

Uso de la red eléctrica inteligente para mitigar el impacto de los vehículos eléctricos en la demanda futura de electricidad

Por

Steven Keeping, Technology Writer, NOJA Power

RESUMEN

El vehículo eléctrico (EV) ha estado sujeto a un rápido desarrollo por grandes fábricas de automóviles y los modernos EVs son capaces de completar el 85 por ciento de viajes típicos con una sola carga. Esto, junto con las reducciones en los precios de compra, están haciendo en el EV un incremento de alternativa práctica para un vehículo convencional liderando un crecimiento significativo en el tamaño de partidas de EV por sobre las épocas próximas venideras.

Las recargas simultáneas de grupos de EVs a nivel nacional colocaría carga adicional considerable en una red convencional de electricidad que ya esté en apuros de afrontar las demandas puntas. La adopción de una red eléctrica inteligente – que añade flexibilidad a la red para hacer más fácil el intercambio de diversas fuentes de energía renovable – es esencial para asegurar la energía en empresas de servicio que puedan enfrentar los requerimientos del EV en el futuro.

PARTE I: CRECIMIENTO DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Primeros desarrollos

El vehículo eléctrico (EV) – que usa motores eléctricos para propulsión accionados por montajes de baterías – tiene incluso una historia más larga que el vehículo de petróleo. Hay un entorno incierto en la fecha en que el EV fue inventado y la persona responsable; algunos le dan el crédito al húngaro Anyos Jedlik quien fabricó un modelo de auto accionado por un motor eléctrico en 1828, mientras otros apuntan a Robert Anderson de Escocia que inventó un primitivo carruaje accionado a electricidad en alguna fecha entre los años 1832 y 1839. El profesor Stratingh de Los Países Bajos (en 1835) y Thomas Davenport, un herrero de Brandon, Vermont en Los Estados Unidos (otra vez en 1835), son igualmente mencionados.

Los primeros vehículos fueron difíciles de hacer arrancar, bajos en potencia, sucios, olorosos y difíciles de conducir (particularmente cuando estos tenían que pasar cambios). Eso dejó abierta la puerta para los más limpios, más simples de arrancar y más fáciles de conducir EVs tomarán una parte del mercado.

Durante dos décadas en los comienzos del siglo XX el EV prospero junto al rápido desarrollo de la alternativa del motor accionado por combustión interna, pero las cosas fueron cambiando. En los Estados Unidos, el espíritu hogareño del auto que inclino a fijar las tendencias para el resto del mundo, el sistema de caminos desarrollados liderado por la demanda de autos para más grandes trayectorias y el descubrimiento en plenitud del petróleo crudo que redujo el precio de éste para hacerlo más barato para los motoristas promedio ^[1]. Los EVs tenían todo pero desaparecieron en 1935.

Dos factores condujeron a revivir este interés: el incremento en la contaminación del aire (que más tarde llegaría a ser parte del problema más grande del calentamiento global, debido a las emisiones de carbón antropométricas) y el incremento de los precios del petróleo. A principio de los 90, por ejemplo, el Comité de Recursos de Aire de California (CARB) comenzó a impulsar más por la

eficiencia de los combustibles, más bajas emisiones de los vehículos, con el objetivo último de que los vehículos tengan cero emisiones tales como un EV.

La crisis financiera global después del 2008 lideró más grandes presiones sobre las fábricas de automóviles para abandonar los grandes e ineficientes vehículos a combustible a favor de híbridos y EVs. En el 2011 el presidente de los Estados Unidos Barack Obama expresó el ambicioso objetivo de poner un millón de EVs “adicionales” en las calles de los Estados Unidos para el 2015. Los objetivos incluyeron “reducir la dependencia en petróleo y asegurar que América lidere el crecimiento [EV] en la industria de fabricación”.

En 4 años desde el 2008, 27.000 EVs han sido vendidos en los Estados Unidos, y desde el 2009, 29,000 en Japón y 27,800 en China. Estas partidas incluían autos populares tales como el Nissan Leaf, Tesla Model S y Mitsubishi i-MiEV (ver figura 1).



Figura 1: Mitsubishi i-MiEV es una popular elección de un moderno EV.

No obstante el crecimiento global de las partidas mundiales de EV han sido lentas y hoy día en los Estados Unidos, por ejemplo, continúa el consumo de alrededor del 21% del suministro global del petróleo en que 2/3 son usados para transporte.

Efecto de las emisiones de carbón.

Mientras los EVs todavía representan un pequeño conjunto de vehículos de hoy – un gran total de 253 EVs fueron vendidos en Australia en el 2012 – el incremento de los combustibles fósiles y el impulso de limitar las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero dentro de la atmósfera están probablemente estimulando las ventas.

En el Reino Unido por ejemplo, el respetado diario de noticias *Time* informó que desde el 2013 el mercado de EVs se verá incrementado en competencia, mandada por la caída de precios. El artículo concluye diciendo que “habrá más EVs en el mercado, y ellos serán más accesibles y prácticos”.

Debido a que ellos no usan combustibles fósiles, los EVs no producirán emisiones de carbón desde sus tubos de escape. En concordancia con el instituto de investigación de energía eléctrica de los Estados Unidos un grupo de EVs y vehículos híbridos eléctricos (PHEV – autos que usan un petróleo convencional una vez que sus principales baterías de carga están agotadas) reducirían en los Estados Unidos las emisiones de gases de efecto invernadero a 2/3 comparados con un grupo de autos a base de petróleo. El departamento de energía de los Estados Unidos estima que podría sumar hasta 9.3 billones de toneladas más desde el 2010 al 2050, pero esas ganancias solamente llegarían si la electricidad para cargar las baterías de las partidas de EVs vinieran de fuentes renovables – de otra manera las emisiones de carbón salvadas por el auto son simplemente reemplazadas por la planta de generación.

La situación hoy en día está lejos de ser perfecta. Por ejemplo el gobierno del Reino Unido “posteo” desde la oficina parlamentaria de ciencia y tecnología, estados “dando la mixtura actual de electricidad del Reino Unido (ver figura 2), de las emisiones de carbón debido al manejo de un EV que son comparables con los más eficientes autos diesel, y son alrededor del 30% menos que el promedio de los autos nuevos [petróleo]”. De la figura 2 se puede apreciar que la mixtura actual de los Estados Unidos incluye cerca del 31% de bajas identificables de recursos de cero emisión de carbón (nuclear y renovable).

