

# VEHÍCULO ELÉCTRICO

## 1. Introducción, ventajas y generalidades

1.1.	Concepto de eficiencia energética. Aplicación al vehículo eléctrico	Pag. 3
1.2.	Ventajas del vehículo eléctrico	Pag. 4
1.3.	Principio de recarga de una batería eléctrica convencional	Pag. 5
1.4.	Baterías y tipos de recarga	Pag. 8
1.5.	Motores eléctricos empleados	Pag. 13
1.6.	Tipos de conectores para recargar VE	Pag. 15
1.7.	Arquitectura de interconexión del VE	Pag. 17
1.8.	Tipos de vehículos eléctricos	Pag. 17
1.9.	Normativa aplicable	Pag. 21

## 2. Detalles técnicos de instalación

2.1.	ITC-BT 52. Generalidades	Pag. 22
2.2.	Modificaciones al REBT	Pag. 24
2.3.	Modos de carga	Pag. 26
2.4.	Esquemas de conexión	Pag. 27
2.5.	Previsión de cargas	Pag. 34
2.6.	Requisitos de instalación	Pag. 34
2.7.	Lugares de instalación	Pag. 39
2.8.	Productos y recomendaciones de fabricantes	Pag. 40



# VEHÍCULO ELÉCTRICO

## 1. INTRODUCCIÓN, VENTAJAS Y GENERALIDADES

### 1.1. CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. APLICACIÓN AL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

La eficiencia energética se podría definir de forma genérica como la disminución del uso de la energía, (sea cual sea la fuente que origina la energía) sin dejar de prestar los servicios para los que se requiere dicha energía. De esta forma se asegura que al recibir los mismos servicios consumiendo menos energía, se utiliza ésta en una forma óptima y sin menoscabo de la necesidad que se precisa cubrir: comodidad, confort, seguridad, etc.

Esto es así, ya que en el uso de la energía para provocar un cambio en cualquier magnitud, (temperatura, movimiento, luz,...) se pierde una parte de la energía que no acaba produciendo un cambio en la magnitud deseada. Son conceptos relacionados con la Potencia Útil, ( $P_{\text{util}}$ ) la Potencia Nominal, ( $P_{\text{nom}}$ ) y el rendimiento ( $\eta$ ).

$$\eta = \frac{W_{\text{obtenido}}}{W_{\text{suministrado}}}$$

Erróneamente se tiende a identificar la eficiencia energética con un menor u óptimo consumo de energía eléctrica, seguramente por ser la fuente de energía que más ha desarrollado el concepto de eficiencia. El concepto de eficiencia energética puede

aplicarse a muchísimos más campos relacionados con la energía como por ejemplo: el vapor, gas, gasolina -diesel...

Actualmente existen dos grandes tendencias en cuanto a la eficiencia energética:

- Las medidas pasivas, consistentes en el máximo aprovechamiento de la energía ya consumida
- Las medidas activas, consistentes en la optimización en el uso de la energía

Aunque no se considere una medida propiamente, una tercera medida consistiría en el uso de energías de menor consumo o más respetuosas con el medioambiente en el sentido de que bien sean menos costosas de generar, o que la huella de CO<sub>2</sub> en su generación sea menor. En este sentido el vehículo eléctrico es el mejor exponente, ya que se emplea energía eléctrica en vez de fuentes combustibles de origen fósil. Otro ejemplo de alternatividad sería el uso de energía solar en edificios para ACS en vez de la energía eléctrica o el uso de gas.

De esta forma, en este documento trataremos del uso de energías diferentes a las derivadas del petróleo para la propulsión de vehículos a motor. En esta situación la eficiencia energética se obtiene porque en determinadas situaciones la generación de energía eléctrica puede realizarse por medio de fuentes renovables: solar, eólica, hidráulica, etc.

MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA			
	PASIVA	ACTIVA	ALTERNATIVA
Objetivo	una vez consumida la energía con un objetivo, minimizar las pérdidas	consumir la energía con un objetivo, solo en el momento necesario y en la cantidad necesaria	emplear fuentes de energía de menor impacto ambiental o menor coste
Ejemplo vehículo	menos rozamiento a la rodadura		vehículos con combustibles diferentes a los derivados del petróleo
Ejemplo edificio	envolvente aislante del edificio	regulación de la iluminación en zonas comunes	captación de energía solar
Ejemplo instalación térmica	elementos radiantes con menor gradiente térmico	regulación de la temperatura de consigna	empleo alternativo de la geotermia

## 1.2. VENTAJAS DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Algunas estadísticas sitúan el consumo energético derivado de las necesidades de transporte en más del 30% del total de energía consumida, es evidente que al tratarse de una partida tan significativa debería de ser una prioridad trabajar en su eficiencia.

Aunque no por evidentes deben dejar de citarse las ventajas que aporta el uso de los vehículos eléctricos, sean estos puramente eléctricos o híbridos eléctrico-combustible fósil:

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>: las emisiones producidas en un motor de combustión interna producen un aumento de CO<sub>2</sub>. Al emplear energía eléctrica como sistema de propulsión, al menos en su uso, no se genera CO<sub>2</sub> adicional al de la generación y transporte, permitiendo de esta forma un menor daño al medioambiente y un aire respirable de mejor calidad y menos perjudicial para la salud de las personas.

### Destino final del consumo de energía - EU25 por sectores (Mtoe)

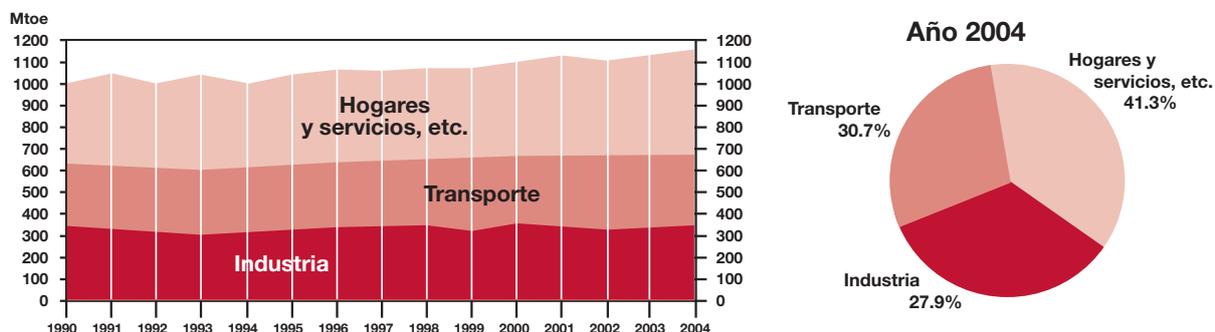


Fig. 1.1. Destino final del consumo de energía en EU 2004 (fuente: European Commission)



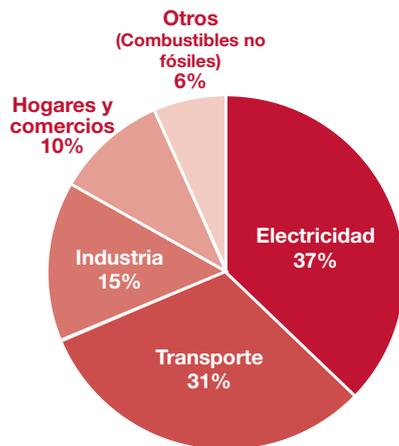


Fig. 1.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> en EEUU en 2013 (fuente: EPA)

- » **Electricidad:** CO<sub>2</sub> emitido en la generación de electricidad empleada para dar energía en viviendas, negocios e industria.
- » **Transporte:** CO<sub>2</sub> emitido por motores de combustión de combustibles fósiles, para transportar personas y bienes, incluyendo fuentes como vehículos particulares y/o públicos, transporte aéreo, transporte marino y ferroviario.

» **Industria:** CO<sub>2</sub> emitido debido a procesos industriales que emiten CO<sub>2</sub> sin estar relacionados con combustiones (debido a reacciones químicas).

- **Mayor eficiencia de las redes eléctricas:** debido al “aplanamiento” de la demanda eléctrica haciendo valer la posibilidad de recarga en coincidencia con horas no punta de consumo eléctrico, facilitando de esta forma una mayor integración de las energías renovables. Estudios consultados de empresas eléctricas cifran la posibilidad de la actual red eléctrica de suministrar energía a más de un 20% del parque actual de automóviles.

Por el contrario la no focalización de las recargas en “horas valles”, agravaría el problema de la curva de demanda, potenciando aún más la diferencia de consumos entre “horas valle” y “horas pico”, tensionando más la demanda del sistema eléctrico y forzando a sumar al parque de generación fuentes muy contaminantes y poco eficientes.

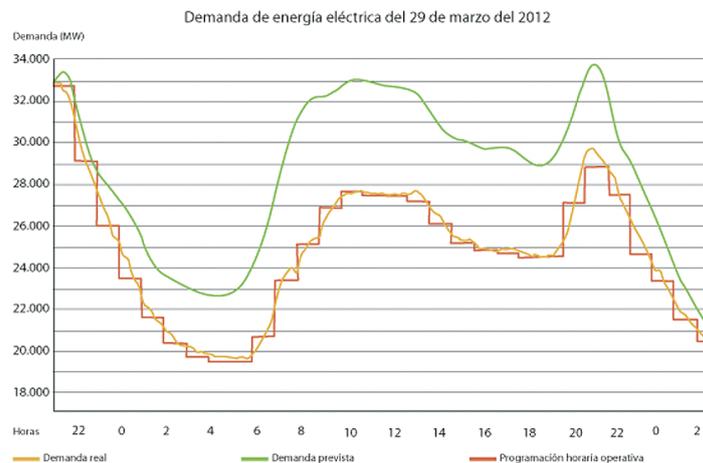


Fig. 1.3. Curva de ejemplo de demanda energética en España (el 29/03/2012) (fuente: REE)

- **Menor dependencia de las fuentes de energías derivadas de combustibles sólidos:** los efectos de este beneficio, oscilan entre un mayor respeto medioambiental, la conservación por mas tiempo de una fuente de energía llamada a agotarse en algún momento del futuro y los beneficios económicos en términos de balanza de pagos o de estabilidad de precios, al no depender de una fuente de energía de la que no todos los países son productores.
- **Más confort:** el vehículo eléctrico, a diferencia del motor de combustión, prácticamente no produce ruido por sí solo, siendo el único ruido percibido el derivado de los rozamientos del propio motor y del propio vehículo con el asfalto.

### 1.3. PRINCIPIO DE RECARGA DE UNA BATERÍA ELÉCTRICA CONVENCIONAL

Una batería es un componente electro-mecánico que almacena energía para poder emplearla cuando sea necesario, pudiéndose repetir estos procesos de almacenamiento y entrega de energía un número determinado de veces y ocasionándose en cada proceso de almacenamiento-entrega ciertas pérdidas. El almacenamiento y la entrega de esta energía en las baterías eléctricas se basa en procesos electroquímicos.

Normalmente si la batería no admite más de un proceso de carga y descarga se le conoce como pila, mientras que si admite una cantidad determinada de cargas y descargas hablamos de baterías (o pila recargable).

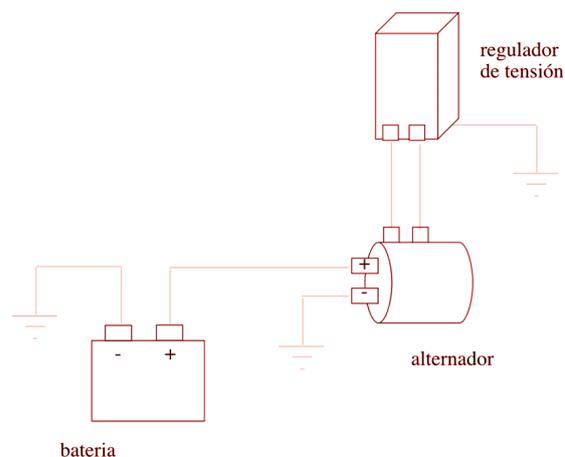


Fig. 1.4. Esquema eléctrico genérico en un vehículo de combustión

De forma genérica la batería (o acumulador) tiene en un vehículo con motor de combustión la función vital de suministrar energía eléctrica para permitir el movimiento de un pequeño motor (motor de arranque) que funciona unos breves instantes hasta que el motor de explosión es capaz de empezar su ciclo, moviendo solidariamente un alternador que genera la energía eléctrica necesaria para alimentar todo el sistema eléctrico del vehículo.

Evidentemente si en algún momento determinado la demanda energética del vehículo superase a la que el alternador es capaz de suministrar la batería podría suministrar esa diferencia. La batería también actúa como elemento estabilizador del voltaje en todo el sistema eléctrico del vehículo.

La batería es en realidad una gran pila electroquímica, ya que la energía eléctrica se almacena por medio de un proceso químico que es reversible en cierta medida. En la carga se da un proceso de conversión de energía eléctrica en energía química, mientras que en la descarga se da un proceso de conversión de energía química en energía eléctrica. De

forma genérica para que estos procesos de conversión puedan tener lugar se precisa de dos electrodos metálicos sumergidos en un medio que los una, que se conoce como electrolito.

