

Ciudades Inclusivas, Sostenibles e Inteligentes (CISI)

Modelo de evaluación para la fabricación de autobuses eléctricos en México y otros países de América Latina

Saúl De los Santos



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS

CEPAL



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Modelo de evaluación para la fabricación de autobuses eléctricos en México y otros países de América Latina

Saúl De los Santos



Este documento fue preparado por Saúl De los Santos, Consultor de la Unidad de Innovación y Nuevas Tecnologías de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en el marco del proyecto “Ciudades inclusivas, sostenibles e inteligentes en el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe”, clúster Política Industrial, ejecutado por la CEPAL en conjunto con la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania. El proyecto forma parte del programa de cooperación CEPAL/BMZ-GIZ.

El autor agradece a Lilia Covarrubias, investigadora asociada del Centro de Inteligencia Estratégica (AXIS), por su colaboración y aportes.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2022/216
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2022
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.22-00564

Esta publicación debe citarse como: S. De los Santos, “Modelo de evaluación para la fabricación de autobuses eléctricos en México y otros países de América Latina”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2022/216), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Introducción	5
I. Particularidades de la producción de autobuses eléctricos	7
A. Conceptos base	7
B. Subsistemas de los autobuses eléctricos	11
C. Procesos de fabricación de los subsistemas de autobuses eléctricos	13
D. Perfiles profesionales involucrados en la producción de autobuses eléctricos	14
E. Modelos de producción	15
1. Instalación de nueva planta	15
2. Reconversión de planta	20
3. Reconversión de autobuses	21
II. Descripción del modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de autobuses eléctricos	27
III. Factibilidad de fabricación de autobuses eléctricos en México	31
IV. Aplicación del modelo en el Brasil, Colombia y la Argentina	39
V. Propuestas para el impulso de la fabricación de autobuses eléctricos en México y precisiones puntuales para otros países	45
A. Oportunidades de escalamiento en la cadena de valor	45
B. Reposicionamiento en el mercado	46
C. Políticas públicas de impulso	46
D. Enfoque de triple hélice para impulsar la transición a la electromovilidad	46
Bibliografía	49
Anexos	53
Anexo 1	54

Anexo 2	57
Anexo 3	64
Anexo 4	68
Anexo 5	72

Cuadros

Cuadro 1	Tipos de autobuses utilizados por sistema de transporte público en Ciudad de México.....	9
Cuadro 2	Principales empresas que fabrican unidades de tren motriz convencional y eléctrico en México por categoría	9
Cuadro 3	Subsistemas principales para la fabricación de autobuses eléctricos.....	13
Cuadro 4	Principales procesos de producción asociados a los subsistemas de autobuses eléctricos	13
Cuadro 5	Comparación entre subsistemas de autobús convencional y eléctrico	22
Cuadro 6	Instituciones de referencia para apoyo a la industria automotriz en México.....	33
Cuadro 7	Oferta de asistencia técnica y tecnológica de los Centros de Investigación del CONACYT vinculados a la industria Automotriz y de Autopartes	34
Cuadro 8	Sectores involucrados en la coordinación de actividades de movilidad eléctrico en países seleccionados.....	43
Cuadro A1	Modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de buses eléctricos.....	54
Cuadro A2	Modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de buses eléctricos.....	57
Cuadro A3	Evaluación para el caso del Brasil.....	64
Cuadro A4	Evaluación para el caso de Colombia	68
Cuadro A5	Evaluación para el caso de la Argentina	72

Diagramas

Diagrama 1	Clasificación de vehículos pesados de pasajeros en metros de longitud y cantidad de pasajeros.....	8
Diagrama 2	Esquema simplificado del sistema de tren motriz para autobús eléctrico de baterías	11
Diagrama 3	Ubicación de principales subsistemas del autobús eléctrico (ilustrativo).....	12
Diagrama 4	Esquema general de la cadena de valor de los vehículos eléctricos	16
Diagrama 5	Integración de estructuras de cuerpo y chasis.....	17
Diagrama 6	Caracterización de los niveles de integración productiva	18
Diagrama 7	Elementos del sistema de propulsión reemplazables en la reconversión de unidades de tren motriz convencional a eléctrico	22
Diagrama 8	Localización de casos en el espacio de integración productiva vs modelo de producción.....	23
Diagrama 9	Categorías del modelo de evaluación técnico-económica.....	28