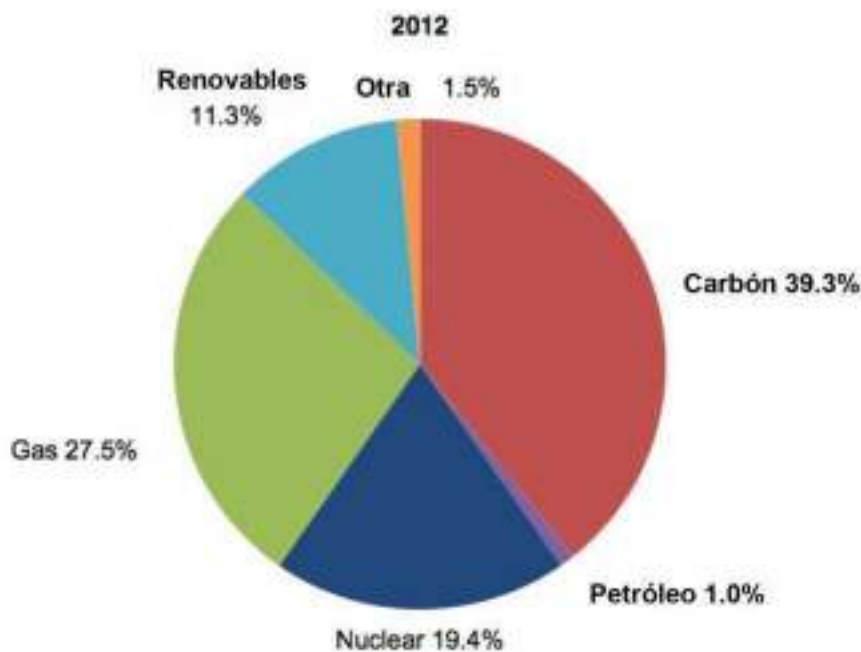


Figura 2: Mixtura de generación de electricidad del Reino Unido en el 2012

En Australia, la situación actual es peor que el Reino Unido. En el 2009 y 2010, por ejemplo la producción primaria de energía de Australia fue dominada por el carbón, que conto con el 61% de energía total, seguido por el uranio (19%) y el gas (12%). El petróleo crudo y el gas licuado de petróleo (LPG) representaron a más del 6% de la producción de energía total con contribuciones de las renovables de tan solo el 2%.

Un seminario AusGrid “Red Eléctrica Inteligente, Ciudad Inteligente”, se llevo a cabo del 2012 y revelo el impacto que esta mixtura de energía tendría sobre un EV con credenciales verdes

comparado a un vehículo idéntico en Francia, que tiene una alta proporción nuclear (sin emisiones de carbono) para su generación eléctrica. Tablas 1 y 2 ilustran el efecto del tipo de capacidad de generación que tienen una huella ambiental para el EV en comparación con la generación total de CO₂ a través del tiempo de vida de 2 vehículos, un i - MiEV y un vehículo convencional VW PoLo Diesel. En Australia debido a la alta probabilidad de que los EV serán recargados con electricidad generada por fuentes de emisiones de carbón, el i - MiEV es el peor contaminante de los 2 autos. En contraste, en Francia debido a que la probabilidad de que el EV será recargado usando electricidad a base nuclear, el i - MiEV es un vehículo mucho más limpio.

Australia- Medido para el iMiEV, estimado para el VW

Vehículo	Mitsubishi iMiEV	VW Polo Diesel
Costo/km	\$0.02	\$0.07
Peso	1,116 kg	1,140 kg
Precio de compra	\$48,000	\$21,490
Precio del combustible	\$3,162	\$9,729
Costo total del ciclo de vida ¹	\$54,762	\$43,219
Ciclo de vida total del CO ₂ (Ton)	37	26

1. Basado en 12 centavos por kWh para electricidad (fuera de punta) y 2.25 por litro de diesel.
2. El ciclo de vida total está basado en un periodo de 10 años para costo e emisiones de CO₂

Tabla 1: Emisiones de CO₂ para el tiempo de vida de un vehículo EV y un vehículo diesel en Australia. (Cortesía: Ausgrid.)

France

Vehículo	Mitsubishi iMiEV	VW Polo Diesel
Costo/km	\$0.02	\$0.10
Peso	1,116 kg	1,140 kg
Precio de compra	\$48,000	\$21,490
Precio del combustible	\$3,162	\$9,729
Costo total del ciclo de vida ¹	\$54,511	\$48,084
Ciclo de vida total del CO ₂ (Ton)	11	26

1. Basado en 12 centavos por kWh para electricidad (fuera de punta) y 2.25 por litro de diesel.
2. El ciclo de vida total está basado en un periodo de 10 años para costo e emisiones de CO₂

Tabla 1: Emisiones de CO₂ para el tiempo de vida de un vehículo EV y un vehículo diesel en Francia. (Cortesía: Ausgrid.)

Sin embargo, Australia, en sintonía con muchos países desarrollados - y en desarrollo, está trabajando hacia una contribución más grande de fuentes renovables y la implementación de la tan llamada red eléctrica inteligente. Las redes eléctricas inteligentes prometen mejorar la flexibilidad de la red de transmisión y distribución eléctrica y hacer esto más fácil para las empresas de servicio que se intercambian a fuentes renovables cuando la demanda se eleva (mientras simultáneamente se maximiza el ahorro de emisiones de carbón tales como la de los autos).

En Europa, por ejemplo, como el número de EVs se eleva rápidamente, hay serias dudas acerca de la capacidad existente de la infraestructura eléctrica para acomodar el dramático crecimiento asociado con la demanda de electricidad. Así los más preocupados son los europeos que en un proyecto financiado por la UE titulado “Innovador Modelo de Red Eléctrica Movilidad-E” (NEMO) ha sido instalado. NEMO planea evaluar el impacto de los EVs en la red de energía eléctrica y evaluar posibles soluciones tales como la extensión de la red eléctrica o la administración de carga^[9].

En Victoria, Australia, la Comunidad Autónoma Científica Australiana y la Organización de Investigación Industrial (CSIRO) ha originado un reporte^[10] que – asumiendo que los EVs comprenderán el 46 por ciento de la flota de vehículos para el 2033 – concluye: “Bajo el caso-base de rangos de penetración y demandas en carga, el incremento en la carga domiciliaría pico [debido a los EVs] será casi menos que el 10 por ciento para los días de alta demanda, pero puede ser hasta el 15 por ciento como máximo para días esporádicos y locaciones geográficas. Impactos de la demanda en punta bajo cargas fuera de punta son casi menores que el 5 por ciento”

Un estudio encargado por la Comisión Europea^[11] llegó a una conclusión similar, oficializando que “una completa electrificación del grupo europeo resultaría en una demanda adicional de cerca del 10 a 15 por ciento”.

El Foro de Transporte Internacional – un cuerpo intergubernamental que es parte de la Organización de Co-operación y Desarrollo Económico (OECD) – por ejemplo, sugiere que una red eléctrica inteligente puede hacer esto posible para que los EVs proliferen sin sobrecargar la industria de suministro eléctrico^[12].

El Departamento de Energía de los Estados Unidos estima que la capacidad de producción inactiva de la red eléctrica del país podría suministrar el 73 por ciento de las necesidades de energía de las flotas de vehículos sin la construcción de nuevas plantas de energía, pero por el uso de tecnologías de una red eléctrica inteligente que aseguren que el exceso de capacidad esté al tope en el tiempo óptimo.

