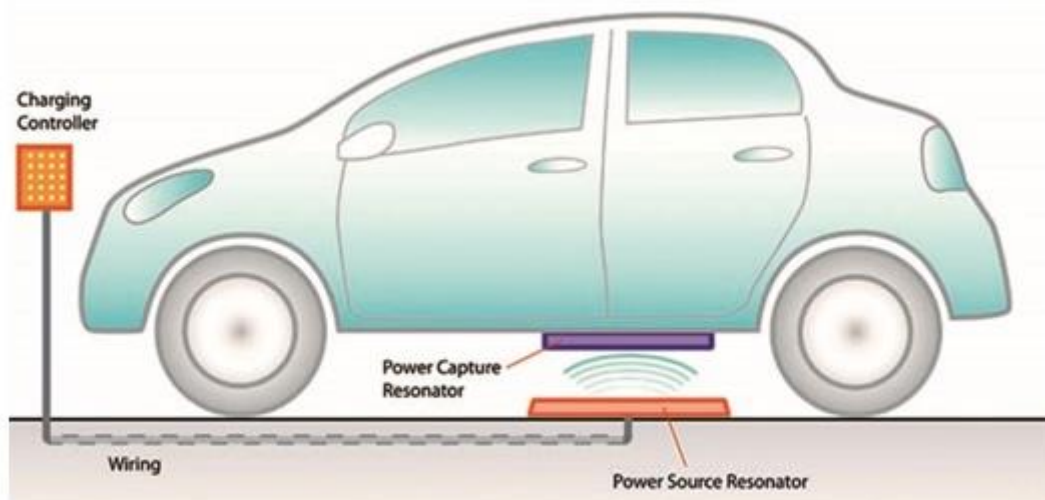


La problemática de la carga inalámbrica en vehículos eléctricos.

La transmisión de energía sin cables para suministrar energía a dispositivos y equipos eléctricos y para cargar se ha contemplado a partir de los tiempos de Nikola Tesla. Sin embargo, esto no fue posible en ese momento porque las tecnologías habilitadoras asociadas no estaban disponibles. En 2007 se logró un gran avance con este fin cuando los investigadores encendieron una lamparita de una fuente de energía inalámbrica a una distancia de dos metros. Se ha avanzado mucho en este campo desde este gran éxito. La carga de vehículos eléctricos (EV) es una de las muchas otras áreas donde la opción de *transferencia inalámbrica de energía* (WPT, Wireless power transfer) tiene un buen potencial y se está explorando activamente debido a sus muchas ventajas. Es por ello que la recarga inalámbrica es una de las grandes apuestas y su estandarización una labor que hay que hacer hoy para evitar incompatibilidades entre modelos, estaciones de carga y comunicaciones. Tanto los fabricantes de automóviles como los de las nuevas estaciones de carga inalámbrica han de velar por la interoperabilidad entre vehículos y cargadores.

Sin duda alguna la practicidad de la recarga inalámbrica esta fuera de discusión. El conductor no tiene contacto físico alguno con cables/conectores, no obstante, por el momento, el sistema inalámbrico adolece de un problema inherente a su naturaleza. Esto es: *capacidad limitada de transferencia de energía*. En un momento en que las empresas del rubro están en una carrera frenética para recargar las baterías de los ve en el menor tiempo posible, con la idea de igualar los tiempos de repostaje de vehículos con combustible líquido, esta tecnología está un poco rezagada. Veamos de qué se trata.