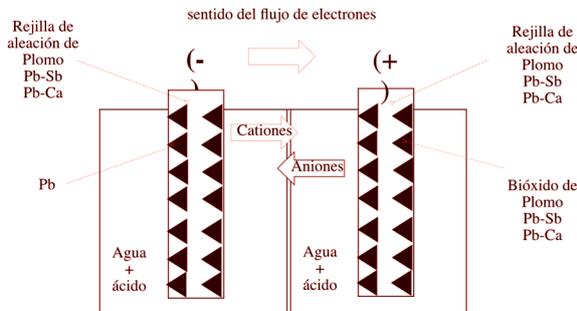


Fig. 1.5. Componentes de un elemento de una batería Zn-Cu eléctrica de vehículo.

Los electrodos están formados por un numero variable de placas de plomo, unidas de forma alternativa positivo-negativo por medio de un puente formando cada una de las uniones un “elemento” de batería en el que cada par positivo/negativo se separa entre sí para evitar un cortocircuito por medio de un aislante de PVC o fibra de vidrio (las placas negativas contienen plomo y las placas positivas contienen un óxido de plomo). El electrolito de la batería está formado por una solución electrolítica, agua destilada y ácido sulfúrico) y los grupos de placas están unidos a una lámina de contacto de forma que la corriente eléctrica se distribuya con uniformidad.

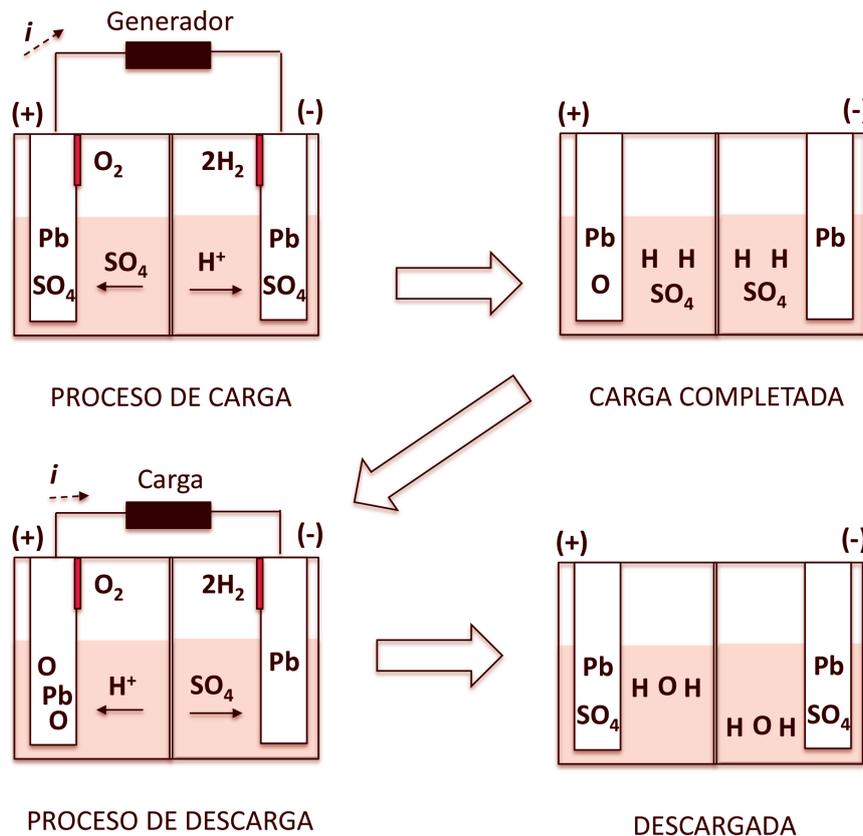


Fig. 1.6. Procesos químicos en las fases de carga y descarga de una batería de un vehículo con motor de explosión.

De esta forma la corriente eléctrica pasa en el circuito de las placas negativas a las positivas y retorna al electrolito. Al persistir la reacción química, en la superficie de ambos electrodos se forma sulfuro de plomo y el ácido sulfúrico se convierte en agua. Cuando las superficies de las dos placas se haya convertido totalmente en sulfatos, la batería se habrá descargado.

Una vez arrancado el motor de combustión, por medio del alternador, se administra electricidad a la batería, y entonces el proceso químico, que es reversible hace que el sulfato de las placas vuelva a la solución electrolítica, volviendo los electrodos a su estado primario y regenerándose el ácido sulfúrico.

#### 1.4. BATERÍAS Y TIPOS DE RECARGA

Antes de exponer los distintos tipos de baterías que se emplean en la actualidad y sus principales características, es importante conocer varios parámetros básicos de estas: los ciclos, el voltaje, la capacidad y el rendimiento y como se interrelacionan entre si.

##### CICLOS

Un ciclo se define como un proceso de carga/descarga, sin que sea necesario que la descarga sea completa. Al cociente porcentual entre la capacidad total de la batería completamente cargada y la descarga que sufre se le conoce como “profundidad de descarga”. Hay una relación entre la profundidad de descarga y el numero de ciclos de una batería en el sentido de que cuanto más se descarga

una batería en cada ciclo, menor número de ciclos dispone esta. Aunque hay muchos factores que afectan al número de ciclos de una batería, entre los más importantes están la temperatura de operación y almacenaje, el correcto mantenimiento, las vibraciones y –obviamente- la profundidad de los ciclos de descarga.

##### RENDIMIENTO

Es el cociente entre la cantidad de energía recibida en el proceso de carga y la cantidad de energía entregada en el proceso de descarga. Como valor orientativo, las actuales baterías eléctricas de los vehículos con motor de explosión tienen magnitudes de rendimiento cercanas al 90%.

##### VOLTAJE Y CAPACIDAD

Como ejemplo, en una batería típica de plomo ácido el voltaje nominal de cada uno de sus elementos es de unos dos voltios. Así, para conseguir voltajes superiores se recurre a conectar en serie varios elementos de batería, hasta alcanzar la tensión nominal requerida. La estabilidad en el tiempo de este voltaje nominal, depende de muchos factores como la temperatura, el numero de ciclos y especialmente del estado del elemento, (edad, conservación, ...).

Es importante destacar que este voltaje nominal es inferior al voltaje que se puede medir en bornes durante el proceso de carga ya que en carga a la tensión en circuito abierto hay que sumarle la caída de tensión provocada por la resistencia interna al fluir la corriente de carga.

$$V_{CARGA} = V_{CTO\ ABIERTO} + (i_{CARGA} \times R_{INTERNA})$$

De forma inversa, la tensión en el proceso de descarga será menor que la de circuito abierto debido a que la resistencia interna del propio elemento aumenta conforme se descarga la batería.

Es importante no confundir el concepto de voltaje con el de capacidad, que es el que comercialmente se suele emplear para denominar a las baterías. Así la capacidad de una batería se define como la cantidad de energía en forma de carga eléctrica contenida en la misma medida en Amperios por hora que podríamos suministrar a una carga (recordando magnitudes físicas  $1 \text{ A/h} = 3.600 \text{ Culombios}$ ).

Se suele marcar en las baterías con la letra “C” y un número que indica cuantas horas la batería es capaz de suministrar un determinado amperaje. Sin entrar en tecnicismos, hay una relación inversa entre el valor de descarga y el número de horas en el sentido de que cuanto más alta es la descarga menor es la capacidad disponible.

Por ejemplo, una batería con una capacidad de 500 Ah. en cinco horas (C5) puede dar 100 A. cada hora durante cinco horas. Si la misma batería es descargada a 200 A., solamente suministrará corriente durante dos horas, es decir, tendrá una capacidad de 400 A. en dos horas. La razón de esto es que a altos regímenes, la caída de voltaje es más rápida y, en consecuencia, el voltaje final de carga se consigue más rápidamente.

Relacionado con la capacidad también se usa el acrónimo AH, que indica

directamente el número de amperios/hora que una batería es capaz de suministrar.

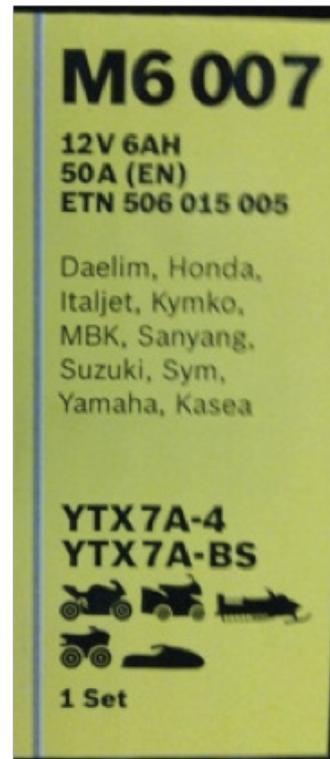


Fig. 1.7. Ejemplo de placa de características de una batería con indicación de la capacidad en AH

Es importante destacar que, aunque hayamos empleado las baterías de plomo-ácido con electrolito líquido como ejemplo para la explicación, existen otros tipos de baterías llamadas secas en las que el electrolito que interconecta los electrodos no está en estado líquido. Esto se consigue por medio de electrolitos gelificados al introducir en el electrolito un compuesto de sílica y un aditivo de sílice. Este tipo de baterías son idóneas para conseguir profundidades de descarga muy alta y se emplean en equipos eléctricos de alta sollicitación como por ejemplo sillas eléctricas o barcos.

Otra variante son las baterías llamadas AGM en las que el electrolito está absorbido en el separador, formado por medio de fibra

de vidrio. Al montar la batería y agregarle el electrolito líquido este es absorbido de forma esponjosa por la fibra. De esta forma el electrolito sigue suspendido permitiendo la recombinación gaseosa que da lugar al proceso electroquímico de conversión de energía química en eléctrica. Se emplean en automóviles, equipos para energías renovables, robótica o equipamiento médico.

En este tipo de baterías es importante el control de la corriente de carga ya que si esta es alta, se genera una gran cantidad de gas en el interior de la batería, debido al proceso de recombinación gaseosa, provocando la destrucción de la batería. Las baterías AGM suelen llevar unas válvulas que hermetizando cada elemento permiten aliviar de forma automática la presión interna debida a una sobrecarga.

De forma resumida, los diferentes tipos de baterías comerciales, son:

- **Plomo-Ácido:** 40 Wh/Kg, 1000 ciclos, 40 kW/h. Baja relación peso-energía. Alta corriente. Alta duración. Económicas. Problemas en situaciones de descarga profundas. Numero de ciclos de carga/descarga.
- **Ni-Cd:** Baja relación peso-energía. Altísima duración. Efecto memoria. Funcionan a partir de un ánodo de cadmio y un cátodo compuesto por hidróxido de níquel. Por su parte, el electrolito se conforma de hidróxido de potasio. Están prohibidas en la UE desde hace muchos años.
- **Níquel-hidruro metálico:** 75 Wh/Kg, 2000 ciclos, 40 kW/h. mejor relación peso energía. Carga rápida.

Numero de ciclos de carga/descarga efecto memoria. Emplean un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo compuesto por una aleación de hidruro metálico. Sustituye a las baterías Ni-Cd y han sido ampliamente utilizadas en los vehículos híbridos.

- **Litio-ion:** 135 Wh/Kg, 1000 ciclos, 40 kW/h. Potencia elevada. Poca perdida de capacidad por no uso. Caras. Delicadez ante sobrecargas poco efecto memoria. Dispone de un ánodo de grafito, mientras que el cátodo funciona a partir de oxido de cobalto, oxido de manga. Muy usadas en electrónica portátil.
- **Litio-Polimero:** 15 Wh/Kg, 500.000 ciclos, 5.000 kW/h. Densidad de almacenamiento muy alta. Altísima duración. Muy caras. Inestables en sobrecargas. Es una variante de las baterías de litio-ión, a las que se ha cambiado el electrolito por un polímero, que puede en estado sólido o gelatinoso.

La forma de recargar, en general cualquier batería, y específicamente una batería para vehículo eléctrico va a depender de la intensidad de la corriente de carga y de la tensión a la que esta corriente es aplicada. Así en función de cómo se vayan elevando estas magnitudes, y obviamente disminuyendo el tiempo de recarga, se reconocen tres categorías de cargas:

- **Carga lenta:** es la que se realiza en un entorno “doméstico” a tensión y corriente normalizada en instalaciones de BT terminales: 220V y 16A. El tiempo de carga puede llegar a las 10h. Es la adecuada para

baterías de tipo Pb-Ácido, Ni-MH y Li-Ion.

- **Carga semi-rápida:** es la que se realiza con un suministro trifásico, es decir a 400V y hasta 64A. En estas condiciones el tiempo de la carga puede llegar a disminuirse hasta en un 75% respecto a la carga lenta. En general no aplicable a baterías de Plomo- Ácido.
- **Carga rápida:** Óptima para entornos públicos, (“electrolineras”); realizada en corriente continua a 400V y 600A. EL tiempo de recarga puede reducirse hasta magnitudes de algunas decenas de minutos. Es aplicable a baterías de Li-Ion.

La mayoría de recargas se prevé que se realicen en entornos domésticos, (potencias inferiores a los 4 kW con corriente monofásica a 16A) y para las que los expertos estiman unos tiempos de recarga que oscilan entre las 8 y las 10 horas.

En el caso de recargas realizadas fuera del entorno privado, es decir mediante infraestructuras de uso compartido, sean estas privadas o publicas, (potencias cercanas a los 25 kW en corriente trifásica a 32A) se estiman tiempos de recarga que no llegarán a las 2 horas.

