



2° Encuentro

MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ARGENTINA

Actualidad, desafíos y perspectivas futuras

Proyecto Vectores

Fecha: Miércoles 13-11-19. Lugar: Facultad de Ingeniería UBA

2° ENCUENTRO

MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ARGENTINA

Actualidad, perspectivas y desafíos futuros

Introducción

Ing. Edgardo Vinson. *Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, FIUBA. Departamento de Energía*

Respecto de la *Movilidad Eléctrica* –la cual representa un avance importante en términos de sustentabilidad energética y ambiental- hay en todo el mundo una perspectiva de evolución y de adopción con tasas que pueden ser más rápidas o lentas, pero que resultan inexorables.

Y este carácter inexorable es lo que hace necesario poner las capacidades de la UBA para colaborar en la generación de una hoja de ruta que permita su adopción de modo inteligente y conveniente para la sociedad argentina en su conjunto, considerando todas las dimensiones en las que impacta.

Al respecto, tal como se expresó en el primero de los encuentros que realizamos, se trata de un tema netamente interdisciplinario, con importantes desafíos en el desarrollo urbano, la movilidad individual y pública, la infraestructura civil y eléctrica, la tecnología e industria nacional, las normativas y regulaciones, y los recursos humanos vinculados.

Mg. Maximiliano Velázquez. *Programa Interdisciplinario de la UBA sobre Transporte, PIUBAT*

Me gustaría resaltar la importancia de la integración entre los niveles de grado, posgrado, doctorado y del universo de graduados que desarrollan su profesión en el medio para abordar este tipo de problemáticas. Hay mucho por ganar con esta interacción y esto se está poniendo de manifiesto. Y aquí enfatizo la innovación que representa poner en valor el grado, como estamos haciendo en este vector y como veremos en esta jornada a partir de las presentaciones de trabajos profesionales de ingeniería.

También enfatizar el espíritu crítico que debe conducir este tipo de proyectos, lo cual es una premisa para nosotros. Y trabajar para construir la paridad de género, que también es una premisa para el desarrollo del Proyecto Vectores.

Por último, notar que lo que se va definiendo para el vector Movilidad Eléctrica tiene necesariamente relación directa con el proyecto de desarrollo que buscamos para el país, y esto implica por ejemplo en este caso definiciones sobre cuánto vamos a

producir y qué tecnologías serán desarrolladas aquí, cuánto vamos a importar, en qué medida esto va a ser una herramienta para el desarrollo de las pymes argentinas, entre otros aspectos relevantes.

Mg. Gastón Turturro. *Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Docente en Trabajo Profesional de Ingeniería Industrial.*

Comencé el estudio de la movilidad eléctrica en Italia hace alrededor de diez años, desarrollando mi maestría, y pude ver allí los primeros avances en este tipo de movilidad, que consistían principalmente en estudios y pruebas piloto llevadas adelante por empresas distribuidoras de energía eléctrica.

Pero es en los últimos 5 años cuando esta temática comenzó a cobrar vuelo, con los primeros autos eléctricos de la nueva generación, híbridos, cuyo volumen de venta empezó a tomar importancia, mostrando cifras interanuales cada vez mayores. Observemos que hace tan solo 3 años había menos de 2 millones de vehículos eléctricos en circulación a nivel mundial y hoy estamos rondando cerca de las 6 millones de unidades. Es una proporción pequeña de la flota mundial de vehículos, pero lo que se destaca es el ritmo de crecimiento. Hoy las estimaciones muestran que en el año 2030 pueden llegar a

comercializarse cerca de 2.000 GWh en capacidad de almacenamiento de energía en baterías y que alrededor de un 85% de ésta estará asociada a la demanda para vehículos eléctricos.

Desde la industria automotriz se anunciaron inversiones para desarrollo y producción de vehículos eléctricos por más de 100 mil millones de dólares para los próximos años, y el lanzamiento de más de 250 nuevos modelos con esta tecnología. También vemos el caso de China, que adoptó a esta temática como estratégica para su desarrollo nacional.

Para analizar y profundizar los desafíos y oportunidades vinculados al despliegue de la movilidad eléctrica en el país avanzamos en el marco del Proyecto Vectores en conformar una red de trabajo entre colegas de diferentes disciplinas, que abarcan dimensiones bien específicas tales como: industria del litio, vehículos livianos, buses eléctricos, infraestructura de transporte, impacto en la matriz de energía, reducción de emisiones y mejoramiento en la calidad del aire. Para ello tenemos intenciones de avanzar también en integrar la universidad con el sector público, asociaciones y empresas vinculados a la temática, además de la generación de iniciativas académicas e investigaciones articuladas en torno al tema, en particular trabajos finales de grado y posgrado de varias disciplinas, como algunos de los que se presentarán a continuación.

Conclusiones y Próximos Pasos

ACTIVIDADES

- **Profundización del trabajo iniciado** en las cinco líneas establecidas.
- **Ampliación de las líneas de investigación** sugiriendo temas a abordar en base a participación y capacidades.
- **Fortalecimiento de los vínculos** dentro de la UBA con otras facultades, centros de estudio y PIUBAS.
- **Ampliar la vinculación externa** con universidades, empresas, organismos públicos y otras instituciones del sector.



Escenarios energéticos y vehículos eléctricos – Trabajo Final de Grado

Darío Slaifstein. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería Electricista.

Los *escenarios energéticos* son una herramienta de planificación de un sistema energético, que resulta útil para analizar el impacto de políticas y tendencias relacionadas con las fuentes primarias como con el consumo de energía, y permite evaluar específicamente los desafíos vinculados a la Movilidad Eléctrica. A través de estos escenarios podemos realizar ejercicios del tipo *¿qué pasaría si?*, en donde se parte de determinadas condiciones de base y modelos acordados, y se analiza qué ocurre al introducir o modificar ciertas variables, de manera de cuantificar, calificar y analizar si esos impactos son positivos o negativos en función de nuestra valoración, permitiendo prever o adoptar las políticas más convenientes.

En este trabajo hemos considerado escenarios con diferentes modelos de vehículos eléctricos, representando para cada uno los distintos com-

portamientos previstos. Esto se combinó con diferentes variantes de generación de energía, contemplando por ejemplo un mayor o menor desarrollo de las energías renovables o de la generación térmica, entre otras variables. A partir de los escenarios resultantes se obtienen distintos indicadores de salida, como la evolución de la matriz energética, las emisiones de gases de efecto invernadero y los costos de generación de la *energía eléctrica* para cada escenario.

