si hay aceites o grasas en el espacio de trabajo.

Teniendo en cuenta el peso elevado de las baterías, es importante contar con una mesa elevadora que permita realizar adecuadamente las labores de reparación garantizando la seguridad y comodidad de los trabajadores.



Ilustración 15. Mesa elevadora para las baterías. Fuente: (Blázquez, 2023)

Otra de las nuevas incorporaciones más destacadas son los equipos de diagnóstico cuyo uso principal es identificar averías en sistemas eléctricos, por lo que los multímetros entrarían en esta categoría. Además, se encuentran en el mercado una variedad de equipos como son escáneres de códigos de diagnóstico cuya elección depende del uso al que vayan destinados, osciloscopios para medir y mostrar señales eléctricas en el mismo momento de su uso y analizadores de baterías que inspeccionan su estado de salud y capacidad de carga, entre otros.

Por último, deben existir zonas de punto de recarga, bien para verificar que el sistema de carga funciona correctamente y no hay ningún problema interno, o bien para cargar los vehículos mientras no se trabaje con ellos, pero si deben permanecer en el taller. Por consiguiente, hay que situar en estos espacios varios cargadores con una distribución adecuada con el fin de ofrecer este servicio.

3.2.3. Cambios en la formación del personal y seguridad.

Debido a las nuevas características técnicas de los vehículos eléctricos y a los nuevos riesgos laborales asociados, los empleados deben estar adecuadamente formados tanto en los nuevos métodos de trabajo como en materia de prevención de riesgos laborales.

En lo que se refiere a los procedimientos de trabajo, tal y como se ha visto en el apartado anterior, deben aprender a utilizar nuevas herramientas para así conseguir autonomía con la mayor brevedad posible. Además, deben conocer el funcionamiento, los componentes y las características más importantes de los vehículos eléctricos.

Por otro lado, se exige una acreditación en formación eléctrica ya que, según establece la Directiva 2009/104/CE, todo aquel trabajador que haga uso de un equipo de trabajo y este suponga un riesgo para su salud y seguridad deben recibir una formación específica adecuada.

Pero no solo deben formarse en aspectos técnicos sino deben conocer todos los riesgos laborales existentes o con probabilidad de que aparezcan en los lugares de trabajo. Esta labor no solo recae en los trabajadores, es el empresario el que tiene la responsabilidad de informarles y formarles en esta materia mediante cursos o charlas informativas. Asimismo, es importante verificar que se cumplen con todas las medidas de seguridad, las cuales son cada vez más exigentes.

Como se puede observar en este apartado, únicamente se ha mencionado el cambio de formación y seguridad al que se enfrenta el sector automotriz, el cual ha sido provocado por la incorporación cada vez mayor de los vehículos eléctricos en el mercado. Sin embargo, a medida que se avance en el desarrollo del presente trabajo se va a abordar cual debe ser la formación de los trabajadores en función de las labores que realicen, tal y como se establece en la LPRL y las normativas vigentes.

Asimismo, se va a detallar como deben actuar los empleados y empresarios en el espacio de trabajo para eliminar o disminuir los riesgos laborales detectados a lo largo de este estudio. Es decir, se va a establecer cuáles son los equipos de protección individual (EPI) y colectiva (EPC) que deben emplear por normativa y como deben estar organizadas las zonas de trabajo en función del grado de intervención para así eliminar los riesgos laborales asociados.

3.3. Prevención de Riesgos Laborales

Como se ha podido observar, el sector de la automoción está sufriendo importantes cambios que afectan a diferentes modelos de negocios, como es el caso de los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos. Por consiguiente, es posible que surjan nuevos riesgos o que los peligros ya conocidos se desarrollen con un índice de frecuencia mayor provocando así un aumento de los accidentes del trabajo. Estas situaciones no garantizan la seguridad y salud de los trabajadores, por lo que se estaría incumpliendo con la LPRL, la cual es fundamental para conseguir un entorno laboral seguro y unas tasas de incidencias prácticamente nulas.

Por lo tanto, es importante comprender qué es la prevención de riesgos laborales, la cual viene definida como “el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo” (Ley 31/1995).

Es así como todas las empresas, pero enfocando el énfasis en la de objeto de estudio, es decir, en los talleres de reparación y mantenimiento, para poder alcanzar este objetivo deben integrar la prevención de riesgos laborales en su sistema general de gestión (Real Decreto 39/1997). Esto incluye todas las actividades y nivel jerárquicos, destacando el papel del empresario al ser el responsable de que se aplique un plan de prevención con todas las medidas necesarias.

De esta forma, un plan de prevención de riesgos laborales (PPRL) llevado a cabo correctamente va a ser determinante para alcanzar dicha integración ya que se define como la herramienta a través de la cual se consigue incluir la prevención en todos los sistemas y personas de la empresa, además de establecer su política de prevención. En cuanto a su gestión y aplicación destacan dos instrumentos, la evaluación de riesgos y la planificación preventiva. Ambos son esenciales para que se reduzcan y/o eliminen los riesgos en los lugares de trabajo y que exista una sólida cultura preventiva en la empresa.

Según se establece en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, este plan debe estar recogido en un documento donde se indique toda información acerca de las características y tipología de la empresa a analizar.

- Identificación de la empresa indicando actividad productiva y número trabajadores.

- Estructura organizativa.
- Organización de la producción y prevención en la empresa.
- Política, objetivos y metas en materia preventiva.

3.3.1. Evolución de la prevención de riesgos laborales

Una vez comprendido en que consiste la prevención de riesgos laborales y el plan necesario para su establecimiento, es conveniente realizar un recorrido histórico con el objetivo de analizar cómo ha evolucionado la seguridad laboral en las empresas.

En primer lugar, en 1970 se funda en Estados Unidos la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) gracias a la cual se redujeron de forma notable las tasas de accidentes laborales en el país. Esto se consiguió con la formación de los trabajadores en temas de seguridad y con la implantación de estándares que prevenían de una amplia gama de riesgos laborales. Así se consiguió mejorar las condiciones de trabajo y sirvió de modelo para otros países.

Como resultado, se fue disminuyendo el pensamiento que tenían muchas empresas de que invertir en prevención era más un gasto que un beneficio al tener que comprar equipos de protección, realizar cursos formativos enfocados en seguridad y/o tareas especializadas, es decir, invertir en recursos que creían no dar resultados a largo plazo.

Sin embargo, hacer un análisis de los riesgos existentes o con posibilidad de que ocurran y, con ello, tomar medidas, es una acción que va a traer beneficios económicos y sociales a la empresa. Alguno de ellos son la reducción de costes operativos; incremento de la productividad al mejorar el clima laboral y la motivación de los trabajadores; reducción del número de bajas de los empleados al disminuir el número de accidentes y así la empresa no debe asumir este coste.

En segundo lugar, la prevención experimenta una globalización debido a que aumenta el número de operaciones productivas entre países, trayendo consigo bastantes complicaciones. Es por ello por lo que en el año 2018 se implanta la norma ISO 45001, norma internacional para sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo cuyo objetivo es reducir y/o eliminar las enfermedades y accidentes laborales. Sin embargo, este estándar no es de obligado cumplimiento, aunque un gran número de empresas poseen sus certificados y así demuestran el compromiso con su sistema de seguridad y salud en el trabajo (SST).

Actualmente, la prevención de riesgos laborales está marcada por una preocupación constante de las empresas y de sus trabajadores, afrontando nuevos retos como pueden ser reformas en leyes o transformaciones digitales. Asimismo, se ha dejado a un lado el pensamiento negativo de invertir en prevención y cada vez son más las empresas españolas que tienen integrado la prevención en su gestión, tal y como se observa en la ilustración adjuntada a continuación.

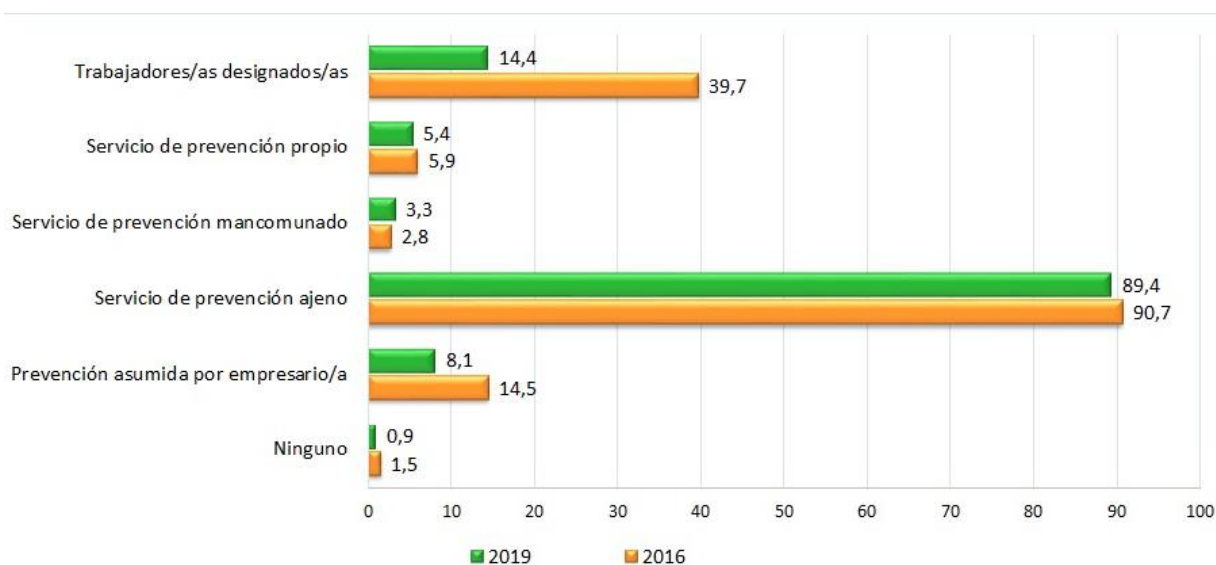


Ilustración 16. Comparación de los recursos preventivos implantados en 2016 - 2019. Fuente: (INSST, 2024)

El estudio se ha centrado en analizar las modalidades preventivas que han empleado las empresas a lo largo del 2019 y las compara con las del año 2016. En primer lugar, se entiende por modalidad preventiva a la forma en la que una empresa decide gestionar e integrar la prevención en su sistema general cumpliendo siempre con la LPRL. Tal y como se muestra en la gráfica, existen cuatro tipos de modalidades cuya elección viene determinada principalmente por el número de trabajadores que conforman la empresa.

| NÚMERO DE TRABAJADORES | DELEGADOS DE PREVENCIÓN | COMITÉ DE SEGURIDAD Y SALUD ⁽¹⁾ | SERVICIO DE PREVENCIÓN |
|------------------------|---|--|---|
| 1-10 | 1 (Del. Personal) empresas =>6 trabajadores | NO | Empresario/Trabaj./S. P. ajeno |
| 11-30 | 1 (Del. Personal) | NO | Trabaj./S.P. ajeno |
| 31-49 | 1 | NO | Trabaj./S.P. ajeno |
| 50-100 | 2 | SÍ | Trabaj/ S. P. ajeno |
| 101-250 | 3 | SÍ | Trabaj/ S. P. ajeno |
| 251-500 | 3 | SÍ | Trabaj./S.P.propio ⁽²⁾ /S.P. ajeno |
| 501-1000 | 4 | SÍ | S.P. propio/S.P. ajeno |
| 1001-2000 | 5 | SÍ | S.P. propio/S.P. ajeno |
| 2001-3000 | 6 | SÍ | S.P. propio/S.P. ajeno |
| 3001-4000 | 7 | SÍ | S.P. propio/S.P. ajeno |
| > 4000 | 8 | SÍ | S.P. propio/S.P. ajeno |

Ilustración 17. Organización preventiva. Fuente: (INSST, 2018)

Por lo tanto, se observa que las empresas invierten cada vez más en prevención y deciden gestionarlo a través de la contratación de servicios de prevención ajenos (SPA), el porcentaje más alto en los dos años analizados. Esto se da principalmente en empresas con tamaño considerable, entre 50 – 249 trabajadores, debido a que aumenta la posibilidad de que surjan nuevos riesgos laborales y no se dispongan de los recursos propios necesarios para gestionar una prevención adecuada. Sin embargo, se observa una disminución considerable en la participación del empresario en la actividad preventiva y en la designación de trabajadores.

Como conclusión, el porcentaje de empresas que tienen implantado modalidades preventivas en su gestión es muy alto en comparación con aquellas que no poseen ningún recurso, con un 0,9% en el año 2019. No obstante, ha disminuido con respecto al año 2016 que presentaba un 1,5%, por lo que se sigue mejorando en este aspecto y, por tanto, se refleja el compromiso y esfuerzos enfocados en la prevención.

3.3.2. Marco normativo

La prevención de riesgos laborales está presente en numerosas leyes, normas, estándares y reglamentos tanto a nivel nacional como internacional, las cuales deben ser consideradas si las empresas desean alcanzar un excelente estado de prevención. A continuación, se van a exponer las más significativas y en qué consisten.

3.3.2.1 Marco internacional

- Organización Internacional del Trabajo (1985)

Es una agencia tripartita de la ONU que se encarga de reunir a trabajadores, gobiernos y empleados de 187 Estados Miembros con el objetivo de promover los derechos humanos y laborales a través de la implantación de normas, programas y políticas, entre los que destacan.

- Convenio nº155 sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores y Medio Ambiente del trabajo.
- Convenio nº187 sobre el marco promocional para la seguridad y salud en el trabajo.
- Acta Única Europea (1986)

Gracias a su adaptación, la idea de seguridad y salud en entornos laborales fue considerada en el tratado constitutivo de la Comunidad Económica Europea y se consiguió mediante la implantación de un artículo que recogía las disposiciones mínimas de seguridad.

- Directiva Marco Europea (1989)

El objetivo principal de la Directiva 89/391/CEE del Consejo de 12 de junio de 1989 es impulsar el establecimiento de medidas que garanticen la seguridad y salud de los trabajadores. Su contenido incluye principios de prevención vinculados a la protección y eliminación de riesgos laborales y accidentes, además de consultas y formas de aplicación cumpliendo siempre con las normativas establecidas.

3.3.2.2 Marco nacional

- La Constitución Española (1978)

Las normativas en materia de prevención de riesgos laborales contenidas en la Constitución Española constituyen las bases del marco legal preventivo en España, entre las que destaca el Artículo 15 que expone el derecho más básico, es decir, el derecho a la vida y a la integridad física y moral. Asimismo, cabe mencionar dos artículos más relacionados con la prevención.

- Artículo 43.1 Derecho a la protección de la Salud.
- Artículo 40.2 Velar por la seguridad e higiene en el trabajo.

Su desarrollo y establecimiento propició la entrada en vigor de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, y reflejó la importancia de que poderes públicos estableciesen políticas preventivas y ofreciesen a sus trabajadores la seguridad de estar debidamente protegidos.

- Ley 31/1995, Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL)

Está compuesta por siete capítulos cuyo objetivo principal es establecer todas las obligaciones y responsabilidades que se deben llevar a cabo para conseguir un nivel de protección frente a los riesgos existentes en los lugares de trabajo. Por otro lado, posee tanto naturaleza laboral, por el marco legal estatal, como administrativo, al ser aplicada en el ámbito de Administraciones Públicas.

Por último, se exponen de forma resumida los Reales Decretos más vinculantes con la prevención en el sector de la automoción y, más concretamente, en talleres de reparación y mantenimiento.

- Real Decreto 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- R.D. 374/2001. Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- RD 2267/2004 Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

3.3.3. Evaluación de riesgos laborales

Tal y como se ha mencionado en apartados anteriores, una de las partes que componen un plan de prevención es la evaluación de riesgos laborales. Consiste en recoger toda la información de los riesgos que, a pesar de las acciones realizadas para eliminarlos, han tenido lugar. Por ello, es importante valorar su magnitud para así adoptar las medidas preventivas adecuadas (Real Decreto 39/1997).

Antes de todo, cabe mencionar la diferencia entre riesgo y peligro, siendo este último un conjunto de características o condiciones físicas que provocan graves daños a personas, lugares de trabajo, medio ambiente... Sin embargo, el riesgo es la probabilidad de que el peligro suceda y mide el daño en términos de probabilidad y magnitud.

Una empresa que inicia por primera vez cualquier actividad productiva y de negocio debe siempre realizar una evaluación inicial de los riesgos, cuyas etapas son las siguientes.

- Análisis del riesgo, donde se lleva a cabo una identificación de los peligros presentes en los lugares de trabajo y una estimación del riesgo, es decir, se establece la probabilidad y las consecuencias de que se produzca dicho peligro.
- Valoración del riesgo, donde se realiza una comparación entre la magnitud obtenida del riesgo en el análisis y el valor del riesgo tolerable.
- Control del riesgo, proceso que se debe aplicar en el caso de obtener como resultado un riesgo no tolerable.

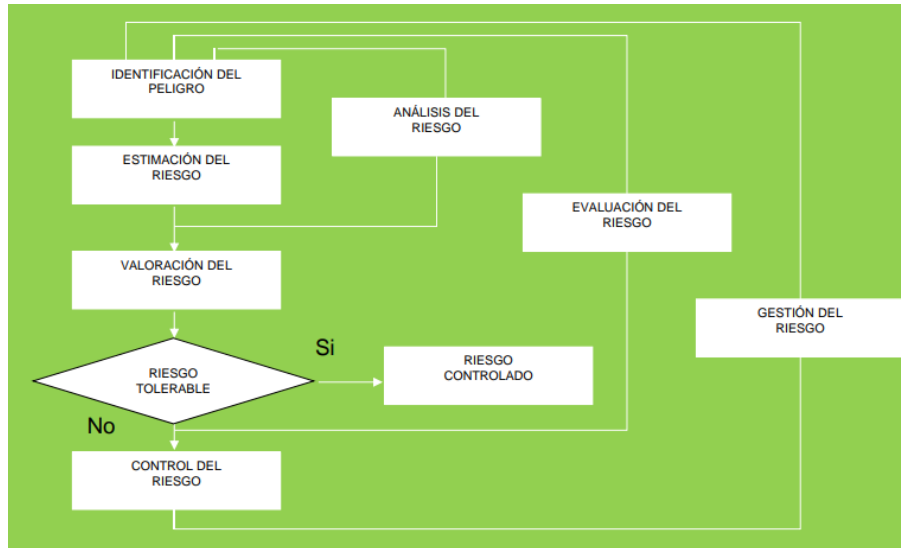


Ilustración 18. Evaluación de Riesgos. Fuente: (Tema 3. Técnicas analíticas de prevención de riesgos laborales, s.f.)

Es importante que esta evaluación no se realice una única vez, sino que vuelva a repetirse con variaciones en los puestos de trabajos y en su acondicionamiento; cuando se incorporen trabajadores con condiciones sensibles; cuando ocurran situaciones de peligro y/o se introduzcan nuevos equipos y tecnologías. También puede realizarse de nuevo cuando la empresa y el representante de los trabajadores decidan llevarla a cabo (Real Decreto 39/1997).

Esta es la situación que están viviendo los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos al estar sumergidos en diversos cambios que han propiciado la adaptación de puestos de trabajo, incorporación de nuevos trabajadores, etc. Por lo tanto, deben realizar de nuevo la evaluación de riesgos con el fin de establecer como de peligrosos pueden llegar a ser.