Es importante destacar que debido a la curva de carga de una batería, es posible realizar una carga parcial, hasta valores del 80% de la capacidad en tiempos que se reducen al 50% respecto a la recarga completa. Así, una recarga lenta, podría alcanzar el 80% de su capacidad entre las 3 y 4 horas de carga.

Teniendo en cuenta que la recarga de una batería se hace en corriente continua cc y que por lo tanto en alguna parte se ha de ubicar un conversor ca-cc y que existe la norma UNE-EN 61851 que define todas las características de los puntos de recarga de vehículo eléctrico. Se definen cuatro modalidades de recarga:

Tipo	Conectividad	Vnom, Imax	Ubicación conversor CA-CC	Comunicación
Clase 1	Tomas normalizadas, 16A No exclusiva VE	220V CA, 16A	lado vehículo	No
Clase 2	Tomas normalizadas hasta 32A No exclusiva VE	220V CA, 32A	lado vehículo	Sí, por medio de cable piloto de control entre VE y clavija
Clase 3	Estación de recarga exclusiva VE, “SAVE”	32 A	lado vehículo	Sí, entre VE y operador eléctrico
Clase 4	Estación de recarga exclusiva VE, “SAVE”	Conversión CA-CC hasta 400A	Mayoritariamente fuera del vehículo	Sí, entre VE y operador eléctrico

**Clase 1:** Es un modo de recarga pensado para transferir poca cantidad de energía al receptor, y por lo tanto no precisa de protecciones adicionales a las que ya existan en la propia instalación eléctrica, actuando estas en caso de un mal aislamiento o un contacto directo/indirecto chasis-persona-tierra. Por ello esta clase de recarga se suele limitar a motocicletas o a pequeños vehículos y habitualmente suele desaconsejarse para automóviles medianos o grandes, ya que para cargar vehículos mayores se precisan mayores potencias de carga, lo que implicaría dispositivos de protección térmica y diferencial específicos, sistemas de aseguramiento de continuidad de tierras y aislamientos de mayor nivel.

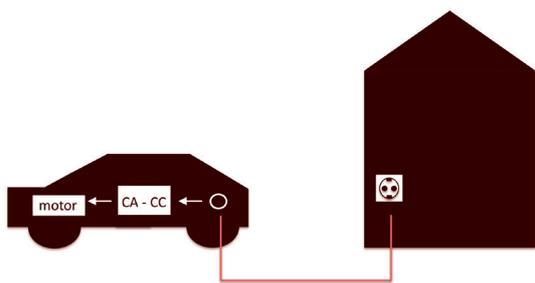


Fig. 1.8. Carga del VE en clase 1, 2 y 3.

**Clase 2:** Similar a la clase 1, pero aumentando la corriente hasta los 32A, consiguiendo de esta forma mayores potencias de carga y por lo tanto poder suministrar energía a vehículos de mayor envergadura. Al exceder las corrientes de carga a aquellas que se consideran seguras por medio de las protecciones de una instalación eléctrica doméstica, se dispone un cable piloto entre chasis e instalación eléctrica para asegurar la

conectividad limitando la solicitud de corriente y se incorpora una protección diferencial. Sería recomendable la adecuación también de la protección magnetotérmica, que no se incluye “de serie” en estos equipos, especialmente si las cargas van a ser de mucho tiempo, aumentando así el riesgo de sobrecargas. Es importante destacar que la norma IEC 61851 prohíbe expresamente el uso de prolongadores portátiles domésticos en este tipo de recargadores.

**Clase 3:** La más recomendable y por la que se opta en la mayoría de países europeos especialmente para recargas lentas y semi-rápidas. Los elementos de conexión directa a red eléctrica en esta clase, ya no son estándar con los comúnmente empleados en entornos domésticos y terciarios en busca de una mayor seguridad, diferenciación de circuitos y compatibilidad entre países-fabricantes. También emplea cables piloto, en este caso son dos, llamados “de control” y “de proximidad”.

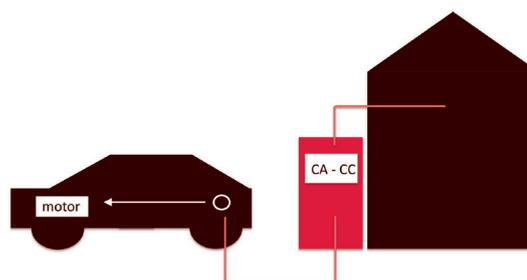


Fig. 1.9. Carga del VE en clase 4.

**Clase 4:** Basada en la conexión indirecta de la red eléctrica con el vehículo eléctrico

en el que el equipo de carga, (el conversor CA-CC básicamente); se ubica en una subestación ubicada fuera del vehículo que incluye los elementos de protección eléctrica específica. Obviamente es el tipo empleado para recargas rápidas. Se dispone de conexiones de comunicación, como en la clase 3, y adicionalmente para informar a la estación de recarga del estado de carga de la batería.

### 1.5. MOTORES ELÉCTRICOS EMPLEADOS

Los motores empleados en vehículos eléctricos (sean híbridos o 100% eléctricos) son motores –obviamente– eléctricos, que desarrollan potencias que oscilan entre los 15 y los 80 kW en función de la masa a desplazar y del tiempo que se desea que dicha masa sea desplazada. Como ejemplo, un motor eléctrico de 65CV sería adecuado para un pequeño automóvil de cuatro plazas. En cuanto a tipologías de motores eléctricos, obviamente estos pueden ser de corriente continua o de corriente alterna.

Los motores DC parecerían la mejor opción, ya que además de que son generalmente más económicos en su construcción pueden emplear la corriente de la batería directamente sin necesidad de un proceso de rectificación DC-AC. Además generan un mayor par que los de AC y al no haber procesos inductivos generan menor calor, consiguiéndose una mayor eficiencia que se podría traducir en una mayor distancia recorrida.

Por el contrario, los motores alimentados con corriente alterna son técnicamente más complejos y precisan de un proceso

de rectificación de la corriente continua almacenada en las baterías a la alterna que precisan este tipo de motores. A cambio se trata de sistemas más seguros de instalar.

Entre todas las tecnologías de motores eléctricos aplicables al VE un fabricante tiene en cuenta parámetros como la eficiencia, el coste, la fiabilidad, densidad de potencia, madurez de la tecnología y facilidad de control a la hora de elegir. Las diferentes tecnologías se resumen en:

- **Motores DC:** de control simple y buena desconexión flujo-par, se ha de tener en cuenta la complejidad de su montaje y mantenimiento, (escobillas, anillos, etc.).

Estas características hacen que su uso se suela orientar hacia aplicaciones de baja potencia.

- **Motores de inducción:** El mejor candidato por su fiabilidad robustez y bajo mantenimiento. Son los motores con la tecnología más madura entre todos los motores AC.

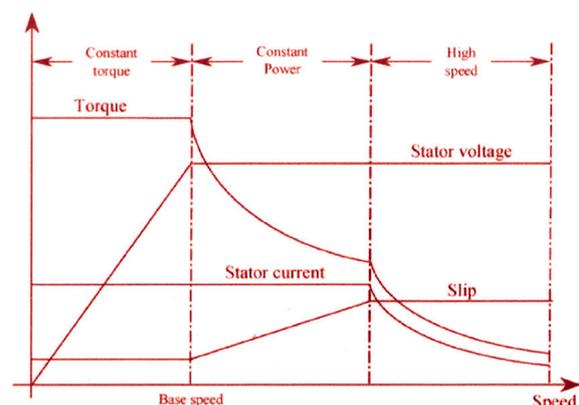


Fig. 1.10.. Relación par/velocidad en un motor eléctrico de imanes permanentes. (Fuente: Sharif University of Technology)

- **Síncrono de imanes permanentes, (Brushless AC):** el mayor competidor de los motores de inducción empleado por muchos fabricantes. Disponen de una alta eficiencia y densidad de potencia aunque en el lado negativo su margen de potencia constante es limitado lo que hace necesaria la presencia de electrónica de regulación para ampliarla.

Un defecto de este tipo de motores es una posible desmagnetización debida al calor.

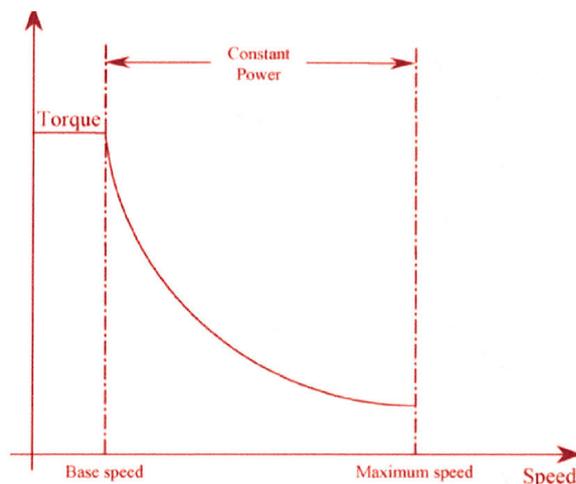


Fig. 1.12. Relación par/velocidad en un motor eléctrico de reluctancia combinada. (Fuente: Sharif University of Technology)

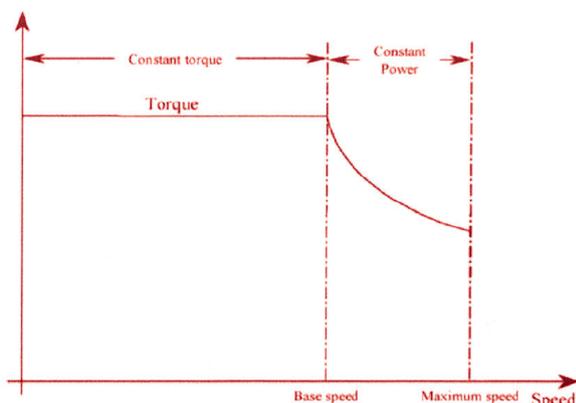


Fig. 1.11. Relación par/velocidad en un motor eléctrico de imanes permanentes. (Fuente: Sharif University of Technology)

- **De reluctancia combinada:** Entre sus ventajas cabe destacar una construcción simple y rígida, sistemas de control sencillos y una muy buena relación par-velocidad. La desventaja principal reside en el nivel de rumorosidad de estos motores y algunos estudios citan la posibilidad de interferencias electromagnéticas.

- **DC Brushless:** Sus principales ventajas son la compacidad la alta eficiencia y la alta densidad de energía.

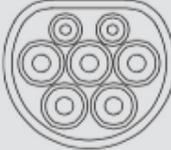
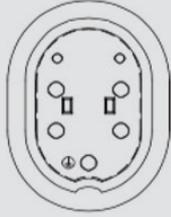
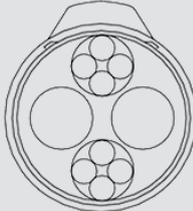
Así, de forma comparativa, una comparativa de las prestaciones de los diferentes tipos de motor eléctrico son:

Prestación	Motor más óptimo	Motor menos óptimo
Densidad de potencia	Inducción, Reluctancia Combinada	DC
Eficiencia	Imanes permanentes	DC
Sencillez de control	DC, Inducción	Reluctancia Combinada
Fiabilidad	Reluctancia Combinada, Inducción	DC
Madurez tecnológica	DC, Inducción	Imanes permanentes, Reluctancia Combinada
Coste	Inducción	Imanes permanentes

## 1.6. TIPOS DE CONECTORES PARA RECARGAR VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

En general existe discordancia entre varios sistemas de conectores que se pueden emplear atendiendo a la ubicación geográfica

del lugar de recarga, (Europa, América, Japón...). Los sistemas de recarga se basan en la norma IEC 62196-3 y IEC 62196-2, previéndose varios tipos con la premisa de que el conector es el que define la capacidad de carga máxima:

Tipo	Contactos Piloto	Inom / Vnom	Otros	Esquema contactos
Tipo 1	2	32A / 250V CA monofásico (hasta 7,2 kW)	Accesorios solo lado VE	
Tipo 2	2	70A / 250V CA monofásico 63A / 500V CA trifásico (hasta 43 kW)	No desconectable en carga	
Tipo 3	2	16A / 250V CA monofásico 32A / 250V CA monofásico 32A / 500V CA trifásico (hasta 22 kW)	Desconectable en carga	
Tipo 4	7	120A / 500V CC	Desconectable en carga hasta 32a	

- Tipo 1:** Conector de 5 pins, basado o derivado del estándar norteamericano SAE J1772 de conector eléctrico para recarga de VE, con espigas de conexión de fase, neutro y con un par de espigas adicionales para detección de conectividad y para comunicación vehículo-cargador. Es ampliamente usado actualmente en vehículos como el Toyota Prius o el Renault Fluence, entre otros. La normativa en la que se basa es la IEC 62196-2.



Fig. 1.14.. Base Mennekes.



Fig. 1.13.. Base SAEJ1772 (Fuente: Lugnergy)

- Tipo 2:** Conector de 7 pins que no tiene el mismo grado de despliegue que las tomas J1772 y por ejemplo se emplea en el modelo Renault Zoe. Dispone de tres espigas para conductores activos, dos espigas adicionales de neutro y de tierra y otras dos espigas para confirmación de conectividad y para comunicación cargador-vehículo. La normativa en la que se basa es la IEC 62196.

- Tipo 3:** Conector de entre 4 y 7 pins según el modelo con un máximo de 2 pins de conectividad. Se basa en la norma IEC 62196 y dispone de diferentes modelos según sea el nivel de potencia a manejar.