La construcción de una red eléctrica inteligente favorece con la demanda de una gran partida de EVs que requieren que las empresas de servicio inviertan en Distribución Automatizada (DA) para la red eléctrica inteligente con ‘bloques de construcción’ tales como reconectores de circuito automático (ACR). Estos dispositivos actúan como interruptores y disyuntores, habilitando el redireccionamiento de energía – interconectando fuentes locales de energías renovables para el suplemento de carga base en horas de demanda punta y durante eventos de Protección de Falla, Aislación y Restauración (FPIR) – demandada por una red eléctrica inteligente para mantener la alta disponibilidad. Tal inversión proporcionaría la base para una red eléctrica que es más confiable que la infraestructura convencional, ofreciendo pocos y más cortos apagones, energía ‘más limpia’ y propiedades de ‘auto-restauración’.

Requerimientos de potencia y perfiles de carga.

La fuente primaria de energía de un EV son sus baterías. La tecnología de la batería evoluciona lentamente comparada con otros sectores de la electrónica, pero no obstante, un continuo incremento de alrededor de un 7 por ciento anual en “densidad de energía” (energía por unidad de volumen) ha percibido que el rango y velocidad de los EVs mejore gradualmente.

Los modernos EVs típicamente usan ambas celdas de hidruro de níquel metal (NiMH), ó cada vez más, las de Ion de Litio (Li-ion). El rendimiento del EV es ampliamente determinado por la densidad de energía de las baterías, el número de baterías y cuán rápido esa energía puede ser emitida. Los fabricantes usan bancos de baterías individuales para asegurar que suficiente energía esté disponible para dar un buen rango y rendimiento.

Baterías de Li-ion – que deben su herencia al sector de consumidores electrónicos y son comunes en dispositivos tales como computadores portátiles y teléfonos móviles – están llegando a ser la elección preferida por buenas razones: ellas se jactan de poseer una de las mejores densidades de energía de cualquier otra tecnología, no exhibiendo el tan llamado efecto memoria (por el que recargar antes de que la batería se haya descargado completamente restringe el llenado de mayor capacidad de recarga), y pierde carga lentamente solamente cuando no está en uso. Además, las celdas de Li-ion pueden ser recargadas miles de veces antes que fallen y son comparativamente baratas en términos de Whr/\$.

Una de las características de las baterías de Li-ion es que éstas pueden ser recargadas respectivamente rápidas por aproximadamente el 80 por ciento de su capacidad, aunque el 20 por ciento final ‘recarga al tope’ toma más. Los fabricantes incluyen electrónica que administra el perfil de cargado debido a desviaciones que dañan las baterías.

La habilidad de recarga rápida es una buena noticia para los EVs, porque esto significa que éstos podrán enchufarse por un período corto (por ejemplo mientras se esté estacionado en el aparcamiento del supermercado) alcanzarán incluso una cantidad de carga digna y debido a que las baterías de Li-ion no exhiben efectos de deterioros por estar parcialmente cargadas solamente (a diferencia de otras químicas recargables), el tiempo de vida máximo de la batería no está comprometido por sesiones de carga corta.

No obstante, la adopción de masa de los EVs requerirá que los conductores cambien sus expectativas de la capacidad de su auto. A pesar de la impresionante densidad de energía de las baterías de Li-ion (alrededor de 720 kJ/kg), éstas no llegan a una aproximación cercana de la densidad de energía del petróleo (47 MJ/kg). El hecho de que los EVs usen motores eléctricos compactos ayuda a compensar este alcance, porque los fabricantes pueden tomar ventaja del espacio tradicionalmente requerido por el motor de combustión interna para almacenar más baterías. Además, la aceleración y la máxima velocidad son perfectamente aceptables para seguir a tono con los vehículos convencionales en las saturadas calles de hoy.

La principal desventaja de los EVs es su rango. El Tesla Model S, por ejemplo, que tiene uno de los más altos rendimientos de los EVs disponibles, con características de 60 kWh por paquete de batería y que la compañía declara que el vehículo consume 188 Whr/km. Eso da un rango máximo en una batería llena de cerca 320 km ^[13].

Especificaciones más profundas de los EVs, basadas en ciclos mezclados de conducción, pueden típicamente funcionar por cerca de 150 a 250 km antes de hacer una parada. Eso es suficiente para causar una preocupación en los conductores que están acostumbrados a 600 o 800 km en un tanque de combustible fósil, pero ¿es éste promedio de 200 km de rango realmente una razón para preocuparse?

En el Reino Unido, un estudio llamado Demostradores de Bajas Emisiones de Coventry y Birmingham (CABLED) observó el uso típico de 25 Mitsubishi i-MiEVs y 20 autos Smart for Two eléctricos por encima de una distancia de 237,000 km en un período de 12 meses. El estudio encontró que por sobre el 75 por ciento de los viajes de los conductores le tomaban menos que 20 minutos, con sólo el dos por ciento de ellos usando más que la mitad de la carga de la batería. Eso significó que el 98 por ciento de la gente tenía suficiente capacidad de batería para el viaje de retorno sin una recarga hasta el tope.

De hecho, el estudio reveló que la mayoría de los conductores finalizaron sus viajes diarios con sobre el 40 por ciento de la carga de la batería aún restante y el usuario promedio solamente necesitó recargar cada 2 a 3 días, permitiéndoles planear las cargas en casa durante la noche o en su lugar de trabajo por sobre el 85 por ciento del tiempo.

La infraestructura del CTO ahora obsoleto EV australiano proporcionó un Mejor Enfoque, explicó el Dr. Alan Finkel (en una entrevista con la revista comercial *Electronics News*^[14]) que, debido a la altamente urbanizada sociedad de Australia, los vehículos con un rango de alrededor de 200 km son aptos para que la mayoría de los viajes sean alcanzados con una carga, permitiendo al usuario recargar durante la noche en el hogar.

Otro ejemplo de cómo los modernos EVs, a pesar de no aprovechar aún el rango de los autos convencionales, están demostrando perfectamente la adaptación, que viene desde la ciudad de Perth al oeste de Australia. De acuerdo el Profesor Thomas Bräunl de la Universidad del Oeste de Australia (en una entrevista con la emisora ABC australiana en su programa *The Science Show*^[15]) la distancia diaria promedio que la gente conduce en la ciudad es de 39 km.

Una fuente de energía alternativa para un EV a batería es el supercapacitor. Mientras un supercapacitor no es una batería como tal, éste cruza el límite dentro de la tecnología de la batería por su uso especial de electrodos y electrólitos. El tipo más exitoso es la versión del capacitor de doble-capa (DLC). Éste está basado en carbón y tiene un electrolito orgánico que es de fácil fabricación.

La ventaja del supercapacitor es la velocidad de carga. Teóricamente el dispositivo puede ser cargado en unos pocos segundos – aunque esto no es recomendado debido a las grandes corrientes de inrush que resultan. En aplicaciones prácticas el cargador limita la corriente y determina la velocidad de carga. El supercapacitor tiene un perfil de carga similar a las baterías de Li-ion (relativamente corrientes de fase cortas constantes por un ciclo más largo de ‘recarga al máximo’) pero pueden ser cargadas en cuestión de minutos en contraste con las horas que se toman las baterías.