3.3.3.1. Identificación de riesgos laborales

Para ello, a continuación, se van a exponer los diferentes riesgos laborales que existen y, de esta forma, obtener una base teórica sólida con la que desarrollar el análisis de los riesgos reales que están presentes en los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos, los cuales se van a establecer en el apartado siguiente del presente trabajo.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) es un órgano científico técnico especializado que forma parte de la Administración General del Estado y trabaja junto con los órganos que poseen responsabilidades preventivas de cada Comunidad Autónoma. Su misión principal es estudiar y promover unas condiciones de seguridad y salud adecuadas a la vez que incentiva a que las empresas lleven a cabo la implantación de medidas que mejoren los entornos laborales.

A continuación, se muestran las distintas áreas técnicas y científicas que abarca el INSST, es decir, como estructura los diferentes tipos de riesgos laborales que existen, los cuales afectan de manera distinta a los empleados y pueden llegar a causar accidentes o enfermedades profesionales (INSST, s.f).

Por otro lado, es importante mencionar que esta clasificación está vinculada con las disciplinas preventivas, es decir, aquellas medidas que se establecen antes de que ocurra el riesgo con el fin de evitar situaciones que afecten a la seguridad y salud de los trabajadores.

- Riesgos de Seguridad

Los riesgos establecidos en esta tipología son estudiados por la disciplina preventiva de Seguridad Laboral, que se define como el conjunto procedimientos y técnicas que se emplean para eliminar y/o reducir aquellos riesgos que provocan accidentes laborales. Además, no solo se centra en la seguridad en los lugares de trabajo como tal, sino también en la seguridad de equipos, máquinas y productos que se entregan a los trabajadores para que realicen sus tareas.

Tabla 2. Riesgos seguridad laboral

| Riesgo | Descripción del Riesgo | Ejemplos |
|------------------------------|--|---|
| Riesgos eléctricos | <p>Presencia de energía eléctrica de alta tensión en operaciones o componentes que entran en contacto directo o indirecto con los trabajadores.</p> <p>Dependiendo de la intensidad de la corriente pueden llegar a provocar daños menores como quemaduras o incluso la muerte.</p> | <p>Quemaduras por aco eléctrico.</p> <p>Electrocución por contacto eléctrico.</p> <p>Asfíxia.</p> <p>Fibrilación ventricular.</p> |
| Riesgo de incendio/explosión | <p>Probabilidad de que se inicie un incendio debido a la presencia de factores que potencian su desarrollo, como puede ser la alta combustibilidad de materiales.</p> <p>También por la elevada producción de gases corrosivos y humos por las características físicas y químicas de los materiales.</p> | <p>Fuga térmica.</p> <p>Explosión química (reacción de combustión)</p> |
| Riesgos mecánicos | <p>Todos aquellos factores que, a causa de la acción mecánica de un equipo, herramienta y/o máquina presente en el lugar de trabajo, dañan la integridad física de los empleados.</p> | <p>Aplastamiento.</p> <p>Caídas al mismo, distinto nivel.</p> <p>Atrapamientos o arrastres.</p> |

Falta de orden y/o limpieza provoca golpes o caídas de los empleados.

Nota. Elaboración propia. Fuente (INSST, s.f).

Con respecto al riesgo de incendio cabe mencionar que su inicio y propagación se debe principalmente al fuego, el cual se produce debido a la presencia simultánea de tres componentes: comburente, combustible y calor. Esto es lo que se conoce como el triángulo del fuego y es el modelo que describe dicho proceso.

- Riesgos Higiénicos

La Higiene Industrial es la disciplina que se encarga de identificar, evaluar y controlar todos aquellos agentes ambientales que provocan variaciones en la salud o bienestar de los trabajadores, llegando incluso a originar enfermedades profesionales. El contacto de los trabajadores con estos tipos de agentes químicos, físicos o biológicos se debe a que, o bien están presentes en los lugares de trabajo o se originan con el desarrollo de las actividades productivas (INSST, s.f).

Tabla 3. Riesgos higiénicos

| Riesgo | Descripción del Riesgo | Ejemplo |
|------------------|---|--|
| Riesgos Químicos | Se debe a la exposición de agentes químicos (elemento o compuesto químico) que entran en contacto con los trabajadores. Las vías de entrada son digestiva, dérmica y respiratoria. Como afecten a los empleados va a depender de las propiedades fisicoquímicas de los agentes. | Alteraciones sistema nervioso. Alteraciones genéticas. Productos radiactivos que provocan cáncer. |
| Riesgos Físicos | Trabajadores sufren daños a causa de formas de energía (mecánica, térmica y electromagnética) presente en los lugares de trabajo. Esto es lo que se conoce como agentes físicos. Energía mecánica (ruido, vibraciones y variaciones de presión) Energía térmica (calor, frío) Energía electromagnética (ionizante, no ionizante) | Condiciones climáticas extremas (golpes de calor) Ruido muy elevado que provoca sordera, fatiga auditiva. |

| | | |
|--------------------|--|---|
| Riesgos Biológicos | La presencia de microorganismos en determinadas actividades laborales aumenta la probabilidad de que los trabajadores entren en contacto con estos agentes biológicos y dañen su salud personal. | Enfermedades provocadas por virus, como la gripe. Enfermedades provocadas por bacterias, por ejemplo, la tuberculosis. |
|--------------------|--|---|

Nota. Elaboración propia. Fuente (INSST, s.f).

- Riesgos Ergonómicos

La ergonomía es la técnica preventiva que se encarga de analizar la relación que existe entre los trabajadores y el trabajo. En su estudio se debe considerar multitud de factores, como son los físicos, sociales, ambientales y cognitivos. Esto puede crear cierta confusión ya que se analizan factores que se tienen en cuenta en otras disciplinas: en higiene industrial los factores ambientes y en la seguridad los factores físicos.

Sin embargo, la ergonomía localiza su foco de estudio en un enfoque más holístico, es decir, se centra en mejorar el diseño y condiciones de los entornos laborales para así dar resultados a los problemas que puedan existir entre el trabajador y la labor a realizar.

Un ejemplo puede ser que haya una incorrecta manipulación de cargas y el trabajador acabe padeciendo trastornos musculoesqueléticos, o bien, una iluminación incorrecta que afecte a la visión de los empleados.

- Riesgos Psicosociales

En este caso se abordan los factores psicosociales que afectan a la salud mental y que existen en la mayoría de los puestos de trabajo. Existen muchas situaciones que pueden acabar afectando al rendimiento, salud y satisfacción de los empleados, como son por ejemplo exigencias laborales por encima de las capacidades, clima de trabajo inadecuado, jornadas laborales excesivamente largas...

3.4. Riesgos Laborales en Talleres de vehículos eléctricos

Los riesgos que están presentes en los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos se deben en su mayoría a los elementos de alta tensión que componen su sistema de propulsión eléctrica, como son los motores, el cableado de alta tensión o las baterías. Por otro lado, existen aquellos que están vinculados con los lugares de trabajo como por ejemplo las zonas habilitadas para la carga de baterías o que la limpieza y orden sean inadecuados y puedan ser los responsables de muchos daños sufridos por los trabajadores.

Por consiguiente, aparecen nuevos riesgos de descarga eléctrica, de incendio o explosión, de desprendimiento de partículas tóxicas, etc, que anteriormente no se analizaban en este tipo de sector. De esta forma, y debido a las diferencias entre vehículos de MCI y eléctricos, es necesario considerarlos con el objetivo de conocer la situación actual y así poder informar y formar a los trabajadores y empresarios.

A continuación, se explican los riesgos más importantes que pueden darse en este tipo de talleres, los cuales van a ser analizados en profundidad detallando las consecuencias que pueden llegar a provocar tanto en los empleados como en las zonas de trabajo.

3.4.1. Riesgos de Seguridad Laboral

3.4.1.1. Riesgos eléctricos

- Riesgo de contacto con la corriente eléctrica presente en elementos de alta tensión que forman parte del sistema de propulsión eléctrica del vehículo.

Los vehículos eléctricos se caracterizan por su alto voltaje debido tanto a las baterías eléctricas que necesitan una alimentación de entre 360 – 400 V como al motor eléctrico con valores de 200 a 800 V, dependiendo de los modelos. Asimismo, la transmisión de este tipo de vehículos requiere de un cableado de alta tensión, de aproximadamente 60 V, y que permite la comunicación entre la batería y el resto de los elementos del vehículo. Por lo tanto, cualquier operación que involucre de forma directa o indirecta a estos elementos y que acaben afectando a las personas son riesgos eléctricos muy dañinos.

En lo que se refiere a los riesgos por contacto directo, la tensión máxima que es capaz de soportar el cuerpo humano es de 24 V, conocida como tensión de seguridad. A medida que aumenta se incrementa la intensidad que circula por el cuerpo humano y, por lo tanto, los efectos inmediatos son de mayor índice de gravedad, llegando incluso a provocar la muerte si

se superan los 30 mA. En la ilustración adjuntada a continuación se muestran los daños en función de la intensidad.







| EFECTOS DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE | | |
|---|---|---|
|  | Umbral de percepción De 1 a 3 mA | No existe peligro y el contacto se puede mantener sin problemas. |
|  | Electrización De 3 a 10 mA | Produce una sensación de hormigueo. Puede provocar movimientos reflejos. |
|  | Tetanización >10 mA | El paso de la corriente provoca contracciones musculares y la paralización de los músculos de las manos y de los brazos, impidiendo soltar los objetos. |
|  | Paro respiratorio >25 mA | Si la corriente atraviesa el cerebro puede afectar al centro nervioso respiratorio. |
|  | Asfixia De 25 a 30 mA | Si la corriente atraviesa el tórax se puede producir la tetanización del diafragma, impidiéndose el movimiento de los músculos de los pulmones. |
|  | Fibrilación ventricular De 60 a 75 mA | Si la corriente atraviesa el corazón se descontrola el ritmo cardíaco. |

Ilustración 19. Efectos directos debido a la intensidad de corriente. Fuente: (Umaker, s.f).

Existen muchas tareas de mantenimiento que si no se llevan a cabo con las medidas de seguridad adecuadas pueden favorecer la existencia de este tipo de situaciones, como, por ejemplo:

- El estudio del estado de las baterías y, por lo tanto, su manipulación.
- Sustituir o reemplazar elementos como inversores y convertidores que, aunque el vehículo este apagado, existe riesgo de contacto eléctrico.
- Mantenimiento del motor eléctrico.
- Manipulación del cableado de AT.

Sin embargo, existen otro tipo de labores en las que accidentalmente se entra en contacto con elementos que están en tensión, es decir, por contacto indirecto, y que también pueden provocar un arco eléctrico. Esta situación se debe a que dispositivos con los que se trabaja se encuentran a diferente potencial y salta una corriente originando consigo una explosión o proyecciones de partículas.





| EFECTOS FISIOLÓGICOS INDIRECTOS | | |
|---|---|--|
|  | Quemaduras | Aquellas causadas por arcos eléctricos o por proyección de partículas o chispas eléctricas. |
|  | Lesiones oculares | Provocadas por las radiaciones asociadas a los arcos eléctricos. |
|  | Lesiones a consecuencia de explosiones de vapores o gases inflamables | Las originadas por explosiones cuyo foco de ignición hubiera sido un arco eléctrico, chispas o cortocircuitos. |
|  | Otras lesiones | Las debidas a caídas desde altura o al mismo nivel, golpes contra objetos, etc., causados por actos involuntarios de las personas afectadas por un choque eléctrico. |

Ilustración 20. Efectos indirectos por arco eléctrico. Fuente: (Umaker, s.f).

Un caso característico de los vehículos eléctricos es que pueden generar electricidad al empujar el coche de manera manual, sin tener accionado el motor, ya que al mover las ruedas se activa el sistema de frenado regenerativo y se origina una descarga o arco eléctrico. En este tipo de escenarios, los daños afectan tanto al coche, por perjudicar a sistemas internos, como a las personas que están en contacto con la carrocería del vehículo, llegado a provocar quemaduras.

Otro ejemplo de situaciones en los que se entra en contacto con la corriente de forma accidental es el reemplazo del pack de baterías. Es muy importante que el operador este correctamente equipado con EPI ya que la batería sigue cargada al realizarse el desmontaje y existe riesgo de electrocución.

- Riesgo por la presencia de batería eléctricas.

Además del hecho de que sean componentes de AT y se trabaje con ellos, es necesario la presencia de cargadores distribuidos por las zonas de trabajo para poder recargar las baterías. Esto supone un riesgo eléctrico ya que existe la posibilidad de que se generen cortocircuitos o sobrecargas eléctricas.

Los principales motivos son fallos en el aislamiento de los conductores o el hecho de que se haga trabajar a los cargadores por encima de sus capacidades, creando picos de voltaje elevados. De esta forma, se sobrecargan los circuitos internos de los propios cargadores provocando cortocircuitos o existiendo riesgo de incendio por un abuso eléctrico de los dispositivos.

Lo mismo ocurre cuando se sobrecargan o descargan las propias baterías con rangos de voltaje muy por encima de los permitidos, generando así cortocircuitos en las celdas internas. El resultado de ello es la iniciación de fuegos o liberación partículas perjudiciales para los trabajadores.

3.4.1.2. Riesgo de incendio/explosión

La causa principal que origina un incendio y/o explosión en los lugares en los que se trabaja con baterías eléctricas, concretamente baterías ion – litio, es la fuga térmica. Es un proceso exotérmico en el que se libera energía en forma de calor provocado por un sobrecalentamiento. Se caracteriza por ser una reacción en cadena, es decir, un calor generado que no es capaz de disiparse incrementa la temperatura originando así la aceleración de reacciones químicas por lo que se genera aún más calor.

Esta situación puede ocurrir por varios motivos relacionados con distintos tipos de abusos entre los que se encuentran los mecánicos, eléctricos y térmicos. Los mecánicos están relacionados con los impactos que puede sufrir el vehículo en el que las baterías acabarían aplastadas o sufrirían una penetración dando como resultado cortocircuitos eléctricos.

Los abusos eléctricos ya se mencionaron anteriormente puesto que tienen que ver con el hecho de sobrecargar las baterías por encima de sus capacidades funcionales. En cuanto al abuso térmico, es una de las más importantes al estar estrechamente vinculadas con las consecuencias que pueden sufrir las baterías por un aumento de la temperatura tanto interno como externo. Si la temperatura se encuentra por encima de los 200°C provoca un cortocircuito interno que da como resultado un riesgo eléctrico. En el caso de que la temperatura exterior sea muy elevada se puede dar un sobrecalentamiento en la batería por lo que se libera una importante cantidad de energía, iniciando así una fuga térmica (Poyato, 2023).

Todos estos abusos provocan cortocircuitos internos en los que el separador de las baterías resulta gravemente afectado, llegando incluso a provocar su desintegración. Cuando comienza el aumento de las temperaturas es cuando se inicia el proceso de descomposición de la capa de electrolito, reaccionando en primer lugar con el ánodo y es así como se desintegra el separador, proceso conocido como crecimiento de las dendritas de litio.

De esta manera, el ánodo y el cátodo entran en contacto provocando la liberación de energía electroquímica que se encuentra almacenada en las baterías y se disipa en forma de

calor. Es así como se origina una fuga térmica, la cual es la responsable de la propagación del fuego o inicio de explosión.

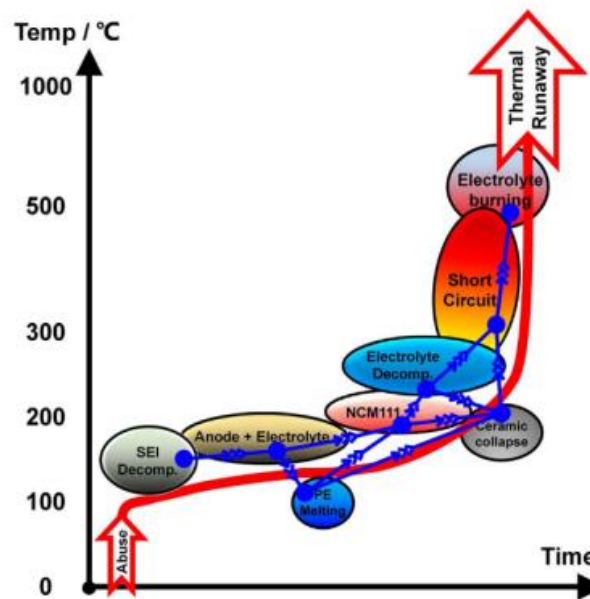


Ilustración 21. Proceso fuga térmica por aumento temperatura. Fuente: (Poyato, 2023).

Tal y como se mencionó en apartados anteriores, para que se inicie un fuego es necesario la existencia de tres componentes en un mismo lugar. En el caso de las baterías los componentes que forman el triángulo del fuego son los siguientes:

- Comburente: Oxígeno presente tanto en el ambiente exterior como en el cátodo.
- Combustible: Gas inflamable liberado cuando se desintegra el electrolito.
- Calor: Se libera por la energía de activación generada con el aumento de temperatura (fuente de ignición).

Cabe mencionar que, independientemente de las baterías eléctricas, existe el riesgo de incendio por la existencia de otros focos de ignición y materiales combustibles que favorecen su propagación. Estos pueden ser chipas eléctricas que aparecen en actividades de soldadura y con el empleo de aceites, disolventes, pinturas...

3.4.1.3. Riesgo mecánico

Al analizar este tipo de riesgo no existen muchas diferencias con talleres de vehículos convencionales ya que, en la mayoría de los casos, surgen al darse las siguientes situaciones.

- Falta de orden y limpieza en los lugares de trabajo.

En estos escenarios es posible que las zonas de trabajo se encuentren llenas de herramientas, equipos u otros elementos sin ningún tipo de orden aparente, que los cables eléctricos estén esparcidos por el suelo o que se haya derramado algún líquido en zonas de circulación. Por consiguiente, los riesgos a los que se enfrentan los empleados son (Mutua Intercomarcal. s.f.):

- Caídas al mismo nivel, como tropiezos y resbalones.
 - Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo como pueden ser piezas del coche, EPI, botes de pintura, caja de herramientas...
 - Choque o aplastamiento por elementos agrupados de manera excesiva en lugares inadecuados.
 - Aplastamiento por caídas de vehículos que están colocados en equipos elevadores.
 - Caídas a distinto nivel por la existencia de fosos de inspección no señalizados ni debidamente protegidos.
 - Atropellos por vehículos que se mueven por el interior del taller para realizar las actividades pertinentes.
- Manipulación manual de cargas.

En talleres se trabaja con elementos bastante pesados que forman parte del vehículo y que deben ser transportados de un lado a otro al haber zonas habilitadas en función de la actividad a realizar. En el caso de los vehículos eléctricos, destacan las baterías eléctricas que por su elevado peso deben ser manipuladas y transportadas de forma correcta para así evitar trastornos musculoesqueléticos.

Es por ello por lo que se suelen emplear carros, grúas o elevadores para poder llevar a cabo esta función correctamente. Sin embargo, esto supone exponer a los empleados a otro tipo de riesgos, es decir, caídas a distinto nivel que pueden causar lesiones muy graves.

- Herramientas manuales y equipos de trabajo.

Es muy común que en el momento de realizar la actividad laboral el trabajador sufra de cortes, golpes y pinchazos al usar las herramientas punzantes o cortantes. Asimismo, existe el riesgo de proyección de partículas o de fragmentos como polvo o chispas que van a afectar

gravemente a la salud del trabajador al verse dañados sus ojos, sistema respiratorio y piel. Algún ejemplo de estas herramientas son fresadoras, taladros eléctricos, pistolas para soldar o pistolas con compresor para pintar.

3.4.2. Riesgos Higiénicos

- Riesgo biológico.

Es muy probable que los empleados se encuentren expuestos a bacterias, virus o cualquier agente proveniente del exterior o que coexistan en los lugares de trabajado. Estas situaciones son muy propensas de producir graves daños y favorecen la aparición de enfermedades profesionales.

