

1.- OBJETO

La presente Especificación Técnica tiene como finalidad definir los elementos de seguridad así como estrategias de funcionamiento que deben seguir los vehículos Eléctricos e Híbridos (VEH) para garantizar la seguridad en todo momento frente a contactos directos e indirectos.

El objeto de la presente especificación es mantener un procedimiento homogéneo estándar de actuación para todos los fabricantes que permita disponer de un único protocolo de seguridad aplicable por todos los conductores y compatible con los actualmente existentes para el resto de vehículos de otras tecnologías de la flota de TB.

2.- ALCANCE

La presente especificación es de aplicación a todo tipo de autobuses de nueva adquisición o en servicio que sean transformados que dispongan de un grupo motopropulsor eléctrico, con una velocidad máxima de fábrica superior a 25 km/h que funcionen mediante energía eléctrica de suministro no permanentemente conectado a una red externa y cuya configuración alcance niveles de “Alta Tensión” para su funcionamiento. Los elementos que proporcionen dicha energía eléctrica estarán conectados galvánicamente al **RESS** (según ECE-R100 es el Sistema de Acumulación de Energía Recargable. Normalmente Baterías de Acumuladores o Ultracondensadores). Se entiende como **Alta Tensión** en un vehículo (según ECE-R100) cualquier sistema o componente en el que su tensión de funcionamiento es de:

Corriente Continua: $>60 V_{cc}$ y $\leq 1.500 V_{cc}$

Corriente Alterna: $>30 V_{cc}$ y $\leq 1.000 V_{cc}$

Los elementos de protección que aquí se describen aplican únicamente a sistemas eléctricos alimentados con Alta Tensión.

NOTA: Cabe destacar que el concepto de Alta Tensión es diferente al utilizado en instalaciones conectadas a la red de suministro eléctrico de energía ya que en este caso se considera Alta Tensión aquellas que superan los 1.000 V en corriente alterna y los 1.500 V en corriente continua. Por lo que los niveles indicados en ECE-R100 se considerarían Baja Tensión según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

3.- PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS

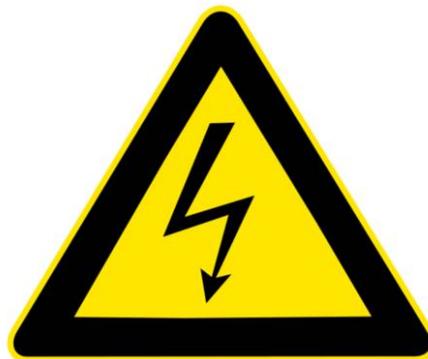
Se entiende por “Contacto Directo” el contacto de personas con partes activas.

Los medios de servicio eléctricos que en condiciones normales de funcionamiento se encuentran sometidos a tensión se denominan “partes activas”. El “Contacto Directo” con partes activas se evita mediante el uso del correspondiente aislamiento, una carcasa de estructura apropiada o una rejilla de protección adecuada.

Constituyen protecciones frente a contactos directos los aislamientos de los cables, las cajas de conexión y elementos de protección específicos.

Los conductores que alimentan sistemas eléctricos de Alta Tensión estarán señalizados con el color amarillo o anaranjado.

Toda caja o elemento de protección en cuyo interior se disponga de partes activas alimentadas bajo Alta Tensión llevarán indicado la siguiente señal de advertencia:



Letrero de advertencia “Tensión eléctrica peligrosa”

Únicamente el personal debidamente formado y acreditado puede manipular en el interior de dichos elementos. La carcasa y sus cubiertas no se podrán abrir, desarmar ni desmontar si no se dispone de las herramientas adecuadas. En todo momento el personal técnico seguirá las medidas de protección y seguridad necesarias.

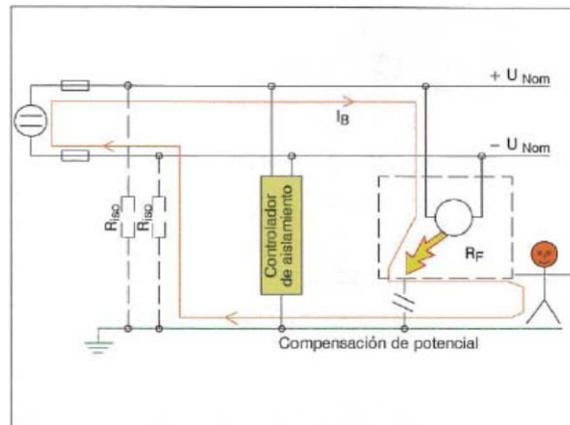
En todo caso se deberá cumplir un grado de protección IP mínimo según ECE-R 100

- IPXXB: Protección frente al contacto directo con los dedos Ø 12 mm; longitud 80 mm
- IPXXD: Protección frente al contacto directo con objetos similares al alambre Ø 1 mm;

Longitud 100 mm (especificado en el compartimento de pasajeros).