Introducción

La electromovilidad es un concepto que resulta cada vez más relevante para la sostenibilidad de las urbes alrededor del mundo al conjugar una variedad de temas entre los que se encuentran la contaminación atmosférica, el uso de fuentes de energías renovables, las ciudades inteligentes, el desarrollo urbano sostenible, la dignificación del transporte público y la calidad de vida de los ciudadanos.

Si bien la compra de vehículos eléctricos de los usuarios particulares ha ido en aumento en las últimas décadas al registrarse en 2020 un inventario mundial de 10 millones de vehículos, es decir, 43% más que el año anterior¹, la electromovilidad presenta oportunidades en términos de la reconfiguración y sustitución de modelos de transporte público para brindar soluciones inteligentes y ecológicas a la movilidad urbana, siendo los autobuses eléctricos y su sistema de infraestructura de soporte una de las modalidades con mayor potencial de implementación en las ciudades.

Los autobuses eléctricos se presentan como una alternativa viable a los problemas de contaminación y tráfico que aquejan a las grandes ciudades pues brindan el traslado de una gran cantidad de personas a bajos costos de consumo energético. Además, la transición hacia unidades eléctricas es tan solo un ejemplo de las mega tendencias que representan el futuro de la movilidad el cual contempla el desarrollo de vehículos eléctricos, autónomos y/o conectados de diversa índole.

En las últimas décadas, China ha liderado la fabricación y uso de autobuses eléctricos, pues se estima que, en 2017, el 99% de la flota global de autobuses eléctricos vendidos se encontraban en dicho país²; entre las empresas fabricantes chinas más reconocidas a nivel global se encuentran Yutong y BYD. Las empresas chinas en este rubro continúan suministrando gran parte de las flotas de autobuses eléctricos a ciudades en todo el mundo que buscan lograr una transición hacia sistemas de movilidad urbana más limpios. A diferencia de empresas fabricantes europeas y estadounidenses, la larga

¹ International Energy Agency (2021). Global EV Outlook 2021. Trends and developments in electric vehicle markets. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets>.

² Bloomberg New Energy Finance (2018). Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂.

trayectoria y experiencia de las empresas chinas permite no solamente ofrecer precios competitivos a sus clientes, sino cubrir con facilidad los altos volúmenes de compra que estos solicitan.

A medida que más ciudades se interesan por adquirir flotillas de autobuses eléctricos, crece el mercado de consumo y las empresas fabricantes expanden sus operaciones globales, por lo que surge una oportunidad para aquellos países que desean incursionar en la fabricación de autobuses eléctricos, así como sus sistemas de apoyo y componentes clave.

En este sentido, México y otros países en Latinoamérica poseen una ventana de oportunidad donde pueden aprovechar su *know-how* y recursos derivados de una trayectoria en la industria de fabricación de autobuses convencionales y realizar una transición hacia una cartera de productos más novedosos y sofisticados, ya sea por medio de la expansión de las capacidades existentes, o bien el fomento de inversiones en sus propios territorios.

El presente reporte tiene como objetivo presentar los retos y oportunidades que tienen México y otros países en América Latina incluyendo Brasil, Colombia y Argentina, para participar de manera significativa en la fabricación de autobuses eléctricos. Por medio de un modelo de factibilidad técnica y económica que utiliza referentes mundiales, se aborda el potencial y viabilidad de tres modelos de producción mediante los cuales los países antes mencionados pueden incursionar en esta industria: la instalación de nuevas plantas de producción, la reconversión de plantas de fabricación ya existentes que buscan expandir sus operaciones hacia líneas de producción de unidades eléctricas, y actividades de reconversión de autobuses de tren motriz convencional a tren motriz eléctrico.

