



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Implantación del mantenimiento predictivo en autobuses
híbridos y eléctricos

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Mecánica

AUTOR/A: García Gómez, Francisco

Tutor/a: Bermúdez Tamarit, Vicente Remigio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO FIN DE GRADO

Implantación del mantenimiento predictivo en autobuses híbridos y eléctricos

Autor: Francisco García Gómez.

Director: Vicente Remigio Bermudez Tamarit.

Tutor: Santiago Ballester Bauset.

Valencia, Julio 2023.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



AGRADECIMIENTOS:

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su constante apoyo durante la realización de este TFG.

Agradezco a mi tutor Santiago Ballester Bauset y al director Vicente Remigio Bermudez Tamarit por su orientación y dedicación en el desarrollo de este trabajo.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi perro, Carly, por su compañía y alegría.

Gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción y objetivos del proyecto.....	9
1.1 Introducción.....	10
1.2 Historia del mantenimiento.....	11
1.3 Historia de los transportes híbridos y eléctricos en autobuses.....	12
1.4 Objeto del proyecto y antecedentes.....	12
1.5 Justificación y viabilidad.....	13
1.6 Desarrollo del proyecto.....	13
Capítulo 2: Instalaciones.....	15
2.1 Introducción.....	16
2.2 Sede social.....	17
2.3 Depósito sur.....	18
2.4 Depósito norte.....	21
2.5 Departamentos.....	24
2.6 Flota de autobuses.....	25
Capítulo 3: Componentes del sistema híbrido (Iveco heuliez).....	27
3.1 Introducción.....	28
3.2 Sistema ISG (Integrated starter generator).....	30
3.3 Sistema PCS (Propulsion control system).....	31
3.4 Sistema SCU (System control unit).....	32
3.5 Sistema ACTM (Alternative current traction motor).....	33
3.6 Sistema de ESS (Energy storage system).....	34
3.7 Sistema APS (Accesory power system).....	35
3.8 Sistema de refrigeración.....	36
Capítulo 4: Mantenimiento preventivo.....	39
4.1 Introducción.....	40
4.2 Mantenimiento del sistema ISG (Integrated starter generator).....	40
4.3 Mantenimiento del PCS (Propulsion control system).....	42
4.4 Mantenimiento del SCU (System control unit).....	42
4.5 Mantenimiento del ACTM (Alternative current traction motor).....	43
4.6 Mantenimiento de la ESS (Energy storage system).....	46
4.7 Mantenimiento APS (Accesory power system).....	47
4.8 Mantenimiento sistema de refrigeración.....	47
4.9 Codificación del mantenimiento preventivo.....	49
Capítulo 5: Mantenimiento predictivo.....	56
5.1 Introducción.....	57
5.2 Análisis de vibraciones.....	57
5.3 Análisis del aceite.....	64
5.4 Inspecciones por termografía.....	70

5.5 Codificación del mantenimiento predictivo.....	79
5.6 Estimación de reducción de costes por implementación del mantenimiento predictivo. 81	
Capítulo 6: Personal y protocolo de seguridad en el mantenimiento de autobuses híbridos.....	87
6.1 Introducción.....	88
6.2 Personal empleado en los procesos de mantenimiento.....	88
6.3 Protocolos de seguridad.....	93
6.4 Equipos de protección individual.....	96
6.5 Medidas en caso de accidente.....	100
6.6 Protocolo de puesta en seguridad de Iveco Heuliez.....	103
6.7 Procedimiento de puesta en funcionamiento.....	111
Capítulo 7: Presupuesto.....	113
7.1 introducción.....	114
7.2 Costes parciales y presupuesto final.....	114
Capítulo 8: Conclusión y trabajos futuros.....	117
8.1 Conclusiones.....	118
8.2 Trabajos futuros.....	119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Capítulo 1: Introducción y objetivos del proyecto.....	9
Ilustración 1: Coeficiente gasto / beneficio del mantenimiento.....	10
Capítulo 2: Instalaciones.....	15
Ilustración 2: Símbolo de la EMT.....	16
Ilustración 3: Foto de la sede social 1.....	17
Ilustración 4: Foto de la sede social 2.....	18
Ilustración 5: Instalaciones de depósito sur.....	19
Ilustración 6: Localización del depósito sur.....	20
Ilustración 7: Instalaciones del depósito norte.....	22
Ilustración 8: Localización del depósito norte.....	23
Capítulo 3: Componentes del sistema híbrido (Iveco heuliez).....	27
Ilustración 9: Esquema del sistema híbrido.....	28
Ilustración 10: Localización de los componentes en el autobús.....	29
Ilustración 11: Aspecto y localización del ISG.....	30
Ilustración 12: Aspecto y localización del PCS.....	31
Ilustración 13: Aspecto y localización del SCU.....	32
Ilustración 14: Aspecto y localización del ACTM.....	33
Ilustración 15: Aspecto y localización del ESS.....	35
Ilustración 16: Aspecto y localización del APS.....	36
Ilustración 17: Aspecto del sistema de refrigeración.....	37
Ilustración 18: Esquema de refrigeración del APS y PCS.....	37
Ilustración 19: Esquema de refrigeración del ISG y ACTM.....	38
Capítulo 4: Mantenimiento preventivo.....	39
Ilustración 20: Identificación de los componentes del ISG parte 1.....	41
Ilustración 21: Identificación de los componentes del ISG parte 2.....	41
Ilustración 22: identificación de los componentes del ISG parte 3.....	42
Ilustración 23: Identificación de los componentes del ISG parte 4.....	42
Ilustración 24: Identificación de los componentes del ACTM parte 1.....	43
Ilustración 25: Identificación de los componentes del ACTM parte 2.....	44
Ilustración 26: Identificación de los componentes del ACTM parte 3.....	45
Ilustración 27: Identificación de los componentes del ACTM parte 4.....	46
Ilustración 28: Identificación de los componentes del ESS.....	47
Ilustración 29: Dibujo del radiador.....	48
Ilustración 30: Identificación de los componentes del sistema de refrigeración.....	48
Capítulo 5: Mantenimiento predictivo.....	56
Ilustración 31: Acelerómetro.....	59
Ilustración 32: Vibrómetros láser.....	59
Ilustración 33: Señalización del punto de medida.....	60



Ilustración 34: Posicionamiento real del acelerómetro.....	61
Ilustración 35: Ampliación de la posición real del acelerómetro.....	61
Ilustración 36: Ejemplo de espectro con fallo / sin fallo.....	64
Ilustración 37: Ejemplo de muestras de aceite.....	65
Ilustración 38: Hoja de especificaciones para el aceite ATF Dexron III Transynd.....	67
Ilustración 39: Equipo de análisis de aceite portátil.....	68
Ilustración 40: Termómetro de infrarrojos puntual.....	71
Ilustración 41: Cámara térmica de infrarrojos.....	71
Ilustración 42: Conexiones analizadas.....	72
Ilustración 43: Fotografía de las conexiones del ACTM.....	73
Ilustración 44: Termografía de las conexiones del ACTM.....	73
Ilustración 45: Fotografía de las conexiones del ISG.....	74
Ilustración 46: Termografía de las conexiones del ISG.....	74
Ilustración 47: Fotografía de las conexiones de la PCS parte 1.....	75
Ilustración 48: Termografía de las conexiones de la PCS parte 1.....	75
Ilustración 49: Fotografía de las conexiones de la PCS parte 2.....	76
Ilustración 50: Termografía de las conexiones de la PCS parte 2.....	76
Ilustración 51: Fotografía del radiador.....	77
Ilustración 52: Termografía del radiador.....	78
Ilustración 53: coste de las operaciones preventivas.....	83
Ilustración 54: Coste del cambio total del ACTM.....	84
Ilustración 55: Coste del análisis de vibraciones.....	85
Capítulo 6: Personal y protocolo de seguridad en el mantenimiento de autobuses híbridos.....	87
Ilustración 56: Mando central de seguridad.....	94
Ilustración 57: Señal de peligro eléctrico.....	94
Ilustración 58: Cables con peligro para los operarios.....	95
Ilustración 59: Equipos de protección individual.....	97
Ilustración 60: herramientas con aislamiento de seguridad.....	99
Ilustración 61: Saco aislante.....	100
Ilustración 62: Señales que indican alto voltaje.....	101
Ilustración 63: Señales que indican peligro.....	102
Ilustración 64: Señales de prohibición y material de protección recomendado.....	102
Ilustración 65: interrupción de la alimentación eléctrica.....	104
Ilustración 66: llave de bloqueo.....	105
Ilustración 67: Tablero de instrumentos.....	105
Ilustración 68: Prueba del arranque del motor térmico.....	106
Ilustración 69: Aislamiento de las baterías de servicio.....	106
Ilustración 70: Puesta en seguridad de la ESS.....	107
Ilustración 71: Puesta en seguridad del APS.....	108
Ilustración 72: bolsa aislante.....	108
Ilustración 73: Posición de la bolsa aislante.....	109



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Ilustración 74: Puesta en seguridad del PCS.....	110
Ilustración 75: Puesta en seguridad del ACTM.....	111
Ilustración 76: Puesta en seguridad del ISG.....	111
Capítulo 7: Presupuesto.....	113
Capítulo 8: Conclusión y trabajos futuros.....	117

ÍNDICE DE TABLAS.

Capítulo 1: Introducción y objetivos del proyecto	9
Capítulo 2: Instalaciones	15
Tabla 1: Tipología de la flota de autobuses.....	25
Tabla 2: Marca y cantidad de autobuses.....	26
Capítulo 3: Componentes del sistema híbrido (Iveco heuliez)	27
Tabla 3: Datos técnicos del ISG.....	30
Tabla 4: Datos técnicos del PCS.....	31
Tabla 5: Datos técnicos del SCU.....	32
Tabla 6: Partes del ACTM.....	34
Tabla 7: Datos técnicos del ACTM.....	34
Tabla 8: Datos técnicos del APS.....	36
Capítulo 4: Mantenimiento preventivo	39
Tabla 9: Códigos y descripciones del sistema híbrido de la EMT.....	50
Tabla 10: Codificación de las acciones.....	50
Tabla 11: Frecuencia de la realización del mantenimiento preventivo.....	51
Tabla 12: Tabla resumen de las operaciones de mantenimiento preventivo.....	54
Capítulo 5: Mantenimiento predictivo	56
Tabla 13: Códigos de la EMT y descripción.....	79
Tabla 14: Código del parámetro y descripción.....	80
Tabla 15: Operaciones de mantenimiento predictivo y tiempo empleado.....	80
Tabla 16: Tabla resumen de las operaciones de mantenimiento predictivo.....	81
Tabla 17: Resumen de costes en operaciones de mantenimiento.....	85
Capítulo 6: Personal y protocolo de seguridad en el mantenimiento de autobuses híbridos	87
Tabla 18: Resumen formación mínima de los trabajadores.....	90
Tabla 19: Formación específica a nivel de marca.....	92
Capítulo 7: Presupuesto	113
Tabla 20: Coste recopilación de la información.....	114
Tabla 21: Coste elaboración de proyecto.....	115
Tabla 22: Coste asesoría.....	115
Tabla 23: Coste de equipos informáticos.....	115
Tabla 24: Coste de materiales.....	116
Tabla 25: Coste global del proyecto.....	116
Tabla 26: Presupuesto final del proyecto.....	116
Capítulo 8: Conclusión y trabajos futuros	117



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 1: Introducción y objetivos del proyecto.

1.1 Introducción.

El mantenimiento es el conjunto de acciones y técnicas que permiten conservar o restablecer un equipo a un estado específico y asegurar un determinado servicio con un coste mínimo y máxima seguridad. Se podría decir que el mantenimiento es la medicina de las máquinas.

Los principales objetivos del mantenimiento son:

- Reducir los costes debidos a paradas por averías accidentales.
- Limitar el deterioro de la máquina.
- Proporcionar conocimientos y asistencia a partir de la experiencia adquirida en nuevas instalaciones.

En resumen lo que se pretende alcanzar es un valor mínimo del coeficiente:

$$\frac{\text{Gastos mantenimiento} + \text{Gastos parada fortuita}}{\text{Beneficios por servicio prestado}}$$

Ilustración 1: Coeficiente gasto / beneficio del mantenimiento.

Para ello se pueden emplear diferentes tipos de mantenimiento según las características de las piezas en la máquina:

- **Correctivo:** Se utiliza el objeto hasta el fallo y posteriormente se realiza la reparación. Las principales características de este mantenimiento es la poca inversión que se necesita y la poca seguridad.

Este tipo de mantenimiento se emplea únicamente en situaciones con bajos requerimientos de seguridad y costes, con paradas no críticas para la producción y una renovación frecuente del material.

- **Preventivo:** Este mantenimiento establece intervenciones prefijadas antes del fallo. Es necesario establecer un plan de mantenimiento que incluya una buena programación de las intervenciones y que sean sistemáticas.
- **Predictivo:** este tipo de mantenimiento une las inspecciones con las intervenciones, siempre fijándose en la condición y estado del componente. Este mantenimiento permite la máxima utilización de la vida útil del componente, sin embargo, tiene un gran coste de implementación y de uso, ya que, requiere un estudio estadístico y monitorizado de los diferentes componentes.

- Modificativo: este tipo de mantenimiento es complementario a los anteriormente dichos y se emplea para mejorar las piezas de la máquina mediante estudios de fiabilidad y viabilidad.

1.2 Historia del mantenimiento.

El mantenimiento nace durante la primera revolución industrial en el siglo 18 en Gran Bretaña. En sus inicios eran los propios operarios quienes realizaban este tipo de trabajos, es decir, no existía gente que se dedicara exclusivamente a ello. Sin embargo, con la aparición de máquinas complejas se vio la necesidad de crear un departamento dedicado al mantenimiento dentro de las fábricas.

En la segunda guerra mundial aparece el concepto de fiabilidad, el equipo debe funcionar adecuadamente durante un periodo de tiempo en unas condiciones específicas. por tanto, no solo se realizan correctivos sino que se introduce el mantenimiento preventivo.

Con el paso del tiempo aparecen conceptos como el GMAO, gestión de mantenimiento asistida por ordenador, y el RCM, mantenimiento basado en la fiabilidad, que hacen que sea necesario un personal cada vez más cualificado y unos mayores costes de implementación del mantenimiento.

En los años 80 aparece lo que se conoce como el TPM (mantenimiento productivo total), defiende la idea de que todos los trabajadores de la fábrica deben participar en el mantenimiento diario en lugar de que toda la responsabilidad recaiga sobre los técnicos de mantenimiento. Por tanto, algunas tareas de mantenimiento vuelven a las manos del personal de producción.

En los últimos años se ha implementado software de digitalización de procesos y los smartphones que han permitido a los técnicos tener acceso a toda la información a través de las aplicaciones de GMAO en los teléfonos.

A día de hoy siguen apareciendo empresas que solo tienen un mantenimiento correctivo y que no tienen implementados sistemas informáticos para realizar un mejor mantenimiento. Esto puede ser muy negativo ya que perjudica a la capacidad de competitividad de la empresa y podría estar soportando unos costes mayores de los que se tendrían en caso de tener un mantenimiento basado en la predicción y prevención.

En el caso de los transportes urbanos esto no es posible, ya que, se requiere una calidad y seguridad de servicio que con el mantenimiento correctivo no se alcanza. Actualmente en las flotas de transporte urbano se tienen procesos de identificación y resolución de problemas informatizados y estos tienen que ser adaptados a las nuevas tecnologías que aparecen.

En el caso de los autobuses de la EMT, el mantenimiento de los componentes mecánicos está controlado pero en el caso de los vehículos híbridos es necesario la identificación y creación de un mantenimiento adecuado. El objetivo de este trabajo es definir el mantenimiento de la parte eléctrica de alto voltaje de los autobuses híbridos, proponer un plan de mantenimiento predictivo y establecer el protocolo de actuación para realizar las labores de manera segura.

1.3 Historia de los transportes híbridos y eléctricos en autobuses.

En el caso de los autobuses híbridos eléctricos se combina un motor de propulsión convencional (motor de combustión interna) con un motor eléctrico, suelen utilizar un sistema de propulsión diesel-eléctrico y por eso también se conocen como híbridos eléctrico-diésel.

En el caso de los autobuses eléctricos están propulsados por uno o más motores eléctricos. Con el objetivo en mente de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos, parece que se tiende hacia la electrificación o hibridación de los vehículos. Por tanto la incorporación de estos autobuses a las flotas actuales cada vez será mayor y presenta el reto de realizar un buen mantenimiento para dar un servicio adecuado a las expectativas del cliente.

Un ejemplo de ello es la compra de 37 autobuses que se realizó en el 2018 de los cuales 35 fueron híbridos y 2 de tecnología eléctrica. Las marcas elegidas para la compra fueron MAN e IVECO. Además fue el inicio de la circulación de los autobuses eléctricos por la ciudad de Valencia.

1.4 Objeto del proyecto y antecedentes.

Este trabajo de fin de grado titulado “Implantación del mantenimiento predictivo en autobuses híbridos y eléctricos” tiene por objeto la identificación de los componentes eléctricos de alto voltaje de los autobuses para la realización del mantenimiento y procedimientos de seguridad de la empresa municipal de transporte de valencia (EMT). La realización de este trabajo ha sido llevada a cabo en la línea de ingeniería del mantenimiento del Departamento De Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad Politècnica de Valencia, a través de un convenio de colaboración entre la EMT de Valencia y la Universidad Politècnica de Valencia.

El centro de la universidad politècnica en donde se realiza este proyecto es el CMT de formación posgrado que se centra en la investigación y desarrollo aplicada a la automoción,

aeroespacial, ferroviario, naval, etc. mediante ensayos experimentales y estudios teóricos asistidos por CFD.

Cuenta con más de 100 personas y 40 años de experiencia lo que hace que se alcancen los objetivos de manera excelente e innovadora.

El CMT colabora con diferentes empresas en su labor de investigación y desarrollo entre las que se incluyen Aramco, Nissan, Renfe, PSA, Repsol, Renault, etc. Además, también trabaja con la EMT de Valencia en su labor de investigación en el mantenimiento predictivo. El CMT ha colaborado también con otras empresas de transporte de autobús como Alsa, Atuc, EMT Palma y Vectalia.

La colaboración del CMT y la EMT se lleva realizando desde 1987, esta relación establece la base para la realización de este proyecto.

1.5 Justificación y viabilidad.

Este trabajo se realiza por la necesidad de conocer qué componentes eléctricos de tensión alta requieren un tipo de mantenimiento específico, tanto preventivo como predictivo. Además, también se pretende establecer los protocolos de puesta en seguridad del vehículo, la formación de los operarios e identificar el material de protección que se debe suministrar para la realización segura del mantenimiento.

La viabilidad técnica y documental está asegurada por el CMT y su colaboración con la empresa de estudio EMT de Valencia.

1.6 Desarrollo del proyecto.

Este trabajo se ha realizado de forma individual del estudiante con la ayuda técnica del cmt y documental de la emt. Se ha tardado un total de 5 meses y consta de los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1: Introducción y objetivos del proyecto.** Se hace una introducción a los diferentes conceptos y tipos de mantenimiento, además, se muestra la historia del mantenimiento y la evolución de la tecnología híbrida - eléctrica en los autobuses. También se explica cual es el objeto del proyecto, justificación y viabilidad.
- **Capítulo 2: Instalaciones.** Se realiza una explicación sobre la empresa pública de EMT y se procede a mostrar las diferentes instalaciones que tiene en valencia como son la sede social, depósito sur y depósito norte. En este capítulo también se muestran los diferentes departamentos de los que se compone la empresa y la flota de autobuses disponibles.



- **Capítulo 3: Componentes del sistema híbrido (Iveco heuliez).** Se centra en la descripción de los diferentes componentes que forman parte del sistema híbrido, además, se procede a la definición del mantenimiento necesario para cada componente.
- **Capítulo 4: Mantenimiento preventivo.** Se procede a la codificación de las operaciones de mantenimiento establecidas en el capítulo anterior y se establece la frecuencia con la que se tendrían que realizar las operaciones.
- **Capítulo 5: Mantenimiento predictivo.** Este capítulo tiene la intención de mostrar tres tipos de análisis predictivo para saber si es posible reducir el número de operaciones de mantenimiento y alargar la vida de los componentes. Para ello se han tenido en cuenta el análisis de vibraciones, análisis de aceite y termografía. Posteriormente se establece la codificación de las operaciones según los códigos establecidos por la EMT.
- **Capítulo 6: Personal y protocolo de seguridad en el mantenimiento de autobuses híbridos.** La intención de este capítulo es poder mostrar el perfil y formación de los operarios que trabajan con los componentes eléctricos de alta tensión en los autobuses híbridos. Por otra parte, muestra los equipos de protección individual que se tienen que emplear y el procedimiento de puesta en seguridad del autobús, lo que nos permitirá realizar las operaciones de mantenimiento.
- **Capítulo 7: Presupuesto.** Se analizan los diferentes costes que supone realizar el trabajo y se genera un presupuesto del proyecto.
- **Capítulo 8: Conclusión.** Se repasan los puntos tratados en el trabajo y se comentan los puntos que quedan pendientes para ser investigados. Además, se valoran los beneficios de aplicar lo aprendido en este trabajo.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 2: Instalaciones.

2.1 Introducción.

Los principales objetivos de la empresa EMT de Valencia son una buena calidad del servicio en la que la frecuencia de paso de los autobuses sea la adecuada, según las expectativas de los clientes, y que el trayecto sea cómodo y seguro.

Para ello es necesario tener una dirección que comprenda este objetivo y sea capaz de implementarlo. Además, es necesario un soporte técnico en la parte de mantenimiento que asegure un buen funcionamiento del autobús y respete el medio ambiente. Es decir, evitar los fallos en el transcurso del uso cotidiano del autobús.

La empresa municipal de transporte de valencia, más conocida como la EMT, es una entidad que da servicio de transporte público mediante autobuses en la ciudad de valencia y sus alrededores como Alboraya, Alfara del Patriarca, Burjasot, Moncada, Tavernes Blanques, Sueca, Sedaví y Vinalesa.

Pertenece en su totalidad al ayuntamiento de valencia y se rige por un consejo de administración, nombrado por la junta general de accionistas, compuesta a su vez por todos los concejales que representan a las distintas formaciones políticas que forman el consistorio municipal.

La EMT fue creada en 1986 después de que el ayuntamiento de valencia adquiriera todas las acciones de la empresa SALTUV.



Ilustración 2: Símbolo de la EMT.

En la actualidad podemos encontrar diferentes líneas de autobuses. En el caso de las líneas diurnas funcionan durante todos los días del año con horario de día. En esta se encuentran 46 líneas.

En el caso de las líneas nocturnas tenemos 12 y funcionan entre las 22:15 y la 2 horas entre el lunes y el jueves y hasta las 3:30 los viernes, sábados y vísperas de festivos.

Por último tenemos las líneas especiales que son 3 y se emplean para el transporte al cementerio en el día de todos los santos y servicio especial para usuarios con movilidad reducida.

Como se puede ver se ofrecen diferentes servicios de transporte a los ciudadanos lo que hace que sea necesario tener una buena flota de transporte e instalaciones tanto administrativas como de almacenamiento y técnicas.

2.2 Sede social.

La sede social actual se inauguró en el 2002 en la plaza Correo Viejo número 5 habilitando un antiguo inmueble propiedad de la corporación municipal que lo cedió a la EMT para albergar las distintas dependencias administrativas y operativas.

Las dependencias se componen de dos espacios diferentes, el edificio de la plaza correo viejo anteriormente dicho que es donde se encuentra la sede de la dirección de la empresa y el edificio de la calle Mendoza donde se albergan las oficinas centrales.

En total se destinan 3237.84 metros cuadrados.



Ilustración 3: Foto de la sede social 1.



Ilustración 4: Foto de la sede social 2.

2.3 Depósito sur.

La construcción de los talleres y depósito sur es de 1995 y desempeñan un papel muy importante tanto en el plano técnico como en el civil-social. Proporciona el espacio para que se realicen las principales tareas de mantenimiento preventivo y reparación de la flota, además, sirve para guardar los autobuses.

Se sitúa en una parcela ubicada en la parte sur de la ciudad de Valencia, en el barrio de Sant Isidre, limitado por la línea de ferrocarril valencia madrid en el noroeste, por el ferrocarril valencia castelló de la ribera en el sudeste, la v30 en el sudoeste y por el noroeste con el enlace de la v 30 con el camí nou de picanya.

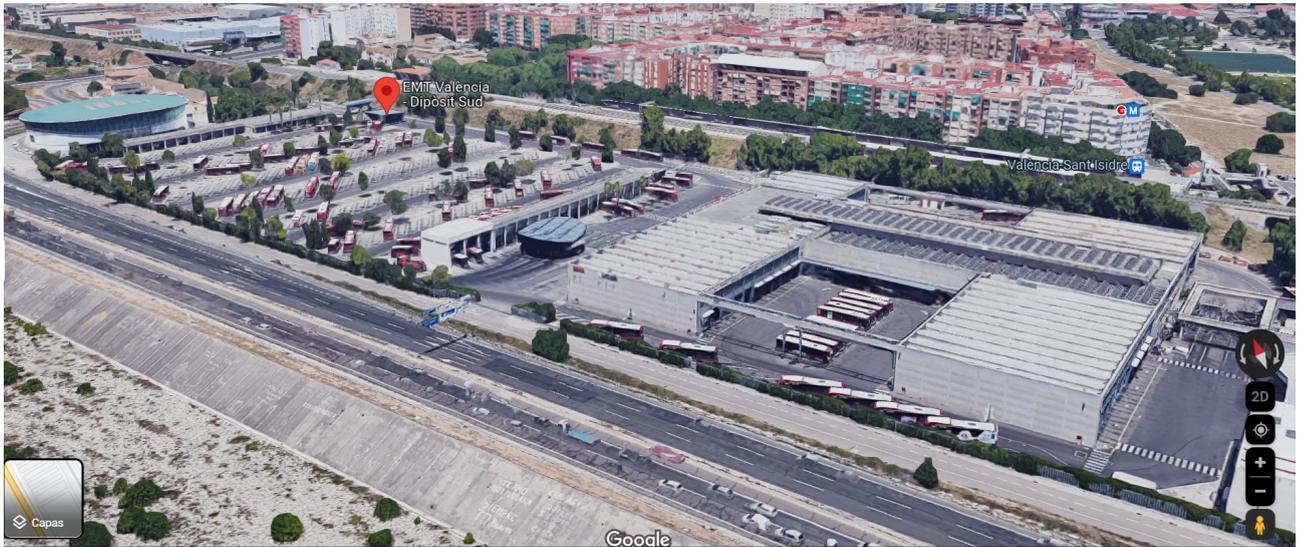


Ilustración 5: Instalaciones de depósito sur.