Analizando los resultados nos encontramos con mejoras en el plano de la eficiencia energética al introducir vehículos eléctricos -además de las mejoras en la eficiencia, por ejemplo, en el uso del suelo-. Asimismo, observamos que la carga inteligente de los mismos (escenario V1x del trabajo) genera beneficios adicionales, permitiendo por ejemplo el reemplazo de energía generada actualmente por centrales basadas en gas natural por energías renovables -disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero y aumentando los saldos exportables de ese combustible-. Sin embargo, en este escenario deberían aumentar, levemente, las importaciones de energía eléctrica. De esta manera se abre el primer desafío y es la competencia entre la generación solar fotovoltaica y la importación de energía.



Luego, si además los vehículos se comportan como acumuladores de energía eléctrica/back-up de la red (escenario V2x) tomando o inyectando potencia en la misma de forma controlada, se observa que el ahorro de gas natural alcanzable sería todavía más importante, maximizando también el resto de los beneficios observados en el escenario de carga inteligente (escenario V1X), fundamentalmente a nivel de emisiones, diversidad energética y costos medios de energía eléctrica.

Plataforma de simulación física de resistencia al avance para motores de vehículos eléctricos - Tesis de Grado

José Sotelo. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería Electricista.

El objetivo del trabajo que realizamos fue desarrollar una plataforma que permitiese simular cuplas resistentes en autos eléctricos en distintos tipos de caminos. Para alcanzar este objetivo se planteó la necesidad de generar un modelo físico, y probarlo mediante un prototipo, que debía generar mediante

una máquina tanto una cupla resistente que simulara la resistencia al avance en el camino. Asimismo, para poner a prueba el sistema en ausencia de un motor de impulso externo, debía disponerse de una máquina en oposición que pudiera representarlo, con una característica cupla-velocidad ajustable.

Cuando se simula un auto eléctrico, además, debe considerarse que el camino simulado no es recto y nivelado, ni su marcha es constante, sino que se incorporan picos y valles de velocidad. Estos pueden variar según qué norma se adopte; en general se toma la norma europea.

En los modelos que desarrollamos se tienen en cuenta 3 tipos de resistencias:

- La aerodinámica
- Resistencia al ascenso
- Resistencia por rodadura

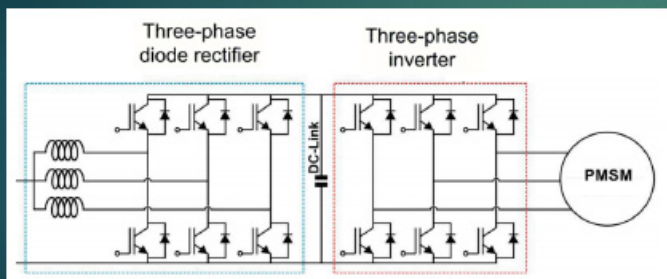
Todas estas fuerzas sobre el móvil deben ser referidas como cuplas en el eje del motor. En adición también debe generarse una cupla acelerante/decelerante, de modo de considerar no solo las resistencias al avance, dependientes de velocidad existente en forma directa, sino también una componente que dependa de la derivada de la velocidad del motor, representando la inercia misma del móvil.

Para efectuar pruebas se implementó una plataforma de simulación física mediante un banco de servomáquinas sincrónicas de imanes permanentes

Configuración del banco

Electrónica de potencia

Banco operacional



controladas, que está compuesta por una unidad lógica, un módulo de línea, y dos módulos de control de máquinas que pueden operar en 4 cuadrantes. Estos dos módulos permiten, mediante una computadora, programar y simular cuplas resistentes en función directa de la velocidad y cupla acelerante/decelerante dependiente de la inercia y rapidez de variación de la velocidad al avance mediante una o ambas máquinas, o bien simular cuplas resistentes en una y motrices en la otra.

Ajustando los parámetros de la fórmula de cálculo de cupla resistente en función de la velocidad y su derivada, pueden controlarse las servomáquinas, de modo que simule la resistencia al avance referida a punta de eje de motor de impulso de un móvil.

La disponibilidad de un banco de estas características permite efectuar pruebas de operación de la planta motriz de un vehículo eléctrico en diversos escenarios de operación. Asimismo, permite realizar una evaluación física del comportamiento dinámico, térmico y del consumo energético para los ciclos estándar de velocidad-tiempo establecidos por diversas normas internacionales.

Electrificación de buses de líneas de jurisdicción Nacional. Planificación e implementación analizando el impacto económico y energético - Trabajo Final de Grado

Nicolás Girado y Sebastian Canziani. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería Industrial.

El trabajo que desarrollamos consiste en analizar el potencial impacto económico y en el sistema eléctrico de la electrificación de los buses de jurisdicción nacional. El mismo se divide en dos partes, primeramente en un *estudio de mercado*, que contempla la dimensión global, la dimensión local (AMBA), y un estudio del mercado eléctrico y de sus capacidades, y luego una serie de dimensionamientos que implica estimar costos e inversiones requeridas.

Al analizar el mercado global, lo primero que se observa es que el 99% de la flota mundial de buses

se encuentra en China. Tanto en Europa como en Estados Unidos se observa un crecimiento en la venta y circulación de buses eléctricos, pero en una escala mucho menor. En América Latina, por otro lado, sólo hay implementaciones incipientes, en todos los casos en base a equipos importados de China.

En cuanto a las características técnicas básicas de los buses eléctricos, se tiene que existen los diseñados para *carga lenta*, que con aproximadamente 4 horas de carga permiten una autonomía promedio de 200 km y con potencias relativamente bajas. Y los diseñados para carga rápida, que pueden ser cargados hasta en 10 minutos, por ejemplo, en las cabeceras de los recorridos, o incluso en 30 segundos, en las paradas -para lo cual es importante considerar la frecuencia requerida de los buses-, actuando con potencias bastante mayores, por lo que la infraestructura de carga es bastante más cara en este caso. Es importante aclarar que, si bien en el mercado hay diferentes ofertas de potencias y por ende de tiempos de carga, nosotros optamos por los valores antes informados para el desarrollo de la parte práctica del trabajo.