El reporte se conforma por 5 capítulos; en el primer capítulo se aborda información básica acerca de la composición y fabricación de un autobús eléctrico, que brindará al lector conocimiento relevante para comprender el contenido integrado en capítulos subsecuentes, así como una descripción detallada de los 3 modelos de producción de unidades eléctricas que serán abordados a lo largo del reporte.

En el capítulo dos se desarrolla un análisis de las principales características y los requerimientos mínimos en términos técnicos, de escala, e inversión para la puesta en marcha de los tres modelos de producción en los casos de México y América Latina. Este análisis es retomado en el tercer capítulo, el cual presenta un modelo de evaluación de factibilidad que contempla una serie de variables identificadas en referentes a nivel internacional para ponderar la viabilidad de producción de autobuses eléctricos en México.

Posteriormente, el capítulo cuatro aborda la factibilidad de producción de autobuses eléctricos a través de cada uno de los tres modelos utilizados en el capítulo anterior, esta vez para los casos concretos de Brasil, Colombia y Argentina, utilizando referentes disponibles.

Finalmente, el quinto capítulo plantea una serie de recomendaciones para abordar aquellas barreras identificadas para incursionar en la industria de autobuses eléctricos e impulsar este segmento tanto en territorio mexicano como otros países en América Latina.

I. Particularidades de la producción de autobuses eléctricos

A. Conceptos base

Con la finalidad de proveer información esencial para comprender secciones de mayor complejidad que serán abordadas a lo largo del reporte, el presente capítulo desarrolla de manera simplificada aquella información relativa a la fabricación y los subsistemas que componen los autobuses eléctricos, así como otros elementos que serán tomados en cuenta para valorar las oportunidades de fabricación en los países de Latinoamérica considerados.

Una manera de clasificar los vehículos de transporte de pasajeros, los cuales pueden llegar a presentar diferencias significativas entre modelos, se puede realizar con base a dos criterios: capacidad y longitud. Existe una diversidad de parámetros que se pueden utilizar para clasificar autobuses, sin mencionar que los nombres pueden variar de acuerdo con la región o país en el que transiten. Este reporte utilizará una tipología que presenta 5 tipos de vehículos pesados de pasajeros con base en su longitud en metros y capacidad en número de pasajeros (diagrama 1). Para fines prácticos, a lo largo de este reporte se utilizará el término “autobús” como generalidad para hacer referencia a cualquiera de los cinco tipos que se presentan en el diagrama 1, a excepción de donde se realicen precisiones.

La longitud de un autobús puede ir desde los 6 metros hasta casi 20 metros. La capacidad mínima ronda en torno a las 10 personas, mientras que unidades más grandes pueden llegar a tener espacio para 120 pasajeros, e incluso más en caso de autobuses articulados, dependiendo de la cantidad de módulos con los que cuente dicha unidad. Existen modelos que cuentan con características particulares que amplían su capacidad de pasajeros, como por ejemplo aquellos que cuentan con un segundo piso. Es importante notar que el número de asientos disponibles no representa necesariamente la capacidad en número de pasajeros, pues se contempla el hecho de que algunos de ellos pueden ir de pie, es decir, una unidad con capacidad para 120 pasajeros no cuenta con 120 asientos.

Diagrama 1
Clasificación de vehículos pesados de pasajeros en metros de longitud y cantidad de pasajeros

Microbús 6 m a 7 m 10 a 19 pasajeros	
Buseta 7 m a 10 m 20 a 30 pasajeros	
Busetón 10 m a 11 m 20 a 30 pasajeros	
Autobús estándar 11 m a 15 m 30 pasajeros en adelante	
Autobús articulado 17 m a 19 m Alta cantidad de pasajeros	

Fuente: Adaptado de Autocrash (2016). Conozca la clasificación de los vehículos pesados de pasajeros. Recuperado de <https://www.revistaautocrash.com/conozca-la-clasificacion-los-vehiculos-pesados-pasajeros/>.