La superficie total empleada es de unos 70000 m² la superficie del depósito se divide en cinco zonas principales:

- Recaudación: Se encuentra en la entrada principal y está constituida por la sala de recaudación y despacho del inspector de salida de servicio. Unidos a este se encuentra el servicio médico de la empresa y los despachos para las funciones sindicales.
- Mantenimiento nocturno: Es la zona que contiene el despacho del responsable nocturno, adjunto se encuentra el surtidor principal de combustible. Además se encuentra el comedor.
- Nave principal: Nave en forma de H que concentra la mayor actividad del mantenimiento, CDV, servicio de guardia y mantenimiento rápido, carrocería y grandes revisiones.
- Nave de gas: Nave destinada a las reparaciones de los vehículos que utilizan metano como combustible.
- Zona de aparcamiento: Está destinado al aparcamiento de los autobuses y ocupa la casi la mitad de la parcela, 25000 m², que puede albergar hasta 350 autobuses.



Ilustración 6: Localización del depósito sur.

Cuenta con tecnología punta más avanzada del momento y desarrolla actividades que han convertido a la emt de Valencia en la empresa española más innovadora a nivel europeo en este terreno.

Se centran en la inspección técnica del vehículo (itv) obligatoria que puede ser anual o semestral y voluntaria por parte de la empresa. Esta tiene una frecuencia tres veces superior a la obligatoria y se centra en detectar problemas y verificar la calidad de las reparaciones realizadas.

Las diferentes actividades que se realizan son:

- La limpieza de autobuses en el exterior e interior: realizada entre las 22:00 y las 6:00, donde la flota se encuentra prácticamente sin actividad. Además, cuenta con un servicio de asistencia diario que actúa en caso de ser necesario.
- Repostado: se introduce combustible y se aprovecha para comprobar el estado de los neumáticos, aceite del motor y el líquido refrigerante, la mayor actividad es a partir de la 19:00 y un repostado en horario de mañana en forma auxiliar.
- Servicio de guardia: opera las 24 horas del día y los 365 días del año, se emplea para asistir las diferentes incidencias que se presentan en la jornada de trabajo de los autobuses y solucionarlas. El equipo de guardia dispone de varios conductores de maniobra que operan con la grúa en caso de necesitar remolcar algún vehículo en línea. También se dispone de dos vehículos con material básico de socorro como es el caso de tornillería, refrigerante, cables, baterías, etc. Los equipos de guardia se centran principalmente en un mantenimiento correctivo.
- Centro de diagnóstico de vehículos: se encarga del mantenimiento predictivo. Se realizan las revisiones periódicas donde se hace un análisis del aceite motor, control



de gases de escape, control de tracción, control de frenos, control de holguras en la dirección y sistema de suspensión. Además, realizan las revisiones de la ITV en las que periódicamente se desplaza un inspector a la cochera para corroborar y firmar las inspecciones.

En este depósito sur también encontramos el taller, trabaja de lunes a viernes de 6:45 a 14:45 librando los fines de semana y los festivos locales y nacionales, se divide en diferentes partes según el tipo de revisión preventiva que se quiera realizar o avería a solucionar.

- Sección eléctrica: Se centra en las averías de origen eléctrico o electrónico y a las revisiones preventivas del mismo origen. El rápido avance tecnológico que se sucede hoy en día convierte a esta sección en una sección clave para el futuro más inmediato.
- Sección de carrocería: reparan las colisiones, desperfectos o deterioros de la carrocería. En esta sección se ejecutan reparaciones que requieren de soldadura de cualquier tipo de material, además, se incluye la sustitución de lunas y el apoyo a otras secciones en el montaje y desmontaje de elementos estructurales. Es un mantenimiento prácticamente correctivo.
- Sección para grandes revisiones: Se asocia a la reparación de averías y revisiones preventivas de origen mecánico. Las intervenciones requieren de mover y manipular piezas de elevado peso, lo que conlleva emplear herramientas pesadas para facilitar las operaciones pero prolongándose en el tiempo.
- El mantenimiento rápido: Es el paso que existe entre el servicio de guardia y grandes revisiones. Recoge las tareas con cierta dificultad para el servicio de guardia y que la duración prevista para la reparación o revisión no es excesivamente larga. Está formado por electricistas y mecánicos.
- Grupos: es una sección necesaria para poder aportar al resto de secciones materiales reparados y que en ocasiones requieren de trazabilidad, es decir, permite el seguimiento de su historial. Está compuesto por especialistas en bombas de inyección, neumáticos, sistemas neumáticos y mecanizado de materiales.

2.4 Depósito norte.

Se inauguró en 1999 y se construyó en una parcela ubicada en la parte norte de la ciudad, junto a la universidad politécnica de Valencia. La fachada que está orientada al este recae sobre la calle Fausto Elio, su fachada sur es medianera con los talleres del tranvía de ferrocarriles de la generalitat valenciana y la fachada oeste recae sobre la universidad politécnica de Valencia. En la fachada norte se sitúa la entrada de autobuses y del personal, además de la salida de emergencia.

Se hizo para cubrir la necesidad de distribuir en dos ubicaciones el establecimiento de la flota y disponer de instalaciones para las reparaciones, mantenimiento y limpieza de autobuses.

Cuenta con una superficie de 27359 m² en donde se encuentran los talleres, el personal técnico y zona de estacionamiento de los autobuses.

Por otra parte se encuentra una zona destinada a almacenar los posibles residuos que genera la actividad de la EMT, estos son aceites usados, líquidos refrigerantes, filtros, grasas, etc. para proceder a su gestión posterior.



Ilustración 7: Instalaciones del depósito norte.

Este depósito es de menor tamaño que el depósito sur pero contiene tres zonas importantes:

- El taller: Sus principales objetivos son el mantenimiento correctivo, realización de pequeñas reparaciones y el mantenimiento preventivo. Está compuesto por 16 zonas de trabajo para autobuses.
- Cuerpo técnico del edificio del taller: Está adosado al taller y distribuido en dos plantas en donde se realizan las actividades complementarias al taller. La planta baja contiene los equipos para el mantenimiento de instalaciones auxiliares, sala de baterías, limpieza de piezas, almacén de aceites, oficina de planificación, almacén general, sección de neumáticos, limpiezas locales y botiquín. En la primera planta se encuentran los aseos y el área de vestuarios.
- Zona de aparcamiento: Ocupa la mitad de las instalaciones y puede albergar un total de 278 autobuses.



Ilustración 8: Localización del depósito norte.

Su actividad se realiza en el horario nocturno mediante las funciones de almacenamiento, ya que las actividades de taller se concentran en la cochera del depósito sur. Las funciones que se realizan, aparte de la de aparcamiento, son:

- Limpieza de autobuses: se realiza la limpieza tanto en el interior como el exterior del autobús.
- repostado: A parte de introducir el combustible necesario, también se realizan comprobaciones del estado de los neumáticos y verificación y reposición de los niveles de aceite motor y líquido refrigerante.
- servicio de guardia: opera 365 días pero por la noche. El equipo de guardia se ve respaldado por varios conductores de maniobra que se encargan de desplazar los vehículos hasta el punto de reparación. El equipo de guardia se dedica principalmente al mantenimiento correctivo, aunque para evitar excesivos traslados, participa en el mantenimiento preventivo.
- Por último, también poseen un centro de diagnóstico de vehículos para realizar las revisiones y mantenimiento que se estimen oportunos, sin embargo, no se efectúan revisiones periódicas de la inspección técnica del vehículo así como si se realizan en el depósito sur. Aunque es cierto que la importancia por el mantenimiento predictivo se sigue manteniendo ya que se realizan análisis rápido del aceite, control de gases de escape, control de dirección, control de frenos, control de la dirección y sistemas de suspensión.

2.5 Departamentos.

La EMT de Valencia realiza la mayor parte del mantenimiento de su flota en los talleres de Sant Isidre (deposito sur). Este mantenimiento depende de cinco departamentos fundamentales:

- **Planificación:** Se deciden las operaciones sistemáticas que se deben realizar en función del kilometraje o tiempo transcurrido y se conserva el historial de las operaciones realizadas sobre cada autobús. Es una labor compleja en la que se tiene que manejar una gran cantidad de datos.
Se encarga también de controlar los diferentes equipos de taller mediante las órdenes de trabajo en donde se indica la actividad realizada, que operario la ha realizado y el tiempo transcurrido.
La labor de planificación se realiza con la ayuda del sistema GMAO diseñado por la universidad politécnica y cuyos datos se encuentran localizados en el depósito de Sant Isidre.
- **Depósito:** En el depósito se realizan las operaciones de mantenimiento y limpieza de los autobuses. Una vez que el autobús entra al depósito se realizan las operaciones de repostado de combustible. Finalmente el autobús queda aparcado en la plaza que le corresponde y el conductor entrega el parte de incidencias habidas durante el servicio la cual se remite al encargado de mantenimiento.
- **Centro de diagnóstico de vehículos CDV:** No se limita solo a realizar ITV de los vehículos, además, se efectúan una serie de pruebas complementarias destinadas a mantener un nivel de disponibilidad óptimo de los vehículos. Estas operaciones se realizan con las intervenciones de mantenimiento preventivo y están divididas en parte eléctrica, mecánica y carrocería.
- **Taller:** Están divididos en distintos equipos que se agrupan en diferentes secciones de electrónica, mecánica y carrocería. Se dedica a todas las operaciones de mediana y de gran envergadura que requieren de considerable periodo de tiempo para ser realizadas o herramientas especiales. Podemos encontrar dos tipos diferentes de anomalías: las leves, que no implica una intervención inmediata, o las que interfieren en el servicio que se tiene que proporcionar y requiere de personal especializado en el momento en que se produce.
El taller también realiza modificaciones en los autobuses para mejorar la seguridad, apariencia o prestaciones. Por último, las operaciones propias del taller se pueden contratar a talleres externos cuando el taller de la EMT este saturado o no se disponga de las herramientas necesarias.
- **Asistencia en línea:** Tiene la base en el depósito sur y dispone de tres vehículos con dos operarios por turno. Se supervisa mediante el centro de coordinación y se

mantiene la comunicación mediante una emisora que conecta a los autobuses. El centro de coordinación comunica toda la información necesaria a los operarios para poder socorrer al vehículo que se encuentra en uso. Una vez se llega al autobús se analiza la gravedad de la avería y decide si se inmoviliza basándose en si no es posible reparar el autobús y si la reparación necesita mucho tiempo, lo que podría perjudicar a otros autobuses. En caso de que la asistencia en línea no pudiera desplazarse es el centro de coordinación quien decide si se inmoviliza o no el vehículo evaluando los síntomas que presenta.

Durante todo el proceso es necesario que se rellenen tres partes: El parte de asistencia en línea, el del operario de asistencia en línea y el del conductor del autobús. Todos estas partes tienen como destino el departamento de planificación.

Si se decide inmovilizar el autobús se envía otro al lugar y es el inspector de la EMT quien decide el traslado de las personas de un autobús a otro de la misma línea.

2.6 Flota de autobuses.

Los autobuses empleados por la emt son de diferentes características:

- No articulados: los cuales tienen una longitud de 12 metros y que poseen equipamiento para transportar a gente en silla de ruedas. Por otra parte, se tienen autobuses exclusivamente para los discapacitados.
- Articulados: Se emplean en las líneas de mayor afluencia de gente y son los más grandes que se tienen en la flota con una longitud de 18 metros de largo.

Actualmente hay 507 autobuses en la ciudad de Valencia, a fecha de diciembre de 2022, los cuales cada uno tiene un modo de propulsión diferente, a continuación se muestran los diferentes tipos:

TIPO DE FLOTA	TOTAL
Diesel / biodiesel	201
Eléctrico	22
GNC	30
Híbrido/Diesel	254
Total general	507

Tabla 1: Tipología de la flota de autobuses.

Dentro de los híbridos podemos encontrar tres tipos diferentes de tecnologías:

- Híbridos en serie: solo tracciona el motor eléctrico.
- Híbrido paralelo: tracciona tanto el diesel como el eléctrico.
- Híbrido Mild: Son diésel con ayuda de motores eléctricos.

En este trabajo se centra en la propulsión híbrida de los autobuses en serie de la marca Iveco Heuliez. Existen diferentes modelos en la actualidad, estos son:

MODELO EXPLOTACION	TIPO DE AUTOBUS	TIPO PROPULSIÓN	Buses a 31/12/2021
RENAULT CITYBUS E3 (5301-5342)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 3	30
SCANIA OMNICITY E3 (7025-7081)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 3	52
MERCEDES BENZ CITARO E3 (6206-6222)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 3	17
IRISBUS CITYBUS ARTICULAD E3 (8001-8015)	ARTICULADO 18 m	DIESEL EURO 3	14
VAN HOO AG300 ARTICULADO (8101-8108)	ARTICULADO 18 m	DIESEL EURO 3	8
DENNIS DART SLF E3 (9009-9012)	MINIBUS 10 m	DIESEL EURO 3	4
IRISBUS CITYCLASS GNC (9202-9215)	ESTÁNDAR 12 m	GNC	1
IRISBUS CITYCLASS GNC (9216-9225)	ESTÁNDAR 12 m	GNC	10
IRISBUS CITYCLASS GNC E5 (9226-9245)	ESTÁNDAR 12 m	GNC	15
MERCEDES CITARO ARTICULADO (8201-8209)	ARTICULADO 18 m	DIESEL EURO 4	9
SCANIA N230 E4 (7082-7096)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 4	14
IRISBUS CITELIS GNC (9246-9250)	ESTÁNDAR 12 m	GNC	4
MB CITARO O 530 E5 (6223-6232)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 5	10
SCANIA N230 EEV (7097-7106)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EEV	9
IVECO CITELIS HIBRIDO (9301-9301)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO	1
MAN A37 E6 HIBRIDO (9501-9517)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO	17
MB CITARO E6 (6233-6238)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 6	6
SCANIA N250 E6 (7107-7122)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 6	16
IVECO URBANWAY E6 (5343-5354)	ESTÁNDAR 12 m	DIESEL EURO 6	12
VOLVO 7900 E6 HIB (9601-9603)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO	3
IVECO DAILY 70 MOBI E6 (9013-9014)	MINIBUS 10 m	DIESEL EURO 6	2
IRIZAR I2e ELECTRICO (2101)	ESTÁNDAR 12 m	ELECTRICO	1
IVECO HEULIEZ GX 437 E6 ART (8301-8314)	ARTICULADO 18 m	HIBRIDO	14
IVECO HEULIEZ GX 337 E6 HIB (9302-9308)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO	7
BYD K9 ELECTRICO (2001)	ESTÁNDAR 12 m	ELECTRICO	1
MB CITARO G E6 HIB ART (8401-8436)	ARTICULADO 18 m	HIBRIDO MILD	36
MB CITARO E6 HIB (6301-6312)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO MILD	12
MB CITARO E6 HIB (6401-6564)	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO MILD	164
ELECTRICO MAN	ESTÁNDAR 12 m	ELECTRICO	20
HIBRIDO 12 m	ESTÁNDAR 12 m	HIBRIDO MILD	
HIBRIDO 18 m	ARTICULADO 18 m	HIBRIDO MILD	
MINIBUS 10 m	MINIBUS 10 m	HIBRIDO MILD	

Tabla 2: Marca y cantidad de autobuses.

Todos estos autobuses se encuentran distribuidos en las flotas del depósito norte y el depósito sur.

En la tabla anterior se han marcado en verde el tipo de autobús que se ha utilizado para la creación de este documento, Iveco Heuliez. Sin embargo, el mantenimiento preventivo, el predictivo, la formación de los operarios y los EPIs mostrados en este trabajo se pueden aplicar a los autobuses híbridos de otras marcas al igual que ser tomados en consideración para los vehículos eléctricos, estos aparecen marcados en amarillo en la tabla.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 3: Componentes del sistema híbrido (Iveco heuliez).

3.1 Introducción.

En el caso de los autobuses con sistema híbrido nos encontramos con dos circuitos eléctricos separados, el de 24V/28V y el de 600V/640V. El propósito de esta parte es conocer los componentes de alto voltaje (600/640 V) y posteriormente definir las operaciones de mantenimiento que se deben realizar.

A continuación se muestra un esquema del sistema híbrido y se procederá a su explicación:

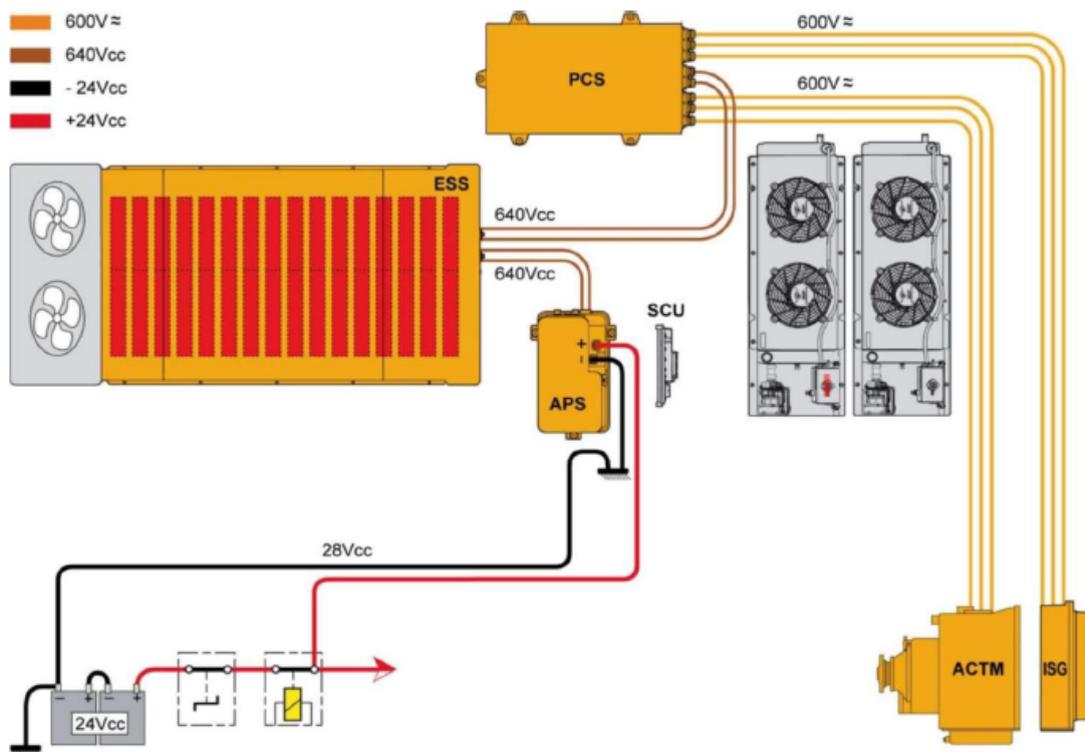


Ilustración 9: Esquema del sistema híbrido.

- ISG (Integrated starter generator): El generador con arrancador integrado ,ISG, transforma la energía mecánica del motor térmico en la energía eléctrica necesaria para la recarga de baterías, por otra parte, ayuda al arranque del motor térmico.
- PCS (Propulsion control system): La corriente alterna del ISG antes de ser enviada a las baterías es convertida a continua mediante un inverter que contiene el sistema de control de la propulsión, PCS.
- SCU (System control unit): Todo el sistema de propulsión híbrido está controlado por la unidad central electrónica de control, SCU.

- ACTM (Alternative current traction motor): El motor eléctrico de tracción ACTM permite el desplazamiento del autobús mediante los demás componentes que conforman la transmisión: reductor de velocidad con sistema de engranajes planetario, psr, eje de transmisión y el puente trasero.
- ESS (Energy storage system): Es el sistema de baterías. El ACTM es alimentado con corriente alterna procedente del PCS, el cual bajo el control de la SCU convierte la corriente continua de las baterías situadas en el techo, ESS, en energía para la tracción.
- APS (Accesory power system): Es un convertidor de corriente de las baterías ESS para la alimentación de los sistemas auxiliares donde se incluye la recarga de baterías de servicio ubicadas en el chasis.
- Refrigeración: el sistema posee dos ventiladores que se encargan de realizar las funciones de refrigeración. Aparecen dos sistemas de refrigeración asociados a los componentes eléctricos y un sistema de refrigeración para el motor eléctrico.

A continuación se muestra un esquema con los componentes y voltajes que circulan por el cableado del sistema híbrido.

1. **24 V DC**
2. **640 V DC**
3. **360 V AC**
4. ISGd

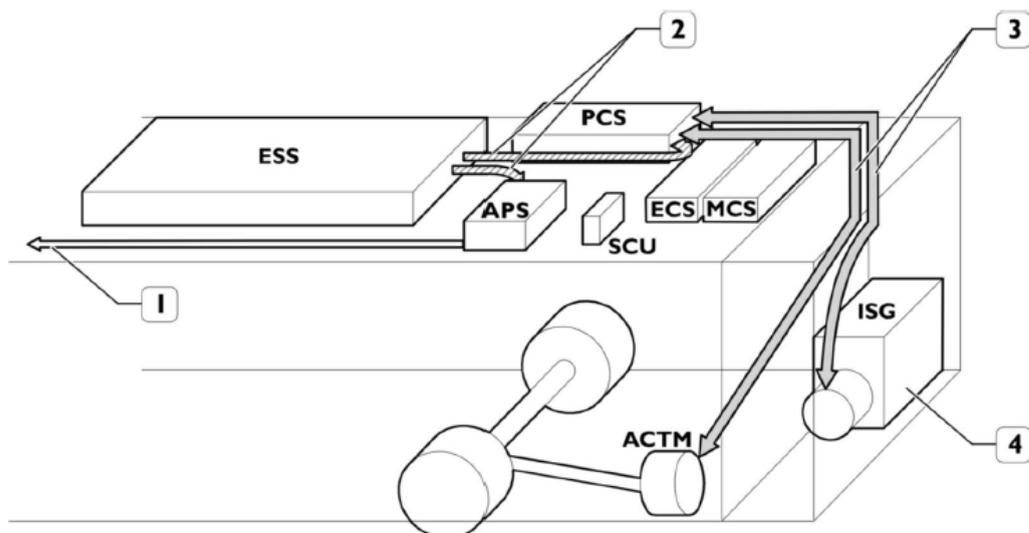


Ilustración 10: Localización de los componentes en el autobús.

3.2 Sistema ISG (Integrated starter generator).

Es un generador de 0 a 600 voltios de corriente alterna que es accionado por el motor de combustión interna y que le permite mantener un buen estado de carga de las baterías del ESS, compuestas de litio/ion. Además, este sistema alimenta el motor de tracción ACTM con el cual comparte sistema de refrigeración.

Esta refrigeración se hace mediante circulación forzada en el interior de la carcasa del alternador, permitiendo así refrigerar con aire los devanados del estator, este bucle de refrigeración se denomina MCP y también afecta al radiador, los ventiladores, el vaso de expansión y la bomba de circulación que se sitúan en el techo.

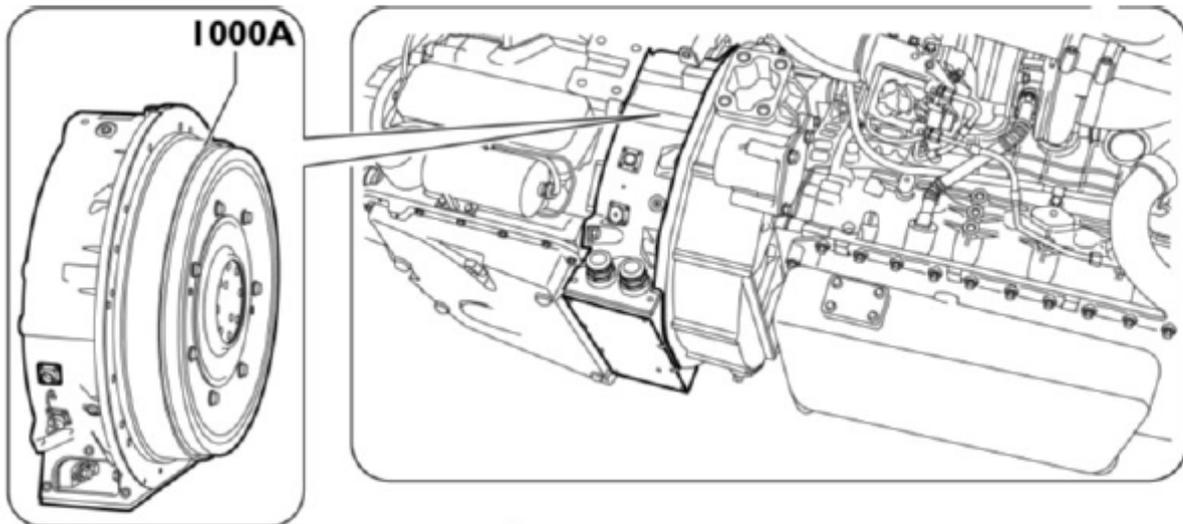


Ilustración 11: Aspecto y localización del ISG.

Datos del ISG:

Datos técnicos	
Masa	142,6 kg
Masa en seco	140,1 kg
Temperatura	-40 - 85 °C
Velocidad máxima de rotación	2600 RPM
Calor disipado en las peores circunstancias	10 kW
Volumen del líquido refrigerante en el generador	2,15 dm ³

Tabla 3: Datos técnicos del ISG.

3.3 Sistema PCS (Propulsion control system).

El sistema de control de la propulsión es una caja electrónica que se encarga de distribuir los flujos de energía entre los diferentes órganos de potencia como el motor de tracción, el generador y las baterías. Posee una electrónica que le permite tener una memoria de los fallos.

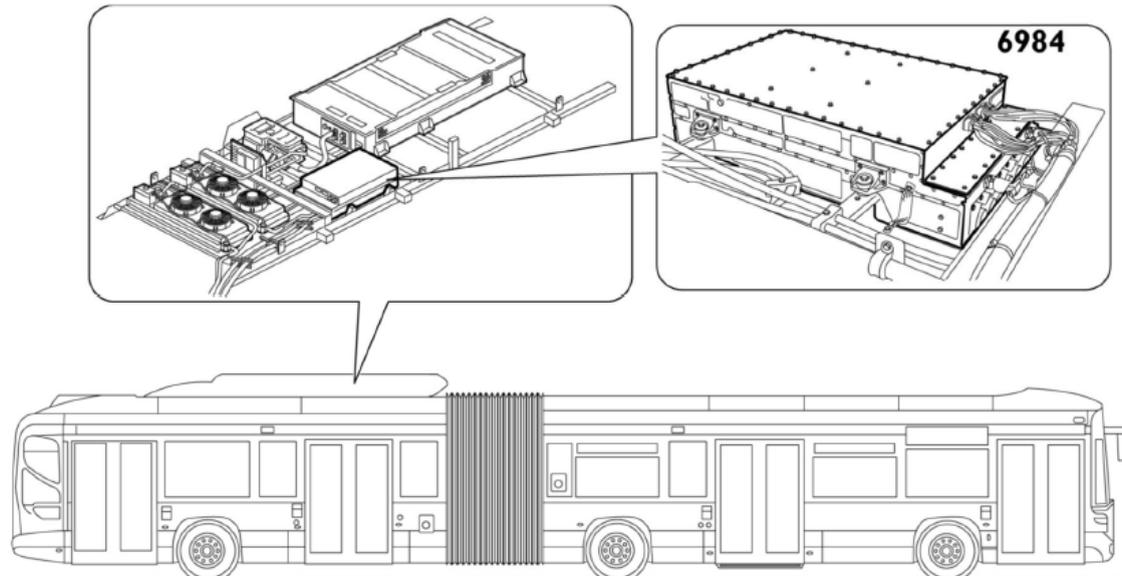


Ilustración 12: Aspecto y localización del PCS.