Pretende llegar a ser el estándar europeo en conectividad para VE y se desarrolla dentro del programa EV Plug Alliance de forma conjunta por varios fabricantes franceses e Italianos.



Fig. 1.15. Conector del consorcio Schneider Electric, Legrand, Scame

## 1.7. ARQUITECTURA DE INTERCONEXIÓN DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Después de haber visto de forma separada los principales elementos distintivos en un vehículo eléctrico, (batería, motor eléctrico y equipo de conexión eléctrica) no por menos obvio, debemos dejar de entender cómo se interconectan entre sí.

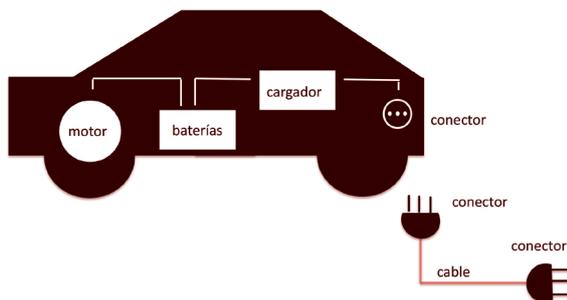


Fig. 1.16. Soluciones de recarga para VE.

De la figura anterior, vemos un nuevo componente del que hasta ahora no habíamos hablado, que es el cargador, en realidad un conversor CA-CC que permite convertir la corriente alterna, (monofásica o trifásica) a 220V o 380V en corriente continua que es la que se precisa para el proceso electroquímico de carga.

Todo este sistema eléctrico, se conecta a una estación de recarga (instalada en interior o en exterior y en instalaciones privadas o públicas) que puede ser desde un simple punto de alimentación eléctrica adaptado a VE, hasta varios puntos de recarga.

Estas estaciones de recarga pueden ser autónomas o bien estar comunicadas con un sistema de gestión junto a otras estaciones de recarga. Los objetivos de un sistema de gestión asociados a varios puntos de recarga de VE pueden ser desde la propia protección

eléctrica de los puntos de recarga contra sobrecargas o contactos directos/indirectos hasta la gestión dinámica de varias estaciones de recarga para priorizar unas sobre otras, rearmarlas ante fallos o tarificar el consumo individual.

A modo orientativo, la directiva 2014/94/EU del Parlamento Europeo indica que el número adecuado de puntos de recarga deberá ser equivalente, al menos, a un punto de recarga por cada 10 vehículos eléctricos.

## 1.8. TIPOS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

El vehículo eléctrico representa una forma de movilidad responsable con el medio ambiente y además una oportunidad para los operadores de red eléctrica de mejorar la eficacia de las redes de generación mediante la recarga en horas valle. El vehículo eléctrico, no es el futuro, es ya una realidad que circula por nuestras calles y que según el escenario "blue map" de la IEA prevé que en dos décadas sea mayoritario.

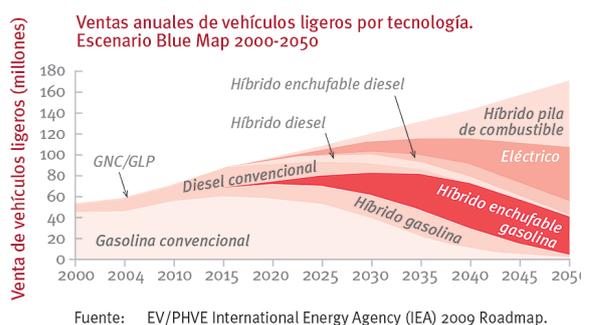


Fig. 19. Previsión de ventas anuales de vehículos según la fuente de energía. Escenario hasta 2050. (Fuente: IEA)

Los vehículos eléctricos se clasifican según la directiva 2007/46/CE de la forma:

- **Turismos M1:** vehículos de motor destinados al transporte de personas que tenga, por lo menos, cuatro ruedas y que tenga, además del asiento del conductor, ocho plazas como máximo.
- **Furgonetas N1:** vehículos de motor destinados al transporte de mercancías que tenga, por lo menos, cuatro ruedas con una masa máxima autorizada igual o inferior a 3.500 Kg.
- **Autobuses o autocares M2:** vehículos destinados al transporte de personas que tengan además del asiento del conductor más de ocho plazas sentadas y con un MMA inferior a 5.000 Kg.
- **Autobuses o autocares M3:** vehículos destinados al transporte de personas que tengan además del asiento del conductor más de ocho plazas sentadas y con un MMA superior a 5.000 Kg.
- **Furgones N2:** vehículos de motor destinados al transporte de mercancías que tenga, por lo menos, cuatro ruedas con una masa autorizada superior a 3.500 Kg e inferior a 12.000 Kg.
- **Motocicletas L3e y L5e:** vehículos de dos o tres ruedas sin sidecar, con una velocidad máxima por construcción superior a 45 Km/h.
- **Cuadriciclos ligeros L6e:** automóviles de cuatro ruedas cuya masa en vacío sea inferior o igual a 350Kg, no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y cuya potencia

máxima neta del motor sea inferior o igual a 4 kW y cuya velocidad máxima no sobrepasa los 45 Km/h.

- **Cuadriciclos pesados L7e:** automóviles de cuatro ruedas cuya masa en vacío sea inferior o igual a 400 Kg o 550 Kg si se trata de vehículos destinados al transporte de mercancías, no incluida la masa de las baterías para los vehículos eléctricos, y cuya potencia máxima neta del motor sea inferior o igual a 15 kW.

En función de la combinación de fuentes de energía empleada, según el Instituto para el Desarrollo de las Aplicaciones de la Energía, (IDAE); los vehículos pueden ser:

- Totalmente a base de combustibles fósiles basados en motor de explosión o combustión interna. Son los vehículos mayoritariamente empleados hoy en día.
- Completamente eléctricos empleando motores eléctricos alimentados por una batería electroquímica recargable a través de la red eléctrica. Conocidos como BEV.

Una clasificación específica de los BEV son los vehículos eléctricos de autonomía extendida, equipados con un motor clásico de explosión que al par al que trabajan recargan unas baterías que a su vez alimentan un motor eléctrico, (en ningún momento el motor de explosión se emplea para propulsar el vehículo). Las baterías pueden también ser cargadas a través de la red eléctrica. Se conocen como EREV.

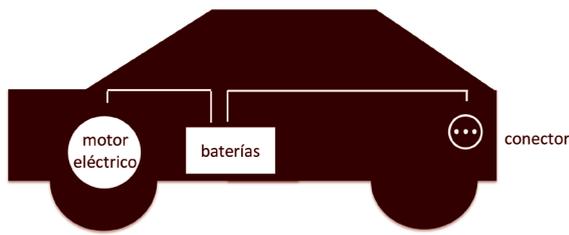


Fig. 1.18. Esquema básico de conexión del vehículo 100% eléctrico.

- Híbridos que combinan la propulsión por motor de explosión o por batería electroquímica recargable y donde la recarga de la batería se realiza en base al propio motor de explosión o al aprovechamiento de la energía en las frenadas y deceleraciones, no permitiéndose la conexión a red eléctrica para la recarga de la batería. Se conocen como HEV. Una clasificación específica de los HEV, serían los vehículos híbridos ligeros, en los cuales el motor de explosión se detiene al parar el coche. El ahorro de combustible de origen fósil es de alrededor del 10%.
- Vehículo híbrido enchufable, PHEV, que añaden a las características de los vehículos híbridos, el poder recargar las baterías por conexión a la red eléctrica.

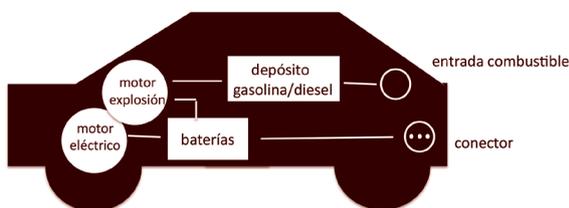


Fig. 1.19. Esquema básico de conexión del vehículo híbrido enchufable.

- Propulsados por pila de hidrógeno. En este caso una pila de combustible alimentada por hidrógeno, (generado con agua y un proceso de electrólisis); que a su vez alimenta un motor eléctrico.

La recarga del vehículo eléctrico, (híbrido o eléctrico 100%) supone una gestión del tiempo de carga y de la potencia suministrada desde la red eléctrica hacia el vehículo.

Así, existen básicamente tres formas de encajar las necesidades de la red eléctrica con las del usuario de la recarga: reglas predeterminadas, control directo de la carga e indicaciones de precio.



Fig. 1.20. Sistemas de coincidencia red eléctrica-vehículo enchufable. (Fuente: REE)

Surge aquí un nuevo concepto: el de “Agregador de PEV” o gestor de recargas. De forma muy elemental, el agregador/gestor es un agente revendedor de energía eléctrica que integrará a varios usuarios-recargadores de vehículo eléctrico enchufable con conexión directa con el operador eléctrico correspondiente.



Fig. 1.21. Intermediario entre el operador eléctrico – recargadores de vehículo eléctrico enchufable.

(Fuente: REE)

Desde el punto de vista de la oferta, (se entiende oferta de puntos de recarga); y para hacernos una idea del estado actual de implantación, en la web de IDAE, puede comprobarse que actualmente en España existen casi 800 puntos de recarga públicos de los cuales alrededor de 600 son de los llamados de recarga normal.

De modo inverso, desde el punto de vista de la demanda, (se entiende demanda de puntos de conexión por parte de vehículos recargables) y también para tener una panorámica de las distintas soluciones que los fabricantes de vehículos, (solo turismos, se excluyen furgonetas, autobuses y motocicletas) proponen la siguiente tabla de resumen detallado de los vehículos híbridos enchufables:

PHEV (enchufable híbrido)		
MARCA	MODELO	AUTONOMÍA (km)
Audi	A3	48
BMW	i8	37
MITSUBISHI	OUTLANDER	52
Porsche	Cayenne	36

Porsche	Panamera	36
Volkswagen	Golf	50
Volvo	V60	60
Toyota	Prius	25

Para los vehículos 100% eléctricos, el panorama de la oferta, es:

PHEV (100% eléctrico)		
MARCA	MODELO	AUTONOMÍA (km)
BMW	i3	190
Citroen	C	150
Kia	Soul	212
Mercedes	Clase B	198
MITSUBISHI	i-MiEV	150
Nissan	Leaf	199
Peugeot	Ion	150
Renault	Zoe	240
Renault	Fluence	185
Smart	Fortwo	145
Tazzari	EV	130
Volkswagen	Golf	190
Volkswagen	e-up	160

También cabe destacar la oferta comercial de los vehículos eléctricos denominados EREV, que son idénticos a los vehículos 100% eléctricos pero que además llevan una fuente de energía secundaria que proporciona energía actuando como generador eléctrico. Se les conoce como “vehículos eléctricos de autonomía extendida” y su oferta comercial actual es:

EREV (eléctrico de autonomía extendida)		
MARCA	MODELO	AUTONOMÍA (km)
BMW	i3	190
Chevrolet	Volt	83
Kia	Ampera	83

### 1.9. NORMATIVA APLICABLE

La normativa aplicable al vehículo eléctrico se puede ordenar de la siguiente forma:

- Técnica de instalación.
- Accesorios o partes relacionadas.
- Administrativas.
- Tarifarias.

Cabe destacar que por el carácter innovador del VE en la actualidad, son normas sometidas a muchos cambios y a las que se le suman nuevas normativas y estándares de facto.

- Normativa de instalación: basada en el RD842/2002 y desarrollada en

la ITC-BT 52 que desarrollamos en profundidad en el siguiente apartado y en la ITC-BT 24 en lo referido a contactos directos e indirectos.

- Normativa de partes relacionadas: UNE-EN 61982 e IEC 62660 para baterías, UNE-EN 62196 para bases y clavijas, UNE-EN 61851 para sistema conductivo.
- Normativa administrativa: RD647/2011 para articular la actividad de gestor de cargas y Ley 19/2009 que regula la instalación de puntos de recarga en parkings individuales sometidas a la ley de propiedad horizontal, (ley 49/1960).
- Normativa tarifaria: RD647/2011 para desarrollar los peajes de acceso. Estos peajes, son de aplicación en instalaciones de menos de 1kV a potencias comprendidas entre los 10 y los 15 kW, para las que se definen tres zonas tarifarias:
  - » Período 1.
  - » Período 2.
  - » Período 3 o supervalle.

Ordenanzas municipales que regulan la bonificación al impuesto de vehículos de tracción mecánica y la exención de pago en aparcamientos regulados.

# VEHÍCULO ELÉCTRICO

## 2. DETALLES TÉCNICOS DE INSTALACIÓN

### 2.1. ITC BT-52. GENERALIDADES

El objetivo del RD 1053/2014 que aprueba la instrucción técnica complementaria (ITC) BT 52 al Reglamento Electrotécnico para baja tensión, (que fue aprobado por el RD 842/2002) englobada en las instalaciones con fines especiales y dedicada a las infraestructuras para la recarga de vehículos eléctricos tiene dos objetivos principales:

- Garantizar la seguridad de las instalaciones de carga de vehículos eléctricos: además de las propias prescripciones técnicas de la instrucción complementaria, en las disposiciones generales del propio RD 1053/2014 se indica que deben utilizarse estaciones de recarga con elementos de conexión normalizados y técnicamente seguros.
- Facilitar la normalización de funcionamiento con el mínimo coste: la instrucción técnica complementaria especifica la dotación mínima de la estructura de recarga del vehículo eléctrico en edificios/estacionamientos de nueva construcción o en vías públicas.