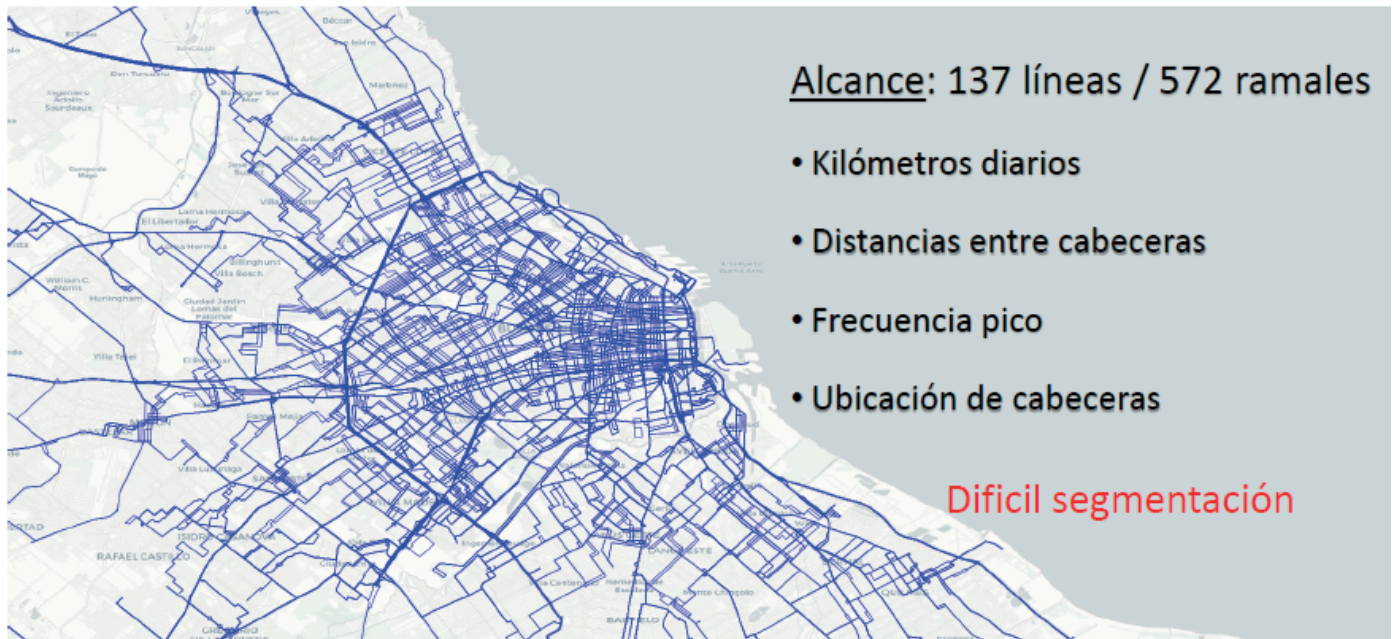
En lo que respecta a estrategias de carga se analizaron distintos casos, por ejemplo China, donde en general se optó por utilizar la *carga lenta* en sus flotas. Shenzhen es la primera ciudad china en electrificar totalmente su flota, de 16 mil colectivos. También se analizó el caso de Ámsterdam, que tiene una de las implementaciones más grandes, donde aplican tanto la carga lenta a la noche, como la *carga rápida* durante el día, mediante pantógrafos que posee el mismo colectivo.

En cuanto a los recorridos de los buses a nivel local (jurisdicción nacional), se analizaron los 572 ramales de las 137 líneas, observando las autonomías necesarias, y las estrategias de carga a implementar según las distancias entre cabeceras y los kilómetros diarios recorridos.

Un primer análisis general muestra -analizando un caso extremo- que electrificando todos los ramales estudiados y cargando todos los colectivos al mismo tiempo con la carga más rápida, se llega a una demanda aproximada de 4500 MW, que es aproximadamente la diferencia presente entre la potencia disponible y la demandada. Es decir, no se verifican restricciones considerables en esta dimensión.

Para profundizar el análisis se hizo un planteo de

Análisis de las líneas AMBA



tres escenarios posibles: todas las líneas con carga rápida, todas con carga lenta, y una configuración de 50-50 de cada tipo de carga, tomando como hipótesis de trabajo tiempos de carga de cuatro horas para *carga lenta* -en las cuales se carga la mitad de la flota (en las cuatro horas siguientes se carga el resto)-, tiempo de carga de diez minutos para el caso de *carga rápida*, y se fijaron límites de potencia y de tamaños de batería en función de la oferta del mercado. En cuanto a la simultaneidad de carga se supuso, como ya se indicó para el caso de la *carga lenta*, que la mitad de flota carga al mismo tiempo; en el caso de la carga rápida esa simultaneidad va a depender de la frecuencia que tenga que respetar el colectivo según su ramal. Para los cálculos económicos supusimos que la curva de precios a 10 años es descendente (de acuerdo con las proyecciones disponibles) y una renovación de la flota lineal a 10 años -10% de renovación por año-. Con dichas hipótesis se determinaron la capacidad de las baterías y las cantidades de cargadores a incorporar año a año. Producto de ese dimensionamiento se determinaron las inversiones necesarias para comenzar con la electrificación de las diferentes líneas. Inversiones tanto en buses, cargadores y baterías como en transformación y distribución de la energía eléctrica. En lo que respecta a los buses, para la incorporación

de 900 unidades eléctricas importadas se necesitarían 400 MU\$, versus los 100 MU\$ que costaría incorporar el mismo número de buses diesel. Pero el ahorro de costos por el precio de la energía eléctrica versus el del diesel equivale a 18 M U\$ al año, por lo que en 10 años se podría repagar cerca de dos tercios de la inversión extra implicada. Pero debemos considerar que esos números surgen de la opción por los buses importados. Si se lograra una producción nacional competitiva de buses eléctricos, la ecuación podría ser más favorable. Un punto muy importante a destacar en este aspecto es que los montos de inversión dependen notablemente de la estrategia a implementar además de las estrategias comerciales que se puedan desarrollar. Por ejemplo, se puede optar por realizar convenios tipo leasing con las principales fabricantes de buses, lo cual generaría una disminución considerable en las inversiones.

Como conclusión general se tiene entonces que: en lo que respecta al sistema eléctrico, el impacto de la implementación de buses eléctricos en el AMBA es menor, o al menos manejable; que su introducción generaría un ahorro considerable en el costo por consumo de energía; y que se requiere un esquema flexible de financiación (incluyendo el fomento a la producción nacional de buses) para hacer viables las inversiones requeridas. Para esto hace falta

planificación que tome en cuenta a las partes: Estados locales, líneas, empresas de energía.

Se propone para el desarrollo de futuros trabajos en la temática un análisis específico de la opción por *carga rápida* en los centros de trasbordo, dado que casi todas las líneas los tienen en al menos una de sus cabeceras, y el análisis respecto de la posibilidad de incluir cargas intermedias para las líneas de grandes distancias.

Estudio de factibilidad para la producción nacional de autobuses urbanos 100 % eléctricos para el mercado local

Joaquín Chazarreta, Mariela Chaab y Patricio Priano. *Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería Industrial.*

La introducción de buses eléctricos en Argentina resulta de interés para contribuir a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero -buena parte de estas emisiones se realizan desde el transporte-, pero también la contaminación sonora y el deterioro de la calidad del aire en grandes centros

urbanos, por el material particulado emitido por los motores de combustión interna. Por supuesto, la introducción de este tipo de buses debería realizarse aprovechando la oportunidad que representa para el desarrollo industrial y tecnológico del país.