Datos técnicos:

Características y datos

Masa	85,3 kg
Masa en seco	82,1 kg
Intervalo temperaturas ambiente durante el funcionamiento	-40 - 75 °C
Calor máximo continuo disipado	13,5 kW
Volumen líquido refrigerante en el sistema de control de la propulsión:	2,84 dm ³
Potencia máxima para la tracción	400 kW
Potencia máxima para el arranque	125 kW

Tabla 4: Datos técnicos del PCS.

3.4 Sistema SCU (System control unit).

Es la unidad central electrónica que controla el sistema de propulsión híbrido. Recibe las señales desde el pedal del freno y el acelerador y decide cómo aprovechar los recursos del sistema como el motor eléctrico, motor térmico, baterías y alternador electrónico.

Es el centro de control, monitorizado y diagnóstico de todo el sistema híbrido.

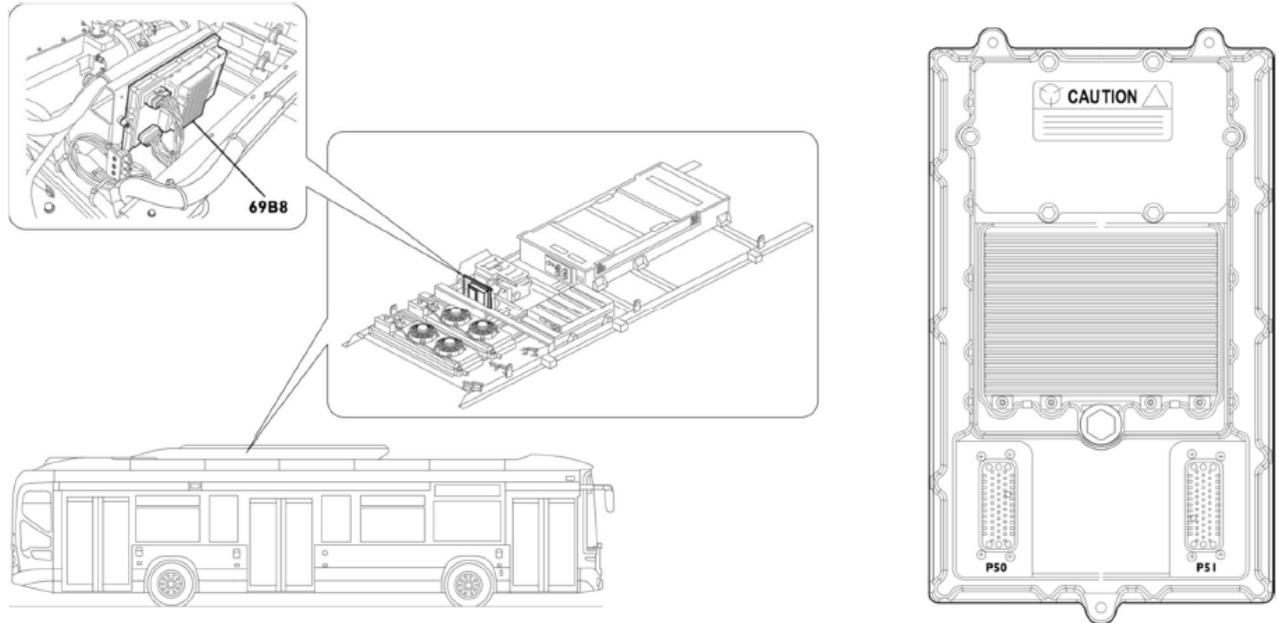


Ilustración 13: Aspecto y localización del SCU.

Datos técnicos:

Características y datos

Peso	4,5 kg
Par de apriete de los tornillos de fijación de la centralita	7 +/- 0,5 N·m

Tabla 5: Datos técnicos del SCU.

3.5 Sistema ACTM (Alternative current traction motor).

El motor de tracción ACTM es un motor eléctrico trifásico alimentado con corriente alterna por el inversor del PCS.

Se basa en el principio de funcionamiento de la inducción magnética y puede alcanzar una velocidad de rotación de hasta los 2750 revoluciones. Durante el frenado la SCU controla la inversión de par que permite transferir la energía de frenado a las baterías ESS situadas en el techo.

Entre el ACTM y el eje de transmisión se conecta magnéticamente un sistema PSR que permite reducir la velocidad del vehículo. Es un reducto de trenes planetarios montado a la salida del motor eléctrico que reduce la velocidad de rotación del árbol de transmisión lo que proporciona una velocidad de 70Km/h y que funciona como un generador durante la desaceleración del autobús.

El motor cuenta con puntos de fijación, un sistema de lubricación integrado y un circuito de refrigeración común con el sistema ISG.

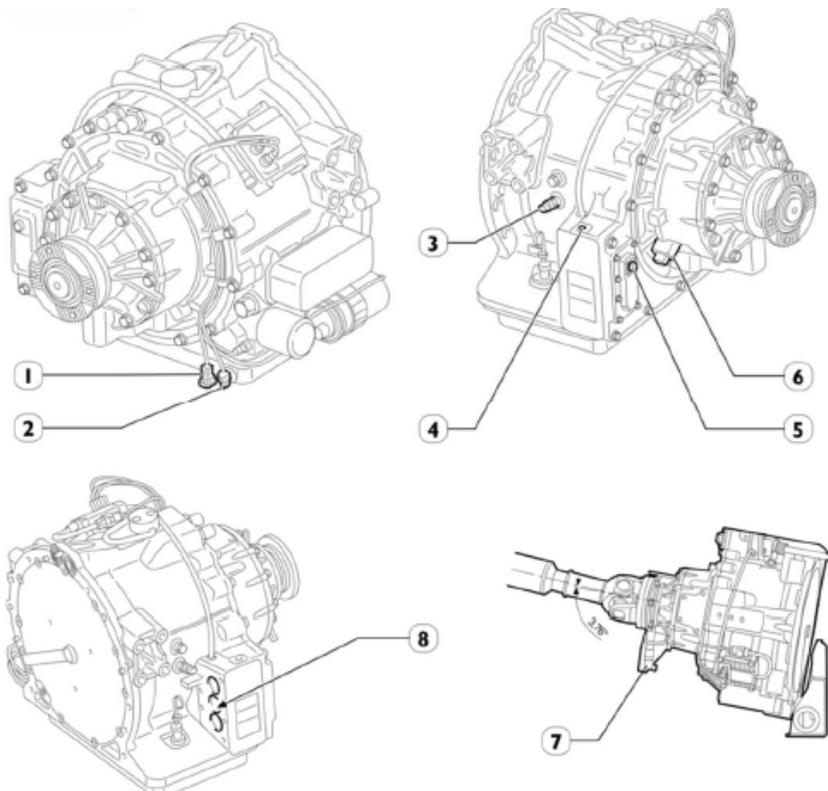


Ilustración 14: Aspecto y localización del ACTM.



1	Controller bomba.
2	Controller BUS CAN.
3	Sensor de temperatura del estator.
4	Masa motor.
5	Interlock.
6	Sensor de velocidad.
7	Sensor tacométrico.
8	Conectores de potencia fase A, B, C.

Tabla 6: Partes del ACTM.

Datos técnicos:

Características

Número de revoluciones:	0-2750
Potencia continua:	160 kW
Potencia pico:	200 kW
Par máximo:	5100 N·m
Peso:	340 kg

Tabla 7: Datos técnicos del ACTM.

3.6 Sistema de ESS (Energy storage system).

Las baterías de tracción ESS suministran la energía para poner en marcha el motor y las funciones accesorias. Además conservan la energía que proviene del generador ISG o del motor eléctrico ACTM durante la frenada regenerativa. Los flujos de energía son controlados por el PCS y el SCU según el estado de carga.

El sistema de acumulación de energía está formado de 16 bancos de cámaras de iones de litio integrados en un alojamiento resistente adecuado para el uso del autobús.

En el recipiente que contiene las baterías se integra un sistema de gestión denominado BMS que controla el estado de carga y la temperatura de la batería mediante un sistema de refrigeración por aire.

El ESS es el corazón del sistema híbrido, ya que, se almacenan 11 KWh de potencia eléctrica a casi 600V.

Si la temperatura de funcionamiento es demasiado baja, es decir menor a los menos 30 grados, es necesario instalar unos módulos para calentar las baterías.

1. BMS
2. Módulo N° 16
3. Módulo N° 1
4. Calefactor auxiliar (si está previsto)

Peso 365 Kg

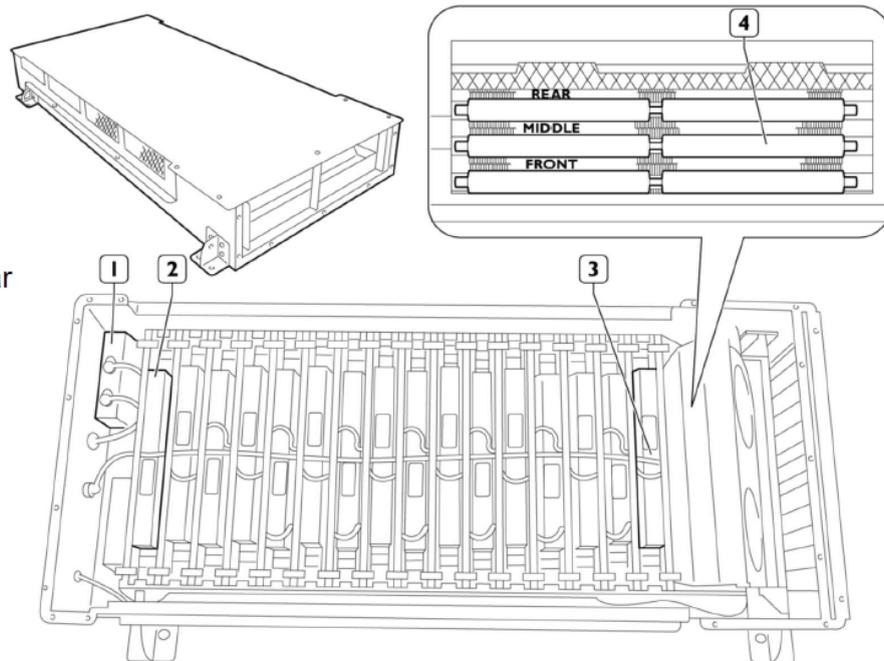


Ilustración 15: Aspecto y localización del ESS.

3.7 Sistema APS (Accessory power system).

Es un inverter DC/DC de 633V en el conjunto de baterías a 28V con corriente máxima de 620A.

La función del APS es recargar las baterías del autobús, alimentar las bombas de recirculación de refrigeración del motor y alimentar los sistemas accesorios. Además, es controlado por la SCU.

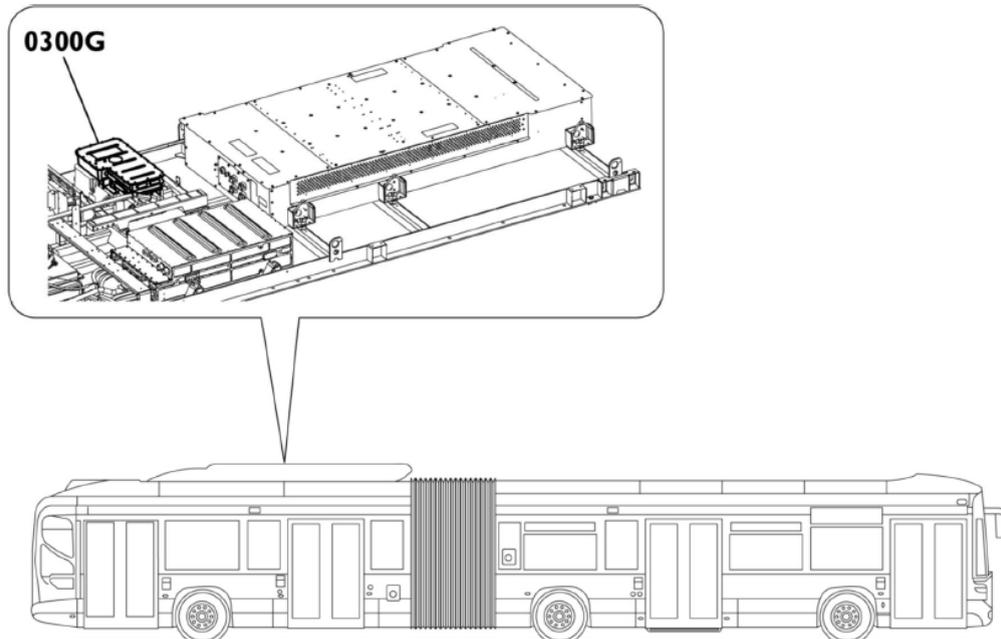


Ilustración 16: Aspecto y localización del APS.

Los datos técnicos son:

Características y datos

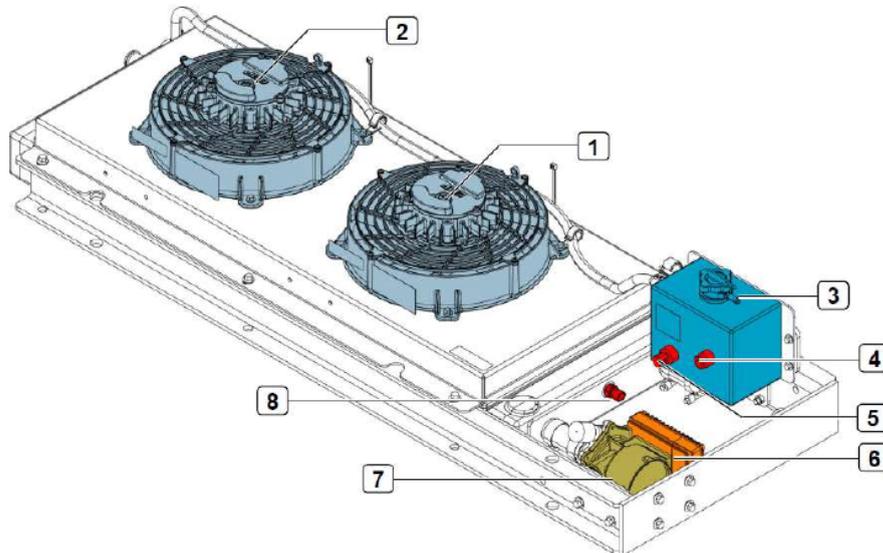
Conversión de tensión	de 633 V DC a 28 V DC
Potencia	12 kW
Temperatura de funcionamiento	-40 - 75 °C
Longitud	582 mm
Ancho	337 mm
Alto	236 mm
Peso	37,2 kg
Peso en seco	36,3 kg

Tabla 8: Datos técnicos del APS.

3.8 Sistema de refrigeración.

En los sistemas híbridos se necesitan dos módulos distintos de refrigeración. Un módulo se emplea para refrigerar la parte de potencia eléctrica, PCS y APS, y el otro para refrigerar la parte de electromecánica, ACTM y ISG.

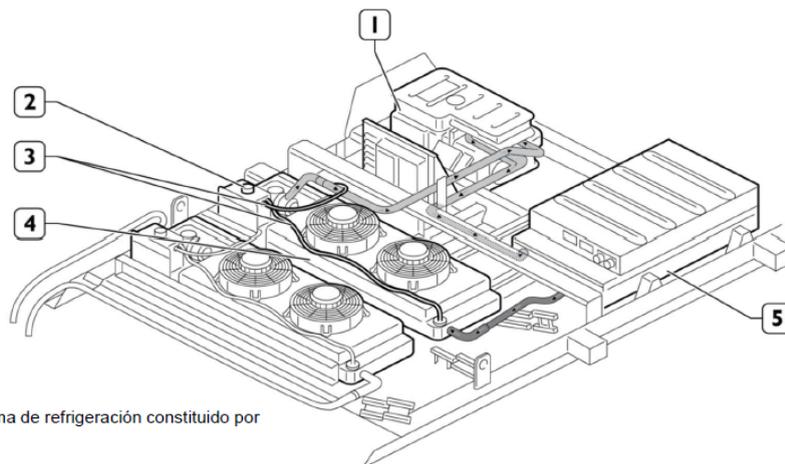
En su interior los módulos contienen los ventiladores de refrigeración y el sistema de control de los mismos. Su peso es de 41 kilogramos.



- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 : Ventilador 1 | 5 : Sensor de nivel |
| 2 : Ventilador 2 | 6 : Caja electrónica |
| 3 : Vaso de expansión | 7 : Bomba de circulación |
| 4 : Control visual de nivel | 8 : Sonda de temperatura de agua |

Ilustración 17: Aspecto del sistema de refrigeración.

El esquema de refrigeración del APS y el PCS es el siguiente:



El vehículo cuenta con un sistema de refrigeración constituido por los siguientes componentes:

- 1.- Convertidor de corriente (APS).
- 2.- Cuba de expansión.
- 3.- Respiraderos
- 4.- Radiador
- 5.- Módulo regulador electrónico (PCS).

- | | | |
|--|----------|------------------|
| | A | A. Agua caliente |
| | B | B. Agua fría |

Ilustración 18: Esquema de refrigeración del APS y PCS.

El esquema de refrigeración del ISG y el ACTM es el siguiente:

A. Agua caliente

B. Agua fría

El vehículo cuenta con un sistema de refrigeración constituido por los siguientes componentes:

- bomba (1) ;
- depósito de expansión (2) ;
- radiador (3) ;
- motor de tracción ACTM (4) ;
- generador ISG (5) ;

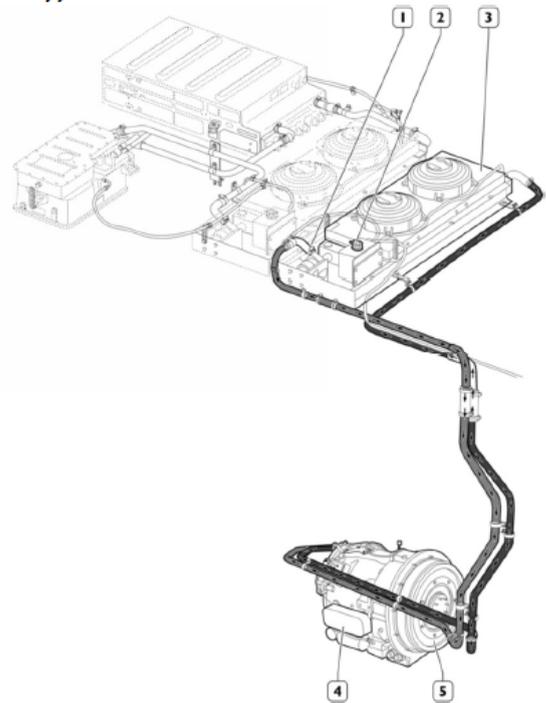


Ilustración 19: Esquema de refrigeración del ISG y ACTM.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 4: Mantenimiento preventivo.

4.1 Introducción.

El mantenimiento preventivo es el acto de realizar actividades de mantenimiento programadas regularmente para ayudar a prevenir posibles fallos en el futuro. En pocas palabras, se trata de arreglar las cosas antes de que se rompan.

Una vez se han definido los componentes del sistema híbrido del autobús Iveco GX 337-437 Hybrid se procede a la presentación de las diferentes operaciones de mantenimiento y codificación de las mismas. Las operaciones de mantenimiento asociadas a cada componente mostradas en el capítulo 3 se clasifican como un mantenimiento preventivo.

En el caso del mantenimiento preventivo se ha optado por las operaciones en las que se requiere que se realicen cambios de piezas o modificaciones. En este tipo de mantenimiento no entran las operaciones en las que es preciso realizar un estudio o análisis de los componentes.

4.2 Mantenimiento del sistema ISG (Integrated starter generator).

En el mantenimiento del sistema ISG podemos encontrar una operación definida por el fabricante.

- **Sustitución de los anillos de estanqueidad del generador eléctrico (ISG):** Este proceso se realiza con el isg desmontado del motor. Se necesitan las siguientes herramientas: Herramienta para rotación volante motor, contenedor, armella y un elevador.
Se desenroscan los tornillos (4) y se retira el soporte y las tuberías de refrigeración (5). Desenroscar el tapón (2) y se vierte el aceite restante en un recipiente apropiado.
Es importante que se ponga un espesor de plástico adecuado entre el rotor (3) y el estator (2) para evitar que haya contacto entre ellos.

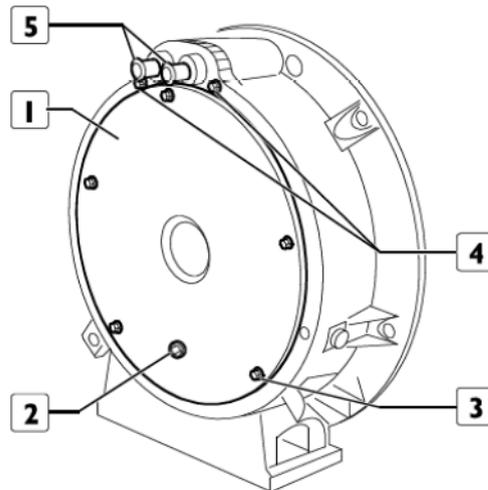


Ilustración 20: Identificación de los componentes del ISG parte 1.

Posteriormente se desenroscan los tornillos (3) y se desmonta la tapa (1).

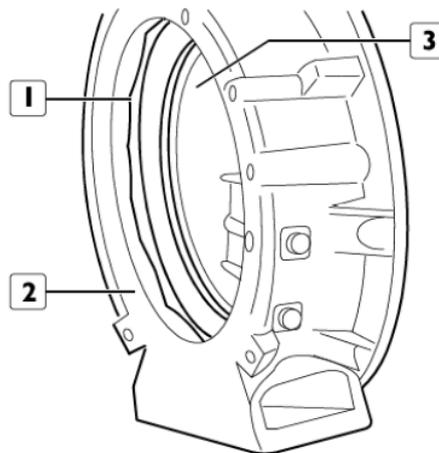


Ilustración 21: Identificación de los componentes del ISG parte 2.

Enroscar un cáncamo (4) en el orificio correspondiente y asegurar el generador (2) a un elevador, desenroscar los tornillos (1) de fijación del generador al motor, desenroscar los tornillos (3) de fijación del rotor al cigüeñal y retirar el generador.

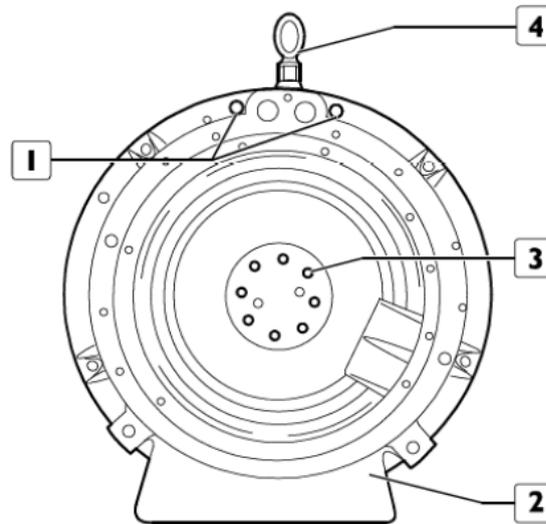


Ilustración 22: identificación de los componentes del ISG parte 3.

Para finalizar, se retira el anillo de estanqueidad (1), se limpia la zona de apoyo (2) y se lubrica para posteriormente poner el nuevo anillo de estanqueidad. Tras esto se procede a realizar el proceso inverso para montar la pieza.

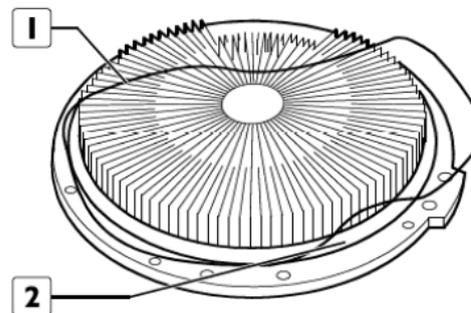


Ilustración 23: Identificación de los componentes del ISG parte 4.

4.3 Mantenimiento del PCS (Propulsion control system).

No se define un mantenimiento preventivo específico por parte del fabricante.

4.4 Mantenimiento del SCU (System control unit).

No se define un mantenimiento preventivo específico por parte del fabricante.

4.5 Mantenimiento del ACTM (Alternative current traction motor).

En el mantenimiento del ACTM podemos encontrar siete operaciones definidas por el fabricante.

- **Control del nivel de aceite del motor eléctrico de tracción (ACTM):** intervenir desde la trampilla interna del vehículo y mediante la varilla de control medir el nivel de aceite (1). Si es necesario rellenar como se indica en el apartado correspondiente.

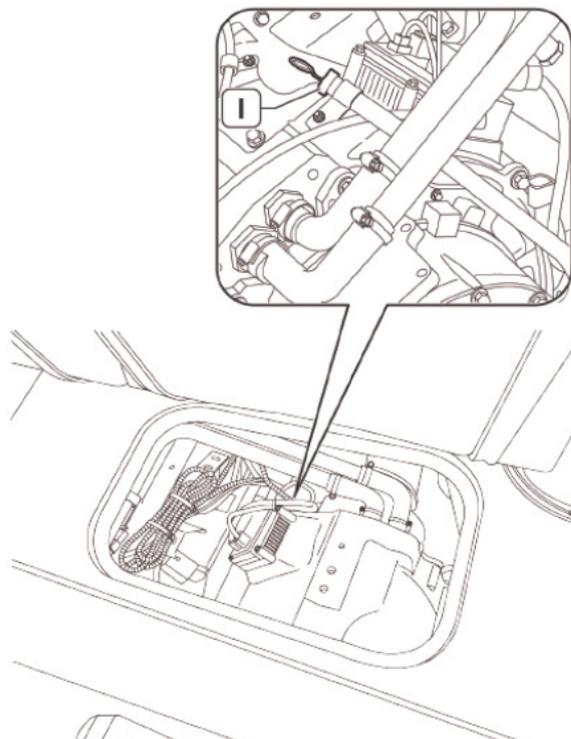


Ilustración 24: Identificación de los componentes del ACTM parte 1.

- **Sustitución del aceite y del filtro del motor eléctrico de tracción (ACTM):** Para realizar este mantenimiento es necesario que se utilice aceite y un contenedor. Se coloca el recipiente adecuado debajo del motor eléctrico para recuperar el aceite usado, se retira el tapón (2) y se descarga por completo el aceite. Posteriormente, desenroscar el filtro (3) y descargar el aceite restante en el interior del recipiente. Antes de montar el filtro nuevo, lubricar la junta con aceite y enroscar el filtro una vuelta más, tras haberlo puesto en contacto con el motor eléctrico.

Finalmente, restablecer el nivel de aceite según las cantidades indicadas por el orificio de la varilla (1).