Los supercapacitores tienen dos principales desventajas sobre las baterías. La primera es su inherente baja densidad de energía. Comparada con las baterías de Li-ion 720 kJ/kg, los supercapacitores tienen problemas de exceder los 100 kJ/kg. Eso significa que un banco de supercapacitores requerirá sobre siete veces más espacio del equivalente a la energía almacenada en una batería de Li-ion (ver figura 3). Los trabajos en la Universidad de California Los Angeles (UCLA) y en otros lugares apuntan a mejorar la densidad de energía de los supercapacitores al nivel de utilidad de las baterías de Li-ion, pero esto todavía está en etapas tempranas.



Figura 3: Los Supercapacitores tienen una más baja densidad de energía que la de las baterías. (Cortesía: Maxwell Technologies.)

La segunda principal desventaja de los supercapacitores es su rango de voltaje de 2.5 a 2.7 V (comparado con los 3.5 a 3.7 V para las baterías de Li-ion). Para alcanzar voltajes más altos, varios

supercapacitores son conectados en serie. Esto tiene una desventaja. La conexión en serie reduce la capacitancia total, y los arreglos de más de 3 capacitores requieren de un voltaje balanceado y si una batería de Li-ion entrega un voltaje continuo en una banda de potencia utilizable, el voltaje del supercapacitor desciende en una escala lineal desde todo a cero. Esto reduce la cantidad de potencia utilizable y mucha de la energía almacenada es dejada atrás^[16].

A pesar de esas desventajas, desarrollos más intensos de supercapacitores son probablemente para crear una alternativa práctica para futuros EVs. La habilidad para pararse un momento a cargar en un punto y regresar al camino en minutos – similar a llenar combustible en un vehículo convencional – esta convenciendo y mitigará el ‘rango de preocupación’.

Las autoridades y compañías comerciales están comenzando a apostar en la infraestructura para permitir que los usuarios de EVs a recargar al tope sus fuentes de energía durante una larga carrera. Aunque los números de estaciones son actualmente modestos, muchos países están en etapas de planificación avanzada para sus redes de carga de EV.

En Victoria, Australia, por ejemplo, el gobierno está instalando estaciones de carga en los lugares de trabajo, en el aeropuerto de Melbourne y en los estacionamientos para autos como parte de un período de prueba. Un vocero declara que las estaciones de carga han sido instaladas en ubicaciones esperadas por los conductores más que en partes del camino junto a sus rutas (ver figura 4). Con esta y otras iniciativas, Australia tiene cerca de 60 estaciones de carga activas.



Figura 4: Ejemplo de locaciones para las estaciones de carga en Victoria, Australia período de prueba.

La situación en Alemania es más avanzada con unas 1000 estaciones de carga instaladas y en un ambicioso programa para soportar un millón de EVs para el 2020, incluyendo por encima de 500 estaciones de carga solamente en Berlín.

Los Estados Unidos tienen alrededor de 3,000 puntos de carga en locaciones tan diversas como Hawái, San Diego, Seattle, Chicago y Boston. California se jacta de unas 900 de estas instalaciones^[17].

Por su parte, China está planeando desplegar 2,351 estaciones de carga y reemplazo de energía incluyendo 220,000 sitios de carga para el 2015 y 10 millones para el 2020.

Sudamérica está anunciando todavía unos proyectos de significativa infraestructura, pero el hombre más rico de Brasil, el billonario Eike Batista, ha dicho que él está apuntando a invertir US\$1 billón (\$1.02 billones) para fabricar EVs en el país ^[18].

Demanda en la electricidad en la red de transmisión y distribución.

Mientras el reemplazo del grupo de vehículos convencionales por los EVs pasará lentamente, esto causará una caída relacionada con el uso del petróleo y una escalada en la demanda de la potencia eléctrica. Debido a que el conjunto de EVs podría llegar a ser muy grande, las empresas de servicio eléctrico deberían estar ahora proyectándose para un gran incremento en la demanda de potencia. Además, esto sería una oportunidad perdida de proporciones monumentales si ese incremento está enfrentado con la construcción de más estaciones de energías convencionales térmicas a carbón- eso significaría sólo reemplazar las emisiones de los tubos de escape de los vehículos a petróleo por emisiones de carbón de las chimeneas de las estaciones de energía. Un resultado distante sería encontrar requerimientos de potencia futura por la adición de la energía base renovable instalada.

Australia tiene una flota de vehículos de pasajeros de 12.7 millones con un promedio de edad del vehículo de 10 años. El número de registros se ha incrementado por un 13.3 por ciento en los cinco años desde el 2007^[19]. Con el incremento en la población y movilidad, es razonable asumir que el número de vehículos continuará ascendiendo en un rango similar destinando hacia un conjunto de vehículos de unos 16.3 millones de autos de pasajeros para el 2022.

¿Cuántos de estos serán EVs? Eso depende sobre quién responda la pregunta, y las estimaciones varían entre 0.8 por ciento (esto es 130,000 vehículos) para el análisis industrial IBIS World y “25 por ciento de ventas de autos nuevos”, en acuerdo a la infraestructura del EV proporcionado por Better Place’s CEO Evan Thornley en una entrevista con *The Sydney Morning Herald* ^[20]. Si el diez por ciento de autos son reemplazados cada año entonces alrededor de 400,000 de estas compras serán EVs en el 2022 si la predicción de Thornley progresa. Si eso prueba ser el caso, entonces el grupo de EVs podría considerar a varios millones de vehículos para esa etapa. La mitad de los pronósticos del IBIS y Better Place es alrededor de un millón de vehículos.

Una idea de cuanta potencia eléctrica será necesitada para una partida de EVs de este tamaño puede ser estimada asumiendo de que el promedio del vehículo tiene una capacidad de batería de 30 kWh y la partida entera es cargada cada noche. (Unos 30 kWh de un EV cargado de un punto de carga doméstico de 230 V/15 A podría recibir un máximo de 3.45 kW. Asumiendo la carga lineal de las baterías, el EV entonces tendría que tomarse alrededor de nueve horas para una recarga completa desde el vacío.) En ese caso la red eléctrica inteligente tendría que proporcionar un adicional de 30 GWhr para cada día.

En el 2010, las empresas de servicio australianas generaron 227 TWhr de electricidad, o alrededor de 622 GWhr por día ^[21]. Una partida de un millón de EVs requeriría por lo tanto un 4.8 por ciento adicional sobre el tope de este total diario para recargar sus baterías.

Esto es una carga adicional significativa pero probablemente dentro de la capacidad del sistema eléctrico australiano para el caso de que la demanda llegue en la hora correcta (por ejemplo, durante el período de demanda baja en la noche). Desafortunadamente no hay garantía que todos los propietarios de EVs cargarán sus autos a las horas de baja demanda global (aunque las empresas de servicio podrían intentar alentar esto por el ofrecimiento de una tarifa más baja durante las horas de oscuridad) y, como muchos sistemas nacionales, la red eléctrica australiana tiene muy poca capacidad libre en las horas de demanda en punta tales como los días de calor del verano cuando todos los consumidores encienden sus aire acondicionado al mismo tiempo.

Neil O'Sullivan, Director General de NOJA Power, una compañía de ingeniería de equipamiento eléctrico con base en Australia, Brisbane, menciona que la demanda adicional podría ocurrir en el peor tiempo posible para la red de electricidad.