Los países que se tuvieron en cuenta para realizar un análisis comparativo son Reino Unido, Francia y España, por parte de Europa, y Chile, Brasil y Colombia, por América Latina. Lo primero que se observa en estos análisis es el rezago de nuestra región en la introducción de estas tecnologías, con la experiencia más significativa por parte de Chile, que logró la introducción de 200 buses eléctricos, pero todos ellos importados desde China y con la tecnología para la infraestructura eléctrica provista llave en mano desde el exterior. El resto de los países de la región recién está empezando a desarrollar pruebas piloto.

En el caso de España, por poner el ejemplo europeo con más similitudes con América Latina, se observó que se inició con las primeras pruebas piloto hace 5 años, alcanzando una penetración inicial del 2%, que llega al orden del 5-10% en la actualidad.

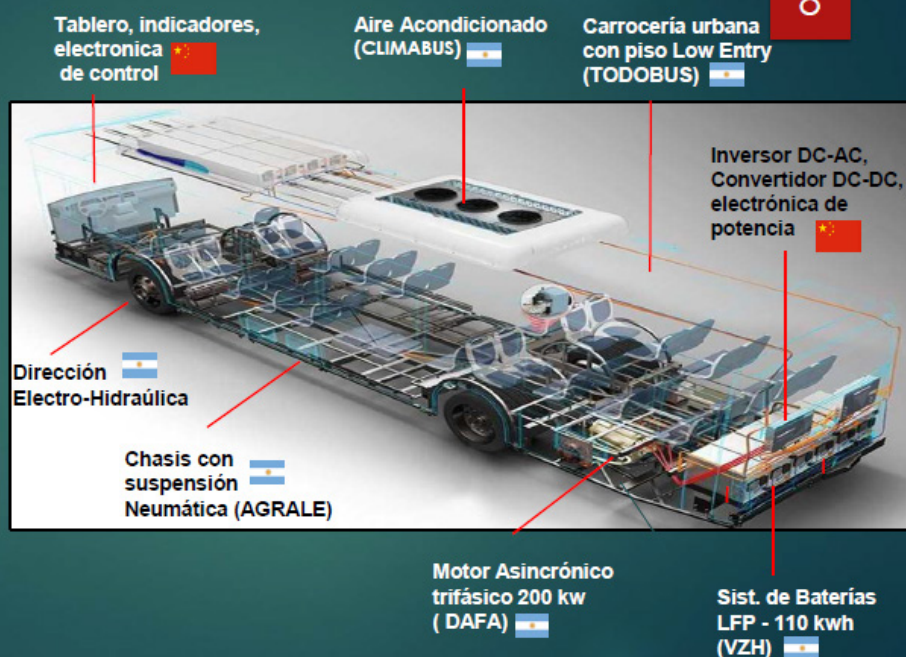
Para el caso de Argentina, se tomaron en cuenta todas las ciudades de país que cuenten con una población de más de 50 mil habitantes y con flotas de buses mayores a 100 unidades. Para estos casos se analizaron recorridos, distancia entre cabeceras

1.d ESTUDIO TECNICO

8

● Determinación y dimensionamiento de los componentes principales que se diferencian con el Bus Diésel:

- Motor eléctrico
- Baterías
- Tren de potencia
- Sistema de control
- Electrónica de potencia
- Motores adicionales para accesorios
- Dirección Electro-Hidráulica



y kilómetros recorridos por día, obteniendo como primer dato significativo que el 90% de los recorridos analizados tienen una distancia entre cabeceras igual o inferior a 52 Km, distancia para la cual se necesitarían baterías de hasta 110 KWh por bus, sumando el conjunto de buses incluido en este segmento de análisis suma alrededor de 15.000 unidades.

Además, para garantizar la frecuencia de estos buses, se encontró que necesariamente deberían incluir sistemas de carga rápida en su recorrido, además de los sistemas de carga lenta ubicados en las cabeceras. Esta opción dual para la carga de las baterías se considera conveniente también por el hecho de que las baterías representan un porcentaje significativo en el costo de las unidades -entre un 30% - 50%- por lo que incorporar baterías más pequeñas contribuye al descenso de costos y vuelve a la opción eléctrica más competitiva frente al diesel.

En cuanto a la infraestructura de carga lenta, los análisis realizados muestran que, para recorridos menores a 26km, bastaría con un cargador ubicado en una de las cabeceras de la línea. Asimismo, recorridos de entre 26 y 52km, requerirían dos cargadores, uno en cada cabecera, para poder atender las distancias y frecuencias requeridas.

En cuanto al ritmo de introducción de buses eléctricos en el país, se tomaron dos escenarios, el primero (escenario A), se basa en el caso de España y el segundo (escenario B), se basa en el decreto del Ministerio de Transporte que plantea que los colectivos no pueden tener más de 10 años de antigüedad, y en lo establecido en el denominado Acuerdo de París, que establece objetivos más ambiciosos respecto de la reducción de emisiones para el año 2030; este segundo escenario es más optimista y necesitaría de un trabajo mucho más intenso, pero es posible.

En cuanto al análisis de la posibilidad de fabricar buses eléctricos en el país, debe observarse en primera instancia que las diferencias esenciales entre ese tipo de buses y los impulsado por diesel, son básicamente la batería y el motor, existiendo diferencias también en lo que respecta al tren de potencia, los sistemas de control, dirección hidráulica, entre otros elementos.

En el caso del motor, los buses eléctricos a introducir en el país podrían emplear, de acuerdo con nuestros estudios, uno de tipo asincrónico trifásico, de 200 KW

de potencia, los cuales son fabricados actualmente en el país.

En el caso de las baterías, existen empresas que ensamblan en el país las del tipo requerido, pero sería importante que pudiera avanzarse en una integración nacional más plena, aprovechando por ejemplo las capacidades del *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía*, CIDMEJu, cuyo presidente va a estar dando su presentación en este encuentro. Con respecto al chasis, se cuenta en el país con larga experiencia en su fabricación y actualmente el 100% de los buses urbanos argentinos tienen chasis fabricados en el país. En este ítem por otro lado no existirían grandes diferencias entre los buses diesel y los eléctricos, salvo las modificaciones de diseño necesarias para alojar las baterías, que como se está trabajando en la línea de que éstas sean de la menor capacidad necesaria, se vería asimismo facilitado.