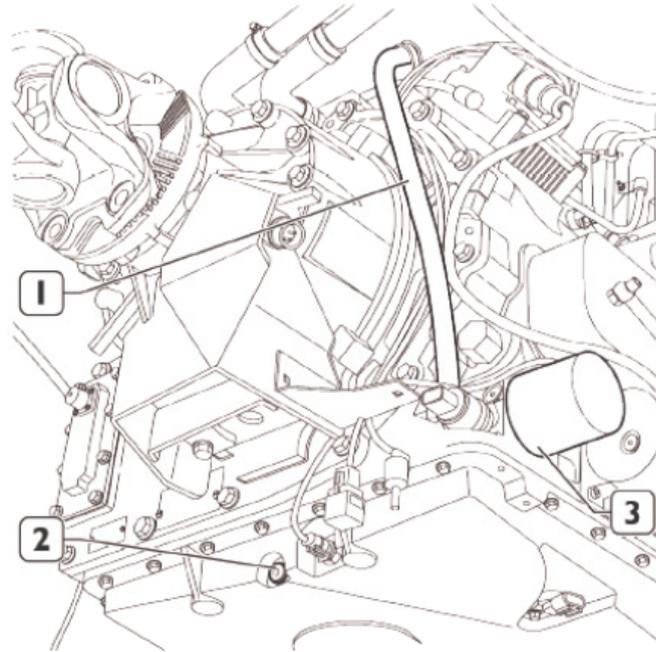


Ilustración 25: Identificación de los componentes del ACTM parte 2.

- **Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM):**
Desconectar el sistema híbrido tal y como se indica en la sección puesta en seguridad del vehículo, además, desconecta los cables de la batería empezando por el negativo.
Bloquear adecuadamente la brida (4) para impedir que gire, después, con un punzón levanta la aleta doblada en la tuerca anular (6) del anillo fijador de roscas.
Desenroscar la tuerca anular (6), retirar el anillo fijador de roscas (5) y la brida (4).
Finalmente retirar los anillos de estanqueidad (2) y (3).
Realizar el proceso inverso para el montaje de la pieza.

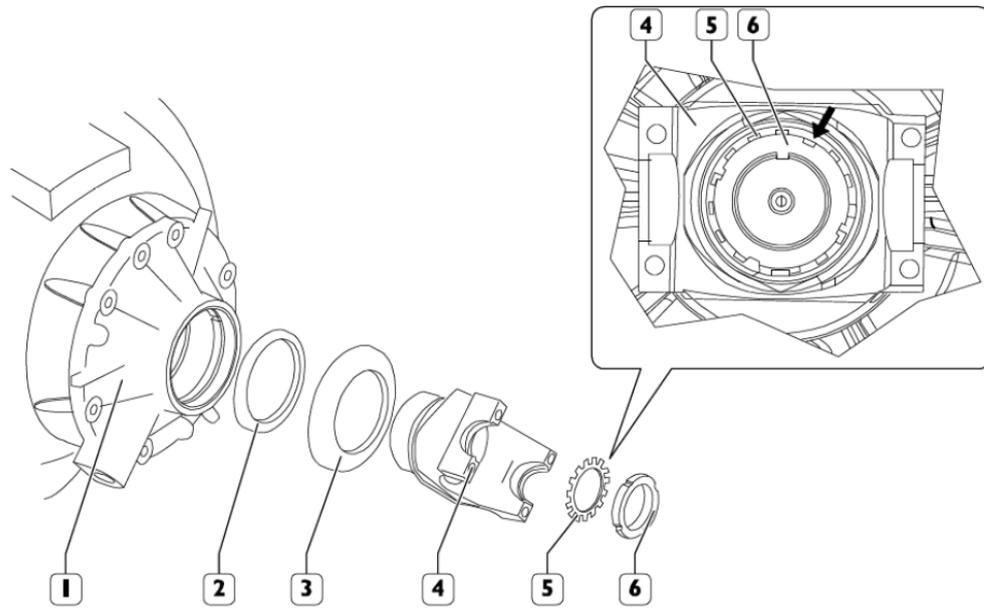


Ilustración 26: Identificación de los componentes del ACTM parte 3.

- **Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM):** Sustituir los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción.
- **Sustitución del aceite/filtro y limpieza de la bomba de aceite del motor eléctrico (ACTM):** Para sustituir el aceite y el filtro ir al apartado en el que se explica, situado al inicio de la sección.
Para desmontar la bomba de aceite asegúrese de que el vehículo está en posición de seguridad para el sistema híbrido. Posteriormente, desconectar la conexión eléctrica (4) de la bomba de aceite (2) a la centralita de control (5).
Desenroscar los tornillos (3) y retirar la bomba de aceite (2) de su alojamiento.

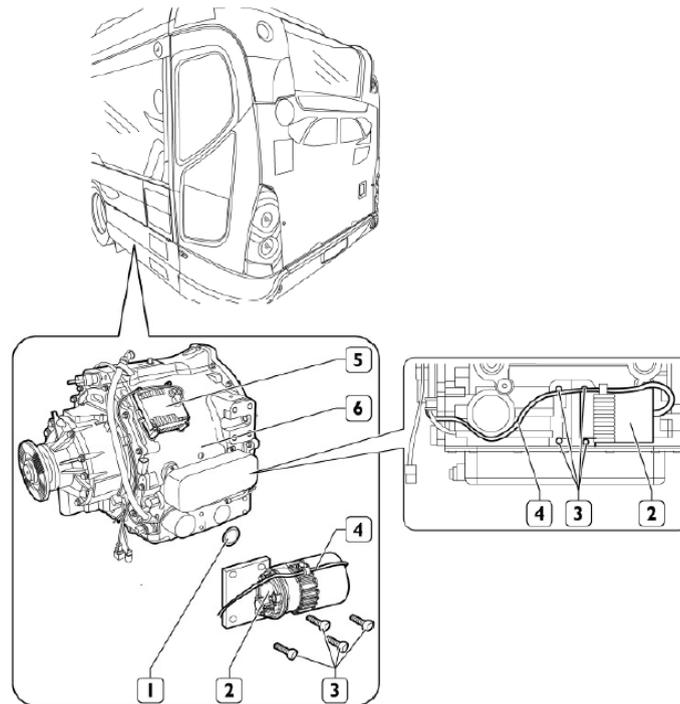


Ilustración 27: Identificación de los componentes del ACTM parte 4.

Para el montaje es necesario lubricar con aceite la nueva junta tórica (1) y colocarla en su alojamiento en el cuerpo de la bomba de aceite (2). Aplicar sellador en los alojamientos roscados de los tornillos (3) y colocar la bomba de aceite.

- **Control del estado del silentblock de la cadena de tracción:** Controlar la integridad de los silentblock de las baterías de tracción, módulo regulador electrónico, módulo convertidor y motor de tracción. Si es necesario se tienen que sustituir.
- **Sustitución del líquido refrigerante de la cadena de tracción.**

4.6 Mantenimiento de la ESS (Energy storage system).

En el mantenimiento de la ESS podemos encontrar una operación definida por el fabricante.

- **Sustituir el filtro del aire de las baterías de tracción:** Lo primero es aflojar los tornillos (5) y desenroscar los tornillos (3) y (1). Se retira la rejilla (2) y el filtro (4) para posteriormente poner el filtro nuevo siguiendo el sentido inverso de las indicaciones para el montaje.

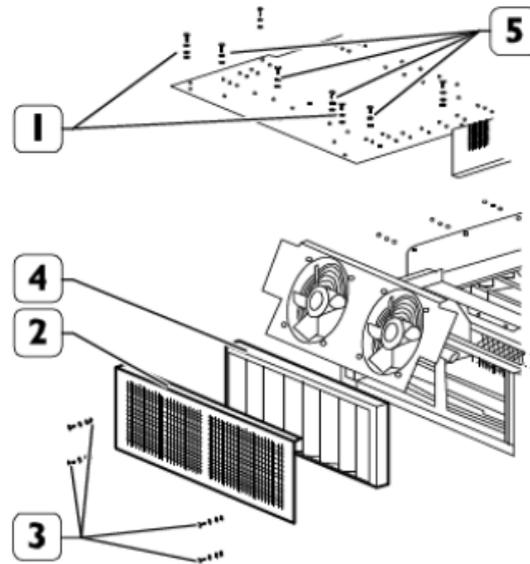


Ilustración 28: Identificación de los componentes del ESS.

4.7 Mantenimiento APS (Accessory power system).

No se define un mantenimiento preventivo específico por parte del fabricante.

4.8 Mantenimiento sistema de refrigeración.

En el mantenimiento del sistema de refrigeración podemos encontrar cuatro operaciones definidas por el fabricante.

- **Control del estado de los tubos de refrigeración de la cadena de tracción:**
Realizar un control visual de todos los tubos y de los componentes del sistema.
Donde se detecten pérdidas remediarlas mediante el apriete de los collares y de las abrazaderas o la sustitución de los componentes agrietados.
- **Control y limpieza de los radiadores de refrigeración de la cadena de tracción:**
Efectuar un minucioso control visual y limpieza de los radiadores del sistema refrigerante de la cadena de tracción.

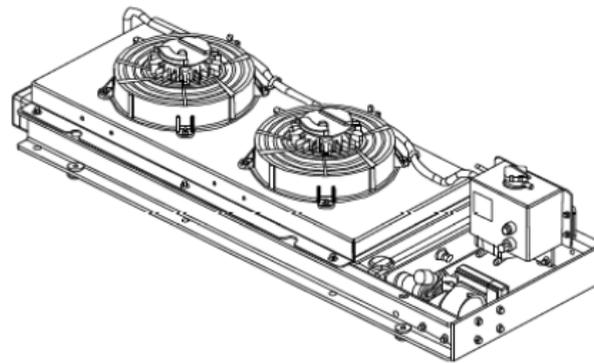


Ilustración 29: Dibujo del radiador.

- **Control del estado del filtro y ventiladores de refrigeración del paquete de baterías:** Realizar un control visual del filtro (1) y de los ventiladores (2), en caso de que estén obstruidos se tiene que lavar, o sustituir el filtro (1) tal y como se indica en el apartado presentado en esta sección, y limpiar los ventiladores.

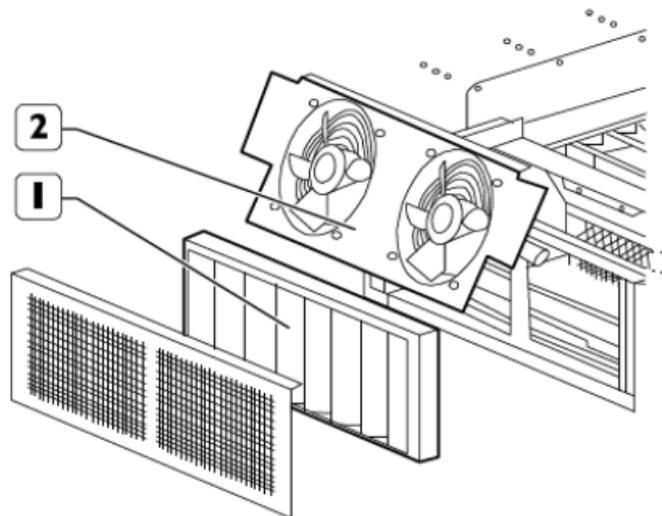


Ilustración 30: Identificación de los componentes del sistema de refrigeración.

- **Control visual del sistema de refrigeración de la cadena de tracción:** realizar un cuidadoso control visual de todas las tuberías y los componentes del sistema de refrigeración, las posibles pérdidas indican un defecto en el sistema. Donde se detecten las pérdidas remediarlo con aprietes de los collares y abrazaderas o sustituir los componentes agrietados.

4.9 Codificación del mantenimiento preventivo.

Antes de empezar es necesario saber que según el criterio de codificación de la EMT se asignan códigos a las más de 8000 piezas que tiene el autobús. Estos códigos son números de 5 dígitos en los que se empieza por el 00000 que es el vehículo al completo.

Los grupos de piezas asociados a los códigos son los siguientes:

- 10000: Motor.
- 20000: Transmisión.
- 30000: Dirección.
- 40000: Sistema neumático.
- 50000: Suspensión.
- 60000: Sistema eléctrico.
- 70000: Carrocería y aire acondicionado.
- 80000: Instrumentación.
- 90000: Auxiliar y otros.

En este proyecto nos centraremos en los de la sección 60000 de sistema eléctrico, en concreto la parte 6H000 que es la que representa a la hibridación.

A continuación se muestra una tabla con los encabezados de los subcódigos dentro del 6H000:

Código	Descripción
6H000	Sistema híbrido
6H100	Generador sistema híbrido
6H200	Gestión eléctrica sistema híbrido
6H300	Motor eléctrico de tracción
6H400	Acumuladores de energía híbridos
6H500	Circ. refrigeración parte híbrida MAN
6H600	Circ. refrigeración iveco (mant. elect. general)
6H700	Circuito de refrigeración iveco hi (EAS, PCS)
6H800	Componentes eléctricos auxiliares híbrido MAN

Código	Descripción
6H900	Transmisiones mecánicas híbrido man
6HA00	Transmisiones mecánicas híbrido iveco

Tabla 9: Códigos y descripciones del sistema híbrido de la EMT.

Una gran peculiaridad que se encuentra en el mantenimiento preventivo es que aparece lo que se conocen como acciones las cuales definen que se hace en el proceso de mantenimiento, estas están codificadas y asociadas a una descripción.

A continuación se muestra todas las acciones empleadas en el mantenimiento preventivo de los componentes explicados en el capítulo 3:

Código de la acción	Acción
X	Comprobar.
L	Limpiar.
C	Cambiar.

Tabla 10: Codificación de las acciones.

Para finalizar hay que tener en cuenta que para cada operación de mantenimiento tiene asignada una frecuencia que puede estar en kilómetros o en tiempo. Esto aparece tanto en los procesos de mantenimiento preventivo como en los predictivos.

En la siguiente tabla se muestran los diferentes mantenimientos seleccionados para el preventivo y su frecuencia:

Descripción	Frecuencia
Control del nivel de aceite del motor eléctrico de tracción (ACTM)	Cada 10000 Km o 3 meses.
Control del estado de los tubos de refrigeración de la cadena de tracción.	Cada 10000 Km o 3 meses.
Control y limpieza de los radiadores de refrigeración de la cadena de tracción.	Cada 40000 Km o 6 meses.
Sustitución del aceite y del filtro del motor eléctrico de tracción.	Cada 160000 Km o 36 meses.



Descripción	Frecuencia
Sustitución de los anillos de retención del generador eléctrico ISG.	Cada 480000 Km.
Sustitución de los anillos de retención del motor eléctrico de tracción.	Cada 480000 Km.
Sustitución del reductor de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico (ACTM)	Cada 480000 Km.
Sustitución del aceite/filtro y limpieza de la bomba de aceite del motor eléctrico (ACTM)	Cada 480000 Km.
Control del estado de filtro y ventiladores de refrigeración de la batería.	Cada 3 meses.
Control visual del sistema de refrigeración de la cadena de tracción.	Cada 12 meses.
Control del estado silentblock de la cadena de tracción.	Cada 12 meses.
Sustitución del filtro del aire de la batería de tracción.	Cada 12 meses.
Descarga y reabastecimiento del líquido radiador de la instalación eléctrica.	Cada 24 meses.

Tabla 11: Frecuencia de la realización del mantenimiento preventivo.

Tras saber lo que se tiene que hacer y la frecuencia ahora se enlaza con el código de la pieza en la que se va a realizar, según la codificación 6H000. Además, se añadirá el tiempo que se tarda en realizar la operación y se agruparán según el grupo de componentes al que pertenezca.

Por último, se tiene que añadir el código de la acción que se va a realizar en la operación de mantenimiento.



Grupo	Código	Descripción del código	Código de la acción	Descripción	Frecuencia	Tiempo (Horas)
ISG	6H110	RETENES GENERADOR SISTEMA HÍBRIDO	C	Sustitución de los anillos de estanqueidad del generador eléctrico (ISG)	Cada 480000 Km.	3
PCS						
SCU						
ACTM	6H331	ACEITE MOTOR ELECTRICO TRACCION IVECO HI	X	Control del nivel de aceite del motor eléctrico de tracción (ACTM)	Cada 10000 Km o 3 meses.	0,1
	6H332	FILTRO ACEITE MOT. ELECT. TRAC. IVECO HI	C	Sustitución del aceite y del filtro del motor eléctrico de tracción (ACTM)	Cada 160000 Km o 36 meses.	1
	6H33B	RETENES MOTOR ELÉCTRICO TRACC. IVECO HI	C	Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM) 200 euros	Cada 480000 Km.	3
	6H33D	PLANETARIOS MOTOR ELECT. TRACC. IVECO HI	C	Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM) 500 euros	Cada 480000 Km.	1,5



Grupo	Código	Descripción del código	Código de la acción	Descripción	Frecuencia	Tiempo (Horas)
ACTM	6H333	BOMBA ACEITE MOTOR ELECT. TRAC. IVECO HI	C / L	Sustitución del aceite/filtro y limpieza de la bomba de aceite del motor eléctrico (ACTM)	Cada 480000 Km.	0,5
	6H33E	SILENTBLOCK MOT.ELECT.T RACC. IVECO HI	X	Control del estado del silentblock de la cadena de tracción	Cada 12 meses.	0,1
	6H610	REFRIGERANTE CIRC. IVECO HI (MOT-GEN)	C	Sustitución del líquido refrigerante de la cadena de tracción	Cada 24 meses.	0,8
ESS	6H424	FILTRO AIRE DELANTERO BATERIAS HÍBRIDO	C	Sustituir el filtro del aire de las baterías de tracción	Cada 12 meses.	0,5
APS						
Refrigeración (M.Elect, Gen)	6H660	TUBERÍAS REFRIG. IVECO HI (M. ELE. GEN.)	X	Control del estado de los tubos de refrigeración	Cada 10000 Km o 3 meses.	0,1
Refrigeración (M.Elect, Gen)	6H630	RADIADOR REFRIG. IVECO HI (M. ELE.GEN.)	X / L	Control y limpieza de los radiadores de refrigeración	Cada 40000 Km o 6 meses.	0,5



Grupo	Código	Descripción del código	Código de la acción	Descripción	Frecuencia	Tiempo (Horas)
	6H640	MOT-VENTIL. REFRIG. IVECO HI (EAS, PCS)	X	Control del estado del filtro y ventiladores de refrigeración	Cada 3 meses.	0,3
	6H600	CIRC. REFRIG. IVECO HI (M. ELECT. GEN.)	X	Control visual del sistema de refrigeración	Cada 12 meses.	0,2
Refrigeración (EAS,PCS)	6H760	TUBERÍAS REFRIG. IVECO HI (M. ELE. GEN.)	X	Control del estado de los tubos de refrigeración	Cada 10000 Km o 3 meses.	0,1
	6H730	RADIADOR REFRIG. IVECO HI (M. ELE.GEN.)	X / L	Control y limpieza de los radiadores de refrigeración	Cada 40000 Km o 6 meses.	0,5
Refrigeración (EAS,PCS)	6H740	MOT-VENTIL. REFRIG. IVECO HI (EAS, PCS)	X	Control del estado del filtro y ventiladores de refrigeración	Cada 3 meses.	0,3
	6H700	CIRC. REFRIG. IVECO HI (M. ELECT. GEN.)	X	Control visual del sistema de refrigeración	Cada 12 meses.	0,2

Tabla 12: Tabla resumen de las operaciones de mantenimiento preventivo.

La creación de este tipo de codificación es para que pueda ser empleado por la EMT en su GMAO.

En el caso del mantenimiento preventivo la EMT posee códigos tanto para los componentes del sistema híbrido como para las acciones que se tienen que realizar en ese mantenimiento.



El GMAO es la gestión de mantenimiento asistido por ordenador, es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa. Básicamente es una base de datos que contiene información sobre la empresa y sus operaciones de mantenimiento. Esta información sirve para que todas las tareas de mantenimiento se realicen de forma más segura y eficaz. También se emplea como herramienta de gestión para la toma de decisiones.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 5: Mantenimiento predictivo.

5.1 Introducción.

El mantenimiento predictivo es el conjunto de técnicas o acciones que se emplean con la finalidad de detectar fallos y defectos en una etapa incipiente para evitar fallos más grandes a posteriori. Estos fallos pueden incrementar los riesgos por avería, reducir la vida útil y el encarecimiento de las reparaciones.

En el caso del mantenimiento predictivo para los vehículos híbridos se han revisado las diferentes técnicas de diagnóstico y se proponen: análisis del aceite, análisis de vibraciones, inspecciones por termografía. Estas han sido seleccionadas por su relación entre el coste del análisis y el ahorro económico que puede generar al detectar un fallo o buen funcionamiento del equipo, por otra parte, el tiempo de realización de las pruebas no es muy extenso.

A continuación se explican las diferentes técnicas del mantenimiento predictivo:

5.2 Análisis de vibraciones.

En el mantenimiento predictivo el análisis de las vibraciones es una de las técnicas más importantes y empleadas en todo tipo de industrias y máquinas.

El análisis de vibraciones recoge las vibraciones detectadas en un equipo y las compara con las vibraciones de fallo conocidas para poder detectar puntos de fallo. Un fallo de una máquina puede definirse como cualquier cambio en una pieza o componente de la maquinaria que hace que no pueda realizar su función de forma satisfactoria.

Es muy eficaz para identificar los inicios de desgaste de los equipos y las posibles averías, con el equipo adecuado se puede analizar la causa raíz lo cual permite determinar la causa exacta de un problema inminente, algo fundamental en los equipos con múltiples piezas rotativas.

En el caso del autobús híbrido lo que queremos controlar principalmente es el estado del motor eléctrico. Esto es así porque nos permite ir analizando el progreso de su estado y ver si las operaciones del mantenimiento preventivo se deben hacer en la frecuencia estipulada o modificarla.

Las operaciones preventivas que más coste puede suponer para el motor eléctrico son las que se producen a los 480000 kilómetros, estas son: sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico y sustitución de los engranajes planetarios del motor eléctrico de tracción.

Se pueden dar dos escenarios, uno en el que tras el análisis de vibraciones se detecte que los componentes del motor se encuentran en mejor estado del esperado y se decide no realizar las sustituciones del mantenimiento preventivo, esto supone un ahorro en los costes.

El otro caso es que la evolución del motor no sea la adecuada y se tenga que reducir la frecuencia de sustitución en el mantenimiento preventivo, esto supone que si se tendrá que producir el desembolso económico pero es necesario ya que no se puede poner en riesgo el buen funcionamiento del autobús.

En este capítulo solo se muestra el análisis de vibraciones asociado al motor ACTM, pero existe una operación del mantenimiento preventivo asociada al ISG que también podríamos analizar. Se trata de la sustitución de los anillos de estanqueidad del generador eléctrico y sería necesario ver si con un análisis de vibraciones sobre el ISG es posible detectar el deterioro.

Los procedimientos de estudio serían iguales a los del motor ACTM.

El análisis de vibraciones detecta los posibles fallos mediante la observación minuciosa de las vibraciones a través de diversos sensores, como acelerómetros o micrófonos integrados. Además, para encontrar posibles defectos se utiliza la frecuencia, la amplitud y la dirección de las variaciones en estructuras o máquinas.

Los analizadores de vibraciones son dispositivos portátiles y se suelen emplear dos tipos principalmente: basados en acelerómetros y en tecnología láser. Un vibrómetro moderno guarda todos los datos en su memoria y luego los envía a un PC o a un dispositivo móvil equipado con un software de análisis de vibraciones y archivo específico.

Puede ser difícil entender el funcionamiento de una máquina con sólo mirarla o escucharla, pero con la monitorización de las vibraciones se tiene la oportunidad de ver lo que ocurre dentro de esa unidad y tomar decisiones basadas en los datos para mantener la máquina y el proceso en funcionamiento.

- Vibraciones basadas en acelerómetros: miden tanto el desplazamiento como la aceleración, lo que permite montar el sensor directamente en la máquina e indicar la magnitud de la vibración con gran precisión.

El acelerómetro puede pertenecer a uno de los tres tipos diferentes: piezoeléctrico, piezoresistivo y capacitivo. En los transductores piezoeléctricos, los cristales generan una carga eléctrica bajo carga mecánica, en los transductores piezoresistivos se mide la resistencia eléctrica, mientras que en los transductores capacitivos se miden los cambios de capacitancia en función de la posición de los electrodos en movimiento.



Ilustración 31: Acelerómetro.

- **Vibrómetros láser:** su funcionamiento consiste en detectar y analizar la radiación láser que se dispersa en una parte vibratoria de la máquina. Aquí se aplica un fenómeno bien conocido llamado efecto Doppler: cuando un objeto vibra, la frecuencia de la luz cambia y la medición de la diferencia de frecuencias se convierte en la base para calcular la velocidad de movimiento del objeto examinado, la amplitud de sus vibraciones o la aceleración.



Ilustración 32: Vibrómetros láser.

El objetivo final del análisis de vibraciones es el de hacer un seguimiento del estado a lo largo del tiempo y te permite planificar posibles reparaciones de la maquinaria.

Con la instrumentación moderna en análisis de vibraciones, el fallo de un componente puede detectarse antes de la parada de la máquina.

Una pequeña inversión en un equipo especializado en el análisis de vibraciones puede ahorrar tiempo y dinero a medio y largo plazo.

En el caso del autobús híbrido se propone realizar un estudio de cada año, 12 meses, para ver el progreso de las vibraciones y tener un histórico del posible avance del desgaste de componentes.

Este estudio de vibraciones se propone que coincida con una de las operaciones de mantenimiento preventivo que se realice a los 12 meses, en concreto con la operación de control del estado del silentblock de la cadena de tracción.

En el caso del autobús híbrido se propone que el estudio de vibraciones se realice con un acelerómetro conectado en el motor de tracción eléctrico, en concreto en la unión con el eje de transmisión. El objetivo es poder saber si es posible mantener sin cambiar los anillos de estanqueidad del motor eléctrico y los engranajes planetarios.

Para ello se coloca el acelerómetro en una zona plana en la que esté de forma perpendicular al componente, en la siguiente imagen se muestra un dibujo del componente y su posición teórica, marcada con un punto rojo.

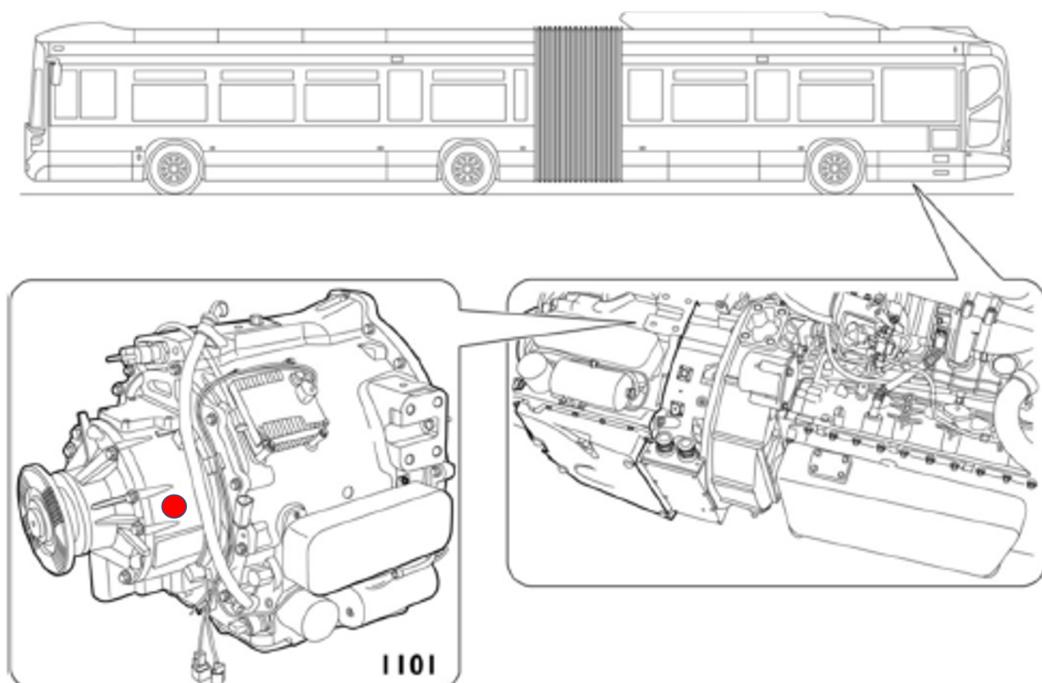


Ilustración 33: Señalización del punto de medida.