4.- PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS INDIRECTOS

Los vehículos con sistema de motopropulsor eléctrico han de estar diseñados en modo de red aislada de tierra tipo I.T. (del francés: Isolé Terré), nombre normalizado para las redes sin conexión a tierra con gran seguridad en caso de fallo de aislamiento (redes utilizadas en quirófanos de hospitales, locomotoras de ferrocarriles, minería, sector naval, etc.).



Protección de personas

Este tipo de red tiene la ventaja de que por su propia estructura eléctrica en la que todos los elementos están aislados de chasis supone que si se produce un único contacto indirecto con una carcasa no ocurre nada y es necesario que exista un segundo contacto para que se den corrientes de defecto o fuga (I_f) entre chasis y esa segunda parte activa. En este caso, para proteger a las personas de este hipotético defecto, se instalará un medidor de aislamiento que actuará para evitar que puedan presentarse corrientes de defecto superiores a **10 mA**:

$$I_f = \frac{U_{m\acute{a}x}}{(R_f + R_{iso})}$$

Siendo:

- $U_{m\acute{a}x}$ -La máxima tensión en bornes del RESS
- R_f -La impedancia de la fuga existente
- R_{iso} -La mínima impedancia de aislamiento del vehículo entre cualquier polo de alimentación y chasis

Por ejemplo:

- $U_{m\acute{a}x}$ -Tensión máxima de uCAPS $U_{m\acute{a}x} = 750 V_{cc}$
- R_f -La mínima impedancia de fuga existente puede ser de 0Ω
- R_{iso} -La mínima impedancia de aislamiento admisible es de $75 k\Omega$ entre cualquier polo de alimentación y chasis

$$I_f = \frac{U_{m\acute{a}x}}{(R_f + R_{iso})} = \frac{750V_{cc}}{(0\Omega + 75k\Omega)} = 10mA$$

(Debemos tener en cuenta que en el ámbito doméstico la corriente de activación de un defecto por contacto indirecto se fija en el umbral de fibrilación del corazón: 30 mA)

Por lo que **se instalarán dispositivos medidores de aislamiento** que vigilen constantemente que dicho nivel de aislamiento sea en todo momento **superior a 75 k Ω** (se podrán establecer niveles de vigilancia del aislamiento tarados a un nivel superior bajo consideración del fabricante del sistema eléctrico o en sistemas de tensión superior y siempre con autorización expresa de TMB).

Todos los vehículos equiparan un sistema que permita seccionar la alimentación proporcionada por el Sistema de Almacenamiento de la Energía Recuperada (**RESS**) de manera automática en el caso de un defecto de aislamiento. A su vez equiparán dispositivos de corte que garanticen la máxima corriente de cortocircuito en bornes del mismo (elementos fusibles no rearmables automáticamente) para el caso de que el segundo defecto no sea a través de una persona sino un cortocircuito franco entre polos activos (protección de equipos).

El equipo medidor de aislamiento se instalará en la línea de alimentación de potencia del **RESS** (Baterías, ultracondensadores, etc.) y aguas abajo del elemento desconectador automático (seccionadores o relé). De manera que pueda discriminar el nivel de aislamiento con y sin el RESS conectado.

5.- PROCEDIMIENTO DE ACTUACIÓN

El modo de funcionamiento que han de seguir los vehículos en caso de Fallo de Aislamiento se dividen en:

- Vehículo Eléctrico
- Vehículo Híbrido

No se hace distinción en el tipo de Sistema de Almacenamiento de la Energía Recuperada (RESS) tales como acumuladores de energía, uCAP's, baterías, etc...

En caso de elementos RESS especiales se pueden contemplar medidas de protección específicas que en todo caso serán validadas por el departamento de Ingeniería Bus de TB.

5.1.- VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

A continuación se describen el modo de funcionamiento de los vehículos "Eléctricos Puros" (sin ningún otro sistema auxiliar instalado en el vehículo para la generación de energía) en caso de fallo de aislamiento eléctrico.

- Iluminación lámpara avería grave (luz ROJA) en cuadro conductor
- Reducción de la potencia máxima disponible de los motores de tracción al mínimo valor imprescindible para asegurar la movilidad de la Tara del vehículo en todo momento sin pasaje hasta una zona segura. La Potencia mínima disponible no será inferior a un 50% $P_{\text{máx}}$ salvo que el fabricante asegure su movilidad.

- Mantener los mínimos servicios necesarios para el control total del vehículo (por ejemplo bombas de servodirección o freno).
- En caso de que el conductor active el interruptor de PARADA DE EMERGENCIA se desconectarán todos los sistemas eléctricos excepto los de seguridad como radio y señalización de peligro e iluminación umbrales de puertas que estarán alimentados con tensión de seguridad 24Vcc En todo caso existirá desconexión del RESS (UCAP's, baterías, etc...) para evitar posibles tensiones elevadas. En caso de vehículos con una Tara superior a 10.000 Kg equiparán una bomba hidráulica (principal o auxiliar) para la dirección asistida que quede accionada por la tensión de seguridad 24Vcc para facilitar las maniobras de remolcado.