- Riesgo físico.

Las temperaturas extremas en lugares de trabajo es un riesgo físico que se puede dar en talleres al realizar tareas que desprenden bastante calor como son los trabajos de soldadura. Esto puede conducir a situaciones donde la temperatura exterior supere los 60°C y acabe afectando a las baterías eléctricas, provocando así una combustión que favorece la aparición de riesgo de incendio.

Por otro lado, los trabajadores están expuestos a niveles de ruidos elevados debido a la presencia de elementos como motores, compresores o sistemas de ventilación que en su estado de funcionamiento emiten mucho ruido. Esto puede ser perjudicial para la salud de los empleados al dañar sus oídos, así como una fuente de distracción a la hora de realizar tareas que pueden desembocar en otros riesgos como cortes y golpes con las herramientas, choques o aplastamientos...

Otro riesgo presente en talleres de vehículos es que deben trabajar con máquinas y herramientas eléctricas y/o neumáticas que emiten vibraciones a partes del cuerpo humano, principalmente mano-hombro, y que son perjudiciales para la salud.

- Riesgos químicos.

El principal riesgo que existe es la inhalación, proyección y contacto con sustancias químicas muy peligrosas y las baterías eléctricas son las responsables de que los trabajadores estén expuestos a este peligro. Se debe a que las baterías de ion – litio están formadas en su interior de electrolitos, sales reactivas y aditivos que sueltan gases y líquidos al sufrir algún defecto en su estado y que son nocivos para la salud de las personas.

Una situación muy peligrosa es cuando se produce la desintegración del separador de las baterías en el que la sal hexafluorofosfato de litio (LiPF₆) presente en el electrolito líquido se descompone en fluoruro de fosforilo (POF₃) y al entrar en contacto con aire húmedo produce ácido sulfúrico (HF). Al producirse una fuga térmica, esta sustancia tóxica puede ser inhalada por los trabajadores afectando a su sistema respiratorio, pero también puede dañar su piel y ojos, llegando a provocar lesiones muy graves (IRSST, 2023).

Cabe mencionar que en los talleres convencionales también existen riesgos de proyección de partículas, contacto con sustancias o inhalaciones de humos que se mantienen en los de vehículos eléctricos (Mutua Intercomarcal. s.f.).

- Tareas de pulido y lijado provocan proyecciones de fragmentos y partículas.
- Pinturas, detergentes o disolventes pueden emitir sustancias tóxicas al trabajar directamente con ellas.
- Exposición de humos y gases de combustión por tubos de escape o procesos de soldadura.

3.4.5. Riesgos ergonómicos y psicosociales

- Riesgos ergonómicos.

Este tipo de riesgos no presentan grandes diferencias con respecto a los vehículos convencionales, simplemente el hecho de que las baterías de los vehículos eléctricos son mucho más pesadas y que aumenta la probabilidad de que los trabajadores sufran de daños musculares.

Un caso muy común es la manipulación manual de cargas (MMC) que requiere trabajar con elementos muy pesados ya que se llevan a cabo inspecciones y/o reemplazo de piezas, como es el caso de los neumáticos y baterías.

Por otro lado, está la fatiga muscular causada por las posturas forzadas que se mantienen durante un largo periodo de tiempo y que no son adecuadas, por lo que pueden originar lesiones musculares y trastornos musculoesqueléticos. Algunos de los ejemplos que se dan en los talleres son.

- Cuando se trabaja con la parte delante del coche es necesario mantener abierto el capo, por lo que el torso debe estar inclinado y/o girado.

- Elevación de los brazos durante un largo periodo de tiempo al realizar inspecciones en la parte baja del vehículo y es colocado en elevadores.
- Trabajos que requieren estar de rodillas o en cuclillas para trabajar con partes bajas del vehículo.

- Riesgos psicosociales.

Se debe a las elevadas exigencias por cumplimiento de plazos y a jornadas laborales muy largas o con turnos partidos. Además, en los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos se han incorporado nuevas tecnologías y se han establecido nuevos procedimientos de trabajo que requieren un estudio profundo. Existe la posibilidad de que esto vaya unido con la ausencia de competencias y falta de información y formación que puede provocar un estrés y fatiga mental en los trabajadores que acabe afectando a su salud mental.

4. Metodología

4.1. Introducción

El marco de investigación que se ha empleado y con el que se va a seguir desarrollando el presente trabajo es mixto, es decir, se lleva a cabo una investigación tanto cualitativa como cuantitativa. Para asentar las bases del marco teórico se ha empleado un análisis documental con el que se ha recopilado información de revistas científicas sobre la situación actual de los vehículos eléctricos, de organizaciones de representantes del sector automovilístico que han elaborado guías sobre las labores de mantenimiento y de organismos públicos que han establecido las condiciones mínimas de seguridad en los lugares de trabajo analizados.

Este procedimiento de búsqueda ha permitido recopilar toda la información acerca de los riesgos más importantes que están presentes en los talleres de vehículos eléctricos y con el que se inicia una investigación cuantitativa. De esta forma, es posible obtener resultados numéricos a partir de los valores obtenidos con la estrategia de investigación escogida y que van a determinar la frecuencia y gravedad de los peligros presentes en los lugares de trabajo, así como el tiempo de exposición de cada uno de ellos.

Para ello, se ha escogido el Método Delphi de una sola ronda, técnica cualitativa con la que se recoge la opinión de un grupo de expertos en una determinada materia a través de una serie de cuestionarios. En la mayoría de los casos se busca una retroalimentación, debatiendo de forma grupal el tema y realizando de nuevo los cuestionarios hasta llegar al resultado objetivo. Sin embargo, para el presente trabajo se ha optado por realizar una única ronda con el fin de buscar una mayor precisión en los resultados.

Por último, el método de cuantificación que se ha decidido seguir con el fin de evaluar los riesgos de forma numérica es aquel que viene definido en la Nota Técnica de Prevención 330 (NTP 330) del INSST denominado “Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente”. En él se detalla el procedimiento a seguir y como deben estar diseñadas las preguntas de los cuestionarios para que se respondan en función de una serie de valores, como son el nivel de consecuencias, nivel de exposición y nivel de deficiencia, y que, posteriormente, serán analizados.

4.2. Procedimiento de búsqueda

La evidencia documental del presente trabajo se ha basado, en gran parte, en la recogida de información de fuentes externas, es decir, publicaciones, informes, guías de recomendación, manuales y trabajos de investigación directamente relacionados con los riesgos vinculados a la realización de tareas de mantenimiento y reparación en vehículos eléctricos. A continuación, se detallan algunas de las entidades y organismos que han marcado el desarrollo de la investigación.

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)

Es un organismo del campo científico y técnico que tiene como objetivo analizar y mejorar las condiciones de los empleados en sus lugares de trabajo y forma parte del Ministerio de Trabajo y Economía Social.

Ha sido una importante fuente de información para la elaboración del trabajo gracias a que publica en su página web información sobre prevención de riesgos laborales y acciones preventivas. De entre todas ellas destacan sus notas técnicas de prevención (NTP) que han servido como consulta para entender como es la clasificación de los de riesgos y como debe realizarse su evaluación. Asimismo, se ha utilizado como manual en la elaboración de la cuantificación del riesgo.

- Federación de Empresarios de Automoción de Málaga (FEDAMA)

Se trata de una organización formada por trabajadores altamente cualificados en el sector de la automoción y destacan por ser una de las empresas más importantes en este campo gracias a su compromiso por seguir formándose y por ampliar sus metas de futuro. Un hecho importante a destacar es que en mayo de 2024 fueron los responsables de realizar un curso centrado en los vehículos eléctricos para formar a los asociados en los nuevos aspectos funcionales.

- Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso de la Movilidad Eléctrica (AEDIVE)

Es una agrupación de empresas que engloban a todas las actividades vinculadas con los vehículos eléctricos y que generan valor, es decir, logística, operaciones, ventas y servicios post ventas. En este último residen los talleres de reparación y mantenimiento que son el objeto de estudio del presente trabajo.

Es por ello, que en el año 2020 publicaron un cuaderno de recomendaciones de seguridad en talleres en los que estuviesen presente vehículos eléctricos e híbridos, por lo que se ha empleado como base para determinar los riesgos más importantes, la distribución de este tipo de talleres y cómo debe ser la formación de los trabajadores.

- Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST)

Es un organismo que se encarga de gestionar las políticas en materia preventiva de la Comunidad de Madrid. Se ha utilizado como fuente de información ya que publicó en el año 2023 una guía de prácticas de prevención para los trabajos relacionados con vehículos eléctricos, principalmente los de reparación y mantenimiento.

Por lo tanto, se ha empleado para obtener información acerca de cómo son los vehículos eléctricos, es decir, la tipología que existen y cuáles son sus componentes, además de identificar los riesgos más importantes vinculados a ellos.

Por último, cabe mencionar que para esta recogida de datos también se ha empleado una fuente interna al contactar con talleres que proporcionan información de sus procedimientos de trabajo que han ayudado a determinar los riesgos vinculantes. Esta comunicación se ha realizado mediante encuestas.

4.3. Método Delphi

El método Delphi es una técnica que consta de cuatro fases cuyo objetivo es conseguir información sobre un tema en concreto que permita predecir situaciones futuras y del que se requiere investigar para implantar soluciones efectivas. Esto se consigue gracias a la elaboración de uno o varios cuestionarios que precisan de la participación de un grupo de expertos, los cuales dan su opinión de forma individual y sin ningún tipo de interacción entre ellos. Por lo tanto, este método vela por la libertad de opinión y porque la información proporcionada no este influenciada por externos.

Es en el año 1950 cuando se utiliza por primera vez esta metodología cualitativa, teniendo lugar en Rand Corporation, un centro de investigación que obtuvo información sobre cuestiones políticas y militares. El procedimiento seguido es el descrito anteriormente, es decir, fue necesario la intervención de siete expertos que mantuvieron una retroalimentación a cerca de sus diferentes puntos de vistas empleando para la recopilación de datos formularios realizados por un coordinador.

Los autores del estudio fueron Norman Dalkey y Olaf Helmer pero, sin embargo, el documento donde se detallaba la elaboración del estudio que no se publicó hasta el año 1963 (Dalkey & Helmer, 1962). Este acontecimiento marco un hito para la difusión y el desarrollo del Método Delphi ya que cada vez más eran las investigaciones de distintas materias de conocimientos, como son la medicina, economía, educación, etc..., que lo utilizaban debido a su gran versatilidad.

Una de las características más importantes de este método es que toda la información recogida no proviene de suposiciones ni está influenciada por factores externos, sino que se basa en experiencias y hechos, por lo que los datos empleados son totalmente precisos y es probable que los resultados obtenidos sean altamente eficientes. Todo esto se consigue gracias al anonimato y a que la comunicación se produce únicamente entre el investigador y los que forman parte de la investigación, evitando así conflictos.

Por otro lado, el proceso de recogida de datos es muy sencillo ya que se elaboran una serie de cuestiones cuyas respuestas han sido diseñadas para que tengan un cierto valor, escala que el coordinador puede establecer a criterio propio en función de la información recopilada previamente, o bien, siguiendo métodos conocidos por otros autores.

Sin embargo, esto supone la presencia de criterios subjetivos en el diseño de los cuestionarios debido a que el responsable de dicha elaboración escoge las preguntas que considera mejor para la investigación, por lo que existe la posibilidad de que se obtuviesen otros resultados al poder interpretarse de diferentes maneras.

Otros de los inconvenientes es que se requiere de una elevada participación por parte de los expertos y de mucho tiempo para su ejecución puesto que se reparten en varias ocasiones las encuestas entre los participantes. Es por ello por lo que para la metodología del presente trabajo se haya optado por el método Delphi de una sola ronda con el que se busca optimizar tiempos y conseguir buenos resultados.

En cuanto a sus fases se diferencian cuatro, mostradas a continuación.

- Fase 1. Definición del problema.

El objetivo principal de esta fase es determinar el motivo por el que se ha decidido iniciar un estudio centrado en un tema en concreto y lo que se pretende obtener con sus resultados. Por lo tanto, se debe formular el problema estableciendo los límites tanto a nivel temporal como de investigación, los responsables de llevar a cabo el proceso y de controlarlo, así como establecer los recursos que sean necesarios.

En lo relacionado al presente trabajo, el problema principal es la incertidumbre acerca de las nuevas tecnologías que conlleva la aparición de nuevos riesgos laborales en el sector de la automoción. Esto conduce a que se den nuevas situaciones de peligro o los que ya se conocían incrementen su nivel de frecuencia y gravedad, desembocando en riesgos que afectan a la salud y seguridad de los empleados de talleres de reparación y mantenimiento.

En cuanto a los límites del estudio, el análisis se centra en vehículos eléctricos e híbridos, aunque también se hacen preguntas relacionadas con los vehículos de combustión interna para observar las diferencias entre ambos.

- Fase 2. Conformación del grupo de expertos.

Esta fase está formada a su vez por dos subfases. La primera etapa es la preselección de los posibles candidatos que vayan a formar parte del panel de expertos, por lo que se debe establecer unos perfiles y requisitos que definan a los participantes objetivos, como pueden ser la formación académica o los años de experiencia.

Una vez seleccionados a aquellos que obtengan una mayor puntuación en función de los criterios establecidos hay que asegurarse de la continuidad de su compromiso por participar mediante una invitación. Se recomienda que el grupo sea de seis a treinta personas, aunque varía en función del tema a abordar y del objetivo que se pretenda alcanzar.

En el apartado 4.3.1. “Panel de expertos” se detallan los criterios que se han seguido para preseleccionar y seleccionar a aquellos participantes con elevados conocimientos sobre el tema de estudio.

- Fase 3. Ejecución de las rondas de consultas.

Al elegir a los participantes, el siguiente paso es elaborar las encuestas cuyo diseño va a depender de los resultados que se pretendan obtener. Tras verificar su contenido, los cuestionarios se entregan a los expertos empleando la vía de comunicación escogida, en este caso correo electrónico.

Al emplearse el método de una sola ronda, una vez recibidas las respuestas se finaliza con esta fase para así poder iniciar la siguiente etapa. Esto se debe a que la metodología escogida no se caracteriza por ser iterativa y se realiza una única vez.

En el apartado 4.3.2. “Diseño y contenido de los cuestionarios” se explica el procedimiento empleado para que las encuestas contengan todas las preguntas necesarias y, de esta forma, puedan responder a las incógnitas de la investigación.

- Fase 4. Resultados.

Gracias a la recogida de datos de las encuestas es posible analizar los resultados y elaborar informes donde se refleje lo que se ha alcanzado con la investigación y si se ha cumplido con los objetivos fijados.

El propósito principal del presente trabajo en lo que se refiere a los resultados es conseguir valores unitarios de los riesgos identificados y así ser más conscientes de la situación analizada. Para ello, en el apartado 4.4. “Método NTP 330” se explica el método empleado que va a permitir la realización de un estudio estadístico con valores numéricos. Por último, en el apartado 5. “Resultados” se exponen las debidas explicaciones de los resultados obtenidos empleando para ello gráficos.

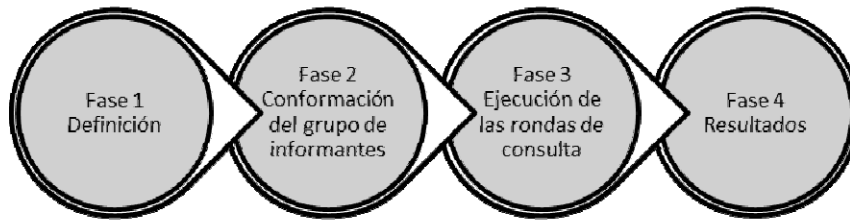


Ilustración 22. Fases del proceso Método Delphi. Fuente: (Reguant-Álvarez & Torrado-Fonseca, 2015).

En conclusión, el motivo principal por el que se ha optado por el Método Delphi de una sola ronda es por la efectividad de su objetivo, es decir, obtener datos reales gracias a la comunicación directa con expertos y trabajadores que conocen en profundidad los riesgos presentes en estos lugares de trabajo. Además, permite agrupar las perspectivas de un conjunto de personas obteniendo resultados en una única ronda, y no repitiendo el proceso mínimo tres veces, con una amplia gama de muestras. De esta forma, el estudio estadístico es más fiable al reducirse los márgenes de error.

4.3.1. Panel de expertos

Para la metodología seleccionada el panel de expertos es una de las fuentes de información más importantes, por lo que es crucial que se realice una buena preselección y selección de los candidatos.

Tal y como se indica en la revista científica de M. Reguant-Álvarez y M. Torrado-Fonseca hay que diferenciar entre dos tipos de candidatos. Por un lado, están aquellos directamente relacionados con la situación analizada y que reciben el nombre de “afectados”. De esta forma, para este grupo se han seleccionado a trabajadores de talleres que están experimentando el cambio de los vehículos eléctricos e híbridos en sus lugares de trabajo y que sufren de forma directa las consecuencias del cambio. Además, son claves para la investigación ya que van a proporcionar información muy fiable acerca los riesgos reales que están surgiendo.

Por otro lado, hay que identificar a los que se denominan “especialistas”, es decir, aquellos cuya profesión, investigaciones, formación académica y/o publicaciones están vinculados con el objeto de estudio y proporcionan información desde otro punto de vista.

De esta forma, el sistema de puntuación que se ha escogido a criterio propio y basándose en otros proyectos que han utilizado esta metodología es el descrito en la tabla adjuntada a continuación. Se han considerado tres bloques diferentes: titulación, formación académica y experiencia, cada uno de ellos con un peso que se ha definido en función de su importancia

para la obtención de datos. Asimismo, cada bloque está dividido dependiendo del perfil que puedan presentar los candidatos y que se precisa para la investigación. En este caso, se hace uso de una escala likert con un rango de puntuación de 1 a 5, siendo el 1 la puntuación más baja y el 5 la más alta.

Tabla 4. Sistema de puntuación: Titulación

| Titulación (30%) | Puntuación |
|--|------------|
| Grado en Ingeniería (mecánica, eléctrica...) | 3 |
| Máster en Ingeniería | 5 |
| Doctorado en Ingeniería | 4 |
| Máster en Prevención de Riesgos Laborales | 4 |
| Grado Medio en eléctrica y/o mecánica | 2 |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5. Sistema de puntuación: Formación

| Formación (30%) | Puntuación |
|--|------------|
| Cursos especializados en Prevención de Riesgos Laborales | 2 |
| Curso formativo en vehículos eléctricos (tecnología, funcionamiento) | 4 |
| Curso de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos | 3 |
| Curso de reparación y mantenimiento de vehículos de combustión interna | 1 |

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6. Sistema de puntuación: Experiencia

| Experiencia (50%) | Puntuación |
|---|------------|
| 5 o más años de experiencia en talleres de vehículos | 5 |
| 0 – 4 años de experiencia en talleres de vehículos | 3 |
| Desarrollo de proyectos vinculados con la tecnología de vehículos eléctricos (tecnología, riesgos...) | 4 |
| Autor/a publicaciones relacionadas con Prevención de Riesgos Laborales | 2 |

Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Diseño y contenido de los cuestionarios

Las elaboraciones de las encuestas se han basado en las conclusiones obtenidas en el marco teórico con el cual se han determinado los peligros más influyentes que existen en los lugares de trabajo del estudio. De esta forma, las afirmaciones hacen referencia a cada uno de los riesgos y estos deben ser respondidos por los candidatos en función de unos valores que se requieren para el posterior análisis numérico.