“Yo me puedo imaginar un escenario donde en un día de calor en Queensland, Australia un estacionamiento de autos esté albergando a mil EVs, todos éstos buscando una recarga rápida antes de retornar a casa,” explica Neil O'Sullivan. “Los puntos comerciales de carga probablemente ofrezcan 415 voltios/32 amperes en energía trifásica permitiendo a cada EV recibir hasta 13.2 kilowatts para un total de 13.2 megawatts solamente para un estacionamiento de autos y estos vehículos podrían estar cargando mucha energía quizás por una o dos horas.

“Hay tres millones de vehículos en Queensland. Si, por ejemplo, en un futuro cercano, el diez por ciento de esto son EVs y un cuarto de estos EVs están siendo simultáneamente cargados rápidamente a través de la empresa de servicio pública, ésta podría ver casi 1000 megawatts de demanda adicional,” dice O'Sullivan. “La demanda en punta vista en Queensland sería alrededor de 8900 megawatts, así un adicional de 1000 megawatts es claramente suficiente para que la demanda en punta de la red eléctrica esté por encima del límite, si esto está sucediendo en ese momento cerca de ese pico.”

Profesor Bräun de la Universidad del Oeste de Australia reconoce también el potencial estrés sobre el sistema eléctrico. “Si tú tienes quizás 10,000 autos o más, entonces eso va a ser un problema, pero no por este momento por el número pequeño de autos,” él dijo a *The Science Show*, “pero obviamente nosotros estamos trabajando sobre conceptos, de cómo resolver esto si tú tienes, digamos, 100,00 o un millón de autos eléctricos, asegurar de que ellos se carguen a la hora correcta, no teniendo un impacto negativo en la red eléctrica.”

PARTE 2: MEJORANDO LA RED DE ELECTRICIDAD PARA COOPERAR CON LA DEMANDA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO.

La red eléctrica inteligente.

Las redes de electricidad de hoy están caracterizadas por estaciones de energía en grandes rangos de gigawatts típicamente ubicadas a las afueras de los centros de población adjuntas al alto voltaje y líneas de transmisión de larga distancia. La electricidad de las líneas de alta tensión de transmisión y subtransmisión son reducidas a media tensión en las subestaciones situadas cerca de los consumidores para la distribución y la distribución secundaria por medio de la infraestructura local (ver figura 5).

Sin embargo, más recientemente, los consumidores critican el alza de precios, incrementos de los costos de energía bruta, desregulación y la presión de las imposiciones ambientales por limitar la construcción de nuevas estaciones de poder que han alentado a las empresas de servicio a explorar los beneficios de la DA en orden de mejorar el rendimiento de la red con el desarrollo de una red eléctrica inteligente.

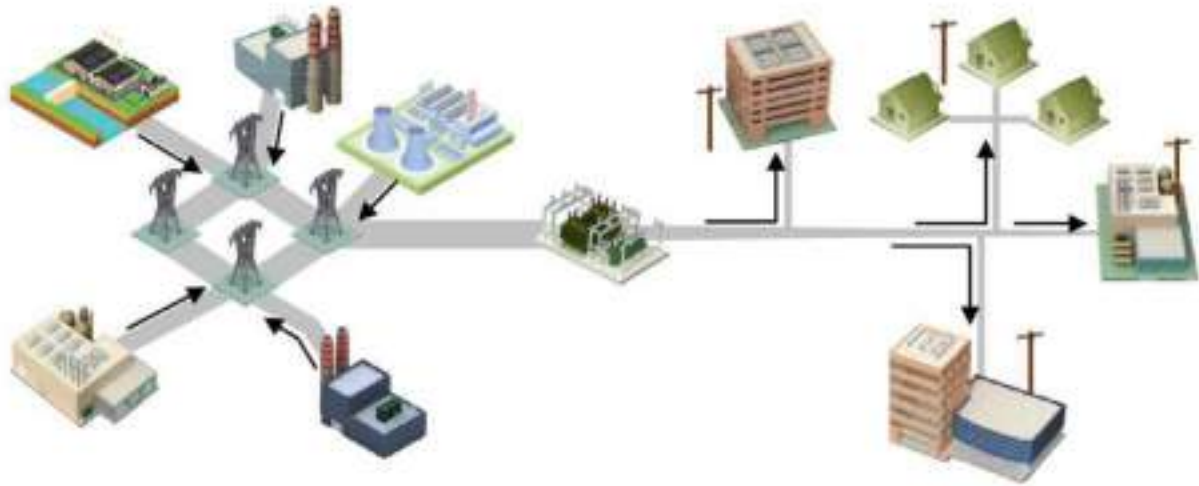


Figura 5: Las redes de electricidad convencionales usan generación de energía remota y centralizada.

Para crear las visiones de una red eléctrica inteligente una realidad es que ésta requiere la introducción de tecnología digital computarizada, control automatizado y sistemas autónomos de distribución de electricidad. Tales inversiones proporcionarían la base para que la red eléctrica sea más confiable que la infraestructura convencional, ofreciendo pocos y más breves apagones, energía ‘más limpia’ y con propiedades de ‘auto-restauración’.

El flujo de potencia bidireccional será un requerimiento esencial para la red eléctrica inteligente. El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos, por ejemplo, describe a la red eléctrica inteligente como “una red eléctrica modernizada habilitada para flujos de energía bidireccionales y que usa dos vías de comunicación y aptitudes de control que se destinan a una variedad de nuevas funcionalidades y aplicaciones”. NIST añade que a diferencia de la red eléctrica de hoy, que primariamente entrega electricidad en una sola vía que fluye desde el generador hacia la toma de corriente, la red eléctrica inteligente permitirá el flujo de dos vías para ambas, electricidad e información. (Ver figura 6).



Figura 6: Una red eléctrica inteligente requiere flujo de energía bidireccional.

La generación de energía para una red eléctrica inteligente constará de una mezcla similar a la usada por las redes eléctricas convencionales; por ejemplo plantas accionadas a carbón, agua y gas, con una contribución de instalaciones de energía renovables de viento, olas, geotérmicas y solares. En contraste para la red eléctrica convencional, los grandes consumidores de las empresas de servicio pueden también poseer sus fuentes de energía renovables y serán capaces de poner un exceso de energía de vuelta al sistema.

La flexibilidad de la red eléctrica inteligente para introducir energía proporcionada por “microgeneradores” – por ejemplo, un gran almacén tiene paneles fotovoltaicos (PV) en su techo, o una piscina de nado municipal que calienta el agua con gas usa su libre capacidad – será un beneficio para las empresas de servicio, debido a que estas fuentes adicionales de energía asegurarán también que suficiente electricidad esté disponible para los picos de unas pocas horas en los días de verano cuando los consumidores estén, por ejemplo, usando su aire acondicionado y recargando sus EVs al mismo tiempo.

La diversificada generación de energía elimina el requerimiento de construir, hacer funcionar y mantener una costosa planta de ‘demanda máxima’ solo para cubrir los ocasionales incrementos en la demanda. Esta ventaja de la energía diversificada es importante especialmente, debido a que mientras la carga promedio en la red eléctrica ha descendido en los años recientes, las empresas de servicio reportan que los máximos transitorios han sido más altos. Esa situación es probablemente sólo para desmejorar como el grupo de EVs crece.