Todos los requisitos de la (ITC) BT 52 son de aplicación independientemente de si la propiedad de la instalación es privada o pública, su ámbito de aplicación es privativo o abierto al público o la gestión es individual o realizada por un gestor de cargas. La

única excepción a esta instrucción técnica complementaria son los sistemas de recarga por inducción, las instalaciones para recarga de baterías que produzcan desprendimiento de gases durante el proceso y las operaciones de recarga de baterías en locales cerrados con riesgo de incendio o explosión según la ITC BT-29. Al respecto se debe de colocar en el local donde se realice la recarga un cartel reflectante en el propio punto de recarga que indique que no está permitida la recarga de baterías con desprendimiento de gases.

También son de excepción a los esquemas de instalación que se verán mas adelante, las estaciones de recarga alimentadas por medio de una red diferente, independiente de la red de distribución, (redes de cc, solar, eólica, etc).

La fecha de publicación de este RD 1053/2014 fue el 31/12/2014 con entrada en vigor a los seis meses, esto es en Junio de 2015. Para aquellas instalaciones que estuviesen en ejecución antes de la entrada en vigor se prevé un plazo de tres años para la terminación y puesta en servicio sin que sea preciso ajustarse a las prescripciones de esta ITC. A los efectos de determinar las fechas, se toma como referencia la fecha de la licencia de obras.

Entre las dotaciones mínimas que indica este RD 1053/2014 y que se desarrollan posteriormente en la correspondiente (ITC) BT 52 se encuentran:

- En construcción de obra nueva en

aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal, se debe realizar una pre-instalación en las zonas comunitarias, de modo que sea posible en un futuro realizar derivaciones desde las centralizaciones de contadores hasta las estaciones de recarga.

- En construcción de obra nueva en aparcamientos, estacionamientos de flotas privadas o aparcamientos y estacionamientos públicos permanentes se debe prever las instalaciones necesarias para una estación de recarga por cada 40 plazas.
- En la vía pública, se deben realizar las instalaciones necesarias para dar suministro a las estaciones de recarga localizadas en las plazas para vehículos eléctricos.

Al respecto es importante destacar la Directiva 2014/94/UE relativa a la implantación de una infraestructura para combustibles alternativos y específicamente en lo referente al vehículo eléctrico, VE, la aprobación de un modelo de conector común para el VE.

Adicionalmente a estos requerimientos, se define una nomenclatura, para homogeneizar, que incluimos aquí de forma resumida y literal, ya que es empleada de forma estándar por todos los fabricantes de equipamiento para VE.

- Estación de movilidad eléctrica: infraestructura de recarga que cuenta con, al menos, dos estaciones de recarga, que permitan la recarga simultánea de vehículo eléctrico con categoría hasta M1, (automóviles de hasta ocho plazas); y N1, (furgonetas

con PMA de hasta 3.500 kg) en corriente alterna, (sea esta monofásica o trifásica) o en corriente continua.

- Estación de recarga: conjunto de elementos necesarios para efectuar la conexión del VE a la instalación eléctrica fija necesaria para su recarga. Se clasifican en simple y SAVE.
- Función de control piloto: cualquier medio que asegure que se satisfacen las condiciones de seguridad y transmisión de datos necesarias según el modo de recarga empleado.
- SAVE: sistema de alimentación específico de vehículo eléctrico, que incluye protecciones de la estación de recarga, cable de conexión, base de toma de corriente o conector.

Aunque no se especifica en la ICT BT-52, incluimos aquí una guía de los pasos a seguir en el proceso de cálculo de una instalación de recarga de VE, de forma que cuando se vea en detalle los contenidos técnicos de la citada ICT se sepa a que parte del proceso de cálculo se refieren:

		TIPO DE CARGA			
		TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
LUGAR DE INSTALACIÓN	interior	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de esquema de conexión.</li> <li>• Tipo de toma a emplear.</li> <li>• Especificaciones de los materiales a emplear</li> </ul>			
	exterior				

Fig. 2.1. Elementos de decisión al proyectar una instalación de recarga de VE

## 2.2. MODIFICACIONES AL REBT

Como consecuencia de la publicación de la ITC-BT 52 referida a recarga del vehículo eléctrico, se ven modificadas otras ITC del REBT que se refieren tanto a aspectos normativos y reglamentarios, para dar cabida y homologar estas nuevas instalaciones, como algunas ITC de carácter completamente técnico para homogeneizar los criterios de cálculo de las instalaciones, obviamente en lo referido a todo aquello que se ve afectado por esta nueva instalación, básicamente la previsión de cargas como a la centralización de contadores y a las instalaciones interiores.

- Modificaciones a la ITC BT-02, “Normas de referencia...”. Se ven añadidas algunas normas de rango superior:
  - » UNE-EN 61851 sobre “Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos”
  - » UNE-EN 62196 en varios de sus apartados sobre “Bases, clavijas, conectores y entradas de vehículo...”.
  
- Modificaciones a la ITC BT-04, “Documentación y puesta en servicio de las instalaciones”. En concreto se añade la necesidad de elaboración de proyecto en las instalaciones correspondientes a recarga de vehículo eléctrico en los siguientes casos, (incluidos en un nuevo grupo de instalaciones “z”):
  - » En cualquier caso si  $P > 50$  kW
  - » Si están ubicadas en exterior y  $P > 10$  kW

- » En cualquier tipo de instalación de recarga que incluya el modo 4.

Como el grupo de instalaciones “g” y “h” a que hace referencia la versión original de la citada ITC, hacen referencia a las instalaciones de aparcamientos o estacionamientos, (g=con ventilación forzada para cualquier ocupación, h=con ventilación natural para más de 5 plazas) se especifica que no es preciso elaborar proyecto si la edificación ya existe y no se encuadra en ninguno de los tres puntos recién vistos.

### Necesidad de proyecto en instalaciones nuevas

	P>10 kW	P>50 kW
interior	si incluye carga tipo 4	Sí
exterior	si incluye carga tipo 4	Sí

También en la ITC BT 52, aunque sin explicitarlo como modificaciones a otras ITC, se indica que en el proyecto o memoria técnica de diseño en edificios existentes, se debe incluir el cálculo del número máximo de estaciones de recarga que se pueden alimentar teniendo en cuenta la potencia disponible en la LGA y considerando la suma de la potencia instalada para todas las estaciones de recarga afectada del coeficiente de simultaneidad  $F_s$  según se disponga de SPL, (sistema de protección de la línea); o no.

La forma que prevé esta ITC para aumentar el número de estaciones de recarga por circuito disminuyendo el factor de simultaneidad  $F_s$  es evitar las sobrecargas en el circuito disponiendo de un sistema de control y reducción de la intensidad.

- Modificaciones a la ITC BT-05, “Verificaciones e Inspecciones”. Se indica que adicionalmente a los criterios establecidos en esta ITC, precisará inspección inicial cualquier instalación de recarga de VE que haya requerido proyecto.
- Modificaciones a la ITC BT-10, “Previsión de cargas...”. En concreto se declaran como de “electrificación elevada” todas aquellas instalaciones que disponen de instalación de recarga de VE en viviendas unifamiliares.
  - » En el caso de instalación del punto de recarga en plazas o establecimientos colectivos en edificios en régimen de propiedad horizontal la previsión de cargas para el punto de recarga del VE, (a efectos de sumarla a la previsión de potencias de todo el edificio); se calculará multiplicando 3.860 W por el 10% de las plazas de aparcamiento construidas y el resultado se afectará del coeficiente de simultaneidad que corresponda.
- Modificaciones a la ITC BT-16, “Instalaciones de enlace. Concentración de contadores”. Como elementos adicionales específicos para instalaciones de recarga de VE, se establecen según el tipo de esquema de conexión empleado:
  - » Unidad de medida
  - » Elemento de mando y protección
  - » Elemento de protección de la línea general de alimentación, llamado SPL
- Modificaciones a la ITC BT-25, “Instalaciones interiores en viviendas...”. La modificación a esta ITC hace referencia a la necesidad de diferenciar el/los circuito/s destinados a recarga de VE y se establece como ha de ser este circuito en aparcamientos individuales o colectivos no sometidos al régimen de propiedad horizontal, (en cuyo caso queda sustituido por los esquemas de conexión correspondientes instalados en las zonas comunes).
  - » Se prescribe la instalación de un circuito adicional cuando esté prevista al menos, una plaza de estacionamiento para VE no sujeta al régimen de propiedad horizontal.
  - » Este circuito dispondrá de un interruptor diferencial exclusivo, estará compuesto por conductores de sección mínima 2,5 mm<sup>2</sup> que estarán alojados en tubos o conductos de 20 mm de diámetro, alimentando un mínimo de 1 toma y un máximo de 3 por circuito.

» A efectos de cálculos deben preverse unos factores de simultaneidad  $F_s$  y de utilización  $F_u$  de valor “1”.

» Las potencias instaladas normalizadas son:

$V_{nom}$ (V)	Protección magnetotérmica en origen, (A)	$P_{inst}$ (W)	Estaciones/circuito
230	10	2300	1
	16	3680	1
	20	4600	1
	32	7360	1
	40	9200	1
230/400	16	11085	1 a 3
	20	13856	1 a 4
	32	22170	1 a 6
	40	27713	1 a 8
	50	34641	1 a 9
	63	43647	1 a 12

Estas potencias están calculadas para una potencia unitaria de 3.680W. En el proyecto se pueden ampliar o reducir el número de estaciones de recarga si justifica una potencia instalada por estación inferior o superior.

» Este circuito adicional se nombra como  $C_{13}$

### 2.3. MODOS DE CARGA

Aunque en el bloque anterior se describían de forma resumida los tipos de carga,

volvemos a explicarlos aquí, pero de forma más orientada a la instalación, basándonos en el contenido de la norma IEC 61851-1.

- **Modo 1:** está pensada para recargas lentas en CA sin disponer de conector específico para VE, con la instalación protegida diferencial y magneto térmicamente en el lado de la instalación fija, permitiendo unos ciclos de carga como los siguientes
  - » 16A por fase, (3,7 kW – 11 kW)
- **Modo 2:** está pensada para recargas lentas en CA sin disponer de

conector específico para VE, con la instalación protegida diferencial y magneto térmicamente en el lado de la instalación fija, permitiendo unos ciclos de carga como los siguientes:

- » 32a por fase, (3,7 kW – 22 kW)
- **Modo 3:** permite cargas lentas o semi-rápidas en CA monofásica o trifásica, con un conector específico para VE, con la instalación protegida en el lado de la estación de recarga, y los ciclos de carga dependiendo del conector que se emplee.
- **Modo 4:** permite cargas en cc con los ciclos de carga dependiendo de la estación de recarga que se emplee. La instalación se protege en el lado de la estación de recarga.

## 2.4. ESQUEMAS DE CONEXIÓN

La ITC BT-52 define tres tipos básicos de sistema de conexión estación de recarga – VE dependiendo de si el cable de conexión es solidario a la instalación fija o al VE:

Casos de conexión	Cable es...	Lado VE	Lado estación de recarga
A	Fijo y solidario al VE		clavija
B	Independiente, (acceso del VE)	conector	clavija
C	Fijo y solidario a la estación de recarga	conector	

De forma gráfica:

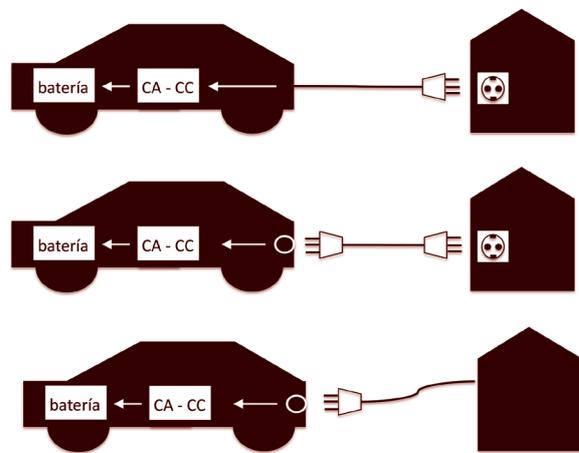


Fig. 2.2. Conexiones tipo A, B y C

También en la ITC BT-52 se indican 4 tipos de esquema de instalación, (tanto si son instalaciones nuevas como si son modificaciones de ya existentes):

- **Esquema “1” colectivo o troncal con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en las estaciones de recarga.**

Este esquema supone una práctica separación de los circuitos de electrificación de la vivienda y los destinados a VE, pudiéndose optar por emplear la misma centralización de contadores, o instalar una nueva, solo en el caso de que no hubiese espacio en la centralización existente o se hubiese agotado el espacio de la misma.