Sistema de carga inalámbrica a 11 kW

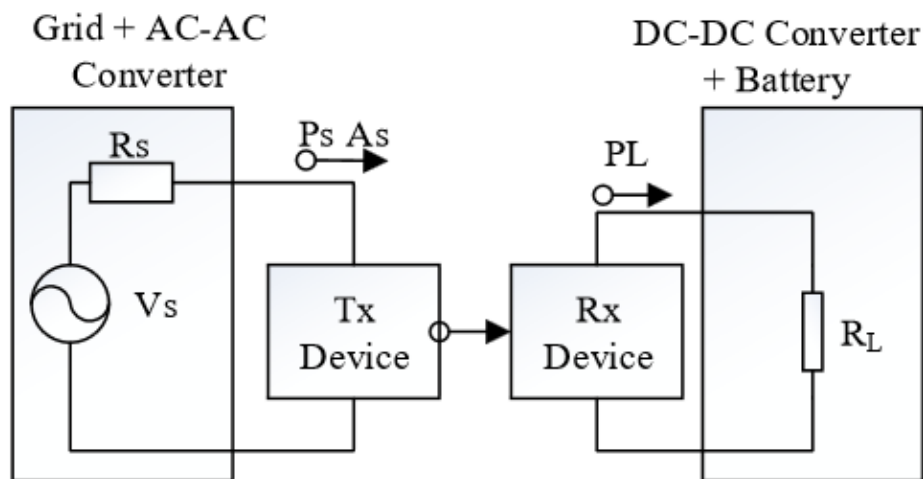
Breve panorama sobre la transferencia inalámbrica de energía (WPT).

Los sistemas WPT utilizados para la carga inalámbrica se pueden dividir en las siguientes tres categorías con respecto al estado de movimiento del EV:

- (a) WPT estacionario (SWPT), Stationary wireless power transfer
- (b) WPT semi o cuasi dinámico (QDWPT), Quasi dynamic wireless power transfer
- (c) WPT Dinámica (DWPT). Dynamic wireless power transfer

Con el SWPT, un vehículo estacionario se carga usando el WPT.

Cuando se compara con el cargador con cable para enchufar, el SWPT es diferente solo en la transferencia inalámbrica de energía. El SWPT es eficiente en áreas urbanas donde las estaciones pueden instalarse para cargar vehículos. En el sistema SWPT, se utilizan dos almohadillas. Uno como receptor, instalado en el vehículo y el otro como emisor, para transmitir, instalado en el cargador.



Hay un espacio de aire entre los lados de transmisión y recepción, y la transferencia de energía entre los dos lados se debe al acoplamiento entre ellos.

El QDWPT se utiliza para la carga a corto plazo, por lo que puede instalarse en las paradas de autobuses y taxis. Las paradas temporales en los semáforos también se pueden usar para energizar vehículos eléctricos mediante este sistema.

En un sistema DWPT, la energía eléctrica se transmite al vehículo utilizando un medio inalámbrico mientras está en movimiento. No hay necesidad de detenerse y esperar a que se cargue el vehículo.

Cada uno de los sistemas SWPT, QDWPT y DWPT se puede lograr utilizando el IPT (Inductive power transfer) o el CPT (Capacitive power transfer). Los despliegues a escala comercial, en la actualidad, utilizan el IPT debido a su mayor capacidad de transferencia de energía con una mayor brecha entre el transmisor y el receptor en comparación con el CPT. Sin embargo, las implementaciones IPT de SWPT, QDWPT y DWPT involucran grandes bobinas de cobre con núcleos ferrosos que hacen que el sistema sea voluminoso y pesado. Por otro lado, los prototipos e implementaciones basados en CPT usan estructuras más simples que involucran placas y láminas.

El sistema de carga resultante no solo es más liviano, sino también rentable. Sin embargo, los niveles de transferencia de energía son más bajos, el espacio de aire también es bastante pequeño. Debido a la simplicidad y la rentabilidad, se están realizando investigaciones para superar estas deficiencias de los sistemas de carga SWPT, QDWPT y DWPT basados en CPT.