Bloques de construcción de una red eléctrica inteligente.

Los ACRs son fundamentales en los bloques de construcción de una red eléctrica inteligente diseñada para enfrentar la demanda de electricidad futura – incluyendo las recargas de una gran partida de EVs – por el incremento de la potencia generada desde las fuentes renovables. Las unidades permiten a las empresas de servicio controlar y monitorear las conexiones de energías renovables con la red de electricidad mientras al mismo tiempo protege los valiosos recursos de la energía renovable. Los ACRs pueden también ayudar a balancear el consumo en punta a través del control de energía renovable o almacenada dentro o fuera de la red eléctrica.

Los ACRs convencionales son diseñados para trabajar con redes eléctricas de transmisión donde la potencia siempre fluye en una dirección desde la instalación de generación centralizada hacia la industria y consumidores domésticos, pero la ventaja de las líneas de distribución bidireccionales que facilitan la capacidad de co-generación requiere una nueva generación de ACRs que puedan monitorear y proteger tales líneas en ambas direcciones. Esto es fundamental si una red eléctrica inteligente toma ventaja de un sólo alimentador ambos de suministro eléctrico para una instalación y tomar energía desde un consumidor cuando está actuando como una instalación de co-generación. (Ver figura 7.)

Los ACRs mejorados, como aquellos de NOJA Power, ofrecen capacidad de protección bidireccional y más; no solamente ellos pueden monitorear y proteger la línea de distribución en ambas direcciones, sino que también los ACRs pueden estar configurados para disparar en diferentes niveles de corriente dependiendo de la dirección del flujo eléctrico.

Un ejemplo de esta aplicación fue un ACR usado por un cliente que toma energía desde la red eléctrica o cambia a co-generación cuando su planta de generación por inducción está operacional y el exceso de capacidad está disponible. El cliente seleccionó un ACR de NOJA Power, porque la unidad excedía las especificaciones del cliente para el nivel de aislación básica (BIL) con un rango de 170 kV y su confiabilidad probada aseguraba al cliente que sus valiosos recursos serían salvaguardados por un largo plazo.

“El único punto de diferencia para los ACRs de NOJA Power es su capacidad de protección bidireccional,” explica Shane Gorman, el Gerente de Ventas de Australia-Pacífico de la compañía. “El ACR normalmente está cerrado entonces proporciona un flujo continuo si la fuente de suministro o alimentación es generada por otra vía, pero cuando una falla ocurre el ACR es capaz de detectar que lado es el afectado y aplica el criterio de



Figura 7: Redes eléctricas inteligentes requieren alimentadores bidireccionales como este modelo para montaje de poste de NOJA Power.

protección específico para esa condición. La demanda para esos sistemas de protección flexibles está en incremento para mejorar las redes eléctricas inteligentes aquí y en el extranjero.”

Los ACRs protegen fuentes renovables en los eventos de fallas; por ejemplo, cuando una falla fase a fase o fase a tierra incrementa la corriente en el alimentador por encima de los niveles normales. El ACR también puede ser disparado por una falla resultante en una corriente más baja que los niveles normales, como, por ejemplo, en el caso de una caída de conductor tocando una superficie de alta resistencia como el concreto.

El ACR abre para proteger el alimentador cuando este detecta fallas causadas por rayos u objetos tales como ramas que producen cortocircuitos a través de las líneas. Después de un período corto, el ACR cierra automáticamente para revisar si la falla ha sido despejada (como, por ejemplo, la rama cayó al suelo). Este proceso puede ser repetido hasta tres veces y si la falla todavía está presente, el ACR permanece abierto para aislar la falla. Otras unidades hacen de interruptor para permitir que el suministro sea re-direccionado a otros consumidores, manteniendo la alta disponibilidad de la red.

Beneficios de la red eléctrica inteligente.

Una red eléctrica inteligente ayudaría a las empresas de servicio enfrentar la demanda impuesta por una larga partida de EVs en dos maneras claves: por el mejoramiento de la eficiencia del sistema por limitar las pérdidas de línea y alentar a los consumidores a reducir su consumo – especialmente en períodos predecibles de demanda en punta – por la flexibilidad del precio y otros incentivos en las tarifas.

“Esto es posible para crear un resultado que sea positivo y más justo para la mayoría de los consumidores,” dijo Terry Effeney, CEO de Queensland, distribuidor de electricidad Energex con sede en Australia en una entrevista con *Energy Source and Distribution*^[22]. “Nosotros estamos alentando a las opciones de energía y tarifas que son el primer bien para el cliente, debido a que este puede ahorrarles dinero, que es el segundo bien para nuestro negocio – porque esto toma la punta fuera del sistema, que está conduciendo nuestro ciclo de inversión – y tercero, esto es mejor para el medio ambiente con impactos de menor energía e infraestructura.”

La clave para realizar esa eficiencia y los beneficios del medio ambiente es permitir a los consumidores, incluyendo a los propietarios de EVs, balancear su consumo de energía con el suministro en tiempo real de energía. El precio variable proporcionará el incentivo a los consumidores para actualizar su medidor para respaldar a una red eléctrica inteligente.

Consumidores residenciales serán capaces de tomar ventaja de una medición inteligente que ofrecerá una mayor elección y control sobre el uso de la electricidad. Tales medidores proporcionarán a los consumidores con una precisión en tiempo real de información su uso de electricidad, y esto hace posible a las compañías de suministro de energía ofrecer a sus consumidores tarifas variadas, debido al día que enfrentan la demanda de potencia del sistema (ver figura 7).

La combinación de tecnologías tales como los medidores inteligentes y ACRs facultan una ventaja de establecer el modelo de la ocurrencia de consumo máximo y entonces planear los cambios en la topología de la red eléctrica (por ejemplo trayendo fuentes adicionales de recursos renovables en la línea) en las horas de enfrentar tales picos de demanda.