Por lo tanto, se ha decidido que las encuestas se dividan, por un lado, por categorías de vehículos, es decir, eléctricos, híbridos y de combustión interna. A su vez, estas categorías se van a clasificar en función de los riesgos identificados, entre los que se encuentran los riesgos eléctricos, mecánicos, higiénicos y ergonómicos/psicosociales.

- Vehículos de combustión interna (MCI)
 - Riesgos mecánicos.
 - Riesgos eléctricos.
 - Riesgos de incendio y/o explosión.
 - Riesgos higiénicos.
 - Riesgos ergonómicos y psicosociales.
- Vehículos 100% eléctricos (BEV)
 - Riesgos mecánicos.
 - Riesgos eléctricos.

- Riesgos de incendio y/o explosión.
- Riesgos higiénicos.
- Riesgos ergonómicos y psicosociales.
- Vehículos híbridos (HEV, PHEV)
 - Riesgos mecánicos.
 - Riesgos eléctricos. Riesgos de incendio y/o explosión.
 - Riesgos higiénicos.
 - Riesgos ergonómicos y psicosociales.

A la hora de buscar los riesgos para cada uno de los vehículos se ha observado que las diferencias entre los coches eléctricos e híbridos son mínimas, por lo que a partir de los resultados que se obtengan será posible establecer si esta afirmación es correcta.

El objetivo principal de haber diseñado las encuestas de la forma descrita es que cuando se recopilen los resultados de cada una de las preguntas planteadas se podrá realizar una comparativa entre las tipologías de vehículos. Asimismo, será posible determinar si realmente los riesgos con mayor valor unitario son los mismos a los que se consideran en los estudios teóricos.

En el Anexo I del presente documento aparecen las encuestas que han sido enviadas por correo electrónico a cada uno de los participantes. Están formadas entre 18 – 35 afirmaciones a las que se asignan tres puntuaciones diferentes, cada uno para un parámetro distinto, las cuales se van a explicar en el siguiente apartado.

4.4. Método NTP 330

4.4.1. Introducción

Se trata de un método que evalúa los riesgos que pueden desarrollarse en los lugares de trabajo haciendo uso de unos cuestionarios de chequeo. El objetivo principal es comprobar las insuficiencias en aspectos relacionados con la seguridad laboral y, a partir de los resultados obtenidos, realizar un control para eliminarlos y/o reducirlos y así evitar que ocurran accidentes de trabajo.

Muchos investigadores utilizan este método como la primera herramienta en sus proyectos de evaluación debido a que proporciona un estudio preliminar de la situación estudiada y pueden ser integradas en otras metodologías de evaluación de riesgos. Esto se debe a que una de las características principales del método es que sigue un procedimiento muy sencillo, además de que con muy pocos recursos es posible determinar los riesgos más significativos.

Previo a la descripción del método, es importante determinar dos conceptos que son las bases para estimar la magnitud de los riesgos identificados.

- Probabilidad

Se define como la posibilidad de que un determinado peligro provoque daños materiales y personales, por lo que este término tiene en cuenta el tiempo de exposición de las personas al riesgo. Sin embargo, para facilitar la evaluación este método hace distinción entre ambos valores, es decir, se van a estudiar por separado la probabilidad y el tiempo de exposición (INSST, 2024).

- Consecuencias

Cuando una situación de peligro acaba manifestándose como un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores se producen una serie de daños, que es lo que se conoce como las consecuencias. De esta forma, los daños que pueden producirse por la existencia de un riesgo cuyo valor va a depender de la probabilidad de que ocurra y de las consecuencias que trae consigo, tanto materiales como físicas.

Esto quiere decir que los daños se pueden determinar a partir del producto entre la probabilidad y las consecuencias correspondientes, obteniéndose la siguiente gráfica que

muestra que cuanto mayor sean las consecuencias más meticuroso debe ser el proceso de establecer la probabilidad del riesgo.

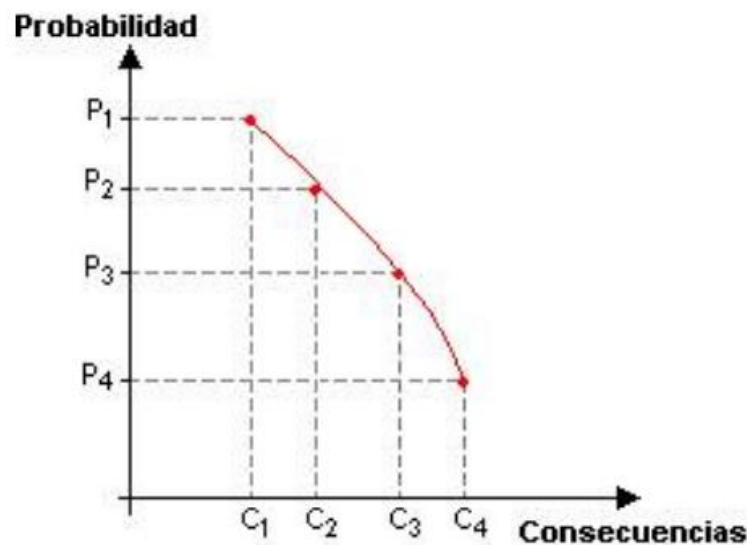


Ilustración 23. Gráfica Probabilidades y Consecuencias. Fuente: (INSST, 2024)

4.4.2. Descripción del método

El motivo principal por el que se ha utilizado este método es porque da como resultados la cuantificación de los riesgos analizados con los que se podrá establecer una jerarquía desde aquellos que provocan pocos o ningún daño hasta aquellos que causan consecuencias catastróficas. De esta forma, se puede determinar una prioridad de actuación mediante la implantación de medidas preventivas, empezando por aquellos que sean más peligrosos y que tengan mayor importancia.

A diferencia de otros métodos que emplean valores reales para definir los riesgos, en este se emplean niveles con unas escalas establecidas a criterio propio. Es importante que el número de niveles no sea ni muy elevado ni muy bajo para así ser más precisos en los resultados y no cometer errores en las consideraciones.

El procedimiento que se ha seguido para esta metodología, el cual se muestra a continuación, se ha basado en los pasos detallados en la nota técnica (INSTT, 2024).

1. Identificación de los riesgos y elaboración de los cuestionarios.

La determinación de los riesgos se ha realizado a partir de la recopilación de información en el marco teórico y se han diseñado las encuestas tal y como se explica en el apartado 4.3.2. del presente trabajo.

Cabe mencionar que para poder obtener resultados es preciso que todas las cuestiones que se planteen se respondan para tres parámetros diferentes que aportan información acerca de los niveles de deficiencia, exposición y consecuencias. A continuación, se explican cada uno de ellos y los valores que se han asignado para su valoración e interpretación.

2. Determinación del nivel de deficiencia (ND).

Se define como la magnitud que relaciona los factores de riesgos establecidos con las causas que pueden provocar y que pueden desembocar en accidentes de trabajo. En la tabla adjuntada a continuación se muestra la puntuación asignada para cada una de las situaciones que pueden darse y que darán resultados diferentes en función de las respuestas de los candidatos.

Tabla 7. Puntuación Nivel de Deficiencia (ND)

| Nivel Deficiencia (ND) | Significado | Puntuación |
|------------------------|---|------------|
| Muy Deficiente (MD) | Peligros o situaciones de riesgos muy peligrosos y significativos. No existen medidas o resultan ineficientes. | 10 |
| Deficiente (D) | Peligros o situaciones de riesgos de mayor importancia. Existen medidas que disminuyen su eficacia de forma significativa. | 6 |
| Mejorable (M) | Peligros o situaciones de riesgos de menor importancia. Existen medidas cuya eficacia no se ve alterada por la presencia de peligros. | 2 |
| Aceptable (A) | No hay peligro. Riesgo controlado. | 0 |

Nota. Elaboración propia. Fuente: (INSST, 2024)

3. Determinación del nivel de exposición (NE).

Es una forma de medir la frecuencia de que ocurra un riesgo a lo largo de una jornada laboral o por operaciones productiva, es decir, en función de la exposición de este. En este caso se ha establecido como la probabilidad de que ocurra un riesgo durante las horas trabajadas, tal y como se muestra a continuación.

Tabla 8. Puntuación Nivel de Exposición (NE)

| Nivel Exposición (NE) | Significado | Puntuación |
|-----------------------|--|------------|
| Continuada (C) | Ocurre de forma continuada y con mucha frecuencia en cada jornada laboral. (3 o más veces por jornada) | 4 |
| Frecuente (F) | Ocurre con frecuencia en cada jornada laboral (1 - 2 veces por jornada) | 3 |
| Ocasional (O) | Ocurre con poca frecuencia en alguna jornada laboral y en un corto periodo de tiempo. (P.E. puede ocurrir cada 2 semanas) | 2 |
| Esporádica (E) | Irregularmente. Hay días en los que no ocurre ningún incidente o solo ocurre una vez por jornada laboral después de un largo periodo de tiempo sin incidentes. | 1 |

Nota. Elaboración propia. Fuente: (INSST, 2024)

4. Determinación del nivel de probabilidad (NP).

El nivel de probabilidad se define como el producto entre el nivel de deficiencia y el nivel de exposición y se le asignará un peso en función de los valores que se obtengan a partir de los dos parámetros anteriores. De esta forma, dependiendo del resultado la probabilidad tendrá un significado u otro (ilustración 24).

Para las interpretaciones del nivel de probabilidad se han empleado los cuadros explicativos que se detallan en la nota técnica, los cuales se muestran a continuación.

| | | Nivel de exposición (NE) | | | |
|---------------------------|----|--------------------------|-------|------|------|
| | | 4 | 3 | 2 | 1 |
| Nivel de deficiencia (ND) | 10 | MA-40 | MA-30 | A-20 | A-10 |
| | 6 | MA-24 | A-18 | A-12 | M-6 |
| | 2 | M-8 | M-6 | B-4 | B-2 |

Ilustración 24. Interpretación de los valores de probabilidad. Fuente: (INSST, 2024)

| Nivel de probabilidad | NP | Significado |
|-----------------------|---------------|---|
| Muy alta (MA) | Entre 40 y 24 | Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia. |
| Alta (A) | Entre 20 y 10 | Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral. |
| Media (M) | Entre 8 y 6 | Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez. |
| Baja (B) | Entre 4 y 2 | Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible. |

Ilustración 25. Explicación niveles probabilidad obtenidos. Fuente: (INSST, 2024)

5. Determinación del nivel de consecuencias (NC).

Para este nivel se deben considerar tanto las consecuencias materiales como personales que puede causar un riesgo en los lugares de trabajo, ya que ambos son esenciales para establecer la gravedad de los accidentes.

Tabla 9. Puntuación Nivel de Consecuencias (NC)

| Nivel Consecuencias (NC) | Significado | Puntuación |
|--------------------------|--|------------|
| Mortal o Catástrofe (M) | Fallecimiento. Destrucción total del sistema. | 100 |
| Muy Grave (MG) | Lesiones físicas graves con posibilidad de no ser reparables. Destrucción parcial del sistema. | 60 |
| Grave (G) | Incapacidad laboral transitorio. Paro en el proceso para reparar los daños materiales. | 25 |
| Leve (L) | Las lesiones físicas que no requieren hospitalización. Daños materiales se reparan sin parar el proceso productivo. | 10 |

Nota. Elaboración propia. Fuente: (INSST, 2024)

6. Determinación del nivel de intervención (NI).

Finalmente se calcula el nivel de intervención como el producto entre el nivel de probabilidad y el nivel de consecuencias. A partir de este valor es posible llegar a unas conclusiones que establezcan cuanto de crítico es el riesgo analizado y si se debe intervenir de manera urgente o simplemente actuar para reforzar las medidas de control establecidas.

Al igual que en el nivel de probabilidad, para las interpretaciones de los resultados y para el significado asignado a cada uno de los valores se ha utilizado los cuadros explicativos que se detallan en la nota técnica.

NR = NP x NC

| | | Nivel de probabilidad (NP) | | | |
|-----------------------------|-----|----------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------|
| | | 40-24 | 20-10 | 8-6 | 4-2 |
| Nivel de consecuencias (NC) | 100 | I 4000-2400 | I 2000-1200 | I 800-600 | II 400-200 |
| | 60 | I 2400-1440 | I 1200-600 | II 480-360 | II 240 III 120 |
| | 25 | I 1000-600 | II 500-250 | II 200-150 | III 100-50 |
| | 10 | II 400-240 | II 200 III 100 | III 80-60 | III 40 IV 20 |

Ilustración 26. Interpretación de los valores de intervención. Fuente: (INSST, 2024)

| Nivel de intervención | NR | Significado |
|-----------------------|----------|--|
| I | 4000-600 | Situación crítica. Corrección urgente. |
| II | 500-150 | Corregir y adoptar medidas de control. |
| III | 120-40 | Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad. |
| IV | 20 | No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique. |

Ilustración 27. Explicación niveles intervención obtenidos. Fuente: (INSST, 2024)

5. Resultados

En este apartado se van a analizar los resultados obtenidos en las encuestas aplicando el método cuantitativo explicado en el apartado anterior con el cual se van a poder obtener las conclusiones pertinentes acerca de los riesgos laborales en los talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos.

Para la realización del método Delphi se preseleccionaron un total de quince encuestados, entre los que se encuentran talleres de vehículos y organismos especializados en materia preventiva de estos tipos de riesgos laborales. Del primer conjunto se escogieron como candidatos finales un total de diez debido a las puntuaciones obtenidas en el sistema explicado en el apartado 4.3.1 del presente trabajo. Esta selección final es muy favorable para la obtención de resultados fiables puesto que los expertos dieron información acerca de su formación y experiencias en la materia.

A continuación, se procede a explicar cuál ha sido el procedimiento seguido para estudiar las distintas respuestas planteadas y las conclusiones que se han conseguido.

5.1. Análisis de los cuestionarios

Los expertos han asignado valores de nivel de deficiencia, exposición y consecuencias a cada uno de los riesgos planteados para así poder obtener el nivel de probabilidad y finalmente el nivel de intervención. Este último valor va a ser clave para determinar cuáles de los riesgos establecidos son los más graves y, por lo tanto, necesitan una intervención urgente. En el Anexo I del presente documento se puede observar todas las cuestiones planteadas y como se han organizado las encuestas.

Al haber diversidad de respuestas en algunas de las preguntas planteadas se ha decidido exponer los resultados en porcentajes, es decir, el número de veces que se ha seleccionado un determinado valor para un riesgo respecto al número total de encuestados (diez). Por ejemplo, si tres expertos han asignado un valor de aceptable al riesgo de choque eléctrico por realizar revisiones a equipos de alta tensión y el resto han seleccionado un nivel de deficiencia, el nivel de aceptable obtiene un 30% y el nivel de deficiencia un 70%.

Tal y como se explicó en el apartado de metodología, para obtener los niveles de probabilidad e intervención es necesario realizar operaciones numéricas. Al haber riesgos que obtienen puntuaciones distintas para un mismo valor se ha decidido escoger aquel que tenga

un porcentaje más alto. Es decir, si para un determinado riesgo existe un 40% de que ocurra de forma esporádica y un 60% de que tenga lugar ocasionalmente, se elige el valor de ocasional para operar y así obtener el nivel de probabilidad.

En el Anexo II del presente documento se adjuntan las hojas de cálculo de las encuestas donde se puede observar de forma más visual y detallada el procedimiento explicado.

5.1.1. Vehículos convencionales

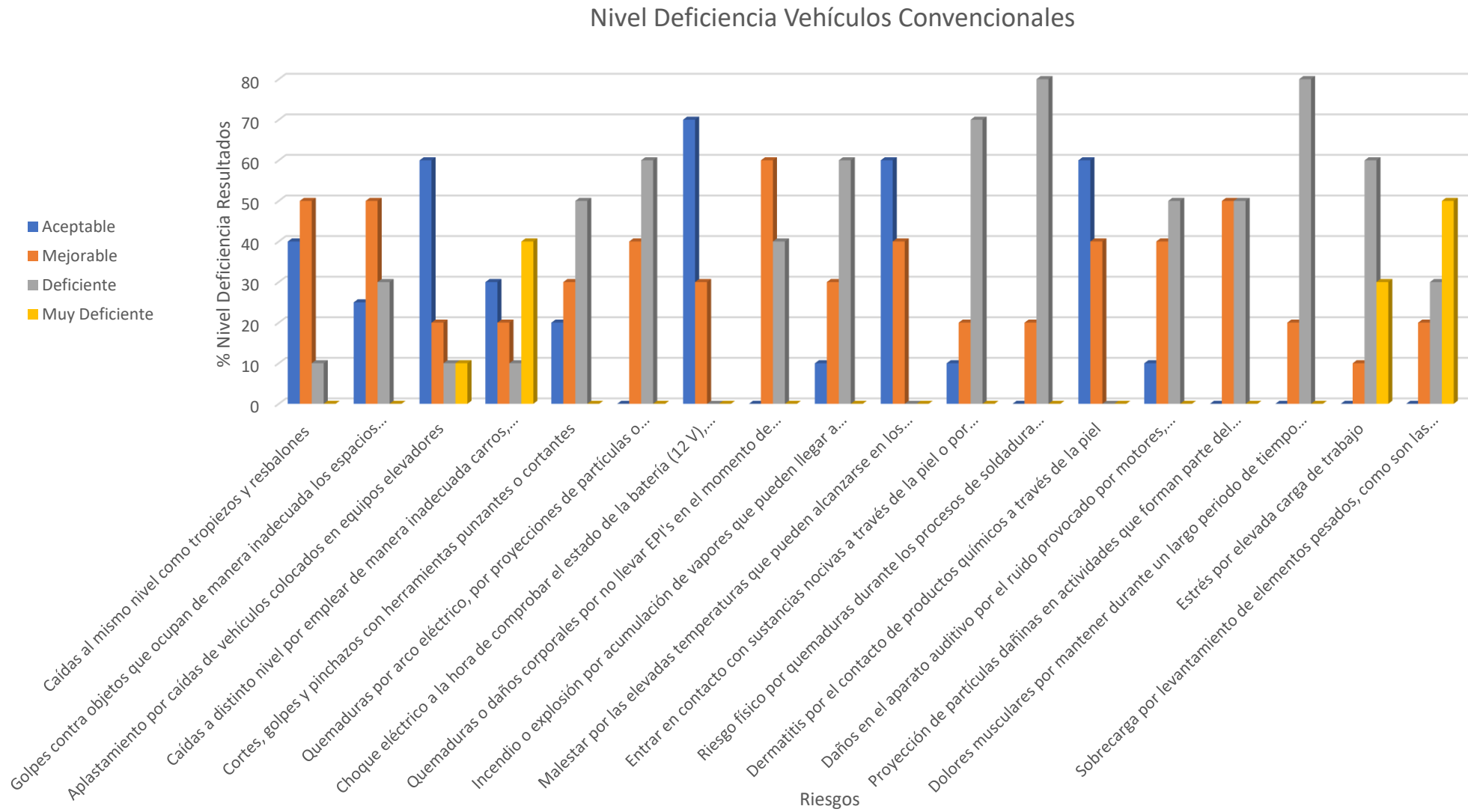
Uno de los aspectos más importantes a mencionar es que en el estudio de los niveles de deficiencia se ha obtenido una mayor diversidad de opiniones con respecto a otros niveles. Esto quiere decir que habido diferentes puntos de vistas en lo que se refiere a la peligrosidad de la situación planteada y si las medidas que se establecen en sus lugares de trabajo son realmente eficaces para combatir el riesgo.