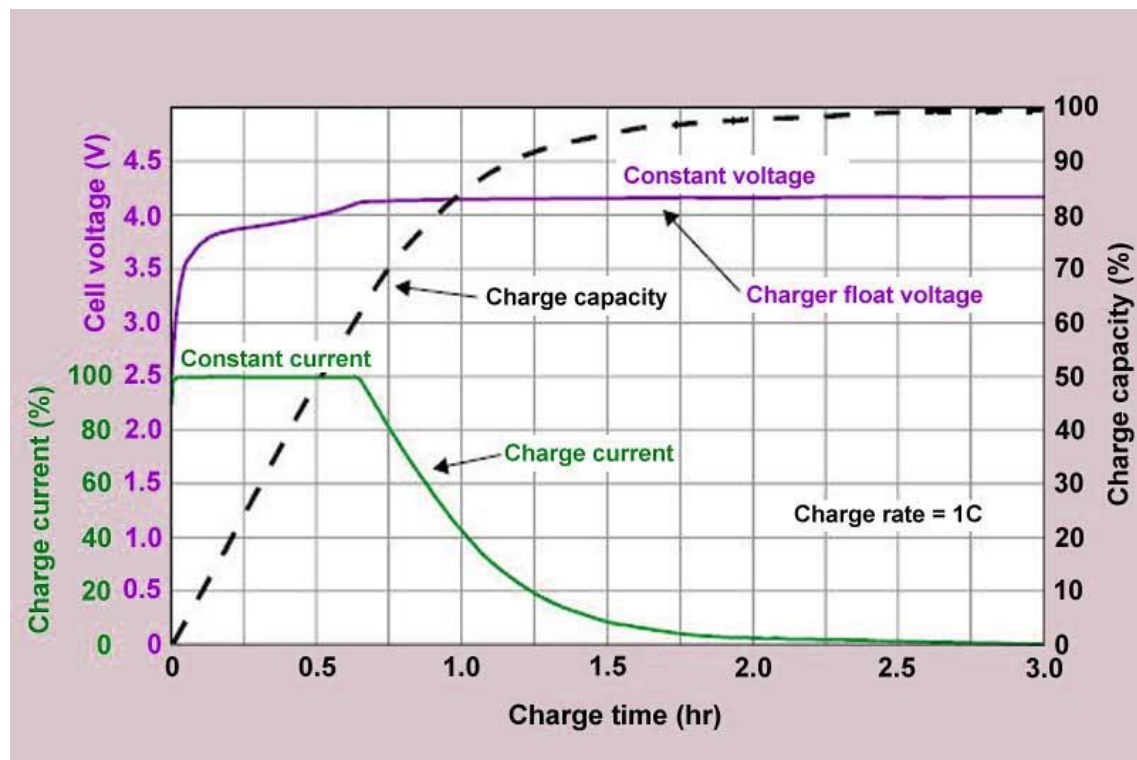
Algoritmo de carga eléctrica

El proceso correcto de carga de las baterías implica dos modos o fases.

1.- En un modo, la corriente de carga es constante y se permite que varíe el voltaje de carga. Se conoce como la carga de *corriente constante* (CC).

2.- En el otro modo, el voltaje de carga se mantiene fijo y se permite que cambie la corriente de carga. Esto se denomina carga de *voltaje constante* (CV).

Al comienzo del proceso de carga de una batería descargada, se utiliza el modo CC. La corriente de carga generalmente se mantiene en casi el 10% de la capacidad nominal de la batería.



Tan pronto como el SoC (State of Charge) de la batería alcanza cerca de su capacidad nominal, digamos el 80%, el modo CV se usa para cargar la batería.

Esto asegura un proceso de carga fluido sin sobrecalentar ni dañar la batería, aunque puede requerir un período de tiempo más largo para cargarla. Si se usa el modo CV para cargar una batería agotada al principio, entonces puede resultar una corriente de carga fuerte que puede sobrecalentar o dañar la batería. Por lo tanto, el modo CV generalmente no se usa cuando una batería está cargada a menos del 80% de su capacidad total.

De manera similar, si el modo CC se usa para cargar una batería cerca de la capacidad nominal, entonces puede resultar en una sobrecarga de la batería, lo que también puede sobrecalentarla o dañarla.

La capacidad de transferencia de energía y la pérdida de energía también pueden verse afectadas. Sin embargo, la variación en el voltaje de la batería no afecta el circuito de resonancia. La desalineación también tiene un efecto insignificante en la resonancia debido a la autoinducción de las bobinas. Por lo tanto, es apropiado que las baterías se carguen usando el modo de carga CC cuando el SoC cae muy por debajo de la capacidad nominal debido a la variación de la carga. El factor de potencia de entrada del inversor y la eficiencia se pueden mejorar utilizando este método.

SAE J2954, el estándar para el protocolo de carga inalámbrica

Las especificaciones de SAE y los procedimientos de validación para los cargadores tanto del vehículo como de la infraestructura son definidos en el SAE J2954.

El estándar final del SAE J2954™ se publicó en año 2018 en base a los datos de pruebas de vehículos reales. Inicialmente se estandarizaron las potencias de 3,7 y 7,7 Kw luego en el año 2017 se establecieron los de 11 kW.