Por último, para profundizar estos análisis se propone avanzar en el dimensionamiento de las plantas productiva requerida para la fabricación de estos vehículos y sus componentes, y los análisis financieros necesarios, buscando la maximización de la integración nacional. También resulta de interés la posibilidad de analizar el potencial para la exportación de los buses por ejemplo hacia otros países de Latinoamérica.

Desarrollo de vehículos eléctricos en la Argentina – *Trabajo Final de Grado*

Irina Winokur y Facundo Jurado. *Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería Industrial.*

Nuestro estudio consistió en un relevamiento del mercado de vehículos eléctricos de uso privado en Argentina y de oportunidades para su desarrollo en el país.

A modo de introducción podemos decir que un vehículo eléctrico tiene un sistema de potencia más simple, y que esta mayor simplicidad se extiende también al sistema de carga de energía, en el sentido de que desaparece la necesidad de instalar estaciones de acopio de combustible: los puntos de recarga -eléctrica- para estos vehículos se pueden

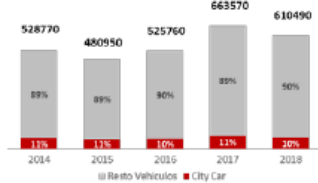
EN ARGENTINA AÚN NO HAY MERCADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

ANALIZAMOS EL MERCADO CONVENCIONAL Y PROYECTAMOS LAS VENTAS DE CITY CARS Y PEQUEÑOS UTILITARIOS PARA LOS PRÓX 5 AÑOS

ESTIMAMOS LA CURVA DE ADOPCION PARA 3 ESCENARIOS PROPUESTOS EN FUNCION DE LO OBSERVADO EN MERCADOS COMPARABLES

RECOPIACION, INTEGRACION Y ANALISIS DE DATOS

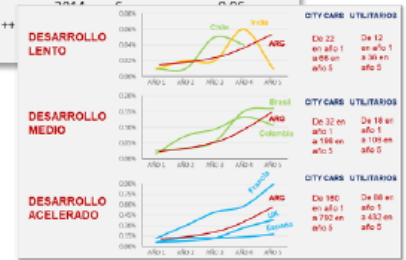
VENTAS POR MODELO
PRECIOS POR MODELO
CORRELACION CON
VARIABLES MACRO
PROYECCIONES DE
VARIABLES MACRO



MATRIZ DE COMPARACION

	Indice de Motorización*	Regulación	Impulso	Año de lanzamiento	#Modelos disponibles*	Indice cargadores rápidos	Indice cargadores lentos
United States	821	+++	+++	2011	3	1.48	0.19
France	598	+++	++++	2011	6	2.07	0.02
España	595	+++	+++	2012	15	1.46	0.02
United Kingdom	587	+++	++++	2011	4	3.93	-
Argentina	316			2018	4	0.15	
Chile	248	+	+	2015	6	0.56	0.34
Brazil	206						
Colombia	111	++	++				
India	22						

SIMULACION CURVA DE ADOPCION



instalar de forma atomizada en una amplia variedad de locaciones, principalmente las viviendas particulares o los estacionamientos públicos o de alquiler.

También, vale la pena mencionar que la utilización de vehículos eléctricos se remonta a 1835, cuando tuvieron un breve y acotado éxito como transporte urbano, hasta ser desplazados por el automóvil a combustión interna, que presentaba ciertas ventajas tecnológicas y económicas.

Es recién en la década del 2000 que esto empezó a cambiar -en el marco de crecientes presiones para realizar una transición energética que permita disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero- y, principalmente gracias al desarrollo de las baterías de ion-litio, en los últimos años el automóvil eléctrico tomó relevancia como la principal alternativa. Pero, ¿en qué contexto se desarrolla actualmente un mercado de vehículos eléctricos? Al margen del contexto citado, encontramos al Estado como catalizador de la creación y crecimiento de este mercado, empleando para ello herramientas como:

- Subsidios a la cadena de valor (terminales, autotopartistas, tecnología asociada)
- Subsidios a los consumidores (beneficios impositivos, financiación diferenciada)
- Cambios en regulaciones (mercado eléctrico / mercado automotriz / espacio público)

En el marco de una dinámica de fuerte crecimiento, en 2018 las ventas totales de autos eléctricos en el mundo alcanzaron las dos millones de unidades, representando un 2,2% del mercado automotriz global -el 90% de estas ventas se dieron en China, Estados Unidos y Europa-.

También es notable como fenómeno global, que los principales fabricantes de vehículos convencionales están en mayor o menor medida involucrados en el desarrollo de una oferta de vehículos eléctricos, para lo cual se vinculan con agentes externos, desde grandes empresas del sector energético, hasta pequeñas start-ups. La movilidad eléctrica presenta nuevos desafíos tecnológicos, operativos y estratégicos en cuya resolución juega un papel clave la innovación, no solo tecnológica sino del negocio en general, que muchas veces proviene de estos sectores externos a la industria automotriz.

Asimismo, destaca el peso que tienen los vehículos más pequeños en este nuevo mercado de movilidad eléctrica de uso privado. Aquí la hipótesis es que dadas las menores exigencias a las que están sometidos estos vehículos, en general de uso urbano y trayectos cortos, se minimizan las desventajas de autonomía y tiempo de carga de baterías, pues son más pequeñas.

Pese a estos factores comunes, también encontramos grandes diferencias entre los distintos mercados

internacionales, principalmente en relación con la infraestructura de soporte, la arquitectura de precios relativos entre vehículos y energía, la aplicación de incentivos estatales y las diferencias de base en el contexto de transporte. Por esto, con el objetivo de detectar factores de éxito y dinámicas que se puedan trasladar al caso argentino profundizamos el estudio en los mercados de España, India, Colombia, y los vecinos Brasil, Chile y Uruguay. Apoyándonos en las fuentes disponibles relevamos variables de mercado (cantidades vendidas, precios y modelos), las realidades de transporte e infraestructura y el marco aplicado de regulaciones e incentivos.

En cuento a nuestro abordaje al caso argentino, nos focalizamos especialmente en el mercado de city cars y de utilitarios pequeños -del tipo del modelo Kangoo de la empresa Renault-, que son el tipo de vehículos que aparecen como más afines a la electromovilidad tal como se mencionó antes, y que son además los segmentos-objetivo que han elegido nuestras empresas nacionales productoras de vehículos eléctricos en su etapa inicial de desarrollo. Así, observamos que el mercado de city cars representa en forma estable alrededor del 10% del total de patentamientos de vehículos de pasajeros vendidos en Argentina, y que el mercado de utilitarios pequeños representa alrededor del 20% del total del mercado de vehículos comerciales livianos -aproximadamente el 50% del volumen de mercado de los city cars-. También, basándonos en las proyecciones disponibles para la actividad económica de la región, estimamos la demanda de city cars y pequeños utilitarios para los próximos 5 años, en Argentina, Brasil y Chile, buscando estimar la cantidad de éstos que podrían ser captados por alternativas eléctricas, recurriendo a la modelización mediante escenarios.