Tal y como se muestra en la ilustración 28, existen tres riesgos que han recibido una puntuación de nivel muy deficiente por alguno de los encuestados: caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores (40%); estrés por elevada carga de trabajo (30%) y sobrecarga por levantamiento de elementos pesados (50%). Esto quiere decir que un gran porcentaje del sector los considera bastante peligrosos y que no se están tomando las medidas suficientes para eliminarlos, por lo que se debe centrar el foco de estudio principalmente en ellos.

Por otro lado, el riesgo ergonómico de dolor muscular y el riesgo físico por quemaduras en procesos de soldadura han recibido una puntuación muy alta (un 80%) en el nivel de deficiencia, por lo que la gran mayoría posee la misma opinión acerca de que existen medidas para prevenir los riesgos, pero que no son suficientes para evitarlos. Por lo analizado en la parte teórica se concluyó que eran riesgos con una probabilidad elevada de que obtuviesen este valor ya que en este sector se realizan muchas tareas y de forma continuada que implican estos tipos de peligro.

Por último, cabe mencionar que el riesgo de choque eléctrico por comprobar el estado de la batería de 12V ha obtenido una puntuación muy alta en el nivel aceptable (70%) por lo que los talleres convencionales conocen la peligrosidad del riesgo y lo tienen muy controlado gracias a las medidas preventivas y de control que tengan implantadas.

Ilustración 28. Resultados Nivel Deficiencia Vehículos Convencionales.



En lo que se refiere al nivel de exposición, los expertos han puntuado de forma muy similar los diferentes riesgos por lo que hay un mayor consenso en lo que se refiere a la frecuencia con la que ocurren.

Los más frecuentes son las caídas al mismo nivel (70%); cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes (50%) y dolores musculares por posturas inadecuadas (70%) frente a los riesgos por aplastamiento por caídas de vehículos; caídas a distinto nivel por empleo inadecuado de carros, grúas o elevadores; incendio o explosión por acumulación de vapores y malestar por elevadas temperaturas, que han recibido una puntuación del 100% en nivel de exposición esporádico.

Analizando el riesgo de caídas a distinto nivel se puede observar que es un peligro alto en el que no se han implantado las medidas pertinentes y que en el caso de que ocurra puede provocar importantes daños. Sin embargo, los expertos han establecido que sucede con muy poca frecuencia, es decir, pueden pasar periodos muy largos hasta que suceda de nuevo, reduciéndose así el nivel de probabilidad.

En la ilustración 29 se muestran todos los resultados obtenidos del nivel de exposición, los cuales se van a utilizar junto con los niveles de deficiencia para determinar la probabilidad, tal y como se explicó en el método NTP 330.

En la columna “NP” de la tabla 10 se puede observar la puntuación obtenida a partir de la operación de multiplicar deficiencia por exposición. En las columnas de estos niveles ya aparece la puntuación asignada en función del nivel obtenido. Aquellos riesgos que obtuvieron un nivel de deficiencia aceptable van a puntuar como 0 por lo que independientemente de la exposición van a ser riesgos controlados en los talleres y no van a requerir de ninguna intervención al no existir ningún tipo de peligro.

Existen muchos riesgos que han recibido una puntuación de probabilidad baja por lo que es raro que se materialice el riesgo. Ocurre en golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada el lugar de trabajo, por lo que da indicios de que muchos talleres prestan especial atención al orden y limpieza de sus zonas de trabajo. Por otro lado, están los daños por no llevar los EPI's; los riesgos por quemaduras en los procesos de soldadura y los daños auditivos dando a entender que en los talleres son bastante rigurosos con el hecho de trabajar con protección.

Ilustración 29. Resultados Nivel Exposición Vehículos Convencionales.

Nivel Exposición Vehículos Convencionales

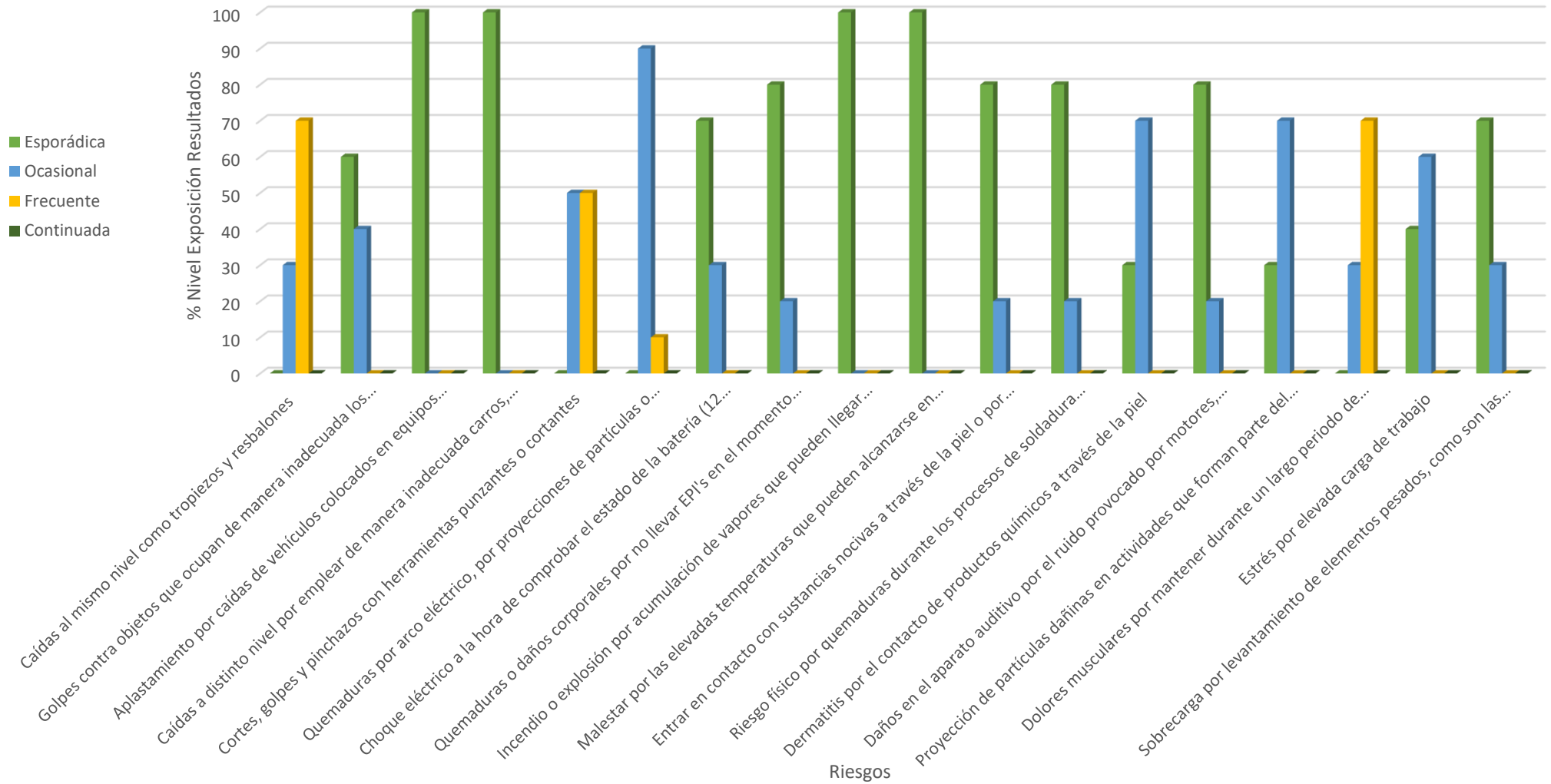


Tabla 10. Resultados Nivel Probabilidad Vehículos Convencionales

| Tipo de Riesgo | ND | NE | NP | Significado |
|--|----------|----------|----------|---------------------------------------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 2 | 3 | 6 | Probabilidad Media |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 2 | 1 | 2 | Probabilidad Baja |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 6 | 3 | 18 | Probabilidad Alta |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 2 | 1 | 2 | Probabilidad Baja |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|---------------------------------------|
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | 0 | 2 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 4 | 3 | 12 | Probabilidad Alta |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |

Nota. Elaboración propia.

Por último, se exponen los resultados obtenidos en los niveles de consecuencias en la que los expertos han evaluado como de grave pueden ser estos riesgos si suceden en algún momento de la jornada laboral. Tal y como se muestra en la ilustración 30, solo tres riesgos han sido puntuados como mortales como es el hecho de que ocurra un incendio o explosión por líquidos o vapores inflamables. Es evidente que son situaciones que van a desencadenar daños irreparables y aunque no sucedan con frecuencia es muy importante implantar medidas seguras.

El riesgo de aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores ha recibido un 70% de nivel de consecuencia mortal. Sin embargo, en el análisis de nivel de probabilidad se ha establecido como riesgo muy controlado en talleres. Esto se debe a que los trabajadores son conscientes de lo peligroso que puede llegar a ser y actualmente tienen implantado medidas eficaces en el sector para prevenir estas situaciones.

Finalmente, se determina el nivel de intervención cuyos resultados van a ser determinantes para establecer el grado de corrección y el orden con el que se tienen que adoptar las medidas preventivas y de control. En la tabla 11 se muestran los resultados, siendo el nivel de intervención I el más grave y por el que se debería empezar a actuar, seguido del nivel II y III. Sin embargo, los riesgos con nivel IV no es preciso intervenir o no tiene tanta urgencia.

Por lo tanto, los riesgos de caídas a distintos niveles por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores e incendio o explosión por líquidos o vapores inflamables son situaciones críticas que requieren de correcciones importantes. Ambos se deben a las consecuencias mortales que pueden llegar a provocar y a que no hay buenas medidas implantadas actualmente, ya que para ambos se ha establecido una frecuencia muy baja.

Para finalizar con los vehículos convencionales, cabe mencionar que solo se ha establecido un riesgo relacionado con la electricidad: choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería. Se ha observado que hay medidas eficaces y que es raro que tenga lugar este riesgo por lo que es totalmente controlado. Esto puede ser una afirmación acerca de lo que se ha analizado a lo largo del trabajo, es decir, que presentan grandes diferencias con los vehículos eléctricos e híbridos al no trabajar con elementos de alta tensión, siendo el riesgo eléctrico mucho menor.

Ilustración 30. Resultados Nivel Consecuencias Vehículos Convencionales.

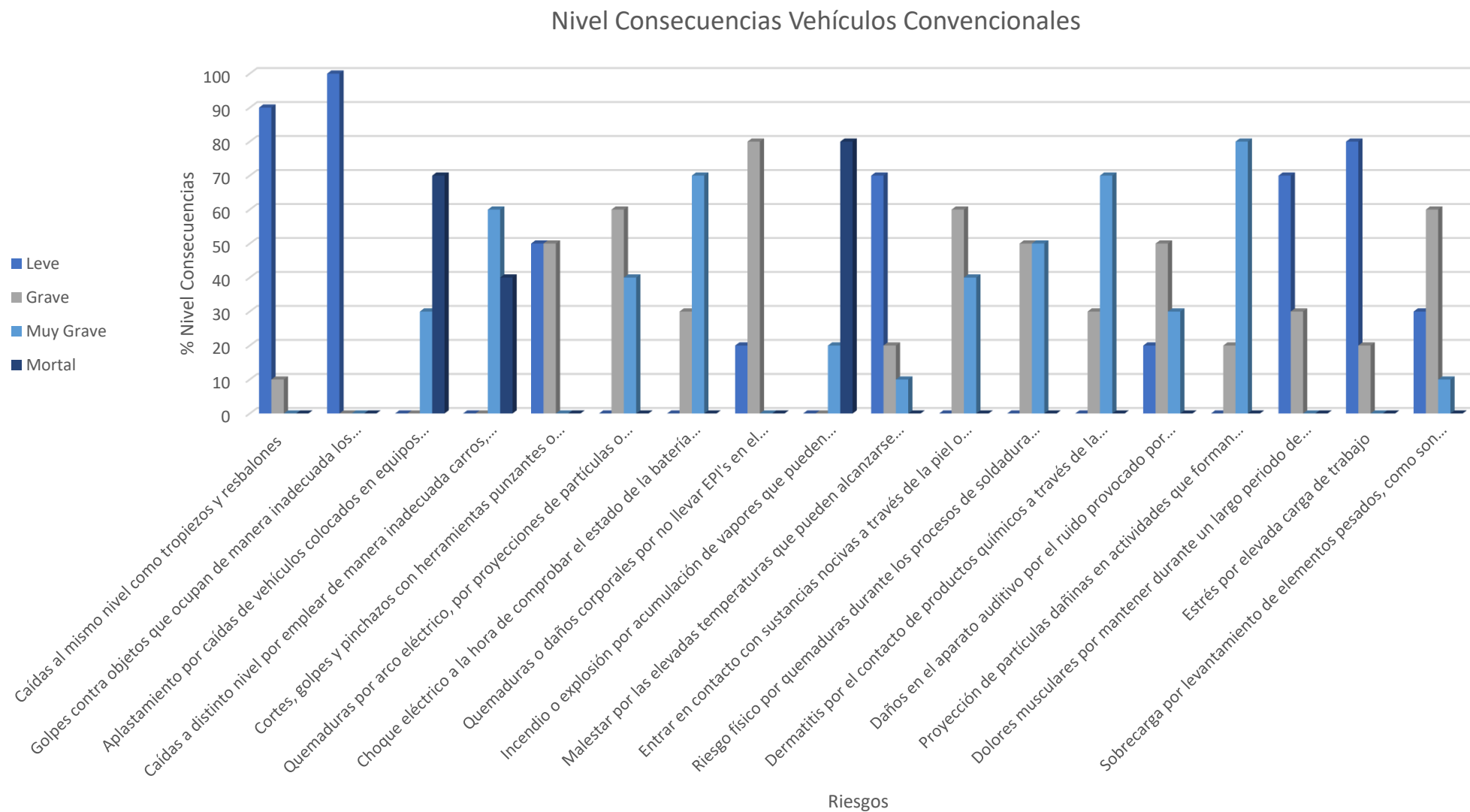


Tabla 11. Resultados Nivel Intervención Vehículos Convencionales

| Tipo de Riesgo | NP | NC | NI | Significado |
|--|-----------|------------|------------|-------------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 6 | 10 | 60 | III |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 2 | 10 | 20 | IV |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 10 | 60 | 600 | I |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 18 | 25 | 450 | II |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 12 | 25 | 300 | II |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 2 | 25 | 50 | III |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 6 | 100 | 600 | I |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 4 | 25 | 100 | III |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 4 | 60 | 240 | II |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 4 | 25 | 100 | III |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 8 | 60 | 480 | II |

| | | | | |
|--|----|----|-----|-----|
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 12 | 10 | 120 | III |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 8 | 10 | 80 | III |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 10 | 25 | 250 | II |

Nota. Elaboración propia.

5.1.2. Vehículos eléctricos e híbridos

En este apartado se exponen los resultados de los vehículos eléctricos e híbridos ya que se han obtenido las mismas respuestas para ambas tipologías. Esto ayuda a establecer que los riesgos laborales de trabajar con ambas tipologías son los mismos y que las medidas a implantar son idénticas.

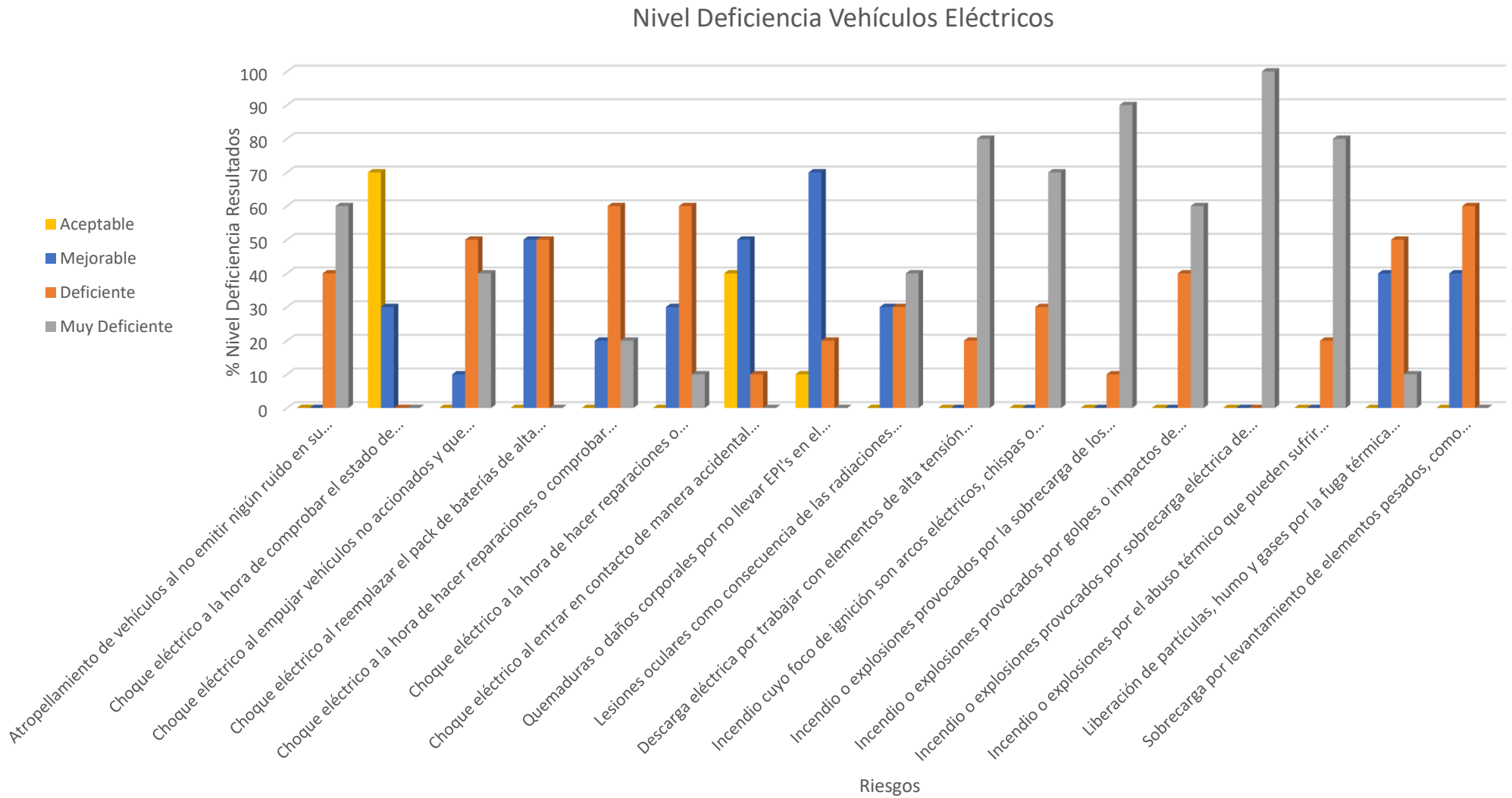
Por otro lado, hay muchos riesgos que se comparten con los vehículos convencionales como son caídas por tropiezos, caídas a distinto nivel por empleo inadecuado de grúas, cortes por herramientas... Esto conduce a establecer que los riesgos de los talleres convencionales siguen existiendo en igual medida en los talleres de vehículos eléctricos e híbridos. Por lo tanto, los resultados obtenidos en el apartado anterior se tendrán en cuenta también para estos vehículos, sumados de los que se analicen en este apartado.

De esta forma, las situaciones de peligro que se detallan son específicas de los vehículos eléctricos e híbridos y se centran en el riesgo eléctrico y en los riesgos de trabajar con baterías de alta tensión.