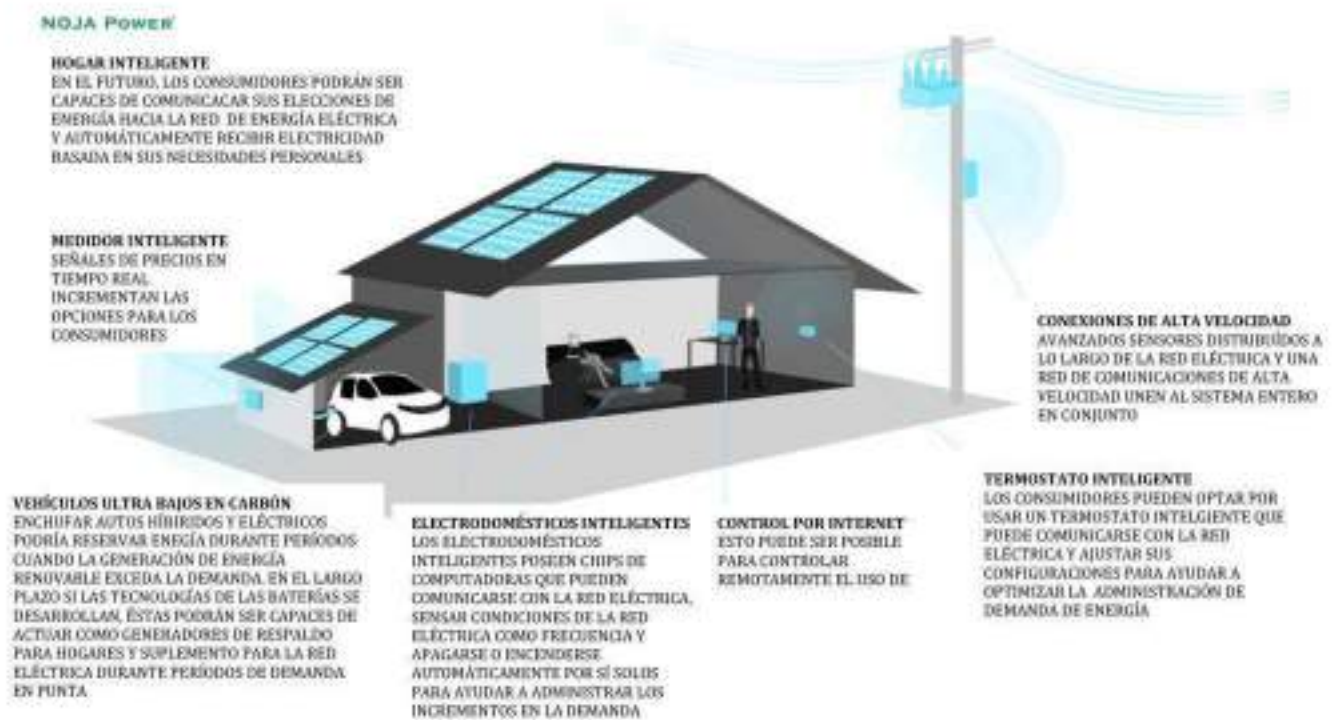


Figura 8: Los hogares inteligentes del futuro tomarán ventaja de la medición inteligente para administrar el uso de la electricidad.

Enfrentando las demandas puntas

Para enfrentar la demanda anticipada, las compañías de suministro eléctrico programan cuanto electricidad necesitarán para que sea generada, frecuentemente hasta un año en adelante. La energía es generada por plantas de carga base, carga constante y potencia en punta. Las unidades de carga base normalmente funcionan en una salida máxima y reducen solamente su salida durante mantención o reparación. Estas plantas producen electricidad al más bajo costo de cualquier tipo. Las plantas de energía para carga base incluyen carbón, nuclear, hidroeléctrica, biomasa y plantas de gas de ciclo combinado.

Las plantas de energía para carga constante complementan la carga base de instalaciones durante el día y primeras horas de la tarde. La salida es ampliamente reducida o la estación es apagada durante la noche y primeras horas de la mañana, cuando la demanda está en su condición más baja. La turbina a gas, hidroeléctrica y algunas formas de plantas nucleares son usadas para cargas continuas [23].

Las plantas de turbinas a gas quemando petróleo diesel y combustible para reactores usando gas natural principalmente para enfrentar la demanda extra en las horas punta. Debido a que actualmente no hay tecnologías probadas para almacenar energía desde fuentes intermitentes tales energías de viento, olas y solares para “regular” la salida, las empresas de servicio tienen que mantener un nivel alto de generación a combustible fósil de reserva.

Mientras la naturaleza intermitente de recursos renovables puede estar mitigada a algún grado de pronósticos mejorados – particularmente en el caso del viento que puede estar estimado con buena precisión por varios días en adelante – estos recursos todavía no pueden ser confiables en el mismo grado como una planta convencional y podría dirigirse a períodos donde la demanda extra de los EVs excede el suministro (ver figura7) sin la reserva de capacidad de generación de combustibles fósiles.

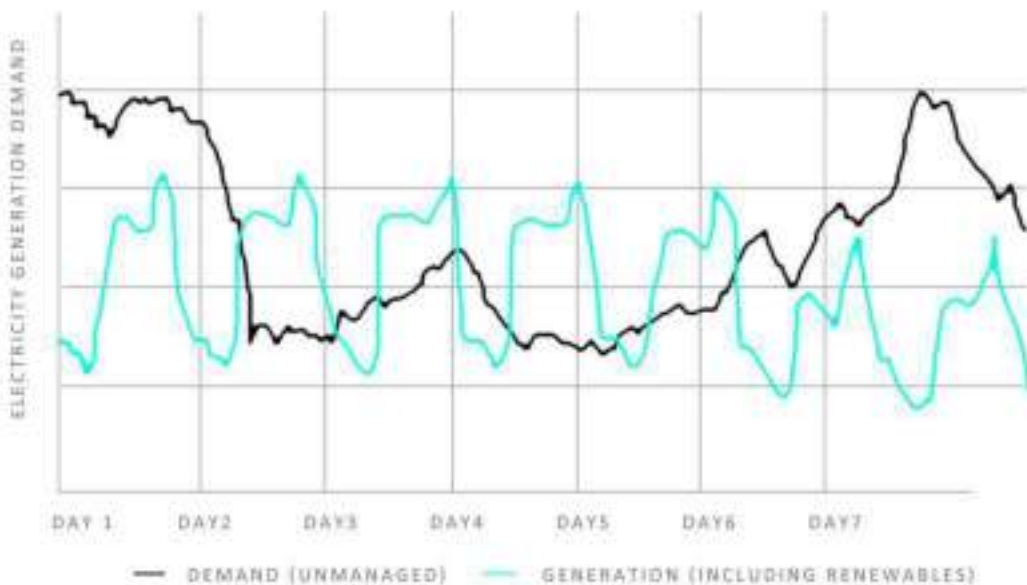


Figura 9: La carga no administrada del EV podría dirigir a los picos en demanda que excedan la capacidad de generación.

Una red eléctrica inteligente hace esto posible para cambiar la estrategia de generación de electricidad en su cabecera para habilitar una administración más precisa de la demanda. La administración de demanda reduce los costos debido a la dependencia reducida en costosas plantas para demandas punta, reducida necesidad para nueva capacidad de generación para carga base, y un requerimiento menor para apoyar a las redes eléctricas.

Una gran instalación de energía a base de viento, olas y solar proporcionaría a las empresas de servicio con una seguridad que cuando un recurso no esté operativo debido a, por ejemplo, falta de viento, otra estaría disponible para tomar su lugar. Sin embargo, esto requeriría una inversión en la infraestructura de distribución para asegurar que los consumidores estén conectados a fuentes de energía alternativa entonces su suministro puede ser fácilmente cambiado desde una a otra por el equipamiento tales como ACRs.

Incrementando de voltaje para una red eléctrica inteligente

Una red eléctrica inteligente inicialmente utilizará la misma alta tensión (es decir, sobre 100 kV) de las líneas de transmisión actuales usadas para largas distancias – y alta capacidad de transmisión. Las subestaciones entonces convertirán la alta tensión en media tensión (usualmente 34.5 kV o más abajo, frecuentemente 11 a 16 kV) para distribución y distribución secundaria.