Además, es importante notar que la configuración de un autobús varía según el tipo de servicio ofertado: autotransporte foráneo (para traslado entre ciudades) y transporte público urbano (o local). Por un lado, los servicios de autotransporte foráneo en México autorizado por el gobierno federal (traslado regional y nacional) utilizan autobuses de servicio denominados como “foráneos”, los cuales cumplen una función para el traslado de pasajeros a mayores distancias³, que implican el uso de carreteras, así como rutas y horarios fijos. Los “autobuses foráneos” se posicionan dentro de la categoría de autobús estándar al configurarse entre los 11 a 15 m de longitud y contar con una capacidad mayor a 30 pasajeros; estos pueden llegar a incluir elementos de mayor confort incluyendo asientos reclinables, sanitarios y maleteros inferiores⁴.

Por otro lado, el transporte público urbano es usualmente un servicio intraurbano (local), o en algunos casos interurbano⁵, que transita regularmente por una ruta establecida, sin embargo, este no cuenta necesariamente con horarios de llegada/salida definidos a los distintos puntos de la ruta. Dependiendo de la ciudad, el servicio de transporte público urbano puede utilizar todo tipo de autobuses: microbuses, busetas, busetones, autobuses estándar⁶ y/o autobuses articulados para el traslado de pasajeros. El alcance de este reporte se limita específicamente a los modelos correspondientes a autobuses utilizados para el servicio de transporte público urbano, por lo que se excluyen aquellos modelos de autobuses particulares al autotransporte foráneo denominados “autobuses foráneos”.

³ El servicio de autotransporte foráneo es utilizado para trasladarse entre ciudades de una misma entidad y entre entidades federativas.

⁴ Secretaría de Comunicaciones y Transporte (2008). Glosario. Estadística Básica del Autotransporte Federal. Recuperado de https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2008/EB2008-12-GLOSARIO.pdf.

⁵ Algunos sistemas de movilidad pública que utilizan autobuses ofrecen rutas a ciudades aledañas a la ciudad de origen.

⁶ A pesar de tener una capacidad de pasajeros y longitud similares, los autobuses estándares utilizados para el transporte urbano público no cuentan con los elementos de confort característicos de los “autobuses foráneos”.

En este sentido, la selección de cada tipo autobús depende de la ruta por la cual circulan, por lo que es común que unidades de menores dimensiones como los microbuses transiten por rutas secundarias, mientras que aquellos de mayor tamaño transiten por avenidas principales.

El cuadro 1 ejemplifica el caso de la Ciudad de México que cuenta con distintos tipos de sistemas de transporte, que en su conjunto hacen uso de todos los tipos de autobuses presentados anteriormente para cubrir las necesidades de movilidad en una de las principales urbes del país.

Cuadro 1
Tipos de autobuses utilizados por sistema de transporte público en Ciudad de México

Sistema	Tipo de autobús	Notas adicionales
Metrobús	Autobús articulado (2 y 3 módulos) Autobús estándar Autobús de doble piso	Las unidades de mayor tamaño circulan por avenidas principales.
Red de Transporte de Pasajeros (RTP)	Busetón Autobús estándar	Traslada a pasajeros de la periferia al centro de la Ciudad de México
Servicio de Transportes Eléctricos	Autobús estándar (Trolebús) Autobús articulado (Trolebús – 2 módulos)	Estas unidades transitan por carriles confinados por el Eje Central conocido como el Corredor Cero Emisiones.
Mexibús	Autobús articulado (2 módulos) Autobús estándar	Es un sistema de autobús de tránsito rápido que transporta pasajeros entre la Ciudad de México y el Estado de México.
“Mi Ruta” - Concesiones a empresas e individuos	Microbús Buseteta	De acuerdo con INEGI 2017, el transporte colectivo integrado por microbuses son el medio de transporte público más utilizado en la Zona Metropolitana del Valle de México. El plan integral de movilidad de la Ciudad de México contempla el reemplazo de miles de unidades contaminantes debido a su antigüedad y falta de mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia con datos de diversas fuentes.