5.2.- VEHÍCULOS HÍBRIDOS

A continuación se describen el modo de funcionamiento de los vehículos “Eléctricos Híbridos” en caso de detectarse un Fallo de Aislamiento Eléctrico.

- Iluminación lámpara avería leve (luz AMARILLA) en cuadro conductor con indicación en Display de (“Fallo leve de aislamiento – Revisar en Mantenimiento”).
- Arranque del motor térmico (ver nota “Estrategia START-STOP”).
- Mantener el generador a régimen necesario para garantizar el suministro de energía en modo de emergencia.
- El motor generador suministrará toda la energía necesaria a los sistemas del vehículo.

En este momento el vehículo ha de desconectar automáticamente el RESS dejando como única fuente de energía la generada por el conjunto motor-generador.

A su vez, automáticamente volverá a comprobar el nivel de aislamiento pudiéndose dar dos niveles de actuación diferenciados:

- Valor de aislamiento **SUPERIOR** al nivel de referencia: Significará que el defecto ha quedado aislado en el circuito RESS y por lo tanto el vehículo **PUEDE SEGUIR EN SERVICIO CON PASAJE** con normalidad utilizando el motor generador como única fuente de energía. La anomalía será tratada por personal especializado a su retorno al centro operativo.
- Valor de aislamiento **INFERIOR** al nivel de referencia: Significará que el defecto persiste aguas abajo del RESS y no puede ser aislado. En este caso el procedimiento de actuación será el siguiente:
 - Iluminación lámpara avería grave (luz ROJA) con aviso acústico en cuadro conductor, indicando en el Display (“Fallo grave de aislamiento”).
 - Reducción de la potencia máxima disponible de los motores de tracción al mínimo valor imprescindible para asegurar la movilidad de la Tara del vehículo en todo momento sin pasaje hasta una zona segura. La Potencia

mínima disponible no será inferior a un 50% $P_{m\acute{a}x}$ salvo que el fabricante asegure su movilidad.

- Mantener los mínimos servicios necesarios para el control total del vehículo (por ejemplo bombas de servodirección o freno).
- Se mantendrá desconectado el RESS para evitar posibles tensiones elevadas.

En este momento el conductor activará el procedimiento de seguridad que consiste básicamente en:

- 1- Detener el vehículo en zona segura**
- 2- Señalizar la situación del vehículo**
- 3- Comunicar por radio al centro de control para solicitar asistencia**
- 4- Evacuar al pasaje**
- 5- Esperar asistencia técnica**

En el caso que el conductor detecte un problema de gravedad (colisión o incendio) podrá activar el interruptor de **PARADA DE EMERGENCIA** (Antiguo R36) en este momento se realizará automáticamente la desconexión total del sistema de tensión elevada (Entendiéndose como tensión elevada cualquier sistema de tensión que implique posible riesgo de fibrilación $> 60V_{cc}$ o $>25V_{ca}$) así como todos los sistemas eléctricos de tensión de seguridad ($24 V_{cc}$) excepto los de seguridad como señalización de peligro y comunicación (radio).

El vehículo deberá ser remolcado hasta el centro de mantenimiento.

La nueva puesta en funcionamiento de la red de a bordo de alta tensión debe ser efectuada exclusivamente por personal especializado con la capacitación adecuada.

NOTA:

Estrategia START-STOP

En el caso de vehículos que operen con estrategia de funcionamiento **START-STOP** el motor generador se pondrá automáticamente en funcionamiento si este se encontrase parado en el momento de producirse un fallo de aislamiento y siempre y cuando el portón de dicho motor esté cerrado.

5.3.- REARME DEL SISTEMA

El vehículo, sometido a un defecto de aislamiento, no supone un riesgo potencial para el usuario ni tan siquiera con un doble defecto de aislamiento. Aunque sí pueden presentarse problemas que deterioren el equipamiento eléctrico embarcado. En todo caso es aconsejable retirar el vehículo de la circulación para una revisión por parte de personal técnico especializado.

Para evitar que el sistema se pueda reiniciar y volver a servicio con el consecuente riesgo de sobrecarga de los sistemas eléctricos, el equipamiento deberá disponer de un sistema que mantenga en memoria el defecto producido e impida su rearme, salvo que este se realice por personal técnico especializado.

- **En todo caso, un vehículo sometido a un defecto de aislamiento, que no pueda ser aislado, será retirado del servicio en línea con pasaje.**

La nueva puesta en funcionamiento de la red de a bordo de alta tensión debe ser efectuada exclusivamente por personal especializado con la capacitación adecuada.

NORMAS DE CONSULTA

- **REGLAMENTO 100.** “Disposiciones relativas a la Homologación de vehículos en relación con los requisitos específicos del grupo motopropulsor eléctrico”
- Norma **DIN VDE 0100-410** sección 413.1.5.4

- Actualizaciones ETB:

ETB		PROTECCIÓN FRENTE A CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS EN VEHÍCULOS VEH O HÍBRIDOS
ETB 11036		Septiembre 2011
ETB 99.05	ver. 11.01	Diciembre de 2011
ETB.92	ver. 13.01	Junio de 2013
	ver. 15.01	Junio de 2015