Sin embargo, una manera de incrementar la eficiencia de una red eléctrica inteligente debería ser incrementar el voltaje de la red eléctrica de distribución a fin de bajar la corriente aún entregando la misma potencia. Una corriente más alta causa grandes pérdidas en los cables de distribución debido a su impedancia. Porque la relación entre pérdidas de potencia e impedancia es una ley cuadrática incluso un pequeño descenso en la corriente tiene un dramático efecto en las pérdidas. Como alternativa, ya que la impedancia del cable es proporcional a su espesor, las empresas de servicio pueden usar más delgados, ligeros y menos costosos cables para llevar la misma potencia en la alta tensión.

Además, debido a que las pérdidas son más bajas con un cable de más alto voltaje, los alimentadores pueden ser hechos más largos sin molestar a la estabilidad del voltaje^[24]. Esto habilitará a las empresas de servicio a ubicar los recursos renovables tales como campos eólicos – que usan turbinas de viento de 5 megawatts en vez de las antiguas unidades de 2 y 3 megawatts – en ubicaciones más favorables más costa afuera que anteriormente era posible (ver figura 9).



Figura 10: Distribución de 72-kilovoltios está siendo considerado para campos eólicos marítimos.

La energía resultante se ahorra debido a que la distribución más eficiente ayudaría a compensar la carga adicional de las demandas por recargar el EV sin añadir una capacidad de generación adicional significativa. Los campos eólicos (y otros recursos renovables) serán un elemento importante en asegurar que la red eléctrica inteligente tenga la flexibilidad que esto requiere para balancear la demanda en punta que será exacerbada por la masiva carga de EVs.

Por estas razones, algunas empresas de servicio están experimentando con redes de distribución de 72-kilovoltios. Una nueva generación de DA será requerida para enfrentar las demandas de una red de distribución de 72-kilovoltios como los sistemas existentes están solamente clasificados por

voltajes del alimentador de 34.5 kilovoltios para abajo. Algunos fabricantes progresivos, incluyendo NOJA Power, están en etapas avanzadas de proyectos para introducir equipamiento para rangos de 72 kilovoltios.

Monitoreo de libre-carbón.

Un EV ofrece muchas promesas como una alternativa de transporte personal para el vehículo accionado por un motor de combustión interna, debido a que este no emite carbón si la electricidad usada para recargar las baterías viene de recursos renovables.

Sin embargo, un grupo grande de EVs pondría la red de electricidad tradicional bajo un incremento de presión, por la demanda de potencia sumada en sistemas que frecuentemente operan cerca de su capacidad – particularmente en países como Australia y en Los Estados Unidos que la experiencia de excepcionales altas demandas en punta en los días de calor del verano.

Enfrentando los picos de demanda anticipados generados por un millón de autos EV, el grupo puede estar abastecido por una red eléctrica inteligente con alimentadores bidireccionales, rápidos y comunicaciones extensas, y control preciso de la red eléctrica usando DA moderna que incluya ACRs- el bloque de construcción fundamental de la red eléctrica inteligente.

Una red eléctrica inteligente proporciona flexibilidad suficiente para que las empresas de servicio accedan a diversas fuentes de energía renovable – incluyendo las instalaciones de co-generación de los grandes clientes – relativamente en breves notificaciones, maximizando las reducciones de emisiones de carbón del EV.

La capacidad bidireccional de la red eléctrica inteligente hace esto posible para alimentar con energía reservada para hogares, comercio e industrias estableciendo un supuesto de regreso dentro de la red. En Australia, por ejemplo, AusGrid – una red proveedora de electricidad basada en NSW – suministro electricidad en períodos de prueba usando bancos de batería de bromuro de zinc, cargadas durante el día, para incrementar la demanda nocturna cuando los recursos renovables podrían haber estado desconectados. Un gran grupo de EVs podría complementar tal capacidad suministrando potencia a la red eléctrica en horas del suministro variable de energía renovable.

Referencias

1. *"Historia de los Vehículos Eléctricos: Descenso y Ascenso de los Autos Eléctricos desde 1930 a 1990"* Mary Bellis, About.com Guide
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car
3. *"Un Millón de Vehículos Eléctricos para el 2015 – Informe de actualización Febrero 2011"*, Departamento de Energía de Los Estados Unidos.
4. *"El ascenso y caída de Better Place"*, David McCowen, Drive.com.au, April 2013.
5. *"Autos Eléctricos: Más Modelos, Precios más baratos a la llegada del 2013"*, <http://business.time.com/2012/12/13/electric-cars-more-models-cheaper-prices-coming-in-2013>.
6. *"Cómo la Red Eléctrica Inteligente Promueve un Futuro Más Verde"*, Departamento de Energía de Los Estados Unidos.
7. *"Tendencias de la Energía sección 5: electricidad"*, Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido, Estadísticas, Abril 2013.
8. *"La Energía en Australia el 2012"*, Gobierno Australiano, Departamento de Recursos, Energía y Turismo, Febrero del 2012.

9. "Colaboración para proteger las redes de electricidad por la afluencia de los vehículos eléctricos", http://www.dnv.com/press_area/press_releases/2013/collaboration_to_prepare_european_electricity_networks_for_influx_of_electric_vehicles.asp.
10. "Modelamiento del Espacio del Vehículo Eléctrico Cargando Demanda e Impactos sobre la Carga Pico Eléctrica Domiciliaria en Victoria, Australia", Comunidad Autónoma Científica Australiana y Organización De investigación Industrial (CSIRO), Junio 2012.
11. "Impactos de los Vehículos Eléctricos - Distribuible 2: Evaluación del sector de futura electricidad", CE Delft, Abril 2011.
12. "Redes Eléctricas Inteligentes y Vehículos Eléctricos: ¿Hechos el uno para el otro?" Foro de Transporte Internacional, Julio 2012.
13. www.teslamotors.com/en_AU/models/facts.
14. <http://www.electronicnews.com.au/features/where-are-the-electric-cars->
15. <http://www.abc.net.au/radionational/programs/scienceshow/batteries-for-electric-cars/4612516>
16. http://batteryuniversity.com/learn/article/whats_the_role_of_the_supercapacitor
17. http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_network
18. "El Hombre Más Rico de Brasil Fija la Vista en los Vehículos Eléctricos", Tribuna Emisaria de Latino América, Mayo del 2013.
19. "Censo de Vehículos a Motor", Agencia de Estadísticas de Australia, Enero del 2012.
20. <http://www.smh.com.au/business/electric-car-plans-zoom-ahead-20110406-1d471.html>
21. "Clave IEA Estadísticas de Energía Mundial", 2011.
22. "Buscando soluciones viento-viento", Fuente de Energía y Distribución, Enero del 2013
23. http://en.wikipedia.org/wiki/Load_following_power_plant.
24. "Evaluación de la red eléctrica de recolección de 72 kV en los campos eólicos marítimos", D. Saez, et al, Evento Anual EW EA, Copenhague, Abril del 2012.

© NOJA Power 2013. www.nojapower.com.au