El esquema de conexión es el siguiente:

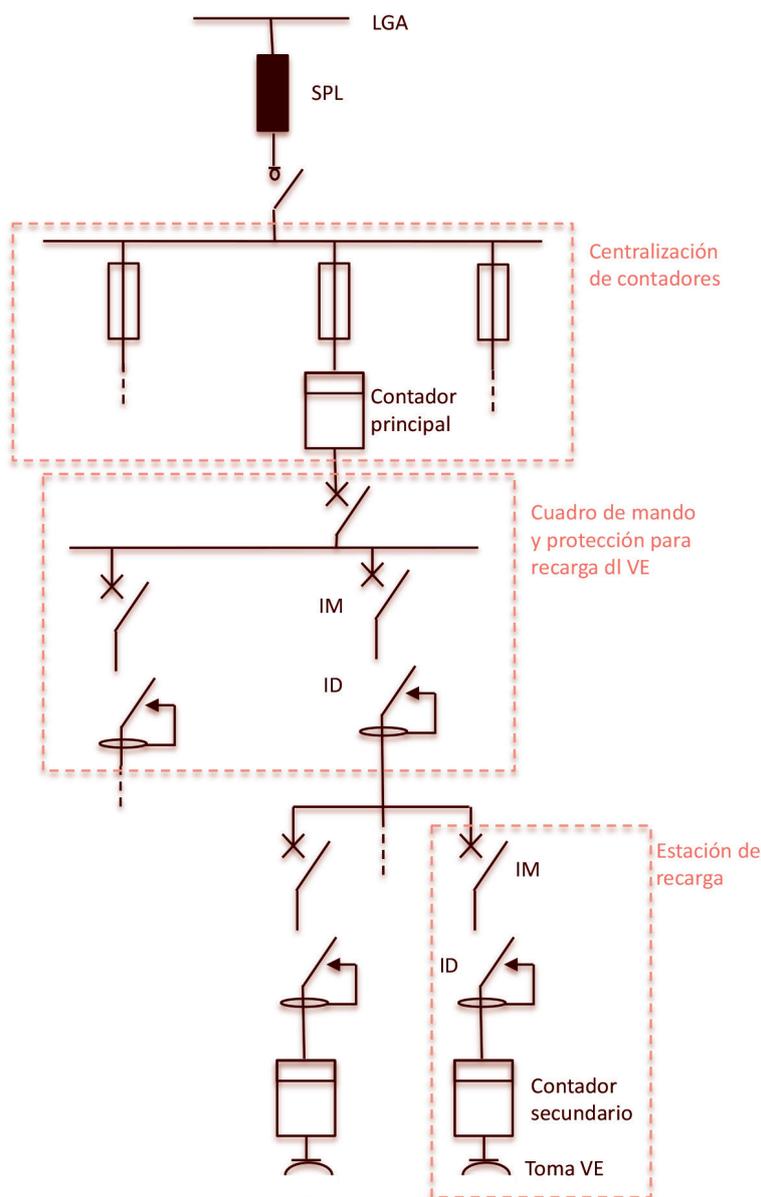


Fig. 2.3. Esquema “1” de conexión con instalación colectiva troncal con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en las estaciones de recarga

Los contadores secundarios en las estaciones de recarga pueden ser comunes, como es el caso de la figura anterior, o bien disponer cada estación de recarga de su propio contador y la protección de cada uno de los circuitos de recarga se puede realizar tanto

con fusibles, como con interruptores automáticos, como es el caso de la figura siguiente. La instalación del “SPL”, (sistema de protección de la LGA) se indica en la instrucción técnica complementaria que es opcional en edificación de obra nueva y en el caso

de modificaciones a instalaciones existentes queda a criterio del titular del suministro o de los propietarios. La decisión de colocar o no un SPL repercutirá en cualquier caso en el factor de simultaneidad  $F_s$  a tener en cuenta al dimensionar la instalación como se verá más adelante.

Así mismo en el caso de este segundo gráfico, (cada estación de recarga

con su propio contador) con un nueva centralización, cada circuito partirá de un interruptor automático contra sobrecargas y cortocircuitos y aguas arriba de cada uno de estos interruptores y ubicado en el mismo cuadro se instalará un interruptor general automático que proteja todos los circuitos de recarga.

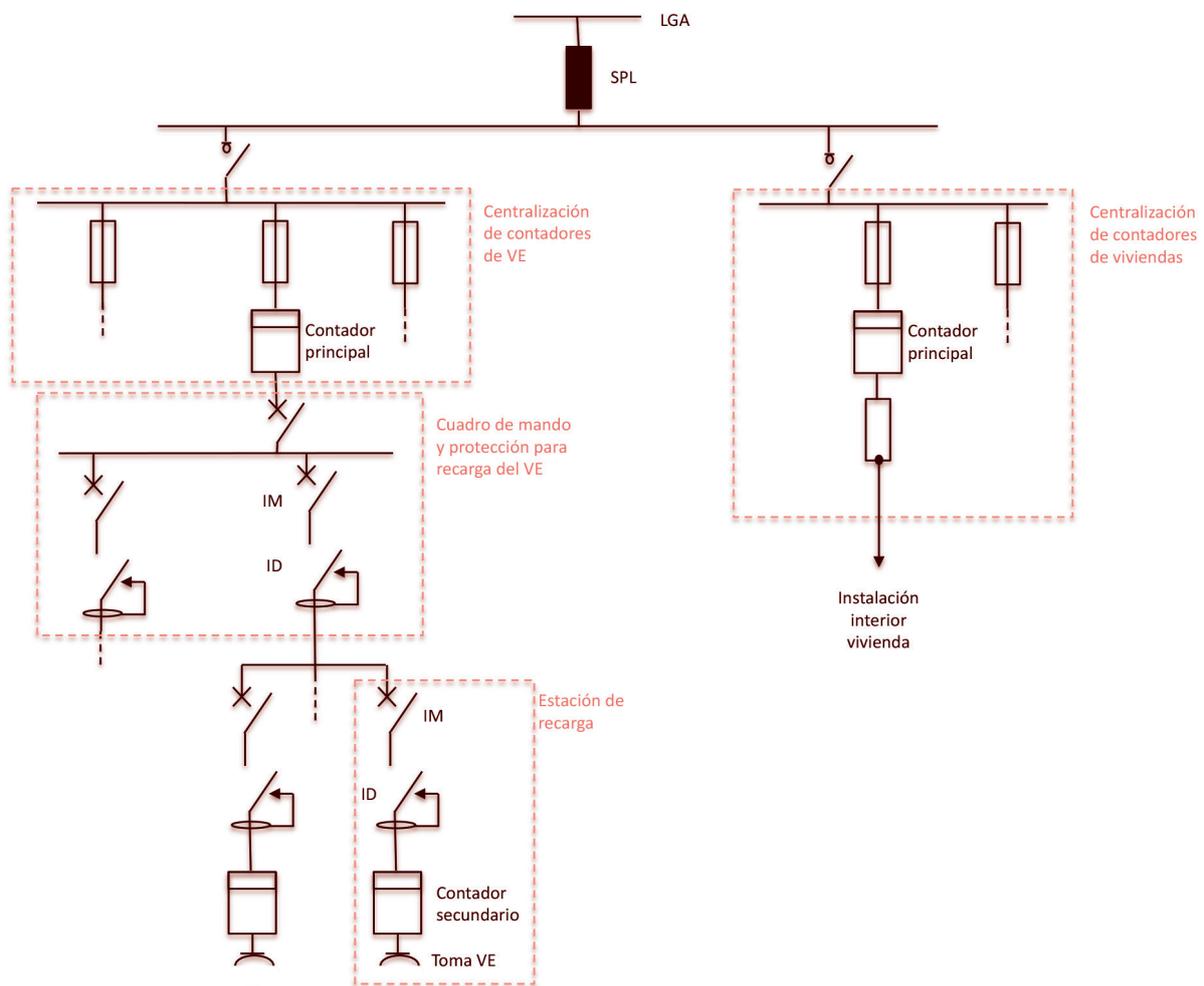


Fig. 2.4. Esquema "1" de conexión con instalación colectiva con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en cada estación de recarga con centralización de contadores específica.

- **Esquema “2” individual con contador común a vivienda y estación de recarga.**

- » En este caso se ha de justificar que el fusible de la centralización protege tanto a la derivación individual como a las estaciones de recarga, aplicándose los criterios de caída de tensión y de protección contra sobrecargas para este

circuito si fuese necesario para incrementar la sección.

- » La función de control de potencia se realizara por el contador principal sin que sea precisa la instalación de un ICP adicional. Si esta función de control de potencia es “actuable” se rearmara desde la vivienda.

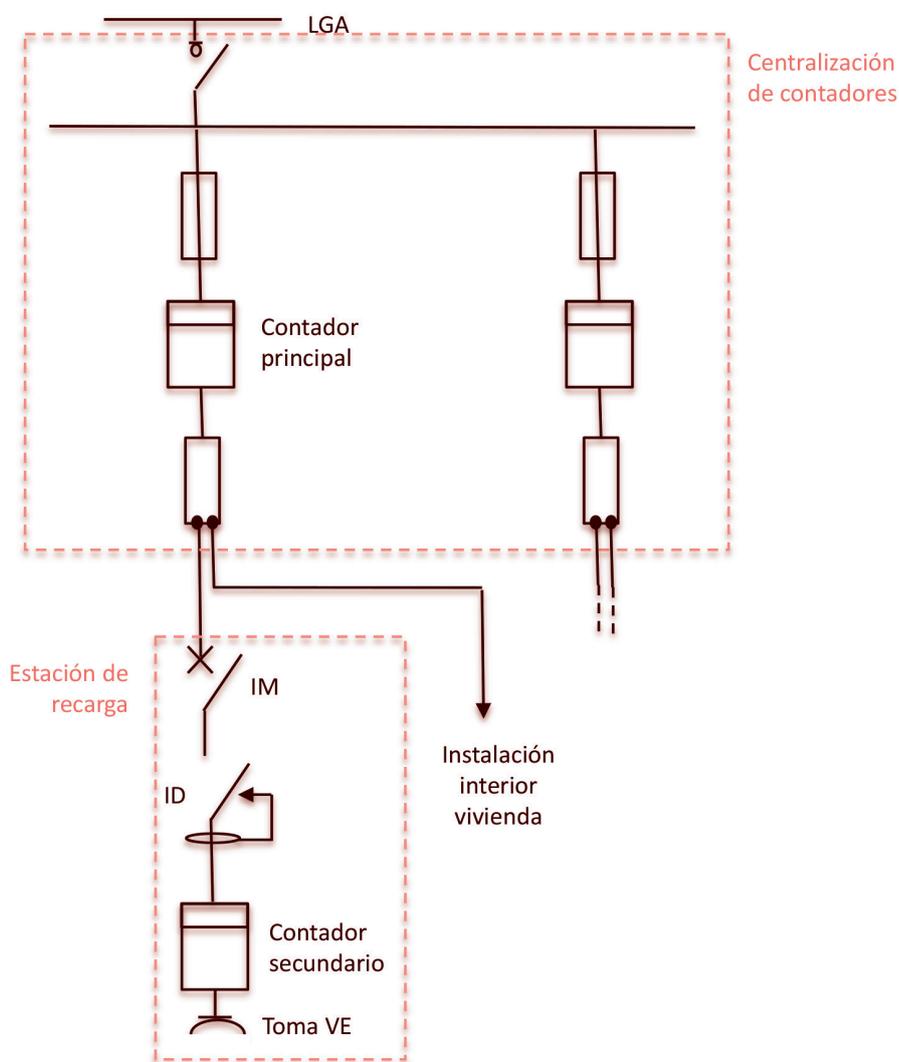


Fig. 2.5. Esquema “2” instalación individual con un contador principal común para la vivienda y para la estación de recarga.

- **Esquema “3” individual con contador para cada estación de recarga.**

Este esquema vuelve a suponer una práctica separación de los circuitos de electrificación de la vivienda y los destinados a VE, con la diferencia de que hay contadores principales tanto para las líneas de electrificación interiores como para cada una de las

estaciones de recarga, pudiéndose optar por emplear una misma centralización de contadores, o instalar una nueva, solo en el caso de que no hubiese espacio en la centralización existente o se hubiese agotado el espacio de la misma.