Planteamos 3 escenarios potenciales, que denominamos lento, medio y acelerado, y para su construcción nos basamos no sólo en las tendencias disponibles sino en encuestas realizadas a potenciales compradores de city cars, analizando sus preferencias por la opción convencional o eléctrica, poniendo en consideración -a iguales niveles de confort, seguridad y performance- ciertas ventajas para la opción por la electromovilidad, así como factores de precio y autonomía.

Los resultados de estas encuestas y las proyecciones de mercado correspondientes estarán

disponibles en los primeros meses de 2020, junto con un análisis de la estructura de costos para la producción de un modelo de vehículo eléctrico pequeño en Argentina.

Enel X, protagonista de la movilidad eléctrica

Lic. Adrián Peragallo. *Enel X.*

En mi presentación voy a contar la experiencia de *Enel X* en Latinoamérica, en especial lo que tiene que ver con el transporte público, y comentando sobre los diferentes proyectos que ya están implementados o que se van a implementar.

Sobre lo que se ha dicho antes en este encuentro me gustaría resaltar dos aspectos. Uno es que la movilidad eléctrica ya es una realidad actual y tangible, no es algo sólo del futuro sino también del presente. Sin ir más lejos, en nuestra empresa tenemos un automóvil *Nissan LEAF* que usamos todos los días -es un auto de mediana-alta gama, y en el grupo también contamos con un vehículo Renault Kangoo eléctrico. Es decir, hace unos pocos años esto parecería casi imposible, pero hoy estos vehículos están en uso aquí en Argentina.

El otro aspecto que considero muy importante resaltar también, es en referencia a quienes hoy tienen que tomar decisiones para fomentar la movilidad eléctrica en el país, lo cual implica no solamente herramientas financieras de fomento como subsidios, sino de crear ciertas condiciones favorables. Por ejemplo, a partir de levantar algunas barreras que existen hoy en día, como el hecho de que la venta de un vehículo como es el *Nissan LEAF* tenga un impuesto a los bienes suntuarios, y que los cargadores de baterías útiles para para ese tipo de automóviles tenga aranceles elevados para su importación. Se podrían tomar medidas que corrijan esta situación. Esto más allá de ciertos beneficios o ventajas que pueden aplicarse para fomentar el uso de la movilidad eléctrica en los usuarios finales, muchos de ellos aplicados en otros países. Son entre otros, el no pago de patentes, el no pago de peajes o poder circular en zonas que están prohibidas para autos a combustión.

Así que entendemos, por lo menos desde nuestra



experiencia, el importante papel de los gobiernos en la primera etapa de introducción de la movilidad eléctrica en los países.

Voy a contarles ahora un poco más sobre *ENEL X*, empresa del grupo *ENEL*, el cual está integrado por empresas de generación y distribución de energía. Se trata del principal agente privado de energías renovables en el mundo y surge hace dos años como una nueva empresa enfocada en los desafíos de lo que llamamos transición energética, y los nuevos usos de la energía eléctrica que ésta implica. La empresa, que tiene presencia en 25 países alrededor del mundo, organiza sus acciones en cuatro líneas de trabajo, que llamamos e-home, e-industries, e-city e e-mobility, siendo esta última la que nos convoca hoy.

Avanzando ahora en analizar algunas tendencias que se adelantaron en las presentaciones que me precedieron, se observa una a la baja en el precio de las baterías eléctricas, lo que podría dar lugar a que, según indican varios estudios, para el año 2024 los autos eléctricos podrían tener el mismo costo que los autos impulsados por motores a combustión interna.

En este contexto, se avizora un crecimiento exponencial en las ventas de vehículos eléctricos a nivel mundial en las próximas dos décadas, con China como el mercado más importante y con

Estados Unidos con el mayor ritmo de crecimiento. En América Latina, por otro lado, estamos un poco atrasados en la introducción de estas tecnologías, pero sí hay avances importantes en lo que respecta a buses eléctricos, al punto que se calcula que para el año 2023 puede haber entre 2000 y 3000 de estos vehículos funcionando en la región.

En este sentido vale la pena comentar sobre las experiencias que desarrollamos desde *ENEL X*. En Chile por ejemplo, que consideramos el modelo de transporte eléctrico público en Latinoamérica, la experiencia de nuestra empresa empezó hace 3 años, con 2 buses eléctricos como prueba piloto; funcionaron durante un año en Santiago de Chile, permitiendo tomar datos y definir las especificaciones óptimas de las unidades requeridas para esta ciudad en particular. Así, antes de realizar la compra definitiva de unidades, se realizaron alrededor de 85 modificaciones al modelo original empleado en las pruebas piloto.

En Diciembre del 2018 se pusieron en funcionamiento 100 buses de *ENEL X* en Santiago de Chile, a los que debe sumarse unas 60 unidades adicionales propiedad de otra compañía; para marzo del año 2020 habrá 285 buses eléctricos funcionando en esa capital, y se espera que para fines de 2020 el número ascienda a 600 unidades en funcionamiento, convirtiendo a Chile en el segundo país en

importancia a nivel mundial en cuanto introducción de buses eléctricos.

Respecto de la tecnología para la carga de las baterías, se desarrolló un software que permite hacerlo de manera inteligente -pensemos que si se multiplica 285 buses por 80KW, que es la potencia requerida para cada carga, obtenemos valores de potencia muy grandes-. Este software, que toma en cuenta el uso de cada electroterminal y las diferentes variables de uso de cada línea, permitió reducir la potencia instalada requerida en un 30%. Este ejemplo muestra que la movilidad eléctrica no sólo implica a los vehículos, se trata de un ecosistema que incluye la generación de energía eléctrica, su distribución y la infraestructura de carga.

Comento también antes de seguir con el caso de Chile, que tuvimos algunas conversaciones con el gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en torno al tema de la introducción de buses eléctricos, y lo que surge como aspecto relevante no es sólo por ejemplo la infraestructura eléctrica, sino también el tema del espacio requerido para instalar esta infraestructura. Volviendo al caso de Chile, valorizamos el impulso que dio el gobierno al avance de esta iniciativa, y la implementación junto a ENEL X de un sistema de leasing para atender de las necesidades de financiamiento requeridas, que incluso fue merecedor de un premio Unión Internacional de *Transporte Público*, UITP, por su carácter innovador y su impacto positivo en las posibilidades de implementación del proyecto.