En la ilustración 31 se observan los porcentajes del nivel de deficiencia que se han asignado para cada uno de los riesgos. Se ha obtenido un consenso (100%) en que el riesgo por incendio o explosión por sobrecarga eléctrica de las baterías tiene un nivel muy deficiente. Esto quiere decir que es muy peligroso y, sin embargo, no se implantan las medidas adecuadas. El motivo puede ser que para la realización de la actividad laboral se trabajan con equipos por encima de sus capacidades, no controlando sus valores límites de voltaje y/o intensidad. Es un caso muy similar al riesgo por sobrecarga en los cargadores, el cual ha recibido un 90% en el nivel muy deficiente, seguido del abuso térmico de las baterías y de las descargas eléctricas por cableado de alta tensión con un 80%.

De esta forma, se confirma lo que se estudió en la parte teórica, es decir, que una de las mayores carencias que se observan en los talleres de este tipo es la ausencia de medidas vinculadas con los equipos de alta tensión y las baterías.

Ilustración 31. Resultados Nivel Deficiencia Vehículos Eléctricos e Híbridos.



A diferencia de los vehículos convencionales, los riesgos vinculados a trabajar con coches eléctricos han obtenido resultados de muy baja frecuencia en el nivel de exposición. Tres de los riesgos analizados han obtenido un 100% de puntuación en el nivel esporádico: quemaduras o daños por no llevar EPIs; lesiones oculares por arcos eléctricos e incendio o explosiones por golpes o impactos en las baterías. De los dos primeros se puede llegar a la conclusión de que los trabajadores vuelven a ser muy estrictos con el tema de trabajar con protección, y más aún al poder entrar en contacto con alta tensión.

El resto de riesgo relacionados con incendio o explosiones por los diversos motivos analizados han recibido puntuaciones del 90% y 80% de nivel esporádico al ser situaciones que pueden que estén muy controladas y por ende no ocurran con apenas frecuencia.

Por último, los valores más alto de nivel ocasional han sido: choque eléctrico a la hora de comprobar alternadores, fusibles (70%); choque eléctrico al empujar vehículos no accionados (60%); choque eléctrico por contacto accidental (70%) y sobrecarga por levantamiento de elementos pesados (60%). Este último a diferencia de los convencionales ha aumentado el porcentaje en este nivel y se puede deber a que las baterías de los vehículos eléctricos son mucho más pesadas y se necesitan de herramientas específicas para trabajar con ellas.

Con respecto al cálculo del nivel de probabilidad que se observa en la tabla 12 se ha conseguido un único riesgo que es totalmente controlado en el sector: choque eléctrico a la hora de comprobar alternadores, fusible... El motivo puede ser que al ser un riesgo que se da también en los vehículos convencionales se tengan la suficiente formación e información para controlarlo.

Hay un gran número de riesgos que poseen una probabilidad alta de que ocurran y se debe a que poseen un nivel muy deficiente, por lo que se entiende que para reducir este nivel de probabilidad va a ser necesario implantar una serie de medidas que impidan que las situaciones sean consideradas tan peligrosas.

Ilustración 32. Resultados Nivel Exposición Vehículos Eléctricos e Híbridos.

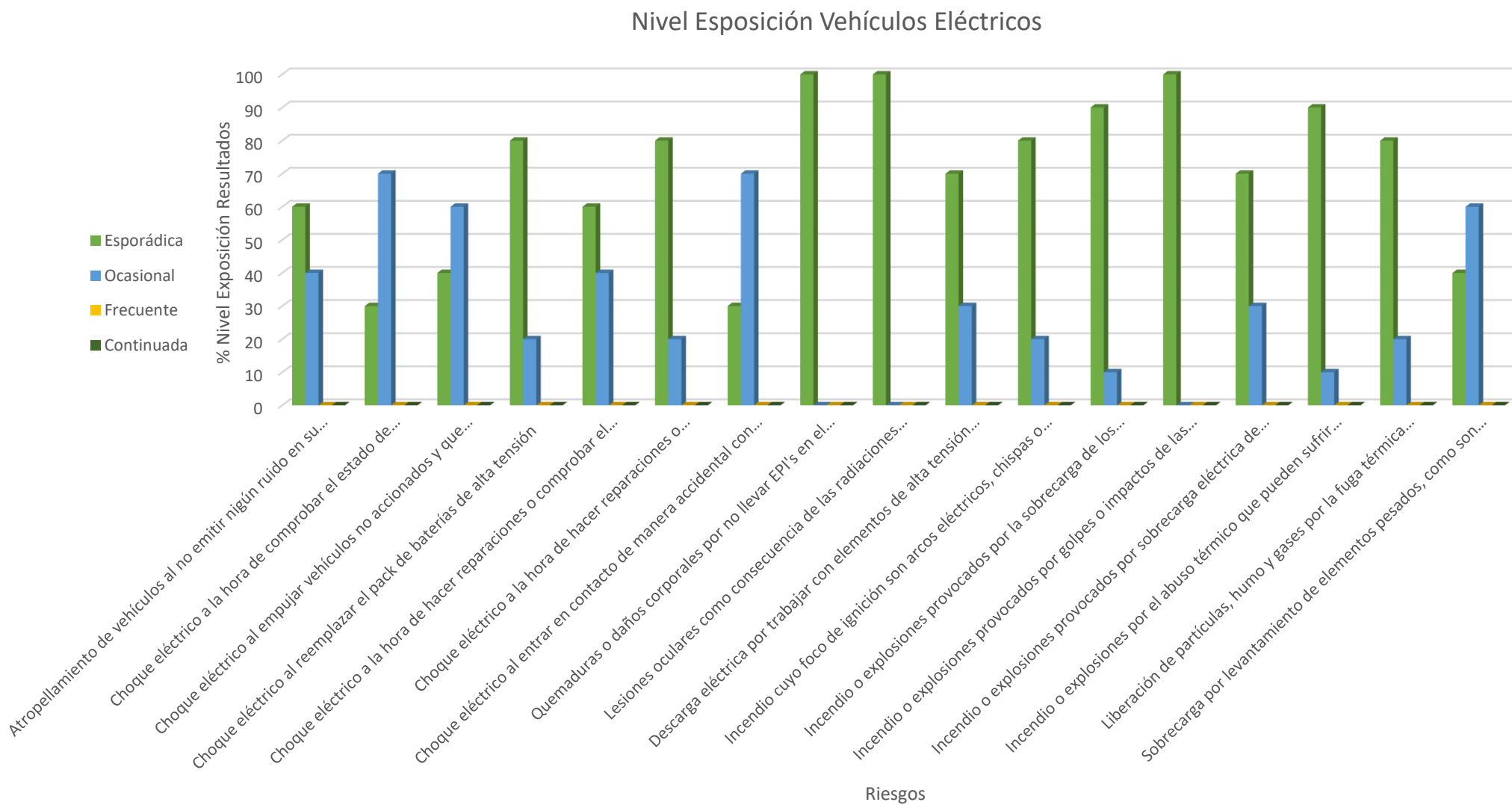


Tabla 12. Resultados Nivel Probabilidad Vehículos Eléctricos e Híbridos

| Tipo de Riesgo | ND | NE | NP | Significado |
|---|----------|----------|----------|---------------------------------------|
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 2 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |

| | | | | |
|--|----|---|----|--------------------|
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |

Nota. Elaboración propia.

Otra de las grandes diferencias que se ha podido observar de la opinión de los expertos entre el nivel de consecuencias de los riesgos de vehículos convencionales y eléctricos es que los asociados a estos últimos los han clasificado en su mayoría como mortales o muy graves, como se observa en la ilustración 33. Esto se puede deber a que las consecuencias de que una corriente eléctrica atravesase el cuerpo humano suelen ser de una magnitud importante, tal y como se estudió en el apartado 3.4.1 “Riesgos de Seguridad Laboral”.

Por lo tanto, todos los riesgos referentes a choques y descargas eléctricas han obtenido una puntuación del 80%, 90% o incluso 100% de nivel mortal. Otro de los riesgos con una puntuación muy alta son los incendios o explosiones, resultado idéntico al que se planteaba en los vehículos convencionales.

Además, la situación de ser atropellados por vehículos que no emiten ningún ruido ha obtenido una puntuación del 80% en nivel mortal frente a un 60% de esporádico en el nivel de exposición y de muy deficiente en el nivel de deficiencia. Esto quiere decir que a pesar de que no haya medidas eficientes para combatirlo no es una situación que se dé con frecuencia pero que de darse provocaría daños importantes tanto materiales como personales, y por esto último sería importante intervenir.

Finalmente se calcula el nivel de intervención con los valores de probabilidad y consecuencias obtenidos cuyos resultados se adjuntan en la tabla 13 de este mismo apartado. La gran mayoría de las situaciones planteadas necesitan de una intervención urgente (nivel I) excepto las quemaduras o daños corporales por no llevar EPIs (nivel III) y la sobrecarga por levantamiento de elementos pesados (nivel II). Estos riesgos serán intervenidos una vez se corrijan los del nivel I.

El motivo principal de que se hayan obtenido estos valores de nivel de actuación es que los expertos han establecido como muy peligrosos los riesgos vinculados con los vehículos eléctricos e híbridos. De esta forma, los empresarios deben ser responsables e implantar medidas preventivas para que estén controladas todas las situaciones que pueden desembocar en: un riesgo de choque y descarga eléctrica; atropello de vehículo; incendio o explosión por mal uso de los equipos o malas condiciones del ambiente y por la liberación de elementos tóxicos debido a la fuga térmica de las baterías.

Ilustración 33. Resultados Nivel Consecuencias Vehículos Eléctrico e Híbridos.

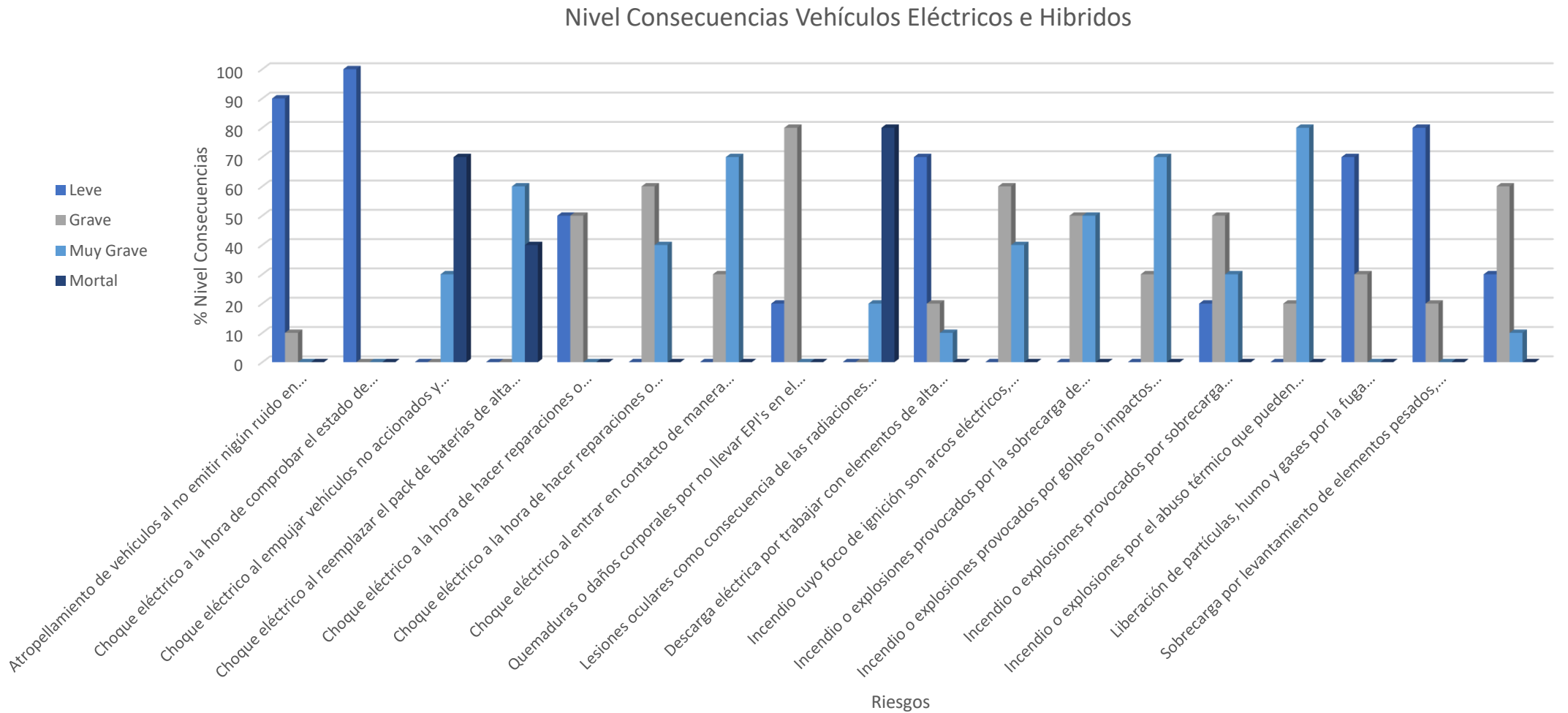


Tabla 13. Resultados Nivel Intervención Vehículos Eléctricos e Híbridos

| Tipo de Riesgo | NP | NC | NI | Significado |
|--|-----------|------------|-------------|-------------|
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 10 | 100 | 1000 | I |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 12 | 100 | 1200 | I |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 8 | 100 | 800 | I |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 4 | 25 | 100 | III |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 10 | 100 | 1000 | I |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 10 | 100 | 1000 | I |

| | | | | |
|---|-----------|------------|-------------|----------|
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 10 | 100 | 1000 | I |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 6 | 100 | 600 | I |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 12 | 25 | 300 | II |

Nota. Elaboración propia.

5.1.3. Interpretación

Los talleres de reparación y mantenimiento que trabajan únicamente con vehículos convencionales presentan riesgos con niveles de intervención más bajos, dando a entender que actualmente están bastante controlados y que sus trabajadores están bien formados. La causa reside en que han alcanzado niveles de exposición bajos entre 1 (esporádico) y 2 (ocasional) su mayoría y hay muy pocos riesgos que hayan obtenido un valor de nivel de consecuencias mortal (puntuación 100).

Esta situación no es nada similar a la que se da en los talleres de reparación y mantenimiento que trabajan únicamente con vehículos eléctricos e híbridos o una combinación de ambos. El sector se ha visto afectado por un cambio muy importante que ha traído consigo riesgos con nivel de consecuencias mortales y con pocas medidas de control y preventivas eficaces en sus lugares de trabajo. Esto es un reflejo de los resultados obtenidos en las encuestas en la que la mayoría de los riesgos requieren de una intervención urgente.

Por lo tanto, el empresario deberá estudiar e implantar todas las medidas necesarias empezando por los riesgos con un nivel I de intervención hasta llegar al nivel IV si este último lo requiere. Algunas de las soluciones que se pueden establecer en el sector se plantean en el siguiente apartado como modo de guía, cuyo proceso debe implicar la información de la situación a los trabajadores.

5.2. Medidas preventivas

Gracias al estudio realizado se han conocido aquellos riesgos cuya existencia en los talleres de reparación y mantenimiento suponen un peligro para los trabajadores, por lo que surge la necesidad de implantar medidas preventivas específicas que permitan garantizar la seguridad y salud de los empleados. Esta labor es responsabilidad del empresario, el cual debe integrar en su estructura empresarial un plan de prevención de riesgos laborales (PPRL) que incluya el establecimiento de medidas con el fin de evitar y combatir los riesgos, tal y como viene recogido en el artículo 14 de la LPRL (Ley 31/1995).

En lo que se refiere a los trabajadores, la ley establece en el artículo 29 una serie de obligaciones que deben cumplir bajo su propia responsabilidad, como son el uso correcto de máquinas, herramientas, equipos, etc, que emplean para el desarrollo de la actividad empresarial. Además, deben utilizar correctamente los equipos de protección, tanto individual como colectiva, informar en el momento en el que surgen situaciones peligrosas y adoptar métodos de trabajo seguros con el fin de garantizar un correcto entorno laboral (Ley 31/1995).

Tal es la importancia de que existan medidas preventivas eficaces en los lugares de trabajo que en este apartado se van a establecer aquellas que son necesarias para reducir los riesgos obtenidos. Entre todos ellos destaca el riesgo eléctrico ya que ha obtenido la puntuación más alta en el cuestionario realizado a los expertos, por lo que se pondrá especial énfasis en analizar las actuaciones que permiten reducir sus efectos.

En primer lugar, se detalla el procedimiento de trabajo que deben seguir los empleados desde que el vehículo llega al taller hasta que se entrega al cliente una vez realizadas las operaciones de reparación. Existen importantes diferencias con respecto a los vehículos convencionales que pueden provocar confusión o despistes entre los trabajadores aumentando así la probabilidad de accidente.

Además, se estudian los equipos de protección colectiva (EPC) que permiten que un conjunto de trabajadores esté protegido ante el mismo riesgo de forma simultánea. En el caso de que no se haya podido eliminar o reducir el riesgo con esta medida hay que recurrir a los equipos de protección individual (EPI), tal y como se indica en el artículo 17 de LPRL. Se definen como un equipo que debe llevar puesto o sujeto el trabajador con el fin de protegerlo de uno o varios riesgos.

Por otro lado, se especifican las herramientas necesarias para trabajar con equipos de AT y la formación e información que deben recibir los trabajadores, especialmente aquella relacionada con los trabajos en tensión, sin tensión y/o en proximidad.

Procedimiento de actuación

La incorporación de vehículos eléctricos e híbridos en los talleres trae consigo cambios organizativos y de infraestructura que en el caso de no existir un orden y limpieza adecuados en los lugares de trabajo puede desencadenar en accidentes laborales. Por lo tanto, y tal y como se mencionó en el apartado 3 del presente trabajo, dos de las medidas colectivas más importantes son que los trabajadores sigan un procedimiento de actuación desde la recepción hasta la entrega del vehículo, así como hacer una distribución por zonas acorde al tipo de operación que se va a realizar. A continuación, se detalla de forma resumida el modo correcto de actuación y las tres zonas en las que se debe clasificar el taller.

1. Recepción.

Se debe identificar el vehículo para trasladarlo a la zona de trabajo, siendo el mismo procedimiento que se realiza en los talleres convencionales. Como recordatorio, se indica a continuación las tres zonas de trabajo que existen.

- Tipo I: Operaciones que no están relacionadas con el sistema eléctrico del vehículo.
- Tipo II: Operaciones que están relacionadas con el sistema eléctrico del vehículo.
- Tipo III: Operaciones de elementos que forman parte del sistema eléctrico del vehículo.

Una vez trasladado, se debe realizar un diagnóstico acerca del estado del vehículo y emplear equipos especializados para identificar las averías. En estos casos, hay que tener cuidado con las baterías ya que podrían llegar dañadas por golpes que se hayan realizado anteriormente y provocar fugas térmicas o proyección de gases corrosivos. Si se producen algunas de estas situaciones hay que implantar medidas de emergencia.

2. Reparación y mantenimiento.

Los vehículos deben estar colocados en cada una de las zonas debidamente señalizadas y normalmente alejadas del resto. A continuación, el trabajador debe comprobar si hay que

realizar labores en el vehículo o si hay que desmontarlo para estudiar algunos de sus componentes por separado.

En esta etapa de actuación es donde ocurren la mayoría de los accidentes laborales, por es muy importante llevar a cabo una desconexión eléctrica con la que evitar contactos eléctricos de forma accidental. Para ello, se deben seguir las indicaciones recogidas en la medida de seguridad eléctrica conocida como las 5 Reglas de Oro.