El esquema de conexión es el siguiente:

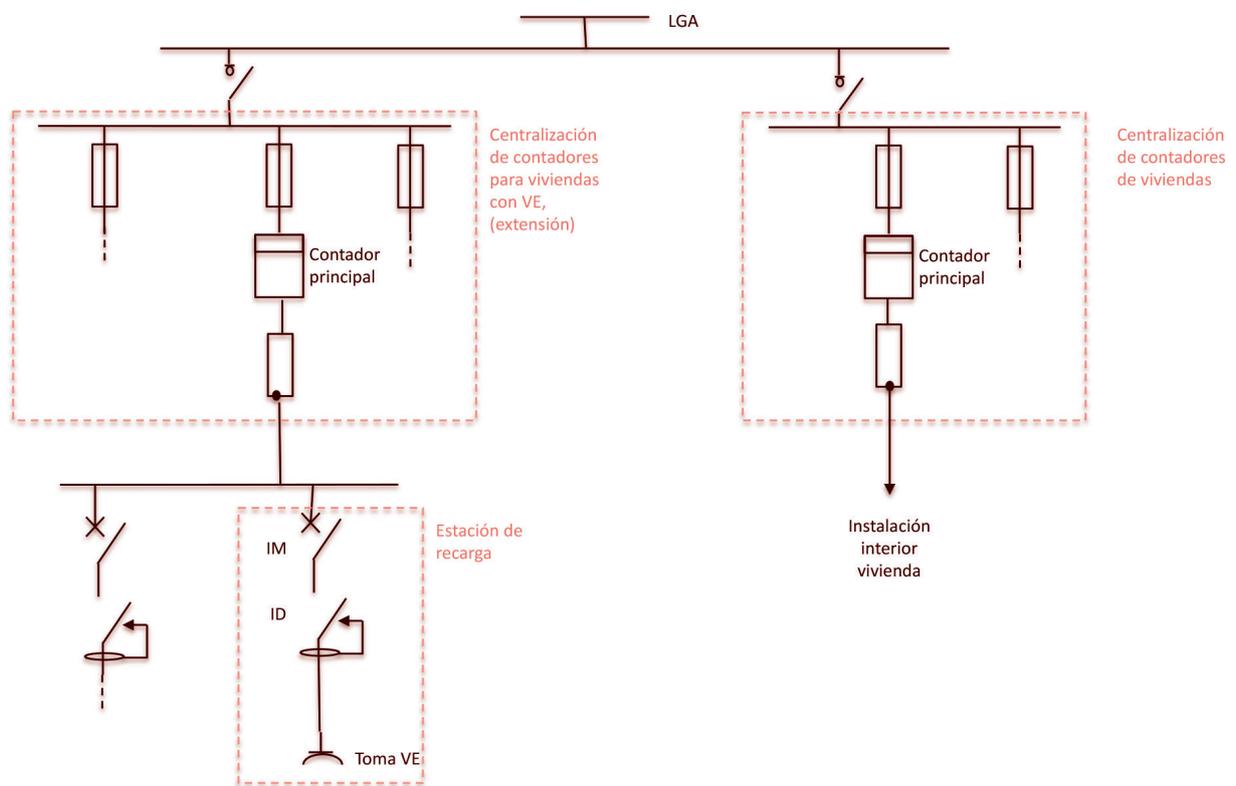


Fig. 2.6. Esquema “3” instalación individual con un contador principal para cada estación de recarga.

- **Esquema “4” con circuito/s adicional/es para recarga del VE.**

En el caso de instalación en viviendas unifamiliares bajo este esquema, el

interruptor diferencial que sigue al interruptor general automático no es preciso.

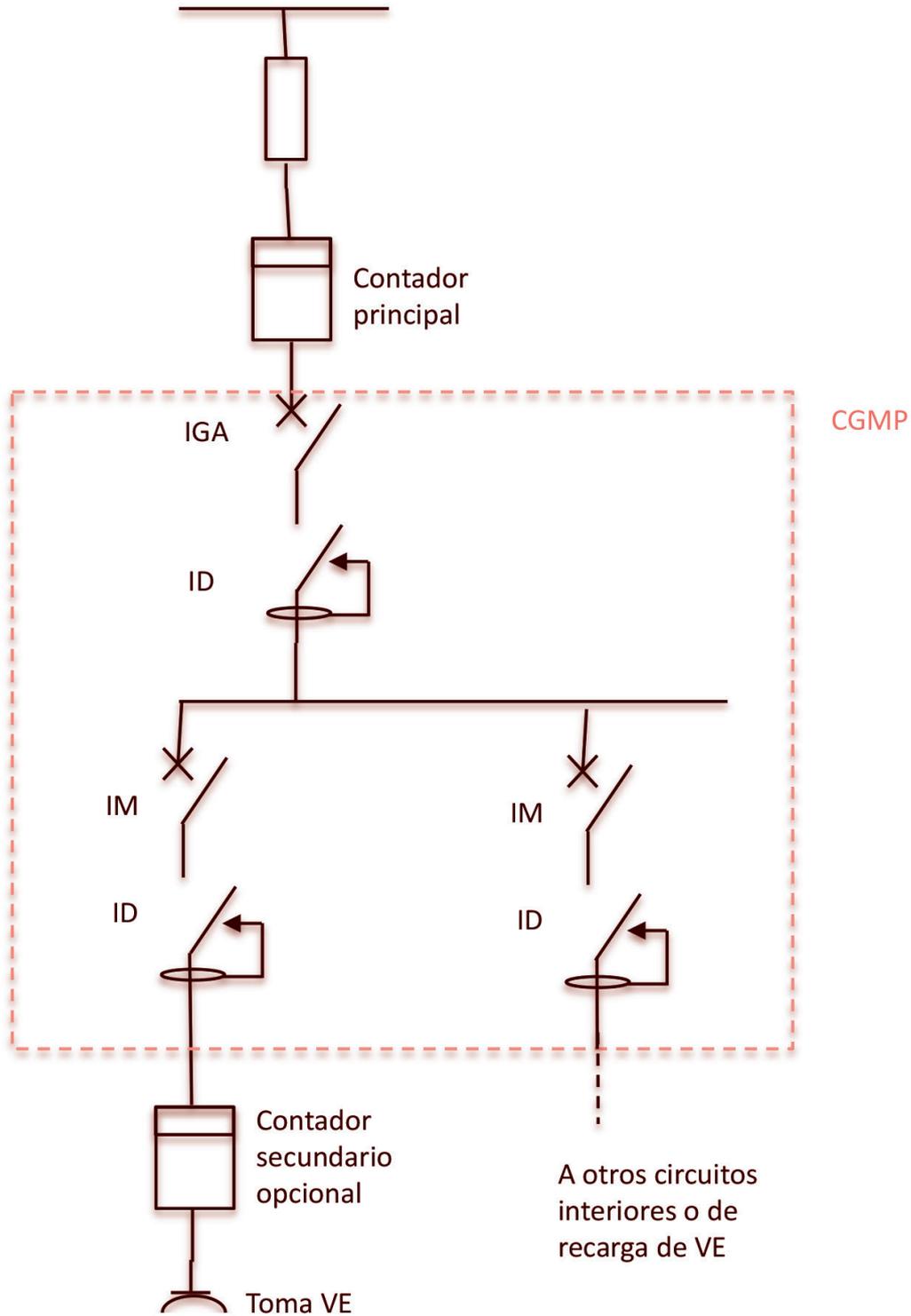


Fig. 2.7. Esquema "4" instalación individual con circuito o circuitos adicionales para la recarga

De forma resumida las principales diferencias entre la ubicación de las centralizaciones de contadores y la necesidad de contador específico para el VE:

Específico para VE	Esquema 1	Esquema 2	Esquema 3	Esquema 4
Centralización de contadores	Decisión del proyectista	No	Sí	No
Contador	Decisión del Proyectista	Opcional	No	Opcional
Separación de circuitos	Sí	No	Sí	No

La siguiente tabla indica las prescripciones de aplicación específicas para donde son de aplicación cada uno de los esquemas de conexión:

Vivienda unifamiliar	Aparcamientos colectivos en régimen de propiedad horizontal	Otras instalaciones
Sin que superen los 9200W por cada circuito C13 en alimentaciones monofásicas y equilibrando las carga en alimentaciones trifásicas.	<p>En obra nueva se dejara una preinstalación para la recarga de VE smediante derivaciones del sistema de conducción de cables de longitud inferior a 20m dimensionando estas conducciones para poder alimentar el 15% de las plazas.</p> <p>La centralización se dimensionara según el esquema eléctrico escogido y según la ITC-BT-16 instalándose como” mínimo un modulo de reserva para un contador principal y con espacio para el aparellaje asociado.</p> <p>Si se emplea el esquema “4” se seguirá lo recomendado en la ITC-BT-15, utilizando cables y canalizaciones de los mismos tipos y características que para una DI.</p>	Con centralizaciones de contadores específicos

## 2.5. PREVISION DE CARGAS

Para el cálculo de la previsión de cargas nos basamos, según la ITC BT-52 en el esquema de conexión “1”, (colectivo o troncal con contador principal en el origen de la instalación y contadores secundarios en las estaciones de recarga) y posteriormente aplicaremos factores de corrección para llevar este cálculo a otros esquemas de conexión.

El dimensionado de las instalaciones de enlace y la previsión de cargas se debe de realizar considerando un factor de simultaneidad  $F_s$  para los circuitos de recarga del VE de 0,3 si se ha instalado el SPL y de 1 cuando no se instala.

De esta forma, el cálculo de la previsión de cargas del edificio completo, teniendo en cuenta la/s estación/es de recarga queda de la siguiente forma:

$$P_{\text{edificio}} = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + A \times P_5$$

Donde:

$A = 0,3$  si se instala SPL y  $A = 1$  si no se instala SPL

$P_1$  es la carga del conjunto de viviendas afectado del coeficiente  $F_s$  según la tabla 1 de la ITC 10

$P_2$  es la carga de los servicios generales

$P_3$  es la carga correspondiente a locales comerciales y oficinas

$P_4$  es la carga de los garajes sin incluir cargas derivadas de la recarga de VE

$P_5$  es la carga prevista para el VE

La forma de trasponer estos cálculos a otros tipos de esquemas de conexión es mediante la aplicación de un factor de simultaneidad de valor  $F_s = 1$ .

## 2.6. REQUISITOS DE INSTALACIÓN

Los requisitos específicos de instalación clasificados según la parte de la instalación o tipo de material a que corresponden son los que se indican a continuación. En algunos casos, se trata de requisitos o prescripciones que ya se han ido comentando a lo largo del texto, pero que reproducimos a continuación de forma agrupada:

- **Contadores específicos:** para los esquemas de conexión “1”, “2” y “3” los contadores principales se colocarán en la concentración de contadores y si no hay espacio se habilitará un nuevo local o armario, (según la ITC BT-16); y cuando se instalen contadores secundarios, estos se colocaran en un armario, una envolvente o en el interior de un SAVE.

Los contadores secundarios tendrán al menos la capacidad de medir energía activa y serán de clase A o superior.

Cuando se empleen los esquemas de conexión “1” y “4” con centralización de contadores adicional con fines comerciales o con la necesidad de identificar consumos individuales, (por ejemplo que haya una transacción económica por la recarga); será obligatoria la instalación de contadores secundarios para cada estación de recarga.

- **Envolventes:** el cuadro de mando y protección asociado a las estaciones de recarga estará identificado en relación a las plazas asignadas. Estos cuadros, (tanto si son envolventes estándar de la instalación como si son parte de un SAVE que tenga

las protecciones integradas, deben disponer de sistemas de cierre.

En puntos de recarga en los que circulen vehículos eléctricos, el grado de protección de las envolventes frente a impactos mecánicos será IK08. El cuerpo de los cuadros eléctricos en exterior tendrá un grado de protección IK10.

- **LGA, línea general de alimentación:** se admite que la LGA tenga derivaciones de menor sección siempre que estén protegidas contra sobre intensidades. En los esquemas de conexión “1” y “3” con centralización de contadores adicional se pueden incluir en la propia caja de derivación estas protecciones, (fusibles o interruptores automáticos). La instalación para la recarga del VE puede proyectarse como ampliación de la instalación BT ya existente o con una alimentación directa de la red de distribución con una instalación de enlace propia y diferente de la ya existente.
- **Conductores:** la caída de tensión máxima admisible en cualquier circuito desde el origen hasta el punto de recarga no será superior al 5%. Los conductores a emplear, de sección no inferior a 2,5 mm<sup>2</sup> si son de cobre y no inferior a 4 mm<sup>2</sup> si son de aluminio, (en instalaciones distintas de viviendas o en aparcamientos colectivos en edificios de viviendas). El circuito para la alimentación de las estaciones de recarga deberá disponer siempre de conductor de protección y la instalación en general deberá disponer de toma de tierra.

Los cables desde el SAVE hasta el punto de conexión que formen parte de la instalación fija deben ser de tensión asignada mínima 450/750 V, con conductores de cobre aptos para uso móvil, de clase 5 o 6 y resistentes a las condiciones mecánicas, ambientales y de seguridad previstas en el lugar de uso, (abrasión, aplastamiento, presencia de aceites, deflagración, etc.). Si los cables discurren por el exterior serán de tensión asignada 0,6/1 kV.

De la misma forma que se indica en otras ITC del REBT, si se emplean conductores de aluminio, deben conectarse de forma que se evite la formación de pares galvánicos. Cuando la instalación esté alimentada en base a un esquema TN, para permitir el uso de interruptores de protección diferencial solo se empleará el esquema de conexión de neutro TN-S.

En los sistemas de conducción de cables empleados en lugares de instalación con circulación de vehículos, que no aporten protección mecánica, esta se garantizará mediante la utilización de cables armados.

Adicionalmente se debe de prever la conexión de los postes de recarga a la red de tierras mediante conductores aislados de tensión asignada 450/750 V, normalizados con cubierta amarillo-verde, de cobre y de 16 mm<sup>2</sup> de sección mínima.

- **Canalizaciones:** se deben de seguir cumpliendo las prescripciones del

REBT en función del tipo de local en el que va a ser instalado el punto de recarga, (pública concurrencia, características especiales, etc.). Cuando haya riesgo de daño mecánico, (en áreas de circulación de vehículos, por ejemplo); el grado de protección de las mismas frente al impacto será de valor 4 con una resistencia mínima a la compresión de valor 5.

Si se emplean canales protectoras tendrán un nivel de resistencia a impactos mínimo IK08.