Otra cuestión importante que surgió en la experiencia de Chile se refiere al terreno y sus relieves; por ejemplo un problema detectado en las pruebas piloto tuvo que ver con el hecho de que varias líneas requieren que las unidades se detengan en pendientes de hasta casi a 30 grados, lo que requirió la incorporación de motores de mayor torque, que permitan poner en movimiento los buses en esas condiciones. Otro aspecto relacionado es que las mencionadas condiciones del terreno de Santiago de Chile permiten por otra parte cargar las baterías al 90% y que el restante 10% se realice en el primer tramo de los recorridos, que se realizan en caminos con pendiente descendiente.

También es destacable el caso de Colombia, país en el que ya está funcionando el primer bus eléctrico -en la ciudad de Bogotá- y en donde se ha licitado la introducción de 500 adicionales para el año próximo. ENEL X estará trabajando en el desarrollo

de la infraestructura de carga para estas unidades -tendido de la red, cámaras y software inteligente-. También se está implementando en Colombia los taxis eléctricos, llegando a un total de casi 50 vehículos en funcionamiento actualmente, con diferentes puntos de recarga. Pensemos también en este sentido las oportunidades que se abren para la movilidad eléctrica en el mercado de autos de alquiler, que en varios países de la región es importante y está en crecimiento.

Menciono asimismo el caso de Perú, en que también comenzó a funcionar en octubre de este año el primer bus eléctrico, a modo de prueba piloto incentivada por el gobierno de Lima.

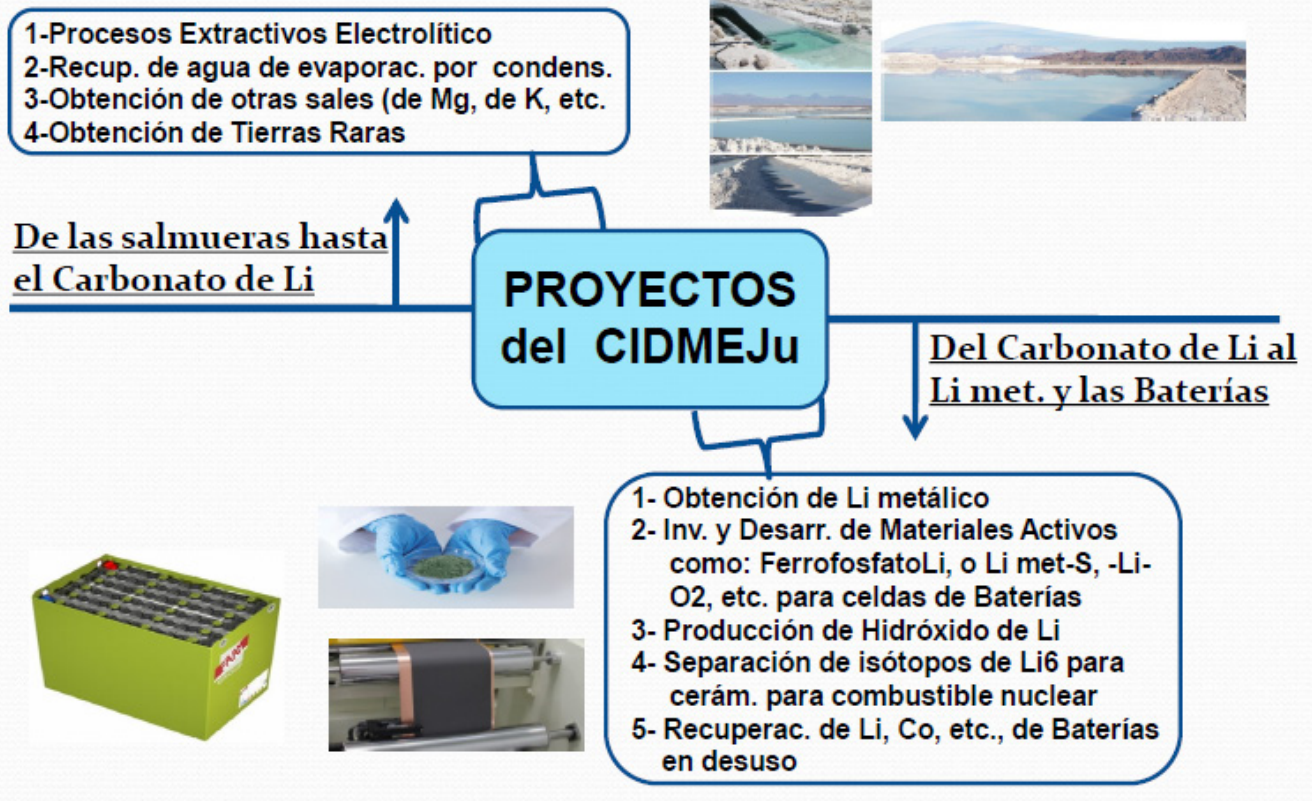
Por último, quisiera hacer una mención al caso de los autos eléctricos, que se incluyen en la agenda de este encuentro, puntualizando en el hecho de que, en los países que ya han avanzado en su introducción, el 80% de las cargas de energía eléctrica de los vehículos particulares se realiza en los domicilios. Esto es algo que debe tenerse en cuenta en los futuros -y actuales- desarrollos inmobiliarios. Así, resulta de gran importancia que las viviendas que se desarrollen -por ejemplo las cocheras de los edificios- estén preparadas para la carga de vehículos eléctricos, y también para poder aportar energía a la red -aspecto más que importante para la gestión de la red eléctrica, y particularmente relevante en los lugares en que la tarifa de suministro eléctrico varía dependiendo la hora del día-.

El litio en Jujuy, desde la extracción al valor agregado. Una visión desde la Investigación y el Desarrollo, hasta la Inversión y la Producción

Ing. Héctor Simone, *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía, CIDMEJu*

Actualmente en nuestro país se están llevando a cabo diversos proyectos relacionados con la extracción y la industrialización del litio, varios de ellos en Jujuy motorizados por el *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Materiales Avanzados en Acumulación de Energía, CIDMEJu*, que suele ser llamado Instituto del Litio, junto al *Instituto Jujeño*

PROYECTOS de INVEST. y DESARROLLO del CIDMEJu:



de Energías Renovables y Eficiencia Energética, el gobierno, y las empresas del sector.

Antes de avanzar es necesario mencionar que en cuanto a la tecnología empleada en los sistemas de acumulación de energía se tienen avances permanentes a nivel mundial y, si bien actualmente el litio se encuentra dentro del foco de esa carrera tecnológica, en 20 o 30 años podría haber elementos diferentes que sean los medulares para los sistemas de acumulación. Por eso nuestro instituto se focaliza en materiales avanzados en acumulación de energía y no exclusivamente en el litio, y se investiga allí también las diferentes alternativas que pueden ir surgiendo.