- I. Alimentación eléctrica y circuitos auxiliares desconectados.
- II. Comprobar que no se pueden conectar de nuevo los elementos, es decir, prevenir las retroalimentaciones.
- III. Asegurar la ausencia de tensión.
- IV. Conexión de los elementos activos a puntos de tierra o “masa” y en cortocircuitos.
- V. Protección de los componentes próximos que se encuentren en tensión y señalización.



Ilustración 34. 5 Reglas de Oro. Fuente: (Tema 6. Riesgo eléctrico, s.f.)

Además del riesgo eléctrico, hay que presentar especial atención a las baterías eléctricas ya que son las responsables de otros de los riesgos más graves del sector, tal y como se observan en las encuestas al recibir una puntuación muy alta de consecuencias los incendio o explosiones de las baterías o cargadores. Por lo tanto, en esta fase de reparación y mantenimiento hay que impedir que existan focos de ignición y para ello hay que actuar de la siguiente manera.

- Prohibido fumar e iniciar un fuego mediante el encendido de cerillas o encendedor.
- No disponer de materiales combustibles cerca de las zonas donde se almacenan las baterías.
- Los trabajos de soldadura deben realizarse en zonas ausentes de materiales combustibles y alejados de las baterías.

3. Entrega.

Tras realizar todas las labores pertinentes y antes de la entrega final, hay que asegurarse que el nivel de seguridad del vehículo es estable. Una de las tareas de verificación está vinculada con las baterías eléctricas, es decir, se utilizan las estaciones de recarga como herramientas de análisis para así verificar que se encuentran en perfecto estado y funcionan correctamente. Para ello, los responsables de dicha labor deben cumplir con las instrucciones de tensión, densidad y temperatura que marca el fabricante de la batería con el fin de evitar sobrecargas.

Formación e Información

Según establece el artículo 19 de LPRL los empleados deben recibir una formación relacionada con su puesto de trabajo y en materia preventiva, tanto cuando se incorporan a la empresa como cuando se realizan modificaciones en la misma (Ley 31/1995).

El Reglamento nº100 de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE/ONU) define el siguiente concepto de alta tensión en relación con los vehículos eléctricos “la clasificación de un componente o circuito eléctrico, si su tensión de funcionamiento es $> 60 \text{ V}$ y $\leq 1500 \text{ V c.c.}$ o $> 30 \text{ V}$ y $\leq 1000 \text{ V c.a.}$ en tensión eficaz (rms)” (Reglamento nº100 de las Naciones Unidas, 2021).

Por lo tanto, la persona responsable de reparar y mantener las baterías, los cables de AT, el motor o el compresor debe poseer una formación específica en función del tipo de labor y unas disposiciones mínimas de seguridad para disminuir los efectos del riesgo eléctrico, tal y como vienen recogidas en el Real Decreto 614/2001.

De esta forma, los empleados del taller deben identificar si el trabajo que se va a realizar es un trabajo sin tensión, en tensión o en proximidad ya que en función de ello se debe actuar de una manera u otra y se deben emplear unos equipos de protección y herramientas

determinados. A continuación, se muestra una tabla resumen acerca de la formación mínima de los trabajadores en este ámbito.

| Clase De trabajo | Trabajos sin tensión | | Trabajos en tensión | | Maniobras, mediciones, ensayos y verificaciones | | Trabajos en proximidad | | Trabajos en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión | |
|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|------------------|---|-------------------|------------------------|----------------------|---|-------------------|
| | Supresión y reposición de la tensión | Ejecución de trabajos sin tensión | Realización | Reponer fusibles | Mediciones, ensayos y verificaciones | Maniobras locales | Preparación | Realización | Sin ATEX presente | Con ATEX presente |
| Baja tensión | A | T | C | A | A | A | A | T | Como mínimo, A | C + P |
| Alta tensión | C | T | C + AE (con vigilancia de un jefe de trabajo) | C (a distancia) | C o C auxiliado por A | A | C | A o T vigilado por A | Como mínimo, A | C + P |

T = cualquier trabajador

A = autorizado

C = cualificado

C + AE = cualificado y autorizado por escrito

C + P = cualificado y siguiendo un procedimiento

Ilustración 35. Cuadro resumen formación mínima. Fuente: (INSST, 2014)

Las disposiciones mínimas para cada uno de ellos vienen recogidas en el Real Decreto 614/2001. Sin embargo, esta ilustración muestra una información muy general acerca de los trabajos en tensión, por lo que se ha establecido una clasificación basada en las labores que se realizan en estos tipos de talleres y la formación y conocimientos que debe tener el personal en función de la presencia de tensión.

Tabla 14. Formación según tipo de trabajo y zona.

| Tipo de Trabajo / Zona Trabajo | Operación | Formación del personal | Conocimientos |
|--------------------------------|--|---------------------------|--|
| Sin tensión / Zona I | Limpieza, cambio de neumáticos, cambio de aceites, arreglos en el sistema de frenos y climatización... | Cualquier trabajador (T) | Mismo que vehículos MCI |
| | Poner fuera de tensión sistemas de AT para trabajar con ellos | Trabajador Autorizado (A) | 5 Reglas de Oro Características funcionales VE |
| | Reposición de la tensión de sistemas de AT | Trabajador Autorizado (A) | Retirada de las protecciones Retirada puesta a tierra y cortocircuito |

| | | | |
|--|---|----------------------------|---|
| | | | Desbloques dispositivos de corte |
| | | | Cierre circuitos para reponer la tensión |
| En tensión / Zona II | Trabajos que afectan al sistema eléctrico de propulsión como puede ser reparar defectos en el sistema de gestión de la batería (BMS), unidad de control... | Trabajador Cualificado (C) | Especializado en riesgos eléctricos y sus medidas Empleo de dispositivos de AT Primeros auxilios ante accidentes eléctricos 5 Reglas de Oro |
| En tensión y próximos a tensión / Zona III | Arreglo de averías de sistemas de AT (baterías, motores, convertidores...) Trabajos relacionados con sistema de carga (almacenamiento de energía de AT) Reemplazo de elementos que forman parte del sistema de propulsión | Jefe de trabajo | Todos los conocimientos que se requieren en la Zona II Elaboración previa de prácticas acerca del empleo de herramientas, protecciones y equipos Requisitos de trabajo electrotécnico |

Nota. Elaboración propia. Fuente (AEDIVE & GANVAM, 2020)

Por último, cabe mencionar que es muy importante que todos los trabajadores tengan los conocimientos suficientes para emplear correctamente los equipos de protección colectiva e individual, además de toda la formación que se exige por su puesto de trabajo. Es por ello por lo que los cursos formativos deben ser impartidos por técnicos de prevención.

Equipos protección colectiva

- Orden y limpieza.

Por los resultados obtenidos en las encuestas, los trabajadores son muy conscientes de que la existencia de un orden y limpieza en los lugares de trabajo es primordial para garantizar la seguridad en el ámbito laboral. Esto permite reducir los riesgos por tropiezos y caídas, golpes con objetos mal situados y evitar que sucedan accidentes el incorrecto uso del espacio de trabajo. Como se ha indicado anteriormente, este espacio debe seguir una distribución determinada por zonas en función del tipo de trabajo para así no provocar confusión en los trabajadores y prevenir despistes en el desarrollo de la actividad laboral.

Algunas de las indicaciones más comunes es que las salidas, zonas de paso y de circulación estén libres de objetos, que haya un almacenamiento correcto de piezas de vehículos, pinturas, aceites, refrigerantes, etc, y que los cables no estén esparcidos por el suelo para evitar caídas innecesarias. También cabe mencionar que los cables de AT nunca pueden estar en el suelo ya que si entran en contacto con agua derramada por accidente pueden provocar un choque eléctrico indirecto en los trabajadores.

- Señalización e indicativos.

Se deben señalar y delimitar aquellas zonas en las que se trabaje con elementos de AT para advertir del peligro e indicarle al personal no autorizado su prohibición de paso a dicha zona. Además, las baterías eléctricas suponen un importante riesgo de incendio y de inhalación o contacto con sustancias nocivas, por lo que se deben señalar las zonas en las que se sitúen y se realice su carga.

Por último, cabe mencionar que un problema característico de los vehículos eléctricos es que están formados por elementos con potentes imanes que pueden llegar a provocar graves lesiones o incluso la muerte a personas que dispongan de un marcapasos. Por lo tanto, deben señalizarse el peligro para informar a las personas afectadas.



Peligro de incendio



Riesgo eléctrico

Peligro zona de carga
de baterías

Alta tensión. Peligro de muerte

Ilustración 36. Señales de advertencia.



Alto. Sólo personal autorizado.

Prohibido el paso a personas con
marcapasos*Ilustración 37. Señales de prohibición*

- Elementos.

En este punto se van a indicar los elementos de protección colectiva que garantizan la seguridad de los trabajadores ante un mismo riesgo.

- Mantas aislantes

Se emplean para garantizar el aislamiento de elementos conductivos que, a pesar de realizar la desconexión, siguen transmitiendo electricidad, como pueden ser los bornes de la batería. Sus valores de utilización son de tensiones de 1000 V CA – 1500 V CC y son fabricados en polivinilo reforzado.

Como se puede observar en la ilustración 38, es necesario utilizar elementos que sujeten la manta, es decir, pinzar para así evitar deslizamientos que acaben en contactos accidentales.

- Alfombras o banquetas aislantes

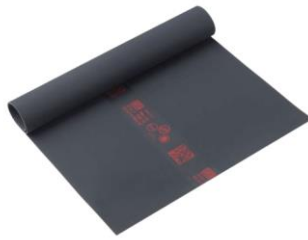
Sirven para proteger al trabajador del potencial de tierra y se utilizan como un recubrimiento para el suelo. Sus valores de utilización son de tensiones de 1000 V CA – 1500 V CC.

- Elementos para la consignación que impida puesta no autorizada

Impiden la puesta no autorizada de tensión mediante el bloque o inmovilización. Los más comunes son los candados o llaves y se conocen como dispositivos de bloqueo.



Manta aislante



Alfombras aislantes



Elemento consignación

Ilustración 38. Elementos de protección colectiva

- Ventilación y temperatura del lugar de trabajo.

Al poseer baterías eléctricas de AT es importante controlar la temperatura de las distintas zonas ya que si aumenta su valor puede ser que su estado empeore y se inicie una fuga térmica. Por lo tanto, no se puede llevar a cabo ninguna operación que provoque un incremento de la temperatura y se realice próxima a la zona de almacenamiento o carga de las baterías, como pueden ser las labores de soldadura.

La ventilación debe estar controlada en todo momento para evitar un sobrecalentamiento en las baterías, además de hacer una renovación del aire desplazando hacia el exterior las partículas de aerosoles o vapores tóxicos liberadas.




Equipos de protección individual (EPIs)

En este apartado se detallan todos los EPIs que deben utilizar los trabajadores para las distintas tareas de reparación que conllevan un riesgo para su seguridad y salud, especialmente los relacionados con los riesgos eléctricos, es decir, reparaciones con baterías, motores, cables de AT, compresores....

En los resultados obtenidos en las encuestas, tanto para los vehículos convencionales como para los eléctricos e híbridos se ha analizado el riesgo de quemaduras o daños por no llevarlos. Han obtenido puntuaciones muy elevadas de grave en el nivel de consecuencias por lo que los expertos determinan la importancia de hacer uso correcto de ellos ya que, de lo contrario, el trabajador sufriría lesiones importantes.

Tal y como exige el artículo 17 de LPRL es obligación del empresario proporcionar dichos equipos a sus trabajadores y que se ajusten adecuadamente a la realización de cada labor (Ley 31/1995).

Tabla 15. EPIs riesgo eléctrico.

| EPIs | Descripción | Imagen |
|--|--|--|
| Guantes de protección eléctrica UNE EN 60903 Clase 0 | <p>Protección de las manos frente descargas eléctricas. Su tensión de utilización es de 1000V CA y 1500V CC por lo que se ajustan a las tensiones utilizadas en los VE.</p> <p>Antes de utilizarlos comprobar que no poseen orificios y realizar una prueba de estanqueidad (garantizar que no hay fugas de aire)</p> <p>Recomendación: Debajo de ellos utilizar guantes normales.</p> |  |
| Pantallas de protección ocular UNE EN 166-2002 | <p>Al realizar labores que pueden provocar chispazos o cortocircuitos es importante que el trabajador este protegido ante quemaduras por arco eléctrico en la parte de la cara.</p> <p>No debe reducir grado de visión del trabajador.</p> |  |
| Calzado protección eléctrica UNE EN 50321 | <p>Deben ofrecer la máxima protección al trabajador y actuar como aislante ante el paso de la corriente eléctrica (conducción a través del suelo)</p> <p>Comprobar ante de su uso que en la suela no hay elementos conductivos que favorezcan el paso de la corriente.</p> |  |

Ropa de protección contra arcos eléctricos UNE EN 61482-1-2.

Protección para aquellos que manipulan de manera directa elementos de AT y evita descargas eléctricas.

Es obligatorio que no esté mojada ni húmeda.



Pértiga de salvamento

Se emplea en casos de medidas de emergencia cuando un trabajador sufra una descarga eléctrica y deba ser rescatado.

Es recomendable que se encuentre a disposición en el lugar de trabajo.



Nota. Elaboración propia. Fuente (AEDIVE & GANVAM, 2020)

Herramientas de trabajo

Se deben utilizar herramientas y equipos especializados para trabajar con vehículos eléctricos, por lo que se deben almacenar en una zona específica del taller, conocida como box eléctrico (véase ilustración 14), y cuyos elementos más importantes son los siguientes.

- **Wallbox:** Punto de carga de los vehículos eléctricos con capacidad suficiente.
- **Herramientas manuales:** Deben disponer de varias capas aislantes de distintos tonos de colores con el fin de evitar contactos directos. El valor de aislamiento mínimo debe ser de 1000V.
- **Megahómetro:** Se emplean para realizar un estudio del estado de las averías y mide la resistencia de aislamiento de los elementos de AT.
- **Mutímetro digital (DMM):** Es una herramienta de diagnóstico empleada para evaluar los valores de tensión y corriente de los elementos de AT.
- **Mesas o bancos de trabajo.**
- **Mesa hidráulica.** Mesa empleada para trabajar con baterías debido a su elevado peso. Véase ilustración 15 del presente trabajo. Esto va a ayudar a reducir el riesgo por sobrecarga de elementos pesados en coches eléctricos que recibió una puntuación del 60% grave en el nivel de consecuencias y un 50% de muy deficiente en el nivel de deficiencia, por lo que actualmente no se considera como medida en algunos talleres.
- **Carro de ruedas:** se emplean para desplazar de un lado a otro los coches sin tener que arrastrarlos y así evitar choques eléctricos accidentales.

6. Conclusiones

6.1. Conclusiones generales

El sector automovilístico ha sufrido un cambio muy importante en los últimos años motivado por la presencia cada vez mayor y más significativa del vehículo eléctrico en la sociedad, afectando a los talleres de reparación y mantenimiento, los cuales trabajan de forma continuada con cada uno de sus componentes. Es aquí donde radican las múltiples diferencias que se observan entre los vehículos de MCI y los vehículos eléctricos ya que estos últimos están formados por elementos de alta tensión.

De esta forma, la transición hacia una movilidad más sostenible trae consigo cantidad de beneficios en lo que se refiere a la lucha contra el cambio climático. Sin embargo, hay una importante brecha de la que se tiene muy poca información y que puede afectar gravemente a la salud y seguridad de las personas que están vinculadas con estos vehículos. Se está haciendo referencia a los riesgos laborales existentes en este sector y que implican nuevas actividades laborales con nuevos riesgos. Gracias a los resultados obtenidos en los análisis de las encuestas se ha podido determinar que estos riesgos, en su mayoría, pueden llegar a ser mortales y provocar importantes pérdidas humanas, con la baja temporal o permanente de sus trabajadores, o económicas, al poder verse obligados a parar procesos productivos.

Previo al estudio cuantitativo realizado en el presente trabajo, se habían establecido, gracias a los diversos artículos científicos y proyectos de investigación, como riesgos más significativos los eléctricos y los relacionados con las baterías, y finalmente ha sido así. Por el contrario, se esperaba que las medidas preventivas presenten actualmente en el sector fuesen más eficientes debido a los años que llevan los vehículos eléctricos dentro del mercado, pero no ha sido así. Esto se ve reflejado en el número elevado de situaciones de peligro que se han establecido en las encuestas y que los expertos han evaluado como muy deficientes.

Otras de las conclusiones más importantes que se han obtenido a partir del análisis de los cuestionarios es que hay riesgos que a pesar de tener implantadas medidas aceptables para reducir sus efectos y el hecho de que ocurran con muy poca frecuencia pueden tener un nivel de intervención entre II y III. Esto ocurre si son capaces de provocar situaciones catastróficas o muy graves. En estos casos se deben reforzar esas medidas consideradas como aceptables y mejorarlas hasta llegar a un nivel óptimo de seguridad.

De esta forma, se confirma la urgencia de intervenir en los lugares de trabajo para reducir el número de accidentes laborales y la importancia de tener integrado en la estructura de la empresa un sólido plan de prevención de riesgos laborales donde se hayan evaluado los riesgos existentes para así desarrollar un plan con todas las medidas de actuación y control.

6.2. Líneas futuras

Como las líneas futuras del presente trabajo que se plantea es un análisis de riesgos laborales más exhaustivo tanto de los riesgos eléctricos como de los baterías ya que han sido los dos factores más determinantes en este estudio. En el caso de las baterías, la investigación propuesta puede profundizar en mayor medida en su modo de funcionamiento y cuáles son los diversos motivos por los que se producen las fugas térmicas que desencadenan en incendios y/o explosiones. Además, se pueden estudiar los problemas relacionados con las estaciones de carga, cuyos resultados pueden implantarse en otros sectores o lugares de trabajo. Con esto se mejoraría el estado de las baterías y se reduciría la probabilidad de que ocurran situaciones muy peligrosas.

7. Bibliografía

7.1. Referencias

Anderson, J. L & Ng, H. K. & Vyas, A. & Santini, D. (Mayo de 1997). *Batteries for Electric Drive Vehicles: Evaluation of Future Characteristics and Costs Through a Delphi Study*. Center for Transportation Research Argonne National Laboratory.