- **Dispositivos de protección diferencial:** cada punto de conexión debe de protegerse contra contactos directos/indirectos por medio interruptores diferenciales con corriente diferencial residual asignada máxima de 30 mA, de clase A. Esta protección podrá estar localizada en el propio SAVE o bien en la instalación fija. En el caso de estar instalados en la vía pública deberán prever la opción de rearme y los instalados en aparcamientos públicos dispondrán de un sistema de aviso de desconexión o serán rearmables. Se debe de coordinar la selectividad –o el retardo– entre los diferentes dispositivos de protección diferencial instalados.
- **Dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos:** los circuitos de recarga, hasta el punto de conexión deben estar protegidos individualmente contra sobrecargas y cortocircuitos con dispositivos de corte omnipolar, de curva C, dimensionados según se indica en la ITC BT-22. Esta protección puede formar parte de la instalación

fija o estar dentro del SAVE. En función del modo de carga:

- » En las instalaciones previstas para el modo de carga 1 o 2, con tomas de corriente según UNE 20315, el interruptor automático que protege cada toma debe tener una intensidad asignada máxima de 10A. Si se emplean interruptores automáticos de 16A el fabricante ha de garantizar que la base queda protegida en condiciones de recarga lenta, con recargas diarias de 8 h a intensidad de 16A.
- » En las instalaciones previstas para el modo de carga 3, la selección del interruptor automático será aquella que haga que se garantice la correcta protección del circuito evitando disparos intempestivos durante el proceso de carga.
- **Dispositivos de protección contra sobretensiones temporales y transitorias.** Todos los circuitos deben estar protegidos contra sobretensiones de este tipo, para una máxima sobretensión entre fase y neutro de hasta 440V. Se deben instalar en el origen de la instalación o en el cuadro principal de mando y protección lo más cerca posible del inicio de la instalación eléctrica del edificio. En algunos casos, de acuerdo a la documentación de los fabricantes puede ser necesario, en función de la distancia entre el origen de la instalación y el punto de recarga, instalar un dispositivo adicional de protección contra sobretensiones

transitorias junto a la estación de recarga, de forma coordinada al instalado aguas arriba de este.

- **Bases de conexión:** deberán de situarse de forma fija junto a la plaza a la que prestan servicio, en una envolvente a una altura mínima de 0,6 m sobre el nivel del suelo y máxima de 1,2 m si está prevista para uso público, (1,2 m si se trata de plazas destinadas

a personas con movilidad reducida).

Para los modos de carga “1”, “2” o “3”, y también para estaciones de recarga monofásicas ca de menos de 3,7 kW, las bases de toma de corriente o conectores instalados en cada estación de recarga y sus protecciones deberán ser conformes a alguna de las siguientes opciones para conexiones monofásicas:

Base o conector según	Intensidad asignada punto de conexión	Interruptor automático de protección de punto de conexión (A)	Modos de carga previstos	Ubicación posible del punto de conexión		
				Viviendas unifamiliares	Aparcamiento en edificios de viviendas	Otras instalaciones
UNE-EN 20315-1-2*		10*	1,2	Sí	Sí	No
UNE-EN 20315-2-11		10*	1,2	Sí	Sí	No
UNE-EN 62196-2 tipo 2**	16		3	Sí	Sí	Sí
UNE-EN 62196-2 tipo 2**	32		3	Sí	Sí	Sí

\* = o 16 si se garantiza la protección en carga lenta en recargas diarias de 8h a 16<sup>a</sup>

\*\* = Las estaciones de recarga distintas a las previstas para el modo 4, en lugares públicos estarán preparadas para el modo de recarga 3 con bases de corriente de tipo 2.

También para los modos de carga “1”, “2” o “3”, para conexiones trifásicas:

Base o conector según	Intensidad asignada punto de conexión	Interruptor automático de protección de punto de conexión (A)	Modos de carga previstos	Ubicación posible del punto de conexión		
				Viviendas unifamiliares	Aparcamiento en edificios de viviendas	Otras instalaciones
UNE-EN 62196-2 tipo 2	16	Integrada en SAVE o cálculo específico	3	Sí	Sí	Sí
UNE-EN 62196-2 tipo 2	32	Integrada en SAVE o cálculo específico	3	Sí	Sí	Sí
UNE-EN 62196-2 tipo 2	63	Integrada en SAVE o cálculo específico	3	No	No	Sí

Para potencias entre los 3,7 kW y los 22 kW en ca los puntos de recarga estarán equipados al menos con bases o conectores de tipo 2 y para potencias mayores a 22 kW con conectores al menos de tipo 2.

En el modo de recarga 4, los conectores serán del tipo “combo 2” según EN62196-3.

- **Iluminación:** se garantizará que en el inicio y fin del proceso de recarga exista un nivel de iluminancia horizontal mínima a nivel de suelo de 20 lux en instalaciones interiores y de 50 lux en instalaciones exteriores. La alimentación para la iluminación del punto de recarga puede obtenerse

del propio circuito que alimenta el punto de recarga.

- **Filtros correctores de armónicos:** cuando en una misma instalación haya más de cinco estaciones de recarga se estudiará la necesidad de instalar filtros correctores de armónicos.
- **Alimentación:** En los modos de carga “1”, “2” y “3”, la tensión nominal de la instalación eléctrica para recarga de VE es de 230/400 V en ca. Si la red es trifásica y la tensión es de 127/220 se tendrá que transformar esta a trifásica 230/400 V. En el modo de recarga “4” la tensión de alimentación a la entrada del convertidor ca-cc puede llegar a

ser de 1.000 V en trifásico ca o de 1500 V en cc.

- **Red de tierras:** tanto en instalaciones de recarga en la vía pública como en aparcamientos públicos a la intemperie se realizará una instalación de puesta a tierra de forma que se asegure en cualquier situación que no se producen tensiones de contacto mayores a 24 V en las partes metálicas accesibles.

Cada poste de recarga dispondrá de un borne de puesta a tierra conectado al circuito general de tierras de la instalación. El conductor de protección que une el poste de recarga con la red de tierras será aislado de tensión asignada 450/750 V, normalizados con cubierta amarillo-verde, de cobre y de 16 mm<sup>2</sup> de sección mínima.

Los conductores de la red de tierras podrán ser desnudos de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima ubicados fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación, o aislados de tensión asignada 450/750 V, normalizados con cubierta amarillo-verde, de cobre y de 16 mm<sup>2</sup> de sección mínima.

Por último las conexiones de tierra se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos que garanticen un contacto permanente y protegido contra la corrosión.

## 2.7. LUGARES DE INSTALACIÓN

Los puntos de recarga pueden instalarse tanto en el interior de edificaciones como en

el exterior. Para las instalaciones más críticas –las de exterior– se deben de considerar, al igual que en cualquier instalación eléctrica, factores como la penetración de elementos sólidos, líquidos, la corrosión del medioambiente y la posibilidad de impactos.

- Protección contra la corrosión: se debe tener en cuenta lo especificado en la ITC BT-30.
- Protección contra penetración de cuerpos sólidos y acceso a partes peligrosas:
  - » En exterior: las canalizaciones deben garantizar un grado de protección mínimo IP4X o IPXXD. las estaciones de recarga y cuadros eléctricos tendrán un grado mínimo IP5X
  - » En interior: las estaciones de recarga y cuadros eléctricos tendrán un grado mínimo IP4X o IPXXD
- Protección contra proyecciones de agua/líquidos, seguir los requerimientos de la ITC BT-30, (capítulo 2) garantizando en las estaciones de recarga y cuadros eléctricos relacionados una protección mínima IPX4. Si la base o conector de toma de corriente no proporciona la protección mínima IPX4 deberá ser la estación de recarga en su totalidad la que lo proporcione.
- Protección contra impactos: la protección de las estaciones de recarga y otros cuadros eléctricos asociados deberá ser contra impactos de severidad elevada, (AG3) pudiéndose colocar el material

eléctrico en lugares sin riesgo de impacto, empleando protecciones mecánicas adicionales, instalando cuadros eléctricos, canales protectoras y estaciones de recarga con el índice IK08 contra impactos mecánicos externos, canalizaciones con resistencia al impacto de grado 4 y una resistencia a la compresión de valor 5 o combinando a la vez varias de las medidas anteriores. Si el sistema de conducción no aporta protección mecánica a los cables, se deberán emplear cables armados.

## 2.8 PRODUCTOS Y RECOMENDACIONES DE FABRICANTES

Los fabricantes de elementos para instalaciones de recarga de VE van más allá de los simples productos para conformar dichas instalaciones de recarga, suministrando kits o conjuntos completos así como en especial sistemas de coordinación de estructuras múltiples de recarga, de gestión de pago y/o de uso compartido.

En particular se trata de una gestión dinámica de la energía encaminada a:

- Asegurar la calidad del servicio en términos de continuidad.
- Optimizar el coste de operación, TCO (Total Cost of Ownership) tanto en la vertiente de los costes, como en la de maximización de los ingresos.

La optimización del coste de operación, implica además de conocer los valores de facturación individuales - en casos de gestión de flotas o puntos de recarga abiertos al público - gestionar también la carga máxima

conectable y tratar de que esa recarga se realice de la forma más económica posible, (horario supervalle, etc.).

El aseguramiento de la calidad del servicio toma sentido en cuanto a asegurar la continuidad de recarga sin interrupciones de suministro debidas a sobrecargas originadas por la propia instalación de recarga de varias formas:

- Reduciendo la cantidad de energía de forma común y proporcional a todos los puntos de recarga de un sistema.
- Reduciendo selectivamente en algunos puntos de recarga no prioritarios la cantidad de energía. En este caso es necesario que al iniciar la recarga el propietario o usuario del VE se identifique ante el sistema de gestión de recarga de forma que el sistema conozca su nivel de prioridad. Usualmente esta identificación se realiza con tarjetas RFID a las que previamente se ha dado de alta en el sistema de gestión cargando el nivel de prioridad de cada usuario en concreto.
- Reduciendo o incluso interrumpiendo la energía de forma concreta a aquellas estaciones que más energía estén consumiendo durante el proceso de recarga.

Esta propiedad de selectividad e incluso desconexión de la recarga está disponible en algunas estaciones de recarga incluso destinadas a entornos domésticos.

En los casos de gestión dinámica de un conjunto de estaciones de recarga, obviamente el software que se encarga de la gestión proporciona funciones adicionales a la de asegurar la continuidad de servicio como

la gestión y supervisión en modo remoto, el análisis de estadísticas de recarga, (cargas horarias, curvas de demanda, etc.) la conexión y desconexión remota de estaciones de recarga puntualmente o el control de armónicos introducidos en red por los procesos de carga.

Esto es posible gracias a que cada estación transmite los datos de carga a una unidad central (por medio de GPRS, línea dedicada, etc.); que los procesa; e incluso algún fabricante consultado ofrece servicios cloud de almacenamiento de esta información.

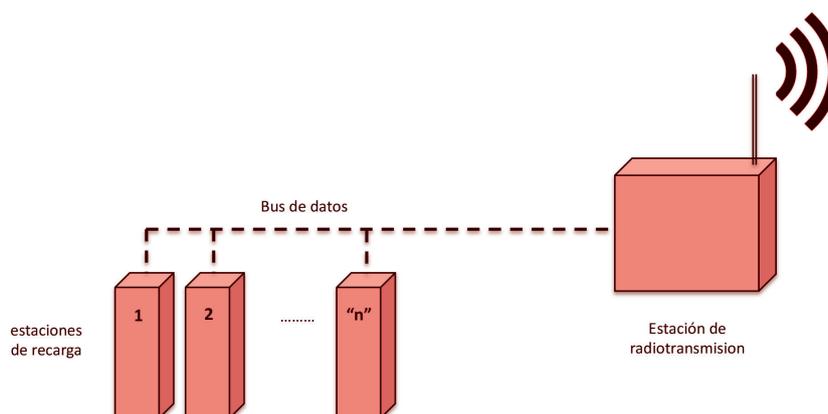


Fig. 2.8. Estación de recarga múltiple con conexión remota

Se recomienda el uso de estos sistemas de gestión de la energía en estaciones que alimentan tanto a un edificio como a los puntos de recarga asociados cuando la relación

entre la potencia máxima de recarga sea una gran parte de la energía total consumida por el edificio.

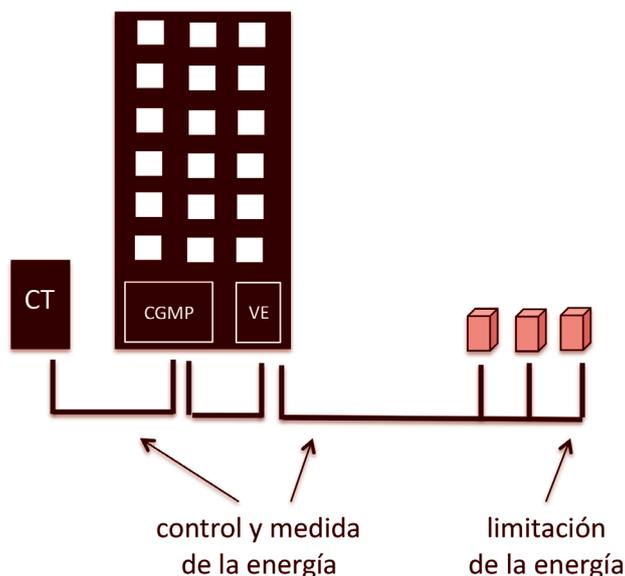


Fig. 2.9. Esquema de una estación de recarga múltiple en un edificio gestionada con software/comunicación específicos