Sistema de recarga inalámbrica Qualcomm Halo

Se utilizaron bobinas circulares WTP1 y WTP2, correspondientes a potencias de 3,7 y 7,7 kW. Posteriormente el grupo de trabajo se reunió en el año 2017 para discutir otros aspectos de la norma y estandarizar la recarga inalámbrica a 11 kW de potencia (WTP3). Las bobinas WTP4 se reservan para la recarga a 22 kW.

Este consenso permitiría a los fabricantes de automóviles libertad de diseño para su sistema de recarga utilizando esta tipología de bobina y su electrónica de potencia,

asegurándose que serán siempre compatibles con el sistema de recarga que se instale bajo el piso.

En la siguiente tabla tenemos ejemplos de diferentes sistemas de carga estacionaria implementados para su estudio, en universidades y empresas.

Stationary wireless charging systems for electric vehicles.

Organisation	Year	Vehicle type	Power (kW)	Frequency (kHz)	Air gap (mm)	Efficiency (%)
University of Auckland (UoA)	1997	Golf car	20	30	50	90
	2002	Mini bus	60	30	30	90
	2010	Car	3	30	200	85
KAIST	2009	Golf bus	3	20	10	80
	2014	Car	15	20	180	80
	2016	Prototype	3.3	90	200	96
WiTricity Corporation	2010	Car	3.6	85	100-250	90
	2010	Car, SUV	7.7	85	100-250	90
	2019	Car, SUV	11	85	100-250	90
Conductix Wampfler	2010	Bus	20	20	-	-
Qualcomm Halo	2010	Car	3.6	85	160-220	90
	2010	Car	7	85	160-220	90
	2017	Car	20	85	160-220	90
Plugless Power	2011	Car	3.3	19.5	100	90
	2013	Prototype	3.6	19.5	100	90
	2016	Car	7.2	19.5	100	90
Oak Ridge National Laboratory (ORNL)	2012	Prototype	3.3	19.5	100-160	90
	2013	Prototype	6.6	19.5	100-160	80
	2014	Prototype	10	19.5	100-160	89
	2018	Prototype	50	88.5	150	95
	2018	Prototype	120	88.5	152	97
Bombardier Primove	2013	Car	3.6	20	10 - 30	85
	2013	Car, SUV	7.2	20	10 - 30	85
	2014	Car, SUV	22	20	10 - 30	85
	2014	Bus	200	20	10 - 30	85
Toshiba	2014	Car	7	-	170	-
	2017	Bus	44	85	100	-
Wuhan University	2017	Prototype	6	100	300	81
WAVE	2019	Bus	50	-	-	-
IPT Technology	-	Bus	50	-	130	92
	-	Bus	100	-	130	92

En términos generales se puede observar que los sistemas están muy limitados en la transferencia de potencia (Kw) en comparación con un sistema alámbrico si se trata de un tipo de recarga en un sitio público, de alta potencia que además necesita una instalación eléctrica compleja. Este sistema utiliza corriente continua de hasta 600 voltios y 400 amperios, y puede alcanzar los **240 kW** de potencia, por lo que se requiere de un tiempo de entre 5 y 30 minutos para cargar el 80% una batería. Otra posibilidad es emplear una corriente alterna de 500 voltios y 250 amperios, y que puede llegar a **220 kW** con un tiempo de recarga de 10 minutos para brindar una recarga del 80% de la batería.

Con este artículo se pretendió establecer una escueta comparación entre ambos sistemas (alámbrico/inalámbrico) en lo que se refiere a potencia transferida para carga de baterías de vehículos eléctricos. No obstante, podemos estar muy seguros que en ambos sistemas se sigue trabajando fuertemente para la lograr la mayor eficiencia con la máxima transferencia de potencia y máxima seguridad para el usuario.

Bibliografía:

<https://www.euronews.com/next/2022/06/24/wireless-charging-roads-for-electric-cars->
<https://tec.ieee.org/newsletter/march-2018/wireless-charging-for-electric-vehicles>
<https://www.innovationnewsnetwork.com/advantages-barriers-wireless-ev-charging-technology/21980/>

Ing. Ricardo Berizzo
Cátedra: Movilidad Eléctrica
U.T.N. Regional Rosario

2023.-