A continuación, se muestra la posición real en el autobús híbrido.



Ilustración 34: Posicionamiento real del acelerómetro.



Ilustración 35: Ampliación de la posición real del acelerómetro.

Dada la extensión del trabajo actual no se ha podido realizar la recopilación de los datos necesarios para establecer la firma vibratoria y los posibles fallos en el espectro.

Esto formará parte de trabajos finales de grado en los que se estudiará en concreto el análisis de vibraciones.

Esta prueba costaría un recorrido con el autobús y la toma de datos de vibraciones. Para ello es necesario que se ponga el acelerómetro y se pase el cable por la tapa interior del autobús para poder llegar al interior del habitáculo, posteriormente, se conecta al ordenador y se realiza un recorrido con el autobús.

Los puntos elegidos para tomar vibraciones son aquellos donde puede ser posible encontrar un defecto que afecte al buen funcionamiento de la maquinaria.

A partir del histórico de datos de los puntos de cada máquina es posible detectar un problema cuando la tendencia de valores aumenta o se modifica notablemente.

No existen rasgos que caracterizan de una forma inequívoca a causa de exceso de vibraciones, si no que la experiencia, el sentido común y el conocimiento de cada máquina son puntos esenciales.

En el caso de las vibraciones es necesario tener una medida de referencia, en este caso se podría tomar al inicio de la vida del autobús o si no es posible establecer una relación de la evolución de las vibraciones según los kilómetros realizados por los autobuses. Con esto se pretende establecer unos límites de aceptabilidad.

Generalmente, las causa de la vibración reside en problemas mecánicos como son: desequilibrios de elementos rotativos, desalineación en acoplamientos, engranajes desgastados o dañados, rodamientos deteriorados, fuerzas aerodinámicas y problemas eléctricos.

La frecuencia es una característica simple y significativa en este análisis. Se define como el número de ciclos completos en un periodo de tiempo. La unidad característica es cpm (ciclos por minuto). La correspondencia entre cpm y rpm (revoluciones por minuto) identifica el problema y la pieza responsable de la vibración. Esta relación es debida a que las fuerzas cambian de dirección y amplitud de acuerdo a la velocidad de giro. Los diferentes problemas son detectados por las frecuencias iguales a la velocidad de giro o bien múltiplos suyos. Cada tipo de problema muestra una frecuencia de vibración distinta.

La amplitud de la vibración indica la importancia, gravedad del problema, esta característica da una idea de la condición de la máquina. Se podrá medir la amplitud de desplazamiento, velocidad o aceleración. La severidad de vibración es indicada de una forma más precisa midiendo la velocidad, aceleración o desplazamiento según el intervalo de frecuencias entre la que tiene lugar, así para bajas frecuencias, por debajo de 600 cpm, se toman medidas de desplazamiento. En el intervalo entre 600 y 60.000 cpm, se mide velocidad, y para altas frecuencia, mayores a 60.000 cpm, se toman aceleraciones.

Es importante a la hora de realizar el estudio que se tenga en cuenta ciertos puntos:

- Condiciones de funcionamiento como la velocidad y cargas que afectan a la medición.
- Se tiene que establecer la secuencia de medición de datos, la cual siempre se tiene que repetir.

- El lugar donde se realicen las pruebas de toma de datos será siempre el mismo y la posición de los diferentes conectores para medir la vibración también.
- Es necesario el mantener el contacto con los operarios y conductores que trabajan con el autobús, ya que conocen de cerca el autobús.
- Establecer unos requisitos del entorno en el que se realiza la prueba.
- Es muy recomendable realizar la misma prueba a autobuses de diferentes marcas y así tener una visión más amplia del resultado de vibraciones.

Un defecto puede localizarse al comparar las magnitudes de las vibraciones tomadas. Normalmente una máquina que funciona correctamente tiene valores que suelen seguir una línea con tendencia ligeramente ascendente o constante. Cuando en algún momento los valores aumentan o la tendencia asciende de una forma inesperada, se puede pensar en la presencia de algún problema.

Generalmente la máxima amplitud de vibración se da en los puntos donde se localiza el problema, aunque muchas veces la vibración es transmitida a otros puntos de la máquina aunque en ellos no se encuentre el problema. El análisis de las gráficas puede indicar el tipo de defecto existente, pero muy pocas veces aparecen problemas únicos y por tanto espectros donde se refleje un defecto claramente. La experiencia y el conocimiento de la máquina son dos factores fundamentales a la hora de identificar la causa que produce una vibración importante.

Es esencial una vez corregido el problema seguir la evolución de la reparación, de esta forma se conocerá si realmente existía el defecto, si estaba situado en el punto con máxima vibración y lo que es más importante, seguir la evolución tras la reparación y asegurarse que el problema ha desaparecido.

El análisis espectral consiste en investigar las señales en el dominio de la frecuencia mediante la Transformada de Fourier aplicada a la señal obtenida originalmente en el dominio del tiempo (forma de onda).

La forma de onda está representada por una suma de senos y cosenos de diferentes frecuencias y amplitudes y, tras su procesamiento, da lugar al espectro de esta señal.

A continuación se muestra un ejemplo en el que se aprecia el espectro de un fallo ocurrido en un motor eléctrico, en este caso el desalineamiento.

El desalineamiento consiste en la condición en la que los ejes de la máquina conductora y la máquina conducida no poseen la misma línea de centros, es decir, no cumplen con la condición de colinealidad.

En las imágenes de la ilustración 36 podemos encontrar el espectro de un motor eléctrico en buen estado (situado a la derecha) y el mismo motor con un fallo de desalineamiento (situado a la izquierda).

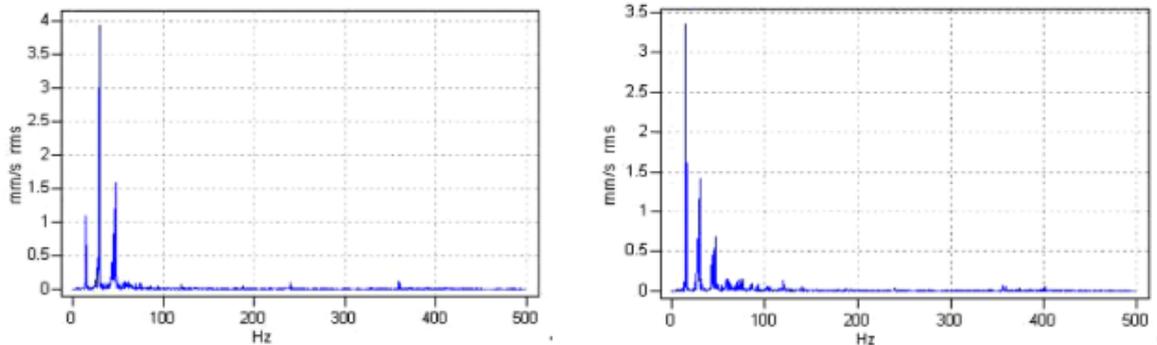


Ilustración 36: Ejemplo de espectro con fallo / sin fallo.

En el caso del autobús eléctrico se busca obtener un espectro de vibraciones en el punto especificado del conjunto ACTM cuando se encuentra en buen estado.

Esto nos permite poder identificar el inicio del desgaste del componente e ir monitoreando su evolución para detectar el mejor momento para realizar el cambio de componente.

5.3 Análisis del aceite.

El análisis de aceite examina las propiedades del lubricante, su composición y los indicios de contaminación. Los equipos y en especial el motor y sistemas del autobús híbrido utiliza lubricante para reducir la fricción, evitar el sobrecalentamiento y prevenir el desgaste.

Se considera una de las herramientas de mantenimiento predictivo más útiles, versátiles y asequibles.

Gracias al análisis de aceite se puede determinar la vida útil que aún tiene el lubricante y conocer el estado del motor o mecanismos para programar el mantenimiento correspondiente para que el vehículo siga funcionando eficazmente. Es una actividad ideal para prevenir el daño ocasionado por el desgaste, o al menos minimizarlo, ya que se puede conocer en una etapa temprana las partes del motor o mecanismo industrial de donde provienen las partículas de deterioro.

Por lo anteriormente dicho si que se puede justificar la inversión en un equipo de análisis de aceite.



Ilustración 37: Ejemplo de muestras de aceite.

Es fundamental establecer tres procedimientos claves:

- La frecuencia con la que se quiere recoger las diferentes muestras. En nuestro caso, al tratarse de un autobús híbrido y teniendo en cuenta el cambio de aceite del mantenimiento preventivo, se realizaría a los 160000 km. Se propone que se realice el análisis de una muestra a los 80000 km para poder obtener unos datos iniciales de desgaste.
- Establecer el proceso de recogida de muestras de forma segura.
- Metodologías para que los técnicos no contaminen las muestras y se pueda garantizar que son fiables.

Lo que se pretende realizar es aumentar o reducir el kilometraje o tiempo de uso del de los componentes en el autobús según los resultados del análisis de aceite, lo que puede provocar que se ajuste la frecuencia de cambio de componentes en el motor eléctrico del mantenimiento preventivo.

Este aceite también sirve como refrigerante, por tanto, también se tienen que controlar el estado de los elementos que forman el aceite y así prevenir la pérdida de efectividad del aceite.

En resumen , el aceite tiene que ser inspeccionado para saber si está perdiendo sus propiedades iniciales y ver si aparecen partículas asociadas al desgaste de componentes.

Para este tipo de autobús el aceite empleado es el ATF Dexron III Transynd, este aceite es para transmisiones automáticas y es totalmente sintético. Es uno de los aceites más genéricos pero que mejores propiedades tiene.

A continuación se muestra la ficha técnica del aceite:



Castrol TranSynd Automatic Transmission Fluid

Hoja de Especificaciones

Descripción del Producto

Castrol TranSynd es un fluido par transmisiones automáticas totalmente sintético.

Aplicaciones

Castrol TranSynd está recomendado para todos los vehículos que especifican Dexron III / Mercon o Allison C4, fluido automático para las transmisiones automáticas.

Ventajas y Beneficios

Excelente Estabilidad térmica y a la oxidación

- La viscosidad permanece siempre constante
- Ayuda a prevenir depósitos y espesor de película del aceite
- Con ello se extiende la vida útil de la transmisión
- Evita el incorrecto cambio de engranes
- Excelente limpieza de la transmisión bajo toda condición, permite extender la vida del aceite y disminuir el servicio de Mantenición.

Gran reducción de fricción, importante baja de temperatura

- Larga vida de componentes y del aceite permite extender los tiempos de drenajes.
- Menor mano de obra por cambios de aceites
- Menor fuerza de entrada significa economía de combustible, reducción de emisiones.
- Las propiedades de fricción constante permite una conducción mas confortable

Sobresalientes propiedades del fluido frío

- Fácil flujo de aceite a todos los componentes críticos (convertidores de torque, platos de fricción, planetarios y bandas de frenos), especialmente durante las partidas en frío
- Cambio de engranes mas responsables y confortables.

Excelente estabilidad al corte – Viscosidad constante

- Ayuda a mantener el total rendimiento de la transmisión durante el periodo de cambio
- La óptima lubricación asegura un nivel constante de confort durante los cambios

Buen comportamiento de Extrema Presión y anti-desgaste. Muy buen cuidado de sellos

- Mejor protección a los componentes de la transmisión asegura una larga vida.
- Ayuda a evitar las fugas de aceite, reduciendo los costos de reparación

Libre de Cloro y metales pesados

- Mejor compatibilidad con el medio ambiente – Fácil disposición de residuos y reciclado.



Castrol TranSynd Automatic Transmission Fluid

Especificaciones y Aprobaciones

GM Dextron III (F – 30319)
ZF TE MIL – 14 (Extensión de drenaje, 120.000 Km)
Allison C – 4 (C – 420031994)
Allison TES 295

Propiedades Típicas Químicas y Físicas

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad a 15 °C	KG/m ³	850
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	38,9
Viscosidad a 100 °C	mm ² /s	7,6
Índice de Viscosidad	--	153
Viscosidad Brookfield a –20°C	mPa.s	1.800
Viscosidad Brookfield a –40°C	mPa.s	8.600
Viscosidad Brookfield a –55°C	mPa.s	72.400
Punto de escurrimiento	°C	-55
Punto de Inflamación	°C	236
Test "Taper Roller Bearing" (TRB) Test (Rodillo Tapado) Viscosidad a 100 °C después de 20 Hr De Test TBR	mm ² /s	6,5

Ilustración 38: Hoja de especificaciones para el aceite ATF Dexron III Transynd.

Durante el análisis de aceite se realizan diferentes pruebas con el propósito de diagnosticar con precisión la calidad del aceite.



Ilustración 39: Equipo de análisis de aceite portátil.

Estas pruebas son las siguientes:

- **Viscosidad:** Un aceite muy viscoso asegura una formación más adecuada y resistente de la película lubricante. La viscosidad evita el contacto entre las partes metálicas y el desgaste, ofreciendo la menor pérdida por fricción. Los valores de viscosidad según la ficha técnica del aceite se sitúan en 38,9 mm²/s a una temperatura de 40 grados centígrados y 7,6 mm²/s a una temperatura de 100 grados centígrados. Según la ficha técnica, se establece que la viscosidad se mantiene durante el tiempo de uso del aceite. Sin embargo, en caso de que se detecte en el análisis que su valor se modifica es un claro ejemplo de un posible problema del aceite o de los componentes que lubrica.
- **Contenido de agua:** la contaminación por agua es muy común y muy dañina para la salud del aceite lubricante y componentes del equipo. El agua puede causar corrosión, menor lubricación y degradación del aceite. Cuando se infiltra en tanques de almacenamiento, el agua puede producir moho, bacterias u otros crecimientos microbiológicos, que por lo tanto obstruyen los filtros y corroen los sistemas de aceite.



En los aceites se empieza a dar la señal de alarma si se encuentra una cantidad de agua de unos 2000 PPM o más. Al obtener un resultado así se tendría que sustituir el aceite pero antes sería imprescindible que se estudiara de donde puede proceder el agua que se encuentra en el aceite.

- Ferrografía: es un tipo especializado de análisis de aceite utilizado para estudiar partículas de desgaste en componentes de maquinaria a través de análisis de contaminantes en aceites lubricantes.

En este caso los componentes que lubrica son principalmente cojinetes y rodamientos. Estos tienen una composición general de acero, cromo, cerámica y plásticos, por tanto, si se detecta una cantidad importante de estos materiales en el aceite es un claro indicador de que se están desgastando por el roce.

Esto nos lleva a la conclusión de que el aceite está perdiendo sus propiedades de lubricación y por tanto los componentes se empiezan a desgastar por rozamiento o que por vejez de los componentes estos se desgastan.

- Oxidación: La oxidación se produce cuando la adición de oxígeno cambia una sustancia química.

El aceite del ACTM no es inmune a la oxidación. Cuando el aceite reacciona con el oxígeno, se produce un cambio químico permanente que hace que las moléculas de aceite pierdan uno o más electrones. Esto puede provocar ciertos problemas como formación de lodos, agotamiento de los aditivos y degradación acelerada.

Por otra parte, se tiene que considerar que el aumento de la temperatura provoca que el proceso de oxidación se acelere, además, ciertos metales, ácidos y el agua también pueden acelerar la oxidación.

La oxidación no se puede evitar ya que en cierta medida todos los aceites se terminan oxidando en algún grado. Sin embargo, se puede ralentizar la oxidación con ciertos aditivos inhibidores de la oxidación, con esto se permite que el aceite dure más tiempo, es decir, ayuda a mantener el motor bien lubricado produciendo menos desgaste de los componentes.

En el caso del aceite empleado se tiene que remarcar que posee una excelente estabilidad térmica y a la oxidación.

Este aceite tiene también unas características asociadas al aspecto las cuales nos pueden indicar que está bien o que algo va mal con una inspección visual. Es un fluido brillante de color rojo, por tanto, desviaciones de estos parámetros pueden indicar que no se encuentra en buen estado.

Este tipo de análisis es muy común y aparece una gran cantidad de información, sin embargo, al igual que es importante la toma de datos también lo es su análisis. Lo que se propone es realizar un análisis de tendencia de la cantidad de elementos, como las

partículas férricas, para poder determinar el estado de los componentes del motor eléctrico, además de ver el estado de los elementos que forman el aceite.

5.4 Inspecciones por termografía.

La termografía es una técnica que se utiliza para detectar la radiación, es decir el calor, que procede de un objeto convirtiéndola en temperatura y mostrándola en una distribución de temperaturas.

Esta técnica es ampliamente utilizada en la industria del automóvil ya que permite detectar zonas de sobrecalentamiento de forma no intrusiva y sin un gran coste en los materiales de diagnóstico. En el caso del autobús híbrido, se pretende emplear esta estrategia para analizar las temperaturas de las conexiones eléctricas de tensión alta y de los radiadores que forman parte del sistema híbrido.

El objetivo es detectar defectos en las conexiones de tensión alta que se encuentran en los componentes eléctricos.

Por otra parte, también se consideró el estudio de las conexiones de la batería, sin embargo no fue posible acceder ya que en el momento de la visita no se encontraban operarios cualificados para tratar con elementos de tensión alta. Hay que recordar que en el caso de las baterías es necesario subir al techo del autobús y quitar la tapa protectora, esto se menciona porque aparece también el riesgo de caída por parte del operario.

Adicionalmente, se tiene en cuenta la temperatura de los radiadores, tanto del sistema de refrigeración de las baterías como el de los componentes eléctricos.

El objetivo es ver el buen funcionamiento de los radiadores ya que el aumento de las temperaturas en los sistemas de refrigeración suponen un peligro para los componentes que refrigeran y, en última instancia, incluso a los ocupantes del vehículo.

Los fallos pueden estar asociados por un producto que no cumple con las especificaciones acordadas, aletas dobladas o una obstrucción de tubos, esta última es menos habitual.

En el caso del tipo del análisis podemos diferenciar tres variantes:

- Termómetros infrarrojos puntuales: También son conocidos como pirómetros y se asemejan a un radar portátil. Son empleados para detectar y medir la temperatura en un punto concreto de una superficie.



Ilustración 40: Termómetro de infrarrojos puntual.

- Sistema de escáner de infrarrojos: Se puede considerar como un termómetro infrarrojo que es capaz de escanear zonas más amplias.
- Cámaras térmicas de infrarrojos: Es un dispositivo que a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano.
Las cámaras termográficas proporcionan imágenes térmicas que permiten visualizar cómo irradia calor un objeto, registrando la temperatura de cada pixel de la imagen, y asignando a cada pixel (que contiene un valor de temperatura) un tono de color.

Este análisis es el que se propone realizar en los componentes eléctricos del autobús híbrido, ya que, nos permite tener una visión clara de las temperaturas de los componentes concretos y los que les rodean.



Ilustración 41: Cámara térmica de infrarrojos.

En el caso de las conexiones eléctricas se pondrá especial atención a las de tensión alta de la PCS, el ISG y ACTM.

En el siguiente esquema se marcan con círculo estas conexiones:

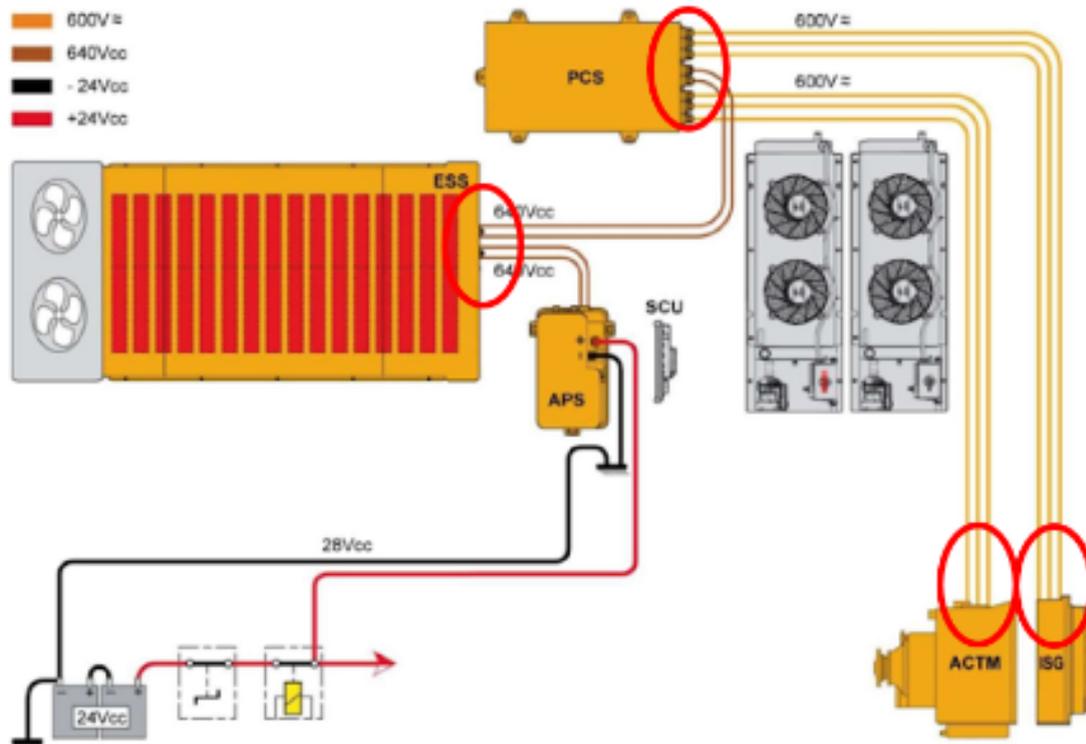


Ilustración 42: Conexiones analizadas.

A continuación se muestran imágenes de la medición en campo para así mostrar el aspecto que tendrían las conexiones.

Se tiene que considerar que el vehículo se encontraba parado un rato, por lo tanto, no se aprecia como si fuera una situación real. Para que las mediciones sean relevantes se propone realizar el estudio con unas características específicas.

Lo primero que se podría realizar es una vez el autobús llega de su jornada de trabajo tomar las mediciones. Sin embargo, esto no resultaría viable ya que supondría problemas en términos de organización de trabajo y disponibilidad de operarios.

Otra forma con la que se podría obtener las mediciones es introduciendo el autobús en un banco de rodillos y establecer unas características de funcionamiento concretas. En este trabajo se propone el mantener una velocidad de 40Km/h y una carga de 75% de potencia de freno. Con esto podremos ver la evolución de la temperatura hasta que se estabilice en un valor.

Para las conexiones de tensión alta del ACTM las imágenes normales y térmicas son como las que se muestran a continuación:



Ilustración 43: Fotografía de las conexiones del ACTM.

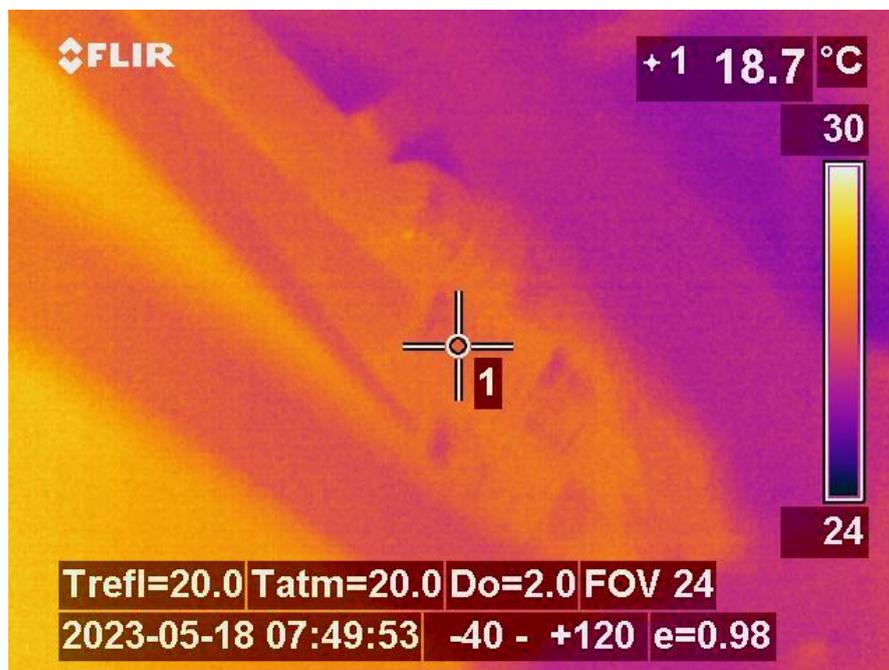


Ilustración 44: Termografía de las conexiones del ACTM.

Para las conexiones de tensión alta del ISG las imágenes normales y térmicas son como las que se muestran a continuación:



Ilustración 45: Fotografía de las conexiones del ISG.

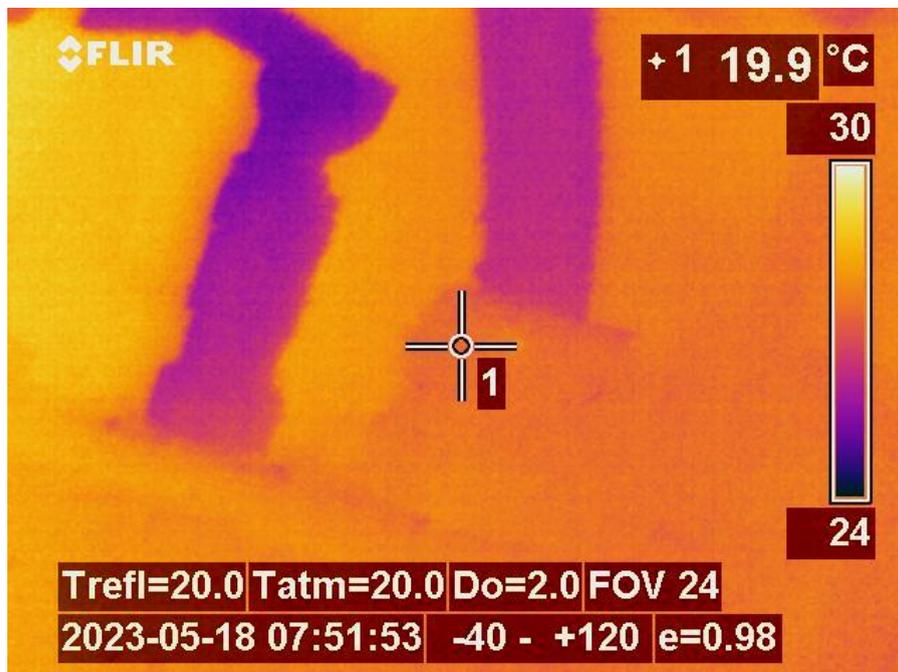


Ilustración 46: Termografía de las conexiones del ISG.