En lo que respecta a la extracción del litio, tenemos, la que se realiza a partir de salmueras para la formación de carbonato de litio, y la extracción del litio a partir de minerales (*espodumena* y otros minerales).

La extracción a partir de salmueras se realiza en Argentina por dos empresas, *Sales de Jujuy*, del grupo *Orocobre* (empresa de origen australiano) -que

actúa en conjunto con *Toyota*, y con *Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado*, *JEMSE*, que posee un 8,5% de las acciones- y *FMC (Food Machinery Corporation)*, empresa de origen estadounidense), que desarrolla sus actividades en Catamarca. Hay además alrededor de 17 a 20 proyectos en todo el país para el desarrollo de la producción de carbonato a partir de salmueras.

Respecto de la extracción del litio a partir de minerales -se trata del proceso que se desarrolla principalmente en Australia-, se encuentran en desarrollo proyectos en las provincias de Salta y Catamarca. Se menciona que si bien este proceso resulta en principio más costoso, al dar como resultado adicional la posibilidad de obtener tantalio, la ecuación económica puede tornarse favorable.

Volviendo a la extracción de carbonato de litio a partir de salmueras, tal como se realiza en Jujuy, se trata de un proceso que lleva alrededor de 12 meses y para el cual se perforan piletas y pozos de hasta 50 metros de profundidad en los salares

-el litio se encuentra en la parte más profunda-. Se instalan bombas que extraen un volumen importante de estas salmueras y las depositan en piletas a una altura de 40 centímetros, dejándolas bajo el sol para que se evapore el agua.

Respecto de estos procesos, intensivos en el consumo de agua, se están desarrollando proyectos para la recuperación de parte de ésta con un sistema que incluye una doble capa plástica tipo invernadero que permitiría recuperar el agua limpia, sin reinyectarla en los salares para no afectar al equilibrio físico químico del salar.

También existe un proyecto -actualmente en escala de laboratorio- basado en un proceso de electrólisis, el cual permitiría la obtención de carbonato de litio en 20 o 30 días y con menor consumo de agua, ya que no implica su evaporación. La principal debilidad de esta opción es el alto consumo de energía que implica.

Actualmente, el carbonato de litio obtenido – por ahora mayormente de grado técnico (pureza aprox. 96 a 98 %), aunque se está avanzando en la posibilidad de producir mayor cantidad de litio en grado batería (pureza superior al 99,5 %)- se dedica a la exportación, principalmente hacia países como Japón, China y otros del sudeste asiático, sin producirse en el país litio metálico, y mucho menos baterías -lo que hace Argentina actualmente es importar no sólo el material activo, sino íntegramente las celdas de las baterías, que simplemente se integran con un controlador electrónico, y se comercializan en Argentina a precios como 600 o 700 dólares el KWh, cuando en China cuestan 200 a 250 dólares el KWh-. Sólo Bolivia produce baterías en la región, en una escala muy pequeña pero con tecnología íntegramente propia, incluso el material activo.

Se destaca como una de las iniciativas que podrían contribuir a que el país modifique esta realidad, es la asociación con una empresa de Santa Fe y con la Universidad Nacional del Litoral para el desarrollo de la producción de litio metálico en Jujuy, empezando por la producción a escala piloto, lo cual ya fue iniciado. Destaco respecto de esto que el litio metálico tiene un muy alto valor por tonelada -por ejemplo, en el caso del litio metálico empleado en baterías, 94 veces más que el carbonato de litio, y en el caso del empleado en la producción de energía

nuclear, 943 veces más- y que existen sólo tres plantas en el mundo que lo producen.

También se destaca la asociación entre *Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado*, JEMSE y la empresa italiana SERI, orientada a la producción futura de baterías de litio en el país, empezando en una etapa inicial por su ensamblado, siguiendo por la fabricación del material activo y de las celdas. Resulta de una importancia mayúscula para Jujuy y para Argentina en general la posibilidad de que este proyecto logre materializarse.

Para terminar mi presentación quisiera enfatizar en la importancia de trabajar para que la incorporación de todas estas tecnologías de las que se habló hoy se realice en Argentina en torno al desarrollo de nuestras propias capacidades científicas, tecnológicas y productivas.

Sero Electric: Industria argentina de vehículos eléctricos

Pablo Naya, Sero Electric

Sero Electric viene trabajando desde 2010 en el desarrollo de vehículos eléctricos nacionales, para lo cual se focalizó primeramente en los llamados microcars, que es un tipo de vehículos pequeños que circulan en Europa desde hace muchos años. Se investigaron las tecnologías y los procesos productivos necesarios, incluso se desarrollaron piezas, y en 2014 se logró tener el primer prototipo, que permitió avanzar con diversas pruebas de funcionamiento.

Cabe destacar que durante todo el proceso de desarrollo del producto se fue trabajando simultáneamente en forma articulada con diferentes Ministerios nacionales, con el objetivo de poder contar con una reglamentación que regule la circulación de *microcars* eléctricos en el país.

Así por ejemplo, las categorías denominadas técnicamente L6 y L7 -se comentó sobre esto en la presentación realizada desde el *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*, INTI, y desde la *Asociación Argentina de Vehículos Eléctricos y Afines*, AAVEA, en el primer encuentro sobre *Movilidad Eléctrica en Argentina*, como parte de este mismo ciclo-, no

DESCUBRÍ
UN MUNDO MEJOR



MODELOS



Sedán



Cargo Alto



Cargo Bajo

Los modelos **Sedán y Cargo Alto** en su versión **con puertas** cuentan con la Licencia de Configuración de Modelo para la circulación en la vía pública.



"Un nuevo concepto en movilidad"

estaban incluidas en la Ley de Tránsito (*Ley Nacional 24.449*) y para lograr este primer objetivo normativo, que se cumplió en 2018, se dedicó mucho trabajo.

Respecto de los vehículos producidos por Sero Electric, se destaca que tienen una integración nacional del 80% -sólo el 20% de las piezas del vehículo corresponde a partes importadas-. Por su

parte, nuestra planta de producción, inaugurada en 2018, tiene una capacidad de producción de 50 vehículos mensuales.

Como hito fundamental más reciente, se tiene la homologación de nuestros vehículos en este 2019, convirtiendo a Sero Electric en la primer empresa sudamericana productora de vehículos eléctricos en lograr este objetivo.



2° Encuentro MOVILIDAD ELÉCTRICA EN ARGENTINA

Actualidad, desafíos y perspectivas futuras