APTIV. (24 de enero de 2023) *¿Qué es un cargador a bordo?*
<https://www.aptiv.com/es/tendencias/art%C3%ADculo/que-es-un-cargador-de-a-bordo>

Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso del Vehículo Eléctrico (AEDIVE) y la Asociación Nacional de Vendedores de Vehículos (GANVAM). (8 de febrero de 2020). *Cuaderno de recomendaciones de seguridad en talleres de reparación y mantenimiento en lo que se refiere a vehículos híbridos y eléctricos*. <https://mockmock.es/wp-content/uploads/2020/10/V.E-TALLERES.pdf>

Berizzo, R. (Julio 2021). *Convertor e inversor: electrónica básica de los vehículos eléctricos*. *Revista Ingeniería Eléctrica*, 2 – 8. https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/berizzo_20210701_convertor_e_inversor_electronica_basica_de_los_vehiculos_electricos.pdf

Blázquez, M. A. (20 de marzo de 2023). *Reparaciones de vehículos electrificados. ¿Cómo afectan a los talleres?* *CESVIMAP* <https://velyen.com/es/product/mesa-elevadora-movil-12-t-para-reparar-baterias-coches-electricos-e-hibridos/>

Bradsher, K. (3 de mayo de 2024). *China pisa el acelerador en el desarrollo de los vehículos eléctricos*. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/2024/05/03/espanol/vehiculos-electricos-china.html>

Chargeguru. (s.f). *Mantenimiento de un coche eléctrico en comparación con uno de gasolina*. <https://chargeguru.com/es/2024/05/06/diferencias-de-mantenimiento-de-un-coche-electrico-y-combustion/>

Dalkey, N., & Helmer, O. (Julio de 1962). *An experimental application of the Delphi method to the use of experts*. https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_memoranda/2009/RM727.1.pdf

Díez González, P. (Junio de 2019). *Principios básicos del vehículo eléctrico* [Proyecto fin de carrera, Universidad de Valladolid]

Díaz Hervas, C. (Marzo de 2017). *Vehículo híbrido. Sistema de transmisión eléctrico. Gestión de la energía y estrategias de la transmisión híbrida*. [Trabajo de fin de máster, Universidad de Jaén]

Endesa. (s.f). *La eMobility y los coches eléctricos*.
<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/emobility-coches-electricos>

Gobierno de España. (20 de enero 2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima, PNIEC*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (s.f.). *Materias – riesgos*.
<https://www.insst.es/materias/riesgos>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (27 de agosto de 2024). *NTP 330: Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente*.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (8 de junio de 2018). *NTP 565: Sistema de gestión preventiva: organización y definición de funciones preventivas*.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2008). *Gestión de la prevención de riesgos laborales en la pequeña y mediana empresa*.
<https://www.insst.es/documentacion/material-tecnico/documentos-tecnicos/gestion-prl-en-la-pequena-y-mediana-empresa-2009>

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (23 de julio de 2024). *Gestión preventiva de las empresas españolas. Datos 2022*. <https://www.insst.es/el-observatorio/indicadores-evolutivos/gestion-preventiva-empresas-espanolas-datos-2022>

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo (IRSST). (Abril 2023). *Guía práctica de prevención. Trabajos de mantenimiento o reparación en vehículos eléctricos*.
<https://www.aspaprevencion.com/wp-content/uploads/2023/06/Guia-vehiculos-electricos-final.pdf>

International Energy Agency. (2024). *Global EV Outlook 2024. Moving towards increased affordability*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a9e3544b-0b12-4e15-b407-65f5c8ce1b5f/GlobalEVOutlook2024.pdf>

Kong, L, & Li, C, & Jiang, J & Pecht, M.G. (2018). Li-Ion Battery Fire Hazards and Safety Strategies. *Energies*. <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/9/2191>

Larminie, J & Lowry, J. (2012). *Electric Vehicle Technology Explained*. Wiley. <https://www.iqytechnicalcollege.com/BAE%20685-Electric%20Vehicle%20Technology.pdf>

Martín Escolar, D. (Junio de 2016). *Integración del vehículo eléctrico en el sistema eléctrico español* [Trabajo de fin de grado, Universidad Carlos II de Madrid]

Martín, J. (29 de diciembre de 2020). << *La jamais contente* >>, *propulsión eléctrica en 1899*. <https://www.eventosmotor.com/blog-premium/la-jamais-contente-electrico-record-velocidad-1899/>

MIT Electric Vehicle Team. (December 2008). *A Guide to Understanding Battery Specifications* https://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf

Mutua Intercomarcal. (s.f.) *PRL en los talleres de reparación de vehículos* [Diapositiva de PowerPoint]. Mutua Intercomarcal, la mutua de las personas. <https://www.mutua-intercomarcal.com/portal/documento/392/PRL-en-los-talleres-de-reparacion-de-vehiculos>

Poyato, R. (Enero de 2023). *Análisis de las medidas de protección contra incendios de las baterías eléctricas*. [Trabajo de fin de carrera, Universidad de Málaga]

Recarga coches eléctricos. (12 de julio de 2012). *¿Qué es un vehículo eléctrico?* <https://www.recargacocheselectricos.com/que-es-un-vehiculo-electrico/>

Reguant-Álvarez, M., & Torrado-Fonseca, M. (29 de julio de 2015). El método Delphi. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/110707/1/654735.pdf>

Sector transporte. (s.f). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/transporte.html#emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-correspondientes-al-sector-en-espana>

Tema 3. Técnicas analíticas de prevención de riesgos laborales. (s.f.) En Rubio, J.C. & Suárez, M. (Comp.), *Prevención y Ergonomía*. Universidad de Málaga.

Tema 6. Riesgo eléctrico. (s.f.) En Rubio, J.C. & Suárez, M. (Comp.), *Prevención y Ergonomía*. Universidad de Málaga.

Toyota. (10 de abril de 2024). *Historia de los coches eléctricos: Un recorrido por la historia de la electrificación*. <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/historia-coches-electricos-toyota>

Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos eléctricos (Automoción)*. <https://elibro--net.uma.debiblio.com/es/ereader/uma/245516>

Umaker. (s.f). *Efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano*. <https://umakergroup.com/efectos-de-la-corriente-electrica-en-el-cuerpo-humano/>

Universidad de Valencia. (s.f). *Reacciones de oxidación – reducción* [Material educativo] <https://www.uv.es/jmarques/documentos/redox.pdf>

Vehículo eléctrico. (2019). Red Eléctrica de España. https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/04_Vehiculo_electrico_DIGITAL.pdf

Zunder. (22 de febrero de 2022). *¿Cuál fue el primer coche eléctrico de la historia?* <https://www.zunder.com/primer-coche-electrico-historia/>

7.2. Legislación

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado, número 269, de 10 de noviembre de 1995

Real Decreto 266/2021 [con fuerza de ley]. Por el que se aprueba la concesión directa de ayudas a las comunidades autónomas y a las ciudades de Ceuta y Melilla para la ejecución de programas de incentivos ligados a la movilidad eléctrica (MOVES III) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Europeo. 14 de abril 2021. «BOE» núm. 89.

Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre [Ministerio de la Presidencia]. Por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. «BOE» núm. 22, de 26 de enero de 1999.

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero [Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales]. Por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. «BOE» núm. 27, de 31 de enero de 1997.

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio [Ministerio de la Presidencia]. Sobre las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. «BOE» núm. 148, de 21 de junio de 2001.

Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre [Ministerio de Empleo y Seguridad Social]. Por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. «BOE» núm. 261, de 30 de octubre de 2015.

Reglamento nº100 de las Naciones Unidas, de 9 de junio de 2021, disposiciones relativas a la homologación del vehículo en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 449/1, de 15 de diciembre de 2021.

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario

En primer lugar, agradecer la participación para el estudio de riesgos laborales en talleres de reparación y mantenimiento de vehículos eléctricos e híbridos.

A continuación, se muestran las instrucciones para realizar la encuesta.

Puntuación de los riesgos laborales identificados.

La encuesta se ha dividido en tres categorías en función de la tipología de vehículo.

- Vehículos convencionales
- Vehículos eléctricos
- Vehículos híbridos

Todos los riesgos identificados en cada una de las tipologías deben recibir una puntuación de los siguientes valores.

- Nivel de Deficiencia (ND)
- Nivel de Exposición (NE)
- Nivel de Consecuencias (NC)

En las tablas adjuntadas a continuación se muestra el sistema de puntuación y su significado.

Nivel Deficiencia.

| Nivel Deficiencia (ND) | Significado | Valor |
|------------------------|---|-------|
| Muy Deficiente (MD) | Peligros o situaciones de riesgos muy peligrosos y significativos. No existen medidas o resultan ineficientes. | 10 |
| Deficiente (D) | Peligros o situaciones de riesgos de mayor importancia. Existen medidas que disminuyen su eficacia de forma significativa. | 6 |
| Mejorable (M) | Peligros o situaciones de riesgos de menor importancia. Existen medidas cuya eficacia no se ve alterada por la presencia de peligros. | 2 |
| Aceptable (A) | No hay peligro. Riesgo controlado. | 0 |

Nivel Exposición.

| Nivel Exposición (NE) | Significado | Valor |
|------------------------------|--|--------------|
| Continuada (C) | Ocurre de forma continuada y con mucha frecuencia en cada jornada laboral. (3 o más veces por jornada) | 4 |
| Frecuente (F) | Ocurre con frecuencia en cada jornada laboral (1 - 2 veces por jornada) | 3 |
| Ocasional (O) | Ocurre con poca frecuencia en alguna jornada laboral y en un corto periodo de tiempo. (P.E. puede ocurrir cada 2 semanas) | 2 |
| Esporádica (E) | Irregularmente. Hay días en los que no ocurre ningún incidente o solo ocurre una vez por jornada laboral después de un largo periodo de tiempo sin incidentes. | 1 |

Nivel Consecuencias.

| Nivel Consecuencias (NC) | Significado | Valor |
|---------------------------------|--|--------------|
| Mortal o Catástrofe (M) | Fallecimiento y destrucción total del sistema. | 100 |
| Muy Grave (MG) | Lesiones graves con posibilidad de no ser reparables y destrucción parcial del sistema. | 60 |
| Grave (G) | Incapacidad laboral transitorio y paro en el proceso para reparar los daños materiales. | 25 |
| Leve (L) | Las lesiones no requieren hospitalización y los daños materiales se reparan sin parar el proceso productivo. | 10 |

Puntúe y evalúe los siguientes riesgos que existen en talleres donde se trabaje con Vehículos de Combustión Interna. Asigne una única puntuación para cada columna.

| Tipo de Riesgo | Nivel Deficiencia (ND) | Nivel Exposición (NE) | Nivel Consecuencias (NC) |
|--|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | | | |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | | | |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | | | |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | | | |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | | | |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | | | |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | | | |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | | | |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | | | |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | | | |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | | | |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | | | |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | | | |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | | | |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | | | |
| Estrés por elevada carga de trabajo | | | |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados | | | |

Puntúe y evalúe los siguientes riesgos que existen en talleres donde se trabaje con Vehículos Eléctricos e Híbridos. Asigne una única puntuación para cada columna.

| Tipo de Riesgo | Nivel Deficiencia (ND) | Nivel Exposición (NE) | Nivel Consecuencias (NC) |
|---|------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | | | |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | | | |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | | | |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | | | |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | | | |
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | | | |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctrica originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | | | |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | | | |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | | | |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | | | |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | | | |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | | | |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | | | |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | | | |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | | | |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | | | |
| Incendio o explosiones por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (aceites y lubricantes, disolventes...) | | | |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | | | |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | | | |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | | | |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | | | |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | | | |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | | | |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | | | |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | | | |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | | | |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | | | |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | | | |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | | | |
| Estrés por elevada carga de trabajo | | | |

| | | | |
|--|--|--|--|
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | | | |
|--|--|--|--|

Anexo B. Resultados de Cálculo.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

10 ENCUESTADOS

Parte 1. Vehículos Convencionales

Análisis Nivel Deficiencia

| Tipo de Riesgo | Puntuación | | | |
|--|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|
| | 0 Aceptable (%) | 2 Mejorable (%) | 6 Deficiente (%) | 10 Muy deficiente (%) |
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 40 | 50 | 10 | 0 |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 25 | 50 | 30 | 0 |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | 60 | 20 | 10 | 10 |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 30 | 20 | 10 | 40 |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 20 | 30 | 50 | 0 |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 0 | 40 | 60 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 0 | 60 | 40 | 0 |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 10 | 30 | 60 | 0 |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 10 | 20 | 70 | 0 |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 0 | 20 | 80 | 0 |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 10 | 40 | 50 | 0 |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 0 | 50 | 50 | 0 |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 0 | 20 | 80 | 0 |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 0 | 10 | 60 | 30 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 0 | 20 | 30 | 50 |

Análisis Nivel Exposición

| Tipo de Riesgo | Puntuación | | | |
|--|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | Esporádica (%) | Ocasional (%) | Frecuente (%) | Continuada (%) |
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 0 | 30 | 70 | 0 |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 0 | 50 | 50 | 0 |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 0 | 90 | 10 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 0 | 30 | 70 | 0 |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 40 | 60 | 0 | 0 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 70 | 30 | 0 | 0 |

Determinación Nivel Probabilidad (NP=ND x NE)

| Tipo de Riesgo | ND | NE | NP | Significado |
|--|----------|----------|----------|---------------------------------------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 2 | 3 | 6 | Probabilidad Media |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 2 | 1 | 2 | Probabilidad Baja |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 6 | 3 | 18 | Probabilidad Alta |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 2 | 1 | 2 | Probabilidad Baja |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | 0 | 1 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | 0 | 2 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 4 | 3 | 12 | Probabilidad Alta |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |

Análisis Nivel Consecuencias

| Tipo de Riesgo | Puntuación | | | |
|--|------------|-----------|---------------|------------|
| | 10 | 25 | 60 | 100 |
| | Leve (%) | Grave (%) | Muy Grave (%) | Mortal (%) |
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 90 | 10 | 0 | 0 |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Aplastamiento por caídas de vehículos colocados en equipos elevadores | 0 | 0 | 30 | 70 |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 0 | 0 | 60 | 40 |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 0 | 60 | 40 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de la batería (12 V), alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 30 | 70 | 0 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 20 | 80 | 0 | 0 |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Malestar por las elevadas temperaturas que pueden alcanzarse en los talleres (estrés térmico) | 70 | 20 | 10 | 0 |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 0 | 60 | 40 | 0 |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 0 | 50 | 50 | 0 |
| Dermatitis por el contacto de productos químicos a través de la piel | 0 | 30 | 70 | 0 |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 20 | 50 | 30 | 0 |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 0 | 20 | 80 | 0 |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 30 | 60 | 10 | 0 |

Determinación Nivel Intervención (NI = ND x NP)

| Tipo de Riesgo | NP | NC | NI | Nivel |
|--|-----------|------------|------------|----------|
| Caídas al mismo nivel como tropiezos y resbalones | 6 | 10 | 60 | III |
| Golpes contra objetos que ocupan de manera inadecuada los espacios de trabajo | 2 | 10 | 20 | IV |
| Caídas a distinto nivel por emplear de manera inadecuada carros, grúas o elevadores | 10 | 60 | 600 | I |
| Cortes, golpes y pinchazos con herramientas punzantes o cortantes | 18 | 25 | 450 | II |
| Quemaduras por arco eléctrico, por proyecciones de partículas o chipas eléctricas originados por fallos en componentes eléctricos o elementos mal aislados | 12 | 25 | 300 | II |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 2 | 25 | 50 | III |
| Incendio o explosión por acumulación de vapores que pueden llegar a ser inflamables (gasóleo, aceites y lubricantes, disolventes...) | 6 | 100 | 600 | I |
| Entrar en contacto con sustancias nocivas a través de la piel o por inhalación durante los procesos de soldadura y/o pintura | 4 | 25 | 100 | III |
| Riesgo físico por quemaduras durante los procesos de soldadura donde se desprenden chipas | 4 | 60 | 240 | II |
| Daños en el aparato auditivo por el ruido provocado por motores, compresores, herramientas... | 4 | 25 | 100 | III |
| Proyección de partículas dañinas en actividades que forman parte del sistema productivo como son procesos de soldadura, pulido, corte de materiales... | 8 | 60 | 480 | II |
| Dolores musculares por mantener durante un largo periodo de tiempo posturas forzadas o perjudiciales | 12 | 10 | 120 | III |
| Estrés por elevada carga de trabajo | 8 | 10 | 80 | III |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 10 | 25 | 250 | II |

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

10 ENCUESTADOS

Parte 2. Vehículos Eléctricos e Híbridos

Análisis Nivel Deficiencia

| Tipo de Riesgo | Puntuación | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|--------------------|
| | 0 | 2 | 6 | 10 |
| | Aceptable (%) | Mejorable (%) | Deficiente (%) | Muy deficiente (%) |
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 0 | 0 | 40 | 60 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 0 | 10 | 50 | 40 |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 0 | 50 | 50 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 0 | 20 | 60 | 20 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 0 | 30 | 60 | 10 |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 40 | 50 | 10 | 0 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 10 | 70 | 20 | 0 |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 0 | 30 | 30 | 40 |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 0 | 0 | 30 | 70 |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 0 | 0 | 40 | 60 |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 0 | 0 | 0 | 100 |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 0 | 40 | 50 | 10 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 0 | 40 | 60 | 0 |

| Análisis Nivel Exposición | Puntuación | | | |
|---|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Tipo de Riesgo | Esporádica (%) | Ocasional (%) | Frecuente (%) | Continuada (%) |
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 40 | 60 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 60 | 40 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 30 | 70 | 0 | 0 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 90 | 10 | 0 | 0 |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 100 | 0 | 0 | 0 |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 70 | 30 | 0 | 0 |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 90 | 10 | 0 | 0 |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 80 | 20 | 0 | 0 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 40 | 60 | 0 | 0 |

Determinación Nivel Probabilidad (NP=ND x NE)

| Tipo de Riesgo | ND | NE | NP | Significado |
|---|----------|----------|----------|---------------------------------------|
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 2 | 0 | Riesgo muy controlado talleres |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 4 | 2 | 8 | Probabilidad Media |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 4 | 1 | 4 | Probabilidad Baja |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 10 | 1 | 10 | Probabilidad Alta |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 6 | 1 | 6 | Probabilidad Media |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 6 | 2 | 12 | Probabilidad Alta |

| Análisis Nivel Consecuencias | Puntuación | | | |
|---|------------|-----------|---------------|------------|
| | 10 | 25 | 60 | 100 |
| Tipo de Riesgo | Leve (%) | Grave (%) | Muy Grave (%) | Mortal (%) |
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Choque eléctrico a la hora de comprobar el estado de alternadores, fusibles, sistema de encendido... | 0 | 0 | 30 | 70 |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 0 | 0 | 0 | 100 |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 40 | 60 | 0 | 0 |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 0 | 0 | 30 | 70 |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 0 | 0 | 20 | 80 |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 0 | 0 | 10 | 90 |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 0 | 0 | 30 | 70 |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 0 | 0 | 40 | 60 |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 50 | 50 | 0 | 0 |

Determinación Nivel Intervención (NI = NC x Np)

| Tipo de Riesgo | NP | NC | NI | Nivel |
|---|----|-----|------|-------|
| Atropellamiento de vehículos al no emitir ningún ruido en su movimiento | 10 | 100 | 1000 | I |
| Choque eléctrico al empujar vehículos no accionados y que generan electricidad de manera accidental | 12 | 100 | 1200 | I |
| Choque eléctrico al reemplazar el pack de baterías de alta tensión | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobar el estado de las baterías | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico a la hora de hacer reparaciones o comprobaciones del cableado de alta tensión | 6 | 100 | 600 | I |
| Choque eléctrico al entrar en contacto de manera accidental con elementos de alta tensión y que no fueron desconectados debidamente antes de trabajar con ellos | 8 | 100 | 800 | I |
| Quemaduras o daños corporales por no llevar EPI's en el momento de trabajar con elementos en tensión | 4 | 25 | 100 | III |
| Lesiones oculares como consecuencia de las radiaciones provocadas por arcos eléctricos | 10 | 100 | 1000 | I |
| Descarga eléctrica por trabajar con elementos de alta tensión como es el cableado, motor, baterías, inversores... | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio cuyo foco de ignición son arcos eléctricos, chispas o cortocircuitos | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones provocados por la sobrecarga de los cargadores situados en los puntos de recarga localizados en el taller | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones provocados por golpes o impactos de las baterías | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones provocados por sobrecarga eléctrica de las baterías (trabajan por encima de sus valores de voltaje) | 10 | 100 | 1000 | I |
| Incendio o explosiones por el abuso térmico que pueden sufrir las baterías al estar sometidas a temperaturas extremas | 10 | 100 | 1000 | I |
| Liberación de partículas, humo y gases por la fuga térmica derivada de las baterías eléctricas | 6 | 100 | 600 | I |
| Sobrecarga por levantamiento de elementos pesados, como son las baterías eléctricas caracterizadas por su elevado peso | 12 | 25 | 300 | II |