Para las conexiones de tensión alta de la PCS las imágenes normales y térmicas son como las que se muestran a continuación:

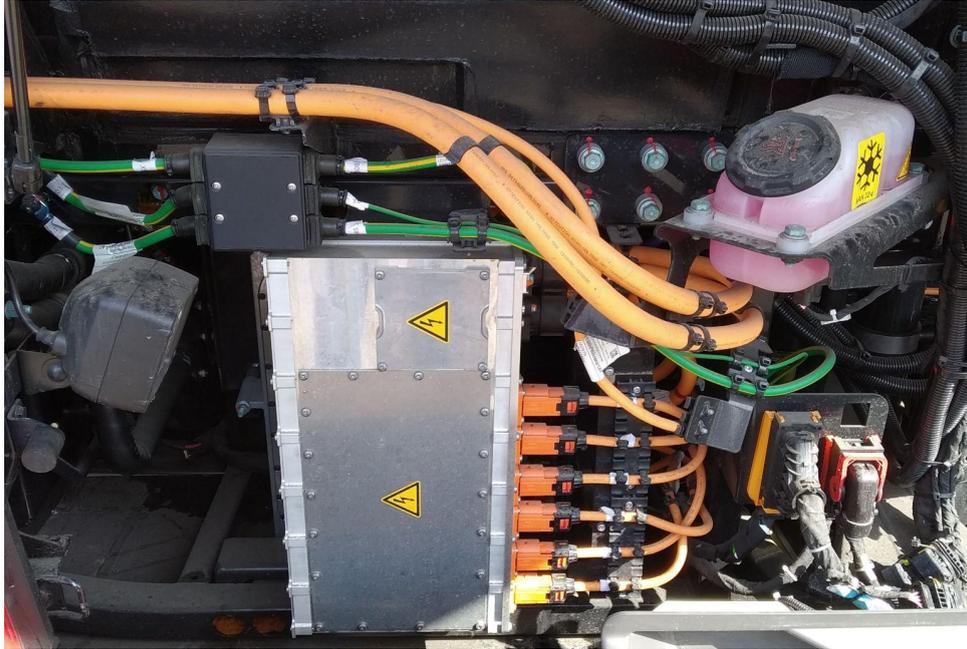


Ilustración 47: Fotografía de las conexiones de la PCS parte 1.



Ilustración 48: Termografía de las conexiones de la PCS parte 1.

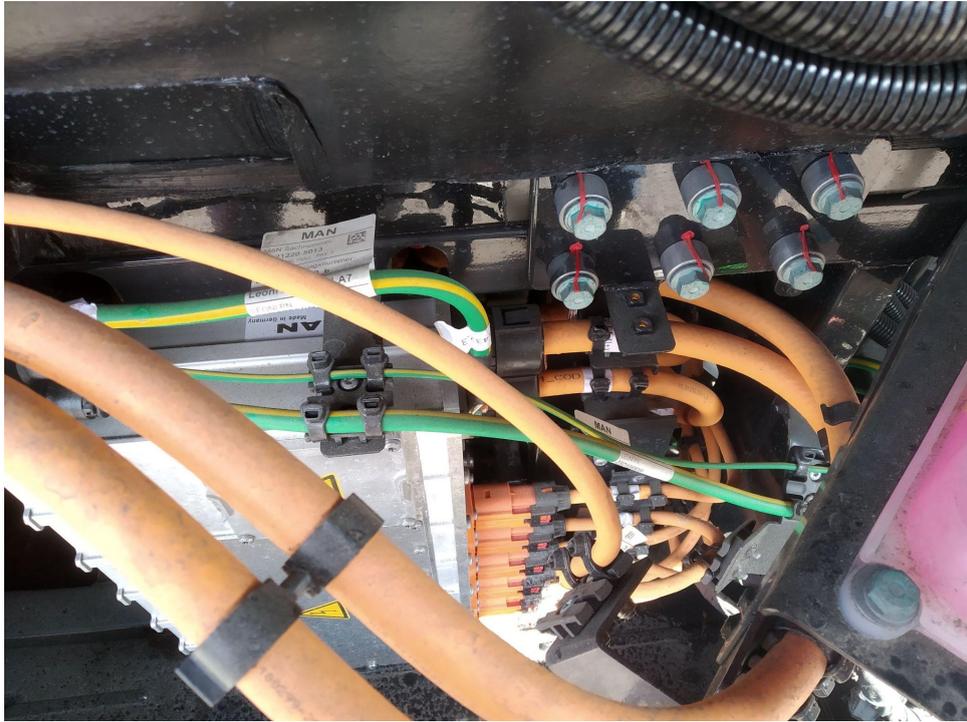


Ilustración 49: Fotografía de las conexiones de la PCS parte 2.



Ilustración 50: Termografía de las conexiones de la PCS parte 2.

El rango de temperaturas en las que se tendría que encontrar las conexiones se tendría que obtener de las mediciones iniciales del vehículo, es decir, cuando se recibe del fabricante.

En el caso de que esto no fuera posible se podría coger autobuses con diferentes kilometrajes y ver sus valores para poder obtener información sobre la evolución asociada al kilometraje.

También sería de gran utilidad comparar autobuses con la misma tecnología híbrida pero de diferentes fabricantes.

Una vez se tienen los valores de referencia se procede a realizar el estudio de la evolución cada año.

En el caso de las baterías se emplea la misma forma de medida que con las conexiones eléctricas, para inspeccionar las conexiones eléctricas.

Lo único diferente que se tendría que realizar es una medición de la temperatura de la batería, ya que aparece un riesgo asociado a la temperatura que es el de fuego. Las baterías no llegan a más de 90 grados y en el caso de ser de Ion litio, como es el caso, no se puede superar el valor de los 70 grados ya que se corre el riesgo de explosión y fuego.

Para realizar esta medición es necesario que se tenga un operario cualificado y con EPIs adecuados tal y como se muestra más adelante en este trabajo.

Por otra parte, también se tendría que realizar el estudio térmico de los radiadores. Esto se realiza porque el radiador es un elemento fundamental en el sistema de refrigeración y su mal funcionamiento puede perjudicar a los componentes estudiados en este trabajo.

Los radiadores estudiados son los que se encuentran en el sistema de refrigeración de la batería y el de los demás componentes eléctricos.

A continuación se muestra una imagen del componente, en este caso se trataría de un radiador.

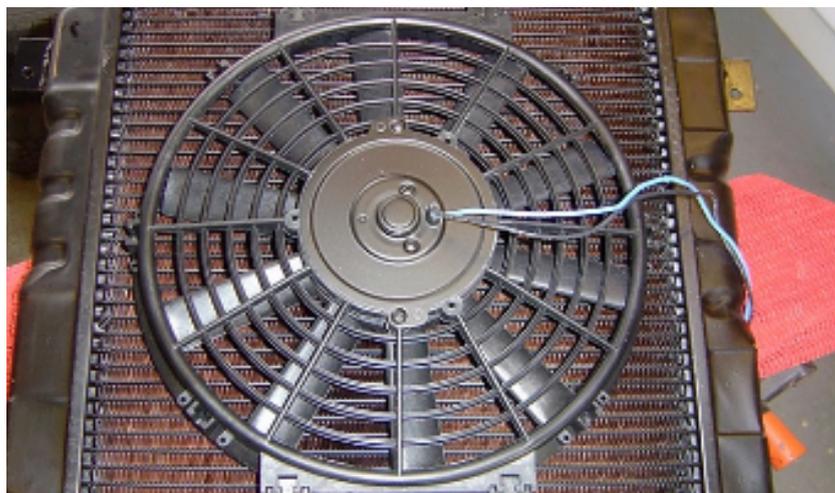


Ilustración 51: Fotografía del radiador.

Con la misma cámara termográfica que se ha empleado en la inspección de las conexiones eléctricas, se procede a la inspección del radiador.

A continuación, se muestra un ejemplo del aspecto que tendría que tener la imagen:

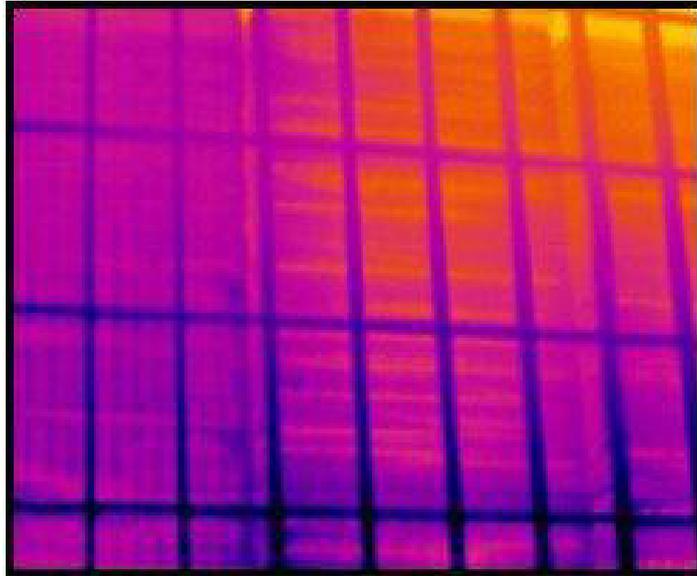


Ilustración 52: Termografía del radiador.

El rango de temperaturas al que se tendría que encontrar el radiador se puede establecer de la misma forma que las temperaturas de las conexiones eléctricas. Se pueden tomar las mediciones después de ser usado en un día normal o introducirlo en el banco de rodillos y hacer funcionar el autobús en unas condiciones específicas, las cuales serían las mismas que para la toma de temperatura de conexiones eléctricas.

Sin embargo, por la experiencia de los operarios se puede establecer un valor genérico de inicio que se sitúa en los 90 grados.

Esta es una medida aplicada en el mantenimiento predictivo y se propone que se realice junto con la del análisis de vibraciones. Por lo tanto el análisis de termografía se realizará al mismo tiempo que se realiza la operación de control del estado del silentblock de la cadena de tracción del mantenimiento preventivo.

5.5 Codificación del mantenimiento predictivo.

Una vez se tiene claro los análisis que se pretenden implementar en el mantenimiento predictivo se procede a su codificación y la estimación de tiempo de operación.

En el caso de la codificación es necesario especificar los códigos de los componentes o grupo de componentes a los que se realiza un tipo de mantenimiento específico.

Como en el caso del mantenimiento preventivo vamos a utilizar los códigos especificados por la EMT.

Estos códigos y su descripción son:

Código	Descripción del código.
6H100	Generador del sistema híbrido.
6H200	Gestión eléctrica del sistema híbrido.
6H330	Motor eléctrico de tracción Iveco HI.
6H331	Aceite motor eléctrico de tracción Iveco HI.
6H600	Refrigerante circ. Iveco HI (MOT-GEN)
6H700	Circuito refrig. Iveco híbrido (EAS, PCS)

Tabla 13: Códigos de la EMT y descripción.

En el caso del mantenimiento predictivo no aparecen acciones a realizar sino que se encuentran los parámetros.

Los parámetros son datos con los que se pretende poder identificar el estado de la máquina que se analiza. En el caso de los tres análisis del autobús híbrido para cada uno se puede aplicar un parámetro o varios, en la siguiente tabla se muestran los parámetros que se ha decidido recoger para cada prueba.



Código del parámetro	Descripción del parámetro.
VB	Vibraciones.
AA	Análisis de aceite.
TM	Temperatura / Termografía.

Tabla 14: Código del parámetro y descripción.

Por último, faltaría definir el tiempo que se tarda en realizar la operación. Tras buscar y hablar con diferentes ingenieros de mantenimiento y concedores de las técnicas de análisis se han especificado los siguientes tiempos de operación.

Operación a realizar	Tiempo
Análisis de vibraciones.	20 minutos
Análisis de aceite.	10 minutos
Análisis termográfico.	30 minutos

Tabla 15: Operaciones de mantenimiento predictivo y tiempo empleado.

Con toda la información anteriormente dicha se procede a formar una resumen en la que engloba de forma que puede ser interpretada por las personas que realizan el mantenimiento:

Código	Descripción del código	Operación a realizar.	Parámetro	Frecuencia	Tiempo
6H100	Generador del sistema híbrido.	Análisis de vibraciones.	VB	12 meses	20 minutos
6H330	Motor eléctrico de tracción Iveco HI.	Análisis de vibraciones.	VB	12 meses	20 minutos
6H331	Aceite motor eléctrico de tracción Iveco HI.	Análisis de aceite.	AA	80000 km	10 minutos

Código	Descripción del código	Operación a realizar.	Parámetro	Frecuencia	Tiempo
6H200	Gestión eléctrica del sistema híbrido.	Análisis termográfico.	TM	12 meses	30 minutos
6H600	Refrigerante circ. Iveco HI (MOT-GEN)	Análisis termográfico.	TM	12 meses	30 minutos
6H700	Circuito refrig. Iveco híbrido (EAS, PCS)	Análisis termográfico.	TM	12 meses	30 minutos

Tabla 16: Tabla resumen de las operaciones de mantenimiento predictivo.

5.6 Estimación de reducción de costes por implementación del mantenimiento predictivo.

En este apartado se realizan las comparaciones de ahorro de costes del preventivo y se contempla el caso de fallo total de componente.

En el caso del autobús híbrido y de los componentes estudiados tanto en el preventivo como el predictivo, asociados a componentes del sistema híbrido, el que se considera como más relevante es el ACTM. Esto es así por ser el componente más caro de los estudiados y que más tiempo requiere para realizar las operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

En el caso del ACTM, el trabajo se ha centrado en dos operaciones mayores de mantenimiento preventivo:

1. Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM).
2. Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM).

Lo que se pretende es eliminar o ampliar el periodo de uso del ACTM mediante el mantenimiento predictivo, en este caso el análisis de vibraciones.

Para poder hacer esto es necesario calcular el coste de realizar las operaciones de mantenimiento preventivo, para ello se tiene la siguiente información:

(Esta información se ha obtenido consultando con los ingenieros de mantenimiento del CMT y de los diferentes documentos informativos de las marcas de autobuses)

- **Tiempo en que se tarda en realizar la operación:**
 - Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM): 3 horas.
 - Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM): 1,5 horas.
- **El coste del trabajo del operario:** 35 EUR/hora.
- **Vida útil del autobús:** 800.000 Km o 16 años.
- **Kilómetros anuales realizados por el autobús:** 50.000 Km.
- **Frecuencia de las operaciones:**
 - Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM): 480.000 Kilómetros.
 - Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM): 480.000 Kilómetros.
- **¿Cuántas veces se tienen que repetir las operaciones?:** Las dos operaciones tienen la misma frecuencia, además, se sabe la vida útil del autobús. Por tanto, sale que se realizan 1,67 veces cada operación.
- **¿Cuál es la cantidad de autobuses a los que afecta las operaciones estudiadas?:** En la flota actual se tiene un total de 64 autobuses híbridos y eléctricos que se ven afectados por este tipo de operaciones de mantenimiento preventivo.
- **Valor de los componentes nuevos para cada operación:** En cada operación se emplean diferentes materiales.
 - Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM): 200 euros.
 - Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM): 500 euros.

Por otra parte, el análisis predictivo nos puede indicar si el ACTM tiene anomalías que hacen que los componentes se rompan antes de poder realizar el mantenimiento preventivo. Esto se detecta por medio del análisis de vibraciones.

Un fallo súbito en servicio de los engranajes planetarios o anillos de estanqueidad podría generar una rotura mayor en el ACTM que supusiera el cambio del motor en su totalidad.

A continuación, se muestran los datos para el cálculo del coste de cambiar los motores por unos nuevos.

- **Tasa de fallo del motor eléctrico:** 1 de cada 10 autobuses.
- **¿Cuál es el valor del motor eléctrico?:** El valor de un motor eléctrico nuevo se estima en 21.000 euros.
- **Pérdida de dinero por tener el autobús parado:** 95 EUR/día.
- **Tiempo en que se tarda en realizar la operación de sustitución del motor:** 15 días, se tiene en cuenta el tiempo que se tarda en solicitar el motor, el recambio y comprobación de su funcionamiento.

Con los datos anteriores procedemos a calcular los costes de las operaciones de mantenimiento preventivo anteriormente mencionadas y el coste del mantenimiento correctivo..

En el primer caso se centra en el cálculo de coste de las operaciones de mantenimiento preventivo.

A=Cantidad de autobuses afectados.

B=Veces que se tiene que realizar la operación.

C=Tiempo de la operación.

D=Coste del operario.

E=Coste de los componentes.

$$\text{Coste} = A * (B * (C * D + E))$$

Ilustración 53: coste de las operaciones preventivas.

Coste Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM):

$$\text{Coste} = 64 * (1,67 * (3 * 35 + 200)) = 32.533,33 \text{ Euros.}$$

Coste Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM):

$$\text{Coste} = 64 * (1,67 * (1,5 * 35 + 500)) = 58.933,33 \text{ Euros.}$$

Ahora se realiza un supuesto en el que se realizan los cálculos teniendo en cuenta que solo se hace una vez cada operación de mantenimiento preventivo en todo el periodo de uso de los autobuses, en lugar de 1,67.

El objetivo que se pretende obtener es poder reducir el número de veces de cambio de componentes alargando la vida de estos mediante el análisis de vibraciones.

Coste Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM):

$$\text{Coste} = 64 * (1 * (3 * 35 + 200)) = 19.520 \text{ Euros.}$$

Coste Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM):

$$\text{Coste} = 64 * (1 * (1,5 * 35 + 500)) = 35.360 \text{ Euros.}$$

Ahora se procede a calcular el coste que supone el fallo total del ACTM con los datos anteriormente mencionados.

F= Cantidad de autobuses afectados.
G= Tasa de fallo del ACTM.
H= Valor del motor eléctrico.
I= Coste de tener parado el autobús.
J= Días parado el autobús.

$$\text{Coste} = F * G * (H + I * J)$$

Ilustración 54: Coste del cambio total del ACTM.

Coste del cambio total del ACTM:

$$\text{Coste} = 64 * 0,1 * (21.000 + 95 * 15) = 143.520 \text{ euros.}$$

Una vez que se han analizado los costes de las operaciones del mantenimiento preventivo, se procede a calcular el coste de la implementación de los análisis del mantenimiento predictivo.

Se tiene que tener en cuenta que solo se está considerando el análisis de vibraciones, ya que, es el que se emplea en el estudio del ACTM.

Además, no existe coste de inversión en material, ya que, la EMT tiene dos cámaras termográficas y cuenta con la asistencia del centro CMT de la UPV.

Por tanto, los datos empleados para el análisis de costes de la implementación del análisis de vibraciones es:

- **Coste del trabajo de los operarios:** 35 EUR / hora.
- **¿Cuánto tiempo se tarda en hacer el análisis de vibraciones?:** 20 minutos, es decir, 0,34 horas.
- **Tiempo de funcionamiento del autobús:** 16 años o 800.000 km.
- **Frecuencia de realización de la toma de datos de vibraciones:** cada 12 meses.
- **Cantidad de veces que se realizará la toma de datos:** teniendo en cuenta la vida del autobús y la frecuencia de la toma de datos se realizará una cantidad de 16 veces.

Con los datos anteriores se procede al cálculo del coste total.

K= Cantidad de autobuses en los que se realiza análisis de vibraciones.
L= Cuántas veces se hace el análisis.

M= Cuánto tiempo se tarda en realizar el análisis.

N= Coste del trabajo del operario.

$$\text{Coste del análisis de vibraciones} = K * L * M * N$$

Ilustración 55: Coste del análisis de vibraciones.

Coste del análisis de vibraciones:

$$\text{Coste del análisis de vibraciones} = 64 * 16 * 0,34 * 35 = 12.185 \text{ Euros.}$$

Una vez ya se ha calculado todos los costes del mantenimiento preventivo, fallo total del ACTM y mantenimiento predictivo, se procede a mostrar una tabla resumen.

Descripción.	Coste.
Coste sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM) (1,67 operaciones).	32.533,33 EUR.
Coste sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM) (1,67 operaciones).	58.933,33 EUR
Coste sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM) (1 operación).	19.520 EUR
Coste sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM) (1 operación).	35.360 EUR
Coste del cambio total del ACTM.	143.520 EUR
Coste del análisis de vibraciones:	12.185,60 EUR

Tabla 17: Resumen de costes en operaciones de mantenimiento.

Los resultados de costes obtenidos proporcionan dos puntos relevantes e importantes de la implementación del mantenimiento del ACTM.



1. Se sabe que para las dos operaciones de mantenimiento estudiadas en este análisis de coste se tendría que repetir 1,67 veces. Esto supone un coste total de 91.466,67 euros, teniendo en cuenta los 64 autobuses.

Sin embargo, el estudio de vibraciones nos podría permitir alargar la vida de los componentes y, por tanto, eliminar este coste o reducirlo a 1 operación en la vida de los autobuses.

En el caso de reducir a una operación en la vida de los autobuses el coste total de estas sería de 54.880 euros, a lo que se tendría que añadir el coste de la prueba de análisis de vibraciones que es 12.185,60 euros, dando un coste total de 67.065,60 euros.

Esto supondría un ahorro del 26,67% en coste de las operaciones “Sustitución de los anillos de estanqueidad del motor eléctrico (ACTM)” y “Sustitución de los engranajes planetarios (PSR) del motor eléctrico de tracción (ACTM)” del mantenimiento preventivo.

2. Otro punto importante es el coste originado por la ruptura total del ACTM, generado por daños asociados al fallo temprano de sus componentes. Teniendo en cuenta la cantidad de autobuses, el coste asciende a 143.520 euros, sin embargo, el uso del mantenimiento predictivo permitirá identificar anomalías antes de que ocurriera el fallo. Por tanto, teniendo en cuenta que un solo motor para un autobús vale 21.000 euros y que la realización del análisis de vibraciones es de 12.185,60 euros es muy recomendable la implementación del análisis predictivo.

La implementación del mantenimiento predictivo nos permitirá reducir la tasa de fallo del ACTM a menos del 10%, permitiendo un ahorro en operaciones correctivas originadas por fallo total. El porcentaje de fallo actualizado se tendrá que obtener transcurrido un cierto tiempo de uso de la flota de autobuses.

Con los resultados obtenidos se puede llegar a la conclusión de que la implementación del mantenimiento predictivo sería de gran utilidad para el ahorro de costes en autobuses eléctricos e híbridos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 6: Personal y protocolo de seguridad en el mantenimiento de autobuses híbridos.

6.1 Introducción.

El ámbito de aplicación es el uso y manipulación de los vehículos híbridos, excluyendo los híbridos “MILD” que trabajan con tensión máxima de 48V. Actualmente se pueden encontrar en uso 21 autobuses IVECO de los cuales 7 son del modelo Iveco Heuliez GX 337 y 14 son del modelo Iveco Heuliez GX 437 articulado.

Este protocolo se deberá revisar con la incorporación de nuevos vehículos, así como con la aparición de nuevas normativas o de normativa específica para vehículos.

En el caso de los autobuses híbridos MILD se deberán aplicar las medidas de seguridad establecidas por el fabricante en sus procedimientos.

A falta de una normativa específica para vehículos híbridos y eléctricos, para la redacción de los protocolos de seguridad se van a tener en cuenta las siguientes fuentes de información:

- Real Decreto 614/2001.
- Norma UNE EN 50110-1.
- Documentación de los fabricantes.
- ITPR-07 V2. TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN.
- Real Decreto 39/1997 Reglamento de los Servicios de Prevención.

6.2 Personal empleado en los procesos de mantenimiento.

En un entorno de trabajo en el que se trabaja con alta tensión podemos encontrar diferentes perfiles según sus conocimientos y experiencias.

- Electricista especializado: Se considera a una persona que tiene una cualificación profesional, o bien varios años de actividad en este campo con cualificación interna. Esta persona es conocedora de las normas aplicables, puede valorar los trabajos asignados y reconocer los posibles riesgos.
Las funciones que desempeña esta persona van asociadas a modificar y mantener instalaciones, materiales e instrumentos electrónicos de conformidad con las reglas electrónicas. Además, deberá asumir responsabilidades rectoras, técnicas e impartir información en materia de seguridad.
- Persona instruida en electrotecnia: Debe ser informada por un electricista especializado acerca de las tareas encomendadas y de los posibles peligros en caso de comportamiento incorrecto, es decir, los dispositivos necesarios y medidas de seguridad.



Su actividad debe estar descrita en una instrucción de trabajo, además, es necesario acreditar que ha recibido la correspondiente formación tanto teórica como práctica.

- Profano en electrotecnia: Es una persona que no es especialista ni está instruida en electrotecnia.

Las funciones de los profanos en electrotecnia son la correcta utilización de instalaciones, materiales e instrumentos eléctricos con protección completa frente al contacto y colaboración en la realización, modificación y mantenimiento de instalaciones, materiales e instrumentos eléctricos bajo la dirección y la supervisión de un electricista especializado o, en su caso, de una persona instruida en electrotecnia.

El artículo 29 de La Ley de Prevención de Riesgos Laborales asigna al trabajador la obligación de velar por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional.

En particular los trabajadores con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario tienen que cumplir con una serie de puntos.

- Usar adecuadamente las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualquier otro medio con el que desarrolle su actividad.
- Utilizar y mantener correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, solicitando su reposición en caso de deterioro.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- El incumplimiento de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a los que se refieren los apartados anteriores tendrán la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del Estatuto de los Trabajadores.

Mientras que no exista normativa específica que determine la cualificación del personal, se tendrán en cuenta las indicaciones de los fabricantes así como la indicada en la siguiente tabla del del Real Decreto 614/2001.

En este capítulo se recogen los aspectos del documento que afectan al tipo de personal necesario para realizar las tareas de mantenimiento.

A continuación, se resumen en un cuadro del Real Decreto 614/2001 la formación/capacitación de los trabajadores

CUADRO RESUMEN DE LA FORMACIÓN/CAPACITACION MINIMA DE LOS TRABAJADORES								
	TRABAJOS SIN TENSIÓN*		TRABAJOS EN TENSIÓN*		MANIOBRAS, MEDICIONES, ENSAYOS Y VERIFICACIONES*		TRABAJOS EN PROXIMIDAD*	
	Supresión y reposición de la tensión	Ejecución de los trabajos sin tensión	Realización	Reponer fusibles	Mediciones, ensayos y verificaciones	Maniobras locales	Reparación	Realización
BAJA TENSIÓN	A	T	C	A	A	A	A	T
T= CUALQUIER TRABAJADOR					1. Los trabajos con riesgos eléctricos en AT no podrán ser realizados por trabajadores de una Empresa Temporal (R.D. 616/1999).			
A = AUTORIZADO					2. La realización de las distintas actividades contempladas se harán según lo establecido en las D. 614/2001			
C= CUALIFICADO					3. (*) ver definiciones en R.D. 614/2001.			
					ALTA TENSIÓN: Instalaciones en las que la tensión nominal es superior a 1.000 V en C.A. y 1.500 V en C.C.			

Tabla 18: Resumen formación mínima de los trabajadores.

En el caso del autobús Iveco se definen una serie de procedimientos y cursos de formación que permiten regular el trabajo en autobuses híbridos.

El procedimiento de puesta en seguridad del vehículo para alta tensión sigue tres principios:

- Cortar las alimentaciones eléctricas de 24V.
- Desconectar los cables de alimentación de 400/630 V.
- Asegurar que ninguna persona sin autorización pueda volver a activar la tensión del circuito eléctrico de tracción.

En España aún no existe un reglamento para el trabajo de vehículos híbridos así que nos basamos en la normativa francesa.

Se distinguen tres figuras:

- BCL: responsable del procedimiento de seguridad, se encarga de realizar las operaciones para poner el vehículo en seguridad y trabajar sin tensión.
- B2L: Director de los trabajos.

- B1L: Operadores.

El personal habilitado debe responder a dos responsables. El responsable del procedimiento de seguridad del vehículo y el director de los trabajos.

En cuanto a cursos de formación, Iveco indica los siguientes niveles formativos:

Para trabajar en el interior del módulo de baterías ESS se debe realizar el curso de capacitación B1TL o B2TL.

Con lo anteriormente dicho se realiza una propuesta de personal para la EMT.

- Persona sensibilizada con riesgo eléctrico: Todo el personal de la EMPRESA que no van a realizar trabajos en vehículos con sistemas de tensión alta o de componentes de tensión alta. Las personas sensibilizadas con el riesgo eléctrico deben tener una información sobre los riesgos y los límites de manejo en el ámbito de la tensión alta. En este apartado se incluyen todo el personal de la empresa que no está incluido en los siguientes perfiles de personal.
- Trabajador autorizado (N4): trabajador que ha sido autorizado por la empresa para realizar determinados trabajos con riesgo eléctrico, en base a su capacidad para hacerlos de forma correcta. Ejecución de los trabajos sobre componentes eléctricos sin tensión o eléctricos en tensión auxiliar del vehículo.
- Trabajador cualificado y autorizado (N3): trabajador autorizado que posee conocimientos especializados en materia de Sistemas Eléctricos de los vehículos Híbridos y Eléctricos, debido a su formación acreditada, profesional o universitaria, o a su experiencia certificada de dos o más años. Ejecución de los trabajos sobre componentes eléctricos con o sin tensión. Cualificación específica.
- Jefe de trabajo y supervisor de seguridad de vehículo (N2): Persona designada por la empresa para asumir la responsabilidad efectiva de los trabajos y el control de la seguridad del vehículo durante los trabajos. Control de los trabajos (desconexión de la tensión y comprobación) Cualificación de trabajos con Tensión.
- Responsable de la empresa (N1): Responsable de la empresa para firma de autorizaciones.

Para la capacitación/cualificación/certificación del personal, se establecen los siguientes requerimientos en base a la normativa e información de los fabricantes disponibles.

- Formación de prevención y seguridad (nivel básico /intermedio)
- Formación específica de los fabricantes.

Con toda la información analizada se propone la siguiente tabla de personal y su formación específica a nivel de marca.



Roles	Denominación	Funciones	FORMACIÓN IVECO/ cualificación	FORMACIÓN OTROS/ cualificación	Nivel cualificación prevención
N1	Responsable de la empresa	Responsable de la empresa (Firma autorización)	No es necesario	No es necesario	No es necesario
N2	Supervisor seguridad del trabajo y del vehículo	Control de la seguridad del vehículo y del trabajo durante los trabajos. Cualificación específica	H39B / B2L-BCL	Según necesidad	Intermedio
N3	Operario cualificado y autorizado	Ejecución de los trabajos sobre componentes eléctricos sin tensión. Cualificación específica.	H39B B1TL-B2TL/B1L	Según necesidad	Básico
N4	Operario autorizado	Ejecución de los trabajos sobre componentes no eléctricos o eléctricos en tensión auxiliar del vehículo	H39B / B1L	Según necesidad	Básico

Tabla 19: Formación específica a nivel de marca.

6.3 Protocolos de seguridad.

En este apartado se procede a la muestra de dos protocolos generales que se aplicaran según la persona realice operaciones de mantenimiento y reparaciones de forma directa o indirecta.



- Protocolo 1: Protocolo destinado a todas aquellas personas que no van a realizar operaciones de mantenimiento y/o reparación.
- Protocolo 2: Protocolo destinado a las personas que van a realizar operaciones de mantenimiento y/o reparación y/o supervisión directa.

Protocolo de seguridad 1: General.

Es necesario que se identifiquen tres puntos importantes en el autobús:

1. Identificación “Tensión eléctrica peligrosa” en componentes de tensión alta.
2. Cables de alta tensión de color naranja.
3. Líneas de compensación de potencial de color amarillo-verde.

Los sistemas eléctricos de los vehículos híbridos pertenecen a la clase de tensión B, con tensiones superiores a 60 voltios en continua (CC) y a 30 voltios en alterna (CA).

Por consiguiente, en caso de peligro (daños estructurales en el vehículo, especialmente en la zona trasera, en la zona del techo y en los bajos del vehículo) y antes de efectuar trabajos en el sistema de alta tensión, la red de a bordo de tensión alta se debe desconectar del acumulador de energía de tracción de tensión alta y dejarse sin tensión.

En caso de peligro, el personal no cualificado únicamente puede accionar el mando central de seguridad situado a la izquierda del puesto del conductor.



Ilustración 56: Mando central de seguridad.

Los trabajos en la red de a bordo de alta tensión, incluida la desconexión de la red de a bordo de alta tensión del acumulador de energía de alta tensión para la tracción, deben ser realizados exclusivamente por personal especializado y cualificado.

Incluso después de dejar sin tensión la red de a bordo de tensión alta, el acumulador de energía de tracción de tensión alta continúa conduciendo alta tensión, con el consiguiente peligro de muerte.

El acumulador de energía de tracción de tensión alta no se descarga aunque la red de a bordo de tensión alta se deje sin tensión. No cortar los cables de alta tensión de color naranja. Cortar estas líneas puede provocar lesiones irreversibles o incluso mortales.

Existen una serie de peligros al tratar con elementos de alta tensión los cuales pueden causar lesiones irreversibles o muerte. Para evitar que se produzcan accidentes es necesario que se eviten realizar ciertas acciones.

- No se deben tocar los componentes con la señalización 1.

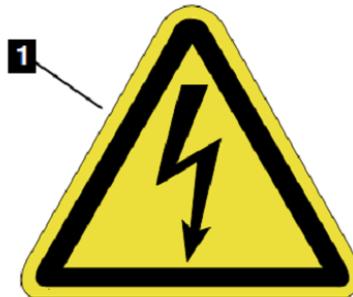


Ilustración 57: Señal de peligro eléctrico.

- Ni se deben tocar los cables naranjas de tensión alta (2) ni los cables amarillo-verde de compensación de potencial (3).

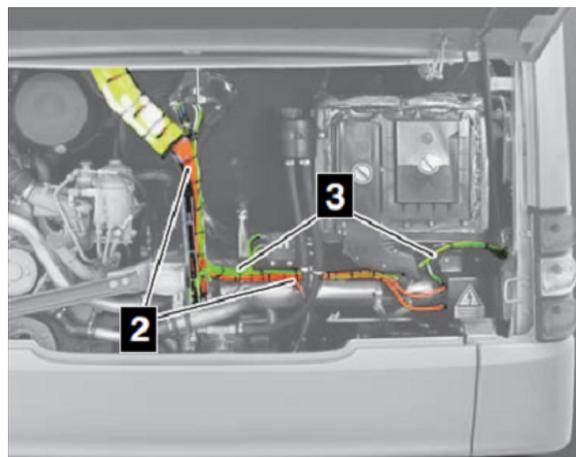


Ilustración 58: Cables con peligro para los operarios.



- No tocar zonas conductoras de corriente.
- No trabajar con líquidos en componentes y cables conductores de corriente, ni tocarlos.
- Asegúrate de que el cuerpo esté suficientemente aislado en las zonas conductoras de corriente.

Otro accidente que puede causar daños es el que se produce con los arcos eléctricos. La radiación ultravioleta alta debido a los arcos eléctricos puede causar deslumbramiento en los ojos y quemaduras de primer y segundo grado en la piel. No tocar aislamientos deficientes o dañados.

Los arcos eléctricos incontrolados se producen, p. ej., por cortocircuitos, aislamientos defectuosos o dañados de los cables o componentes, así como por comportamientos erróneos, como en los trabajos de mantenimiento y reparación.

Un arco eléctrico producido por un fallo del sistema eléctrico o de los equipos eléctricos se denomina arco eléctrico interferente. La temperatura del arco eléctrico puede superar los 4000 °C.

Por ello, las piezas de metal se volatilizan en cuestión de segundos y se lanzan hacia afuera debido al efecto de explosión del campo electromagnético existente.

Protocolo seguridad 2: Taller.

Los protocolos de seguridad para taller son específicos por marca y modelo de vehículo por tanto las consideraciones de seguridad que se establecen son las siguientes:

- El supervisor de seguridad del vehículo y del trabajo es el encargado de asegurar la zona de reparación del vehículo y de proporcionar los protocolos específicos para los trabajos a realizar en el vehículo híbrido o eléctrico. Estos protocolos se obtendrán de las plataformas habilitadas por los diferentes fabricantes o se solicitarán en caso de no disponer de ellos.
- El trabajador cualificado y/o autorizado o el jefe de trabajo serán los encargados de realizar la desconexión de la tensión alta y realizar las mediciones para garantizar que no hay riesgo eléctrico, posteriormente se podrán hacer los trabajos necesarios.
- Los trabajos a realizar con tensión se realizan siempre por parte del personal cualificado y autorizado.
- Los equipos de protección individual se determinan en el protocolo específico del fabricante para cada tarea. Considerando como mínimo los indicados en la ITPR-07 V2 “trabajos con riesgo eléctrico en baja tensión”. Estos equipos



deben estar homologados para trabajos con riesgo eléctrico y validados por los equipos de prevención de la EMT.

- Los equipos de medida para comprobar la ausencia de tensión deberán cumplir las especificaciones para el trabajo requerido.

6.4 Equipos de protección individual.

Podemos definir los Equipos de Protección Individual como "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, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

La utilización de un buen Equipo de Protección Individual no dispensa en ningún caso de la obligación de emplear los medios de protección colectivos. Los Equipos de Protección Individual deberán permitir la realización del trabajo sin molestias innecesarias para quien lo efectúe.

La ropa de trabajo deberá ser incombustible, además se prohibirá el uso de pulseras, cadenas, collares metálicos y anillos, por el riesgo de contacto eléctrico accidental que entrañan.

La ropa de trabajo deberá llevar la marca CE, además del pictograma correspondiente en el que se indicará su resistencia frente al calor y las llamas.

A continuación se muestra una tabla con los equipos de taller que se deben emplear y sus propiedades.

		MEDICIONES	Desconexión y conexión alto voltaje. Conectores	Trabajos cerca alto voltaje	Desconectar el grupo de batería, mediciones individuales.	Recargar
1	Guantes aislantes	SI	SI	SI	SI	NO
2	Calzado aislado	NO	SI	SI	SI	NO
3	Esterilla aislada	NO	SI	SI	SI	NO
4	Gafas de protección	SI	SI	SI	SI	NO



Ilustración 59: Equipos de protección individual.

Gafas de protección ocular:

Estas deberán reducir lo mínimo posible el campo visual del trabajador y serán de uso individual. Deben ser examinadas y homologadas por un laboratorio europeo certificado (por ejemplo, INSPEC o INRS).

Este examen permite mostrar el rendimiento del equipo en base a los criterios de la norma EN166.

Guantes aislantes:

Deberán proteger contra los efectos de la corriente eléctrica, y deberán tener un grado de aislamiento adecuado a los valores de las tensiones a las que el usuario pueda exponerse en las condiciones más desfavorables predecibles.

Se pueden encontrar tres categorías:

- Categoría 1: guantes de jardinería, guantes de protección térmica para temperaturas inferiores a 50°C y guantes de protección frente a soluciones diluidas de detergentes.
- Categoría 2: guantes mecánicos, guantes térmicos hasta 100°C y guantes de protección frente a motosierras, frente al frío y de soldadores.



- Categoría 3: guantes de protección química, guantes de protección térmica por encima de 100°C y de bomberos. Esta es la categoría empleada en los trabajos de mantenimiento.

Calzado de seguridad:

Se deberá utilizar calzado aislante sin ningún elemento metálico para evitar el paso y el contacto con la corriente eléctrica.

Se pueden encontrar tres tipos de clasificaciones.

Según su diseño:

- Tipo A: Zapato.
- Tipo B: Bota baja o tobillera
- Tipo C: Bota de media caña.
- Tipo D: Bota alta.
- Tipo E: Bota extralarga.

Según el nivel de protección:

- Calzado de seguridad: Con puntera frente a impactos, de al menos, 200 J y frente a la compresión, al menos, 15 kN.
- Calzado de protección: Con puntera frente a impactos , de al menos, 100 J y frente a la compresión, al menos, 10 kN.
- Calzado de trabajo: No lleva puntera de protección contra impactos.

Según materiales:

- Clase 1: Fabricado en cuero y otros materiales excepto caucho o polímeros.
- Clase 2: Calzado todo de caucho (vulcanizado) o todo polimérico (moldeado).

Una de las características más importantes es que el calzado contenga aislante de la electricidad para trabajos en instalaciones eléctricas.

Herramientas:

Las herramientas manuales para realizar trabajos en instalaciones de baja tensión, deberán estar protegidas por un aislamiento de seguridad. Estas herramientas deben llevar indicada en su cubierta protectora la tensión de utilización correspondiente y la marca CE.



Ilustración 60: herramientas con aislamiento de seguridad.

Para saber si las herramientas son aptas es necesario que se realicen una serie de pruebas entre las que se encuentran:

- Prueba eléctrica.
- Prueba de penetración.
- Prueba de adherencia de la herramienta.
- Prueba de no propagación de la llama.
- Prueba de impactos.

Sacos aislantes:

Los sacos aislantes evitan entrar en contacto directo con una parte desnuda, con aislamiento defectuoso o inexistente.

Durante el protocolo de seguridad, se colocan dichas mantas sobre el cable positivo de la batería de servicio donde esté localizado el circuito abierto.

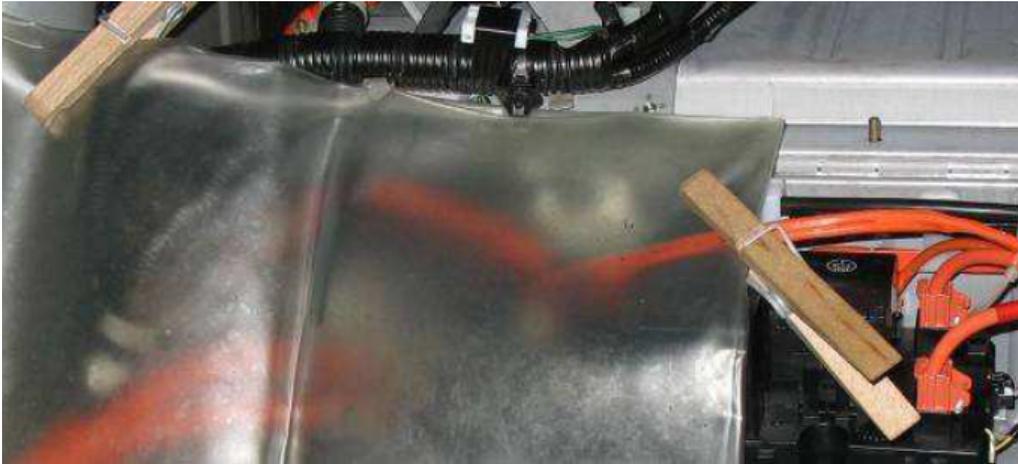


Ilustración 61: Saco aislante.

6.5 Medidas en caso de accidente.

Se debe respetar en todos los casos la cadena de socorro de Primeros Auxilios (proteger, avisar, socorrer y hospital), y al prestar ayuda es absolutamente necesario atender a la propia seguridad.

Para ello es importante, entre otras cosas :

- Antes de socorrer al herido, cerciorarse de que la instalación esté ya sin tensión.
- Desconectar la instalación (siguiendo lo establecido por el fabricante).
- En caso de alta tensión, mantener una gran distancia de seguridad, pues de lo contrario existe el peligro de que se produzca un arco voltaico.
- Avisar a las personas no implicadas directamente en el accidente de que no deben tocar piezas que puedan estar bajo tensión (impedir el acceso a la zona de peligro).

Mientras no se corte la corriente no estará permitido tocar al herido en ningún caso. De lo contrario, la persona que preste socorro correrá peligro.

Para liberara a un accidentado por electricidad es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

- Antes de tocar al accidentado se debe cortar la corriente.
- Cuando no sea posible desconectar la corriente para separar al accidentado, el socorrista deberá protegerse utilizando materiales aislantes, tales como madera, goma, o la pértiga, nunca solo con los guantes.
- Se debe tener en cuenta las posibles caídas o despedidas del accidentado al cortar la corriente.

- Si la ropa del accidentado ardiera, se apagaría mediante sofocación (echando encima mantas, prendas de lana, ... nunca acrílicas), o bien le haríamos rodar por la superficie en que se encontrase.
- Nunca se utilizará agua.
- No retirar al herido desde las axilas.

Para evitar la posible ocurrencia de un accidente se tiene que prestar atención a las diferentes señalizaciones que aparecen.

Todos los componentes y piezas de alto voltaje van identificados con el símbolo de advertencia "Tensión eléctrica peligrosa". No está permitido abrir los componentes así identificados, o sólo estará permitido hacerlo siguiendo las indicaciones de su fabricante.

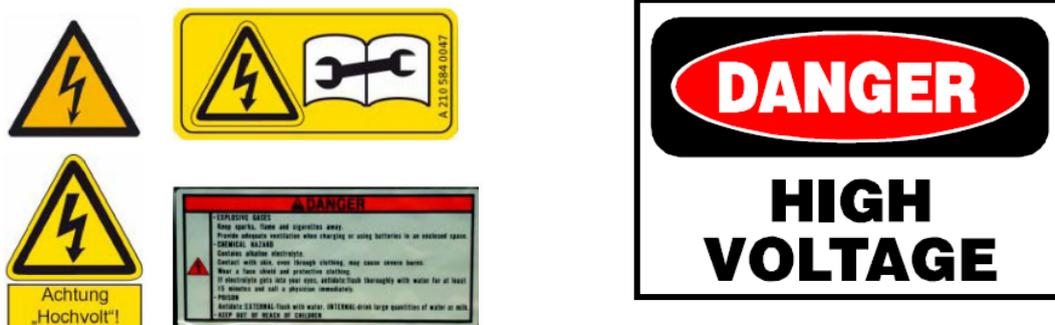


Ilustración 62: Señales que indican alto voltaje.

Únicamente estará permitido realizar trabajos sobre esos componentes si el sistema de alto voltaje está sin tensión, la ausencia de tensión ha sido comprobada por un electricista especializado en sistemas de alto voltaje para vehículos y el sistema de alto voltaje ha sido protegido frente a su nueva activación.

Otras señales que podemos encontrar en el vehículo o estación de trabajo son las siguientes:



Peligro general



Peligro materiales inflamables



Materias corrosivas



Peligro de explosión



Descarga Eléctrica, peligro de la muerte, Riesgo del choque eléctrico



Baterías



Superficie caliente



Ilustración 63: Señales que indican peligro.



Prohibido agua



No conectar



No tocar, cubierta bajo tensión



No tocar



Protección obligatoria de la vista



Protección obligatoria de los pies



Protección obligatoria de las manos



Protección obligatoria de la cara



Uso obligatorio de botas dieléctricas



Protección obligatoria

Ilustración 64: Señales de prohibición y material de protección recomendado.

6.6 Protocolo de puesta en seguridad de Iveco Heuliez.

Antes de realizar cualquier trabajo en un vehículo que funciona con alta tensión, es necesario realizar una puesta en seguridad del vehículo.

Esta puesta de seguridad consta de cuatro puntos, los cuales tienen que seguir el orden mostrado a continuación:

- **Identificación:** Identificar el vehículo de motorización eléctrica y materializar la zona específica de trabajo en el taller.
- **Separación:** Poner sin tensión los órganos del vehículo separándolos de toda fuente de tensión. Es necesario controlar la ausencia de tensión en estos órganos.
- **Condenación:** Aislar e inmovilizar mecánicamente los elementos que acaba de desconectar durante la etapa de separación, además, señalar que el elemento no se debe maniobrar.
- **Verificación:** Verificar la ausencia de tensión en cada uno de los elementos que pueden ser conductores, a proximidad de la zona de intervención.

A continuación se muestra el protocolo de puesta en seguridad del autobús para la realización de las acciones de mantenimiento, en este caso el Iveco Heuliez híbrido tiene uno concreto.

Después de la puesta en seguridad del vehículo, al personal habilitado, se permite desmontar los siguientes componentes del circuito de tracción:

- Motor eléctrico de tracción (ACTM)
- Generador con arrancador integrado (ISG)
- Sistema de control propulsión (PCS)
- Convertidor de corriente continua (APS) para alimentación de los sistemas auxiliares

La puesta en seguridad del vehículo cuenta con una serie de pasos que se han de seguir:

- **Interrupción de la alimentación eléctrica:** Se tiene que parar el motor y aplicar el freno de estacionamiento, posteriormente desconectar la alimentación eléctrica accionando el interruptor (1).

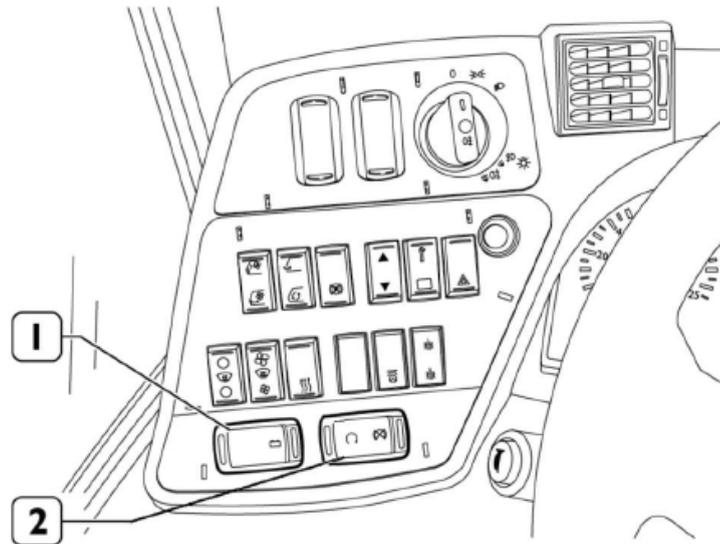


Ilustración 65: interrupción de la alimentación eléctrica.

- Ejecución del bloqueo mediante la llave de bloqueo: es una operación que solo debe ser ejecutada por la persona designada como BCL, que es el encargado del bloqueo. Se tiene que girar la llave que se encuentra en el tambor (2) y colocarla en la posición C, después se extrae la llave y se conserva. Finalmente se coloca el candado (1) en los oficios indicados por el dibujo y se conserva la llave.

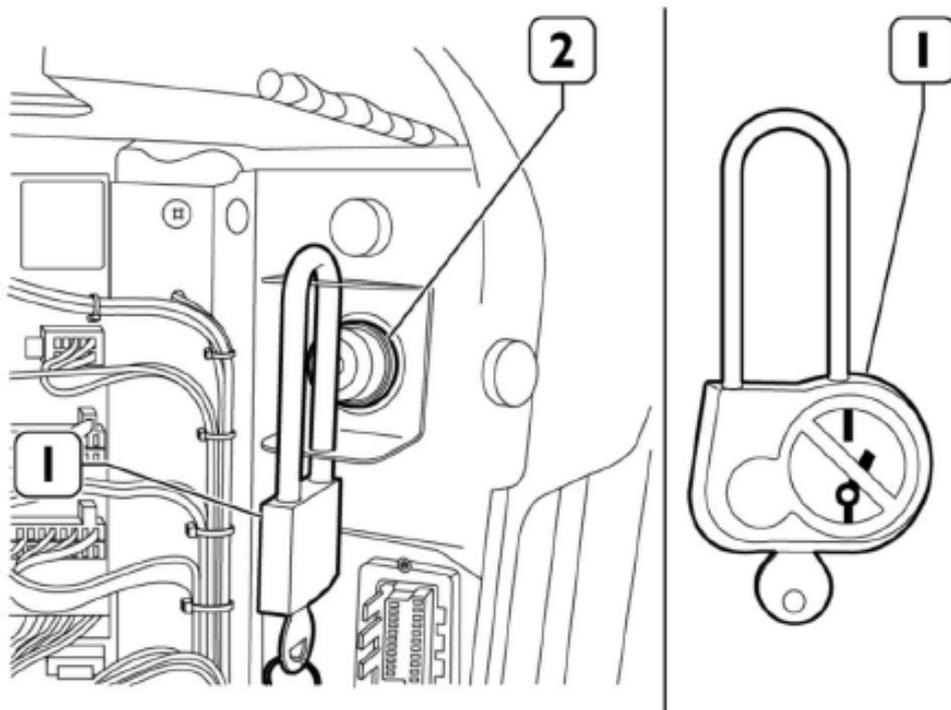


Ilustración 66: llave de bloqueo.

- Control en el tablero de instrumentos: Si se gira la llave de bloqueo a la posición C y el motor térmico está encendido, este se detiene al instante. En la pantalla del puesto de conducción se visualizará la siguiente imagen:

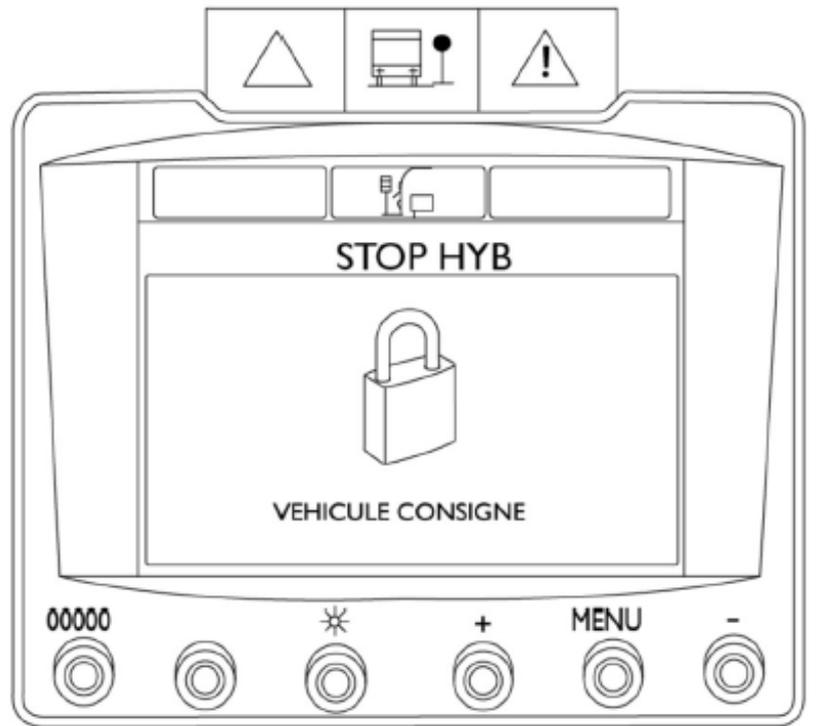


Ilustración 67: Tablero de instrumentos.

Para verificar que la llave de bloqueo funciona correctamente presiona el interruptor (1) para alimentar las baterías de 24v y luego intenta poner en marcha el motor presionando (2), el motor térmico no debe arrancar. Finalmente vuelva a presionar el botón (1) para interrumpir la alimentación de las baterías de servicio.

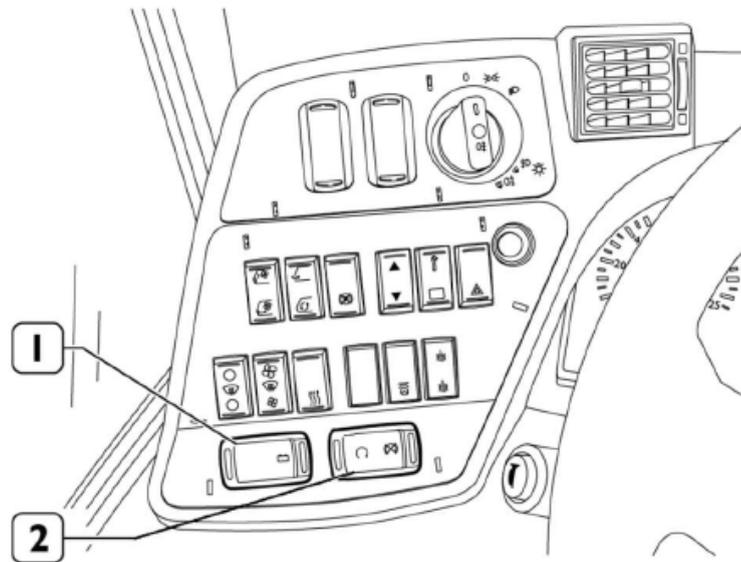


Ilustración 68: Prueba del arranque del motor térmico.

- Interconexión de las baterías de servicio: Se debe girar el interruptor general (1) para aislar las baterías.

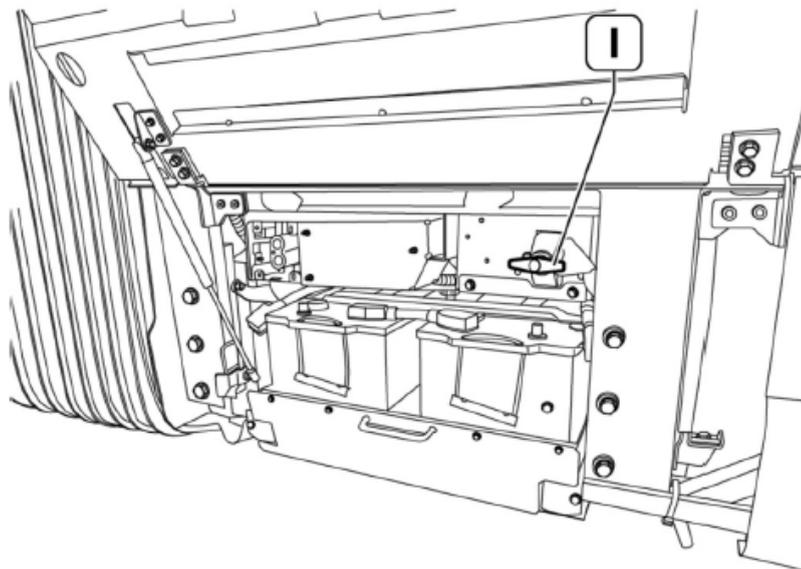


Ilustración 69: Aislamiento de las baterías de servicio.

- Equipos de protección individual: Se tiene que usar equipos adaptados para trabajar con alta tensión 1000V, estos son: guantes, gafas, chaqueta de manga larga; y equipos de seguridad para trabajar en el techo del autobús: pasarela y arneses.

Los equipos de protección, las reglas de prevención de accidentes y medidas en caso de accidentes se muestran más adelante.

Todo lo anteriormente dicho se emplea para poder poner el vehículo en un estado de seguridad para así poder trabajar en la parte de alto voltaje. Ahora se analizará los diferentes procedimientos que se deben seguir para cada uno de los componentes pertenecientes al sistema híbrido.

- Puesta en seguridad del ESS: Lo primero de todo es retirar la brida que une los cables (2) de alimentación y posteriormente desconectar los conectores (1) de los 4 cables naranjas que salen del rack de baterías ESS hacia las centralitas APS y PCS para asegurarse de que no haya tensión de 630 V.

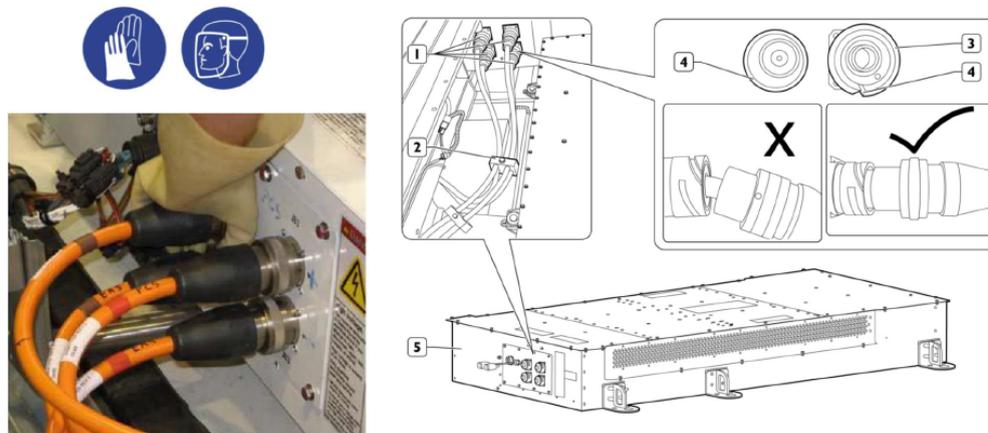


Ilustración 70: Puesta en seguridad de la ESS.

Al desenchufar los conectores (1) del rack de baterías (5) (ESS), prestar atención a no dañar los conos (3) .

Tomar todas las medidas necesarias para evitar que la caída de los cables pueda provocar daños en los conectores aislantes del ESS. Al momento de reactivar el circuito, antes de volver a conectar los cables ESS, controlar que los conos (3) de los conectores no estén dañados o resquebrajados. Asegurarse de que las ranuras (4) de los conectores estén correctamente orientadas y alineadas con los conectores, para evitar que los conos (3) se dañen.

- Puesta en seguridad del APS: En caso de sustituir el APS (1) o de intervenir en el cable bipolar (2) , es posible desconectar el cable bipolar (2) que aísla la entrada 630V sin utilizar un Verificador de Ausencia de Tensión (VAT).

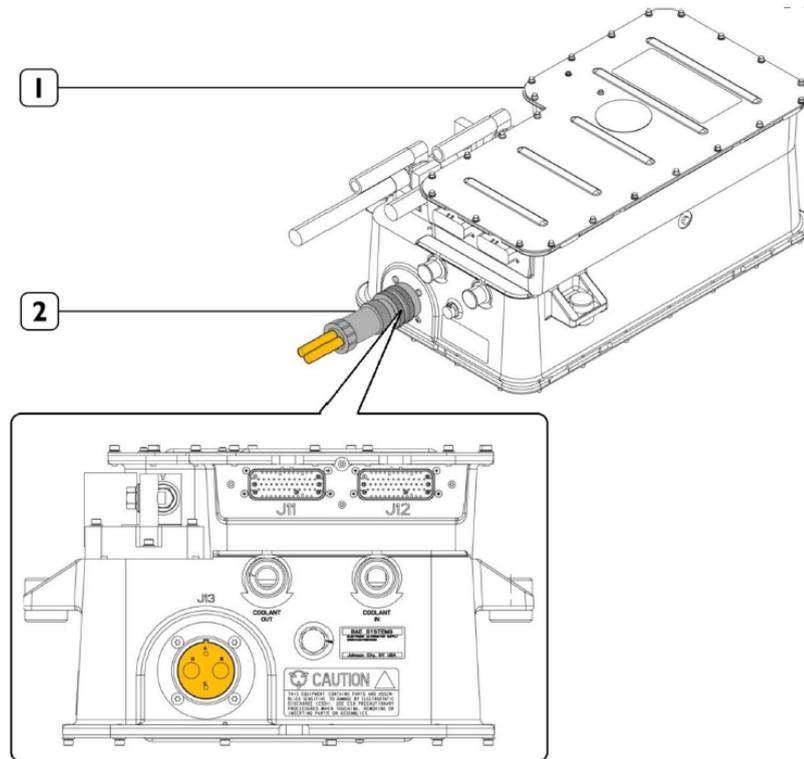


Ilustración 71: Puesta en seguridad del APS.

Es necesario aislar los cables de alimentación, es decir una vez desconectados los cables deben ser colocados dentro de una bolsa aislante.

Utilizar una bolsa aislante (1) con formato de aproximadamente 305 mm x 225 mm.

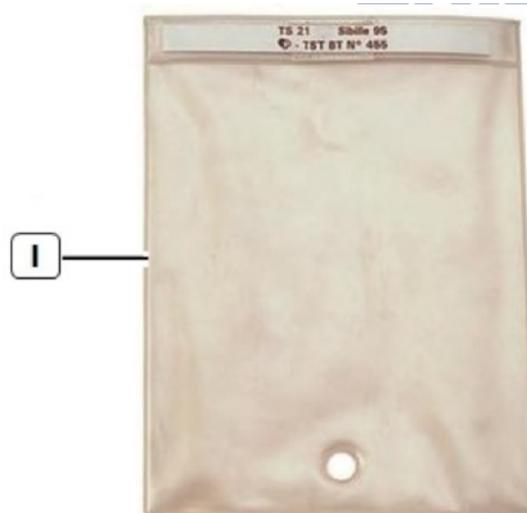


Ilustración 72: bolsa aislante.

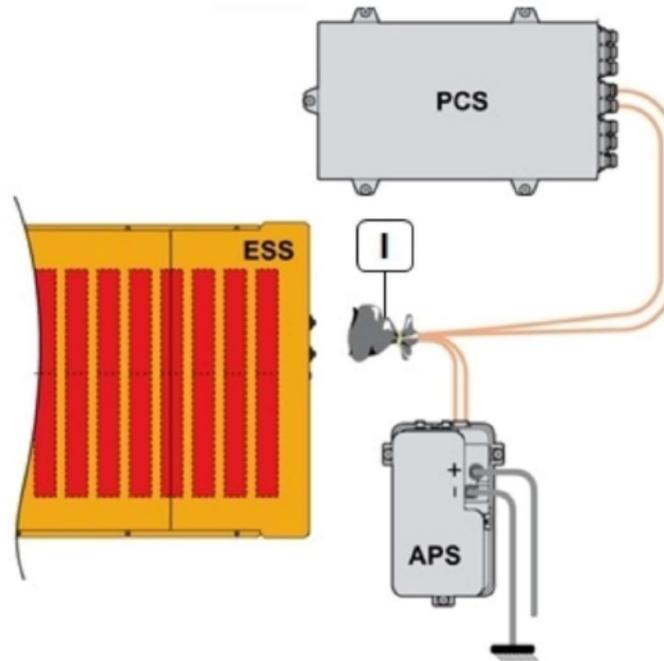


Ilustración 73: Posición de la bolsa aislante.

Una vez colocados los cables del rack de las baterías en una bolsa aislante es necesario esperar 4 minutos hasta que los condensadores de la caja PCS se descargan solos.

- Puesta en seguridad del PCS: Abrir la tapa (1) ubicada encima de los 8 cables del PCS (3) desenroscando los 18 tornillos que la fijan.

Dentro del PCS, conectar un Voltímetro o un Verificador de Ausencia de Tensión (VAT) (2) a los terminales y efectuar las mediciones (V) según el esquema indicado en la figura.

Medir la tensión (V) entre los terminales de potencia (7 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero. Medir la tensión de los terminales de potencia (V) y de la estructura de la caja PCS (8 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero.

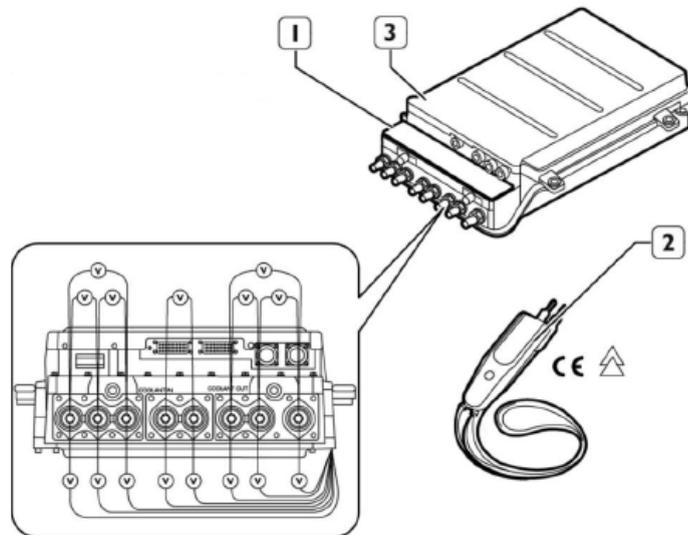


Ilustración 74: Puesta en seguridad del PCS.

- Puesta en seguridad del ACTM: Desenroscar los 10 tornillos y abrir la tapa (3) del lado de los cables de alimentación del ACTM (1) .

Conectar un Voltímetro o un Verificador de Ausencia de Tensión (VAT) (2) a los terminales y efectuar las mediciones (V) según el esquema indicado en la figura. Medir la tensión (V) entre los terminales de potencia (3 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero. Medir la tensión (V) entre cada terminal de potencia y la carcasa del ACTM (1) (3 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero.

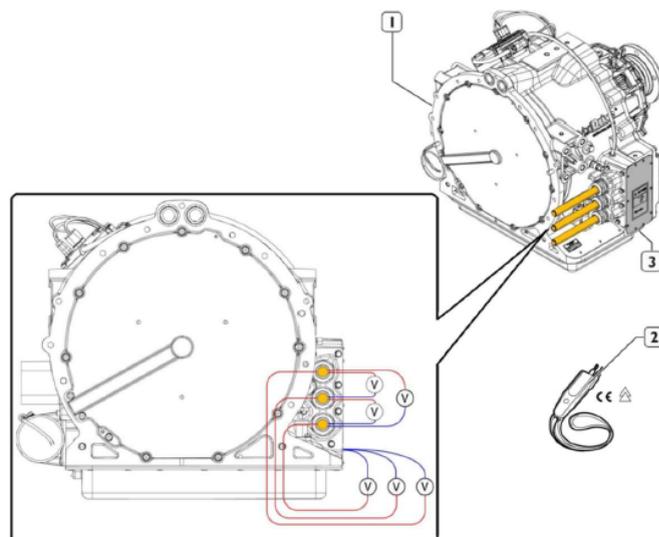


Ilustración 75: Puesta en seguridad del ACTM.

- Puesta en seguridad del ISG: Desenroscar los 8 tornillos y abrir la tapa (3) del lado inferior del ISG (1) .
 Conectar un Voltímetro o un Verificador de Ausencia de Tensión (VAT) (2) a los terminales y efectuar las mediciones (V) según el esquema indicado en la figura. Medir la tensión (V) entre los terminales de potencia (3 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero. Medir la tensión (V) entre cada terminal de potencia y la carcasa del IGS (1) (3 mediciones). El valor de tensión medido debe ser cero.

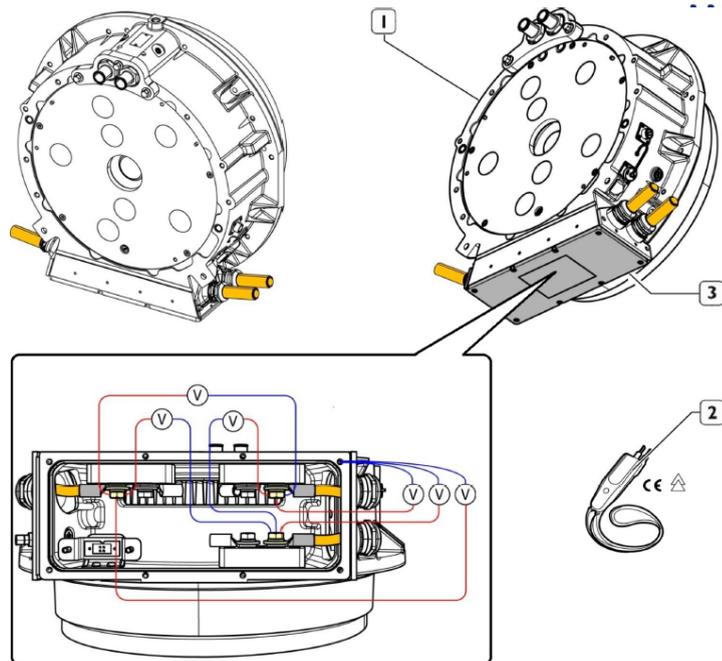


Ilustración 76: Puesta en seguridad del ISG.

Una vez finalizado el procedimiento de puesta en seguridad del vehículo, a cargo del Responsable de puesta en seguridad BCL o del Director de trabajos B2L, se debe completar una ficha conforme a las normativas UTEC 18-550.

6.7 Procedimiento de puesta en funcionamiento.

Forma de proceder para la nueva puesta en funcionamiento:

- Se deben retirar del lugar de trabajo y de la zona de peligro las herramientas e instrumentos utilizados y los restos de material.
- Sólo está permitido poner fin a las medidas de seguridad una vez que todas las personas se hayan retirado de la zona de peligro.



- Retirar las señales de advertencia.
- A continuación, informar al responsable por escrito o verbalmente (con repetición).
- Sólo entonces estará permitido que el “electricista especializado en sistemas de alto voltaje para vehículos” vuelva a activar la instalación.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 7: Presupuesto.

7.1 introducción.

Este presupuesto corresponde al proyecto de Implementación del mantenimiento preventivo y predictivo en autobuses híbridos.

En esta parte del trabajo se procede a analizar los diferentes costes del trabajo, tanto los relacionados con materiales como los de asesoría y ayuda de expertos. Además se muestra el coste total del proyecto, que es la suma de los costes parciales más un 21% de incremento debido a los impuestos sobre el valor añadido (IVA).

7.2 Costes parciales y presupuesto final.

En este apartado se muestran los diferentes costes que conforman la realización del proyecto. Los costes se han agrupado en 5 partes:

- Recopilación de información.
- Elaboración del proyecto.
- Asesoría.
- Utilización de equipos informáticos.
- Material.

En cada uno de los puntos se establecen las horas que se han utilizado y el coste por hora del concepto de coste.

Coste parcial 1.			
Concepto: Recopilación de información.			
Descripción	Unidades (Horas)	Precio unitario (euros/hora)	Total (euros)
Trabajo del director del TFG.	10	80	800 €
Trabajo del tutor del TFG.	30	60	1.800 €
Trabajo del personal de la EMT.	10	45	450 €
Trabajo recopilación CMT y UPV	20	20	400 €
Trabajo de campo en los depositos.	20	40	800 €
Trabajo de elaboración de informes.	120	20	2.400 €
TOTAL DE RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.			4.250 €

Tabla 20: Coste recopilación de la información.



Coste parcial 2.			
Concepto: elaboración del proyecto.			
Descripción.	Unidades (Horas)	Precio unitario (euros/hora)	Total (euros)
Realización de estudios.	180	35	6.300 €
Trabajo de despacho.	150	20	3.000 €
TOTAL DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO.			9.300 €

Tabla 21: Coste elaboración de proyecto.

Coste parcial 3.			
Concepto: Asesoría.			
Descripción.	Unidades (horas)	Precio unitario (euros/hora)	Total (euros)
Trabajo del director del TFG.	10	80	800 €
Trabajo del tutor del TFG.	30	60	1.800 €
Trabajo del personal de la EMT.	10	45	450 €
TOTAL DE ASESORÍA			3.050 €

Tabla 22: Coste asesoría.

Coste parcial 4.			
Concepto: Utilización de equipos informáticos.			
Descripción.	Unidades (horas)	Precio unitario (euros/hora)	Total (euros)
Sistema informático.	900	0,25	225 €
Equipos de impresión.	50	0,2	10 €
TOTAL EN UTILIZACION DE EQUIPOS INFORMATICOS.			235 €

Tabla 23: Coste de equipos informáticos.



Coste parcial 5.			
Concepto: Material.			
Descripción.	Unidades (horas)	Precio unitario (euros/hora)	Total (euros)
Material fungible.	1	80	80 €
Material de oficina.	1	140	140 €
TOTAL DE MATERIAL.			220 €

Tabla 24: Coste de materiales.

Tras tener claro los diferentes costes se procede a calcular cuál sería el coste final del proyecto, teniendo en cuenta que es necesario añadir el IVA del 21%.

Coste global.	
Descripción.	Total (euros)
Recopilación de información.	4.250 €
Asesoría.	3.050 €
Elaboración del proyecto.	9.300 €
Utilización de equipos informáticos.	235 €
Material.	220 €
TOTAL DEL PROYECTO.	17.055 €

Tabla 25: Coste global del proyecto.

Presupuesto total.	
Descripción.	Total (euros)
Base imponible.	17.055 €
IVA 21%	3.581,55 €
TOTAL	20.636,55 €

Tabla 26: Presupuesto final del proyecto.

El presupuesto final para este proyecto titulado “Implementación del mantenimiento preventivo y predictivo en autobuses híbridos” sería de 20.636,55 euros.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



Capítulo 8: Conclusión y trabajos futuros.

8.1 Conclusiones.

Como conclusión se puede decir que se ha alcanzado los objetivos que impulsaron la necesidad de realizar el proyecto.

En este proyecto se ha podido definir las operaciones de mantenimiento preventivo de los componentes que forman parte del sistema híbrido del autobús Iveco Heuliez GX 437 - 337, además, estos componentes sirven de guía para autobuses con la misma tecnología híbrida como pueden ser los MAN híbridos.

Otro punto importante alcanzado en el proyecto es la codificación de las diferentes operaciones con los códigos de la EMT, lo que permite su introducción en el sistema de gestión GMAO que emplea la compañía.

En relación al mantenimiento predictivo, se ha propuesto y estudiado las técnicas de análisis de vibraciones, análisis de aceite y análisis de termografía.

En el análisis de vibraciones se ha establecido un proceso de medición en el ACTM mediante acelerómetros en el que se establece dónde, cómo y cuándo realizar la medición. Con esto se pretende controlar la evolución de los componentes que requieren mantenimiento preventivo y saber si es posible mantener los componentes por más tiempo.

En el análisis de aceite se han definido las propiedades del aceite que se emplea y los indicadores más relevantes que tienen que ser controlados. Este análisis está enfocado en analizar el desgaste que están sufriendo los componentes que lubrica y las propias condiciones del aceite.

En el análisis de termografía el objetivo era establecer un procedimiento en el que se compruebe las conexiones de alto voltaje entre los componentes y los cables, además del estudio termográfico del radiador del sistema de refrigeración. El objetivo es mantener la seguridad de las conexiones y la detección de problemas en los componentes de refrigeración.

En cuanto a la seguridad de la reparación de los vehículos híbridos y eléctricos se ha realizado una revisión de la situación actual de la normativa y se ha visto que no aparece una normativa específica. Lo que se ha realizado es coger la normativa de baja tensión y se han aplicado las medidas de seguridad mostradas en este trabajo, EPIS y formación de los operarios, junto con la información por parte de los fabricantes. Todo esto se ha unificado en un protocolo para que se pueda realizar los trabajos sobre los componentes de tensión alta del autobús híbrido con seguridad.

Profundizando en los beneficios que puede aportar lo estudiado en este trabajo, se puede destacar la reducción de tiempo de mantenimiento, ya que las operaciones que se

pretenden quitar o aumentar la frecuencia, mediante el análisis del mantenimiento predictivo, supone una gran cantidad de tiempo en operaciones de mantenimiento predictivo.

También se tiene que destacar que en ningún caso se pondrá por delante el llevar al límite los componentes antes que la seguridad de los pasajeros y buena calidad del servicio de transporte. Por tanto, la recopilación de datos y el análisis de estos es fundamental para encontrar el equilibrio entre ahorro de tiempo en operaciones con la seguridad del servicio y pasajeros.

El poder definir una base de formación de los operarios permite que estos puedan trabajar de forma segura, evitando accidentes laborales, y eficiente, ya que, se establecen unos procedimientos fijos que evitan los posibles errores o fallos por ejemplo en la puesta de seguridad del autobús.

Además, permite reducir la dependencia de los servicios de la marca y reducción de costes, ya que no se depende de operarios externos. En esta situación tenemos que tener en cuenta si existe garantía de la marca ya que podría interesar, por coste de componentes, que se realizarán dentro de este periodo de garantía las posibles averías prematuras de los componentes, es decir, aquellas averías producidas por componentes de fábrica defectuosos.

Por último, toda la experiencia, datos y mejoras que se obtengan de la aplicación del contenido de este trabajo y futuros proyectos permitirán crear un mantenimiento preventivo y predictivo depurado para los nuevos modelos híbridos y los autobuses eléctricos.

8.2 Trabajos futuros.

Para el mantenimiento predictivo es necesario que se realice la comprobación de la viabilidad de las pruebas. Además, ver si los datos obtenidos son representativos y capaces de ayudarnos en el proceso de evaluación del desgaste de componentes.

Para ello es necesario establecer un seguimiento riguroso de las pruebas para poder ver la evolución de los valores obtenidos y saber si son buenos para realizar una toma de decisión.

En el caso del análisis de vibraciones, sería necesario estudiar si es posible aplicarlo en el ISG para el estudio de la degradación de los componentes que tienen que ser reemplazados, según lo establecido en el mantenimiento preventivo.

Además, obtener el espectro del motor eléctrico y generador en estado de buen funcionamiento es imprescindible, ya que nos permite tener unos valores de partida con los que se realizan comparaciones para saber el estado de los componentes.

En el caso del análisis de aceite se tiene que analizar la evolución de los parámetros que se van a medir y ver si es necesario tomar todos los valores de las características del aceite



especificadas. Como mínimo se tienen que tomar los valores de las propiedades mostradas en la ficha técnica y el análisis de los componentes metálicos en el aceite.

Para el análisis termográfico se tiene que estudiar el rango de temperaturas óptimo en el que se deben encontrar los componentes y así poder compararlo con la evolución de estos a lo largo de la vida de uso del autobús. Esto se aplica tanto para las conexiones como para el radiador.

En cuanto al protocolo de seguridad es de esperar que en algún momento salga una normativa específica para la reparación de vehículos eléctricos en talleres y será necesario aplicarla para el caso de los autobuses híbridos y eléctricos.

Para finalizar, tras comprobar la viabilidad de los análisis propuestos y su relevancia en el mantenimiento tenemos que ser capaces de trasladar esta información a las nuevas generaciones de autobuses eléctricos. Esto generará unos autobuses con un mantenimiento más óptimo y seguro.