Al comparar el cuadro 1 con el cuadro 2 se observa que las principales empresas fabricantes de autobuses localizadas en México actualmente producen los mismos modelos de autobuses que son utilizados usualmente por el transporte público urbano de dicho país (abasto al mercado interno).

Cuadro 2
Principales empresas que fabrican unidades de tren motriz convencional y eléctrico en México por categoría

Empresa	Modelo	Categoría
Dina	Runner 10 Runner G Linner Linner G Brighter Linner 12 Ridder E	Busetón Buseteta Busetón Busetón Autobús articulado Autobús estándar Autobús estándar (trolebús)
Hino (Toyota)	Bus 1626M Zafiro Bus 918K Orion	Busetón Buseteta/Busetón
Man (VW)	Volksbus 8.160 OD Volksbus 9.160 OD Volksbus 14.190 SCD Volksbus 15.190 OD Volksbus 17.230 OD Volksbus 17.280 OT	Microbús/Buseteta Buseteta Buseteta/Autobús estándar Busetón/Autobús estándar Busetón/Autobús estándar Busetón/Autobús estándar

Empresa	Modelo	Categoría
Mercedes-Benz	LO Euro V	Buseta
	MBO Euro V	Buseta/Busetón
	OF Euro V	Buseta/Busetón
	OH Euro V	Busetón/Autobús estándar
	O 500 Euro V	Autobús estándar
Scania	HA/IA	Autobús articulado
	IB	Buseta/Autobús estándar
	UB	Buseta/Autobús estándar
	CF	Buseta
	Volt (próximamente)	Autobús estándar (eléctrico)
Volvo	Volvo 7300	Autobús articulado
	Volvo Procity	Autobús estándar
	Volvo Access	Autobús estándar
	Volvo B8R	Chasis para busetón o autobús estándar
	Volvo B8RLE	Chasis para busetón o autobús estándar
	Volvo BZL (próximamente)	Autobús estándar (eléctrico)

Fuente: Elaboración propia con datos de diversas fuentes.

Nota: Debido al enfoque en transporte público que tiene este reporte, este cuadro excluye los modelos de autobuses denominados "foráneos". Este cuadro muestra solamente algunos ejemplos de empresas y sus respectivos modelos por lo que no es una lista exhaustiva.

Los autobuses también pueden ser clasificados con respecto a su tecnología de propulsión: diésel, gasolina, gas natural, gas-gasolina, híbrido y eléctrico, siendo este último, el enfoque del presente reporte. Los autobuses eléctricos se presentan en distintas modalidades y aspectos de desempeño según su fuente de carga de energía, autonomía, eficiencia energética, tiempo de carga, capacidad de pasajeros, entre otros.

Entre las modalidades principales relacionadas a la fuente de carga energía se encuentran tres:

- i) El trolebús, el cual es un autobús que se alimenta de una fuente eléctrica por medio de una catenaria. La infraestructura (líneas aéreas eléctricas) de la cual depende, limita su circulación a carriles que son generalmente exclusivos.
- ii) El autobús eléctrico híbrido, el cual cuenta con baterías para operar de manera eléctrica, así como un motor diésel que actúa de soporte en caso de ser necesario. Esta unidad se alimenta de manera eléctrica por medio de estaciones de recarga rápida ("recarga de oportunidad") que se encuentran a lo largo de su ruta establecida.
- iii) El autobús eléctrico de baterías (BEB por sus siglas en inglés), el cual es una unidad que opera exclusivamente por medio de baterías internas y cuyas estaciones de recarga se encuentran en traspacios donde se abastecen de energía por varias horas durante su resguardo. Es importante notar que esta modalidad en algunas de sus configuraciones también puede llegar a requerir de infraestructura de soporte a lo largo de la ruta para la recarga rápida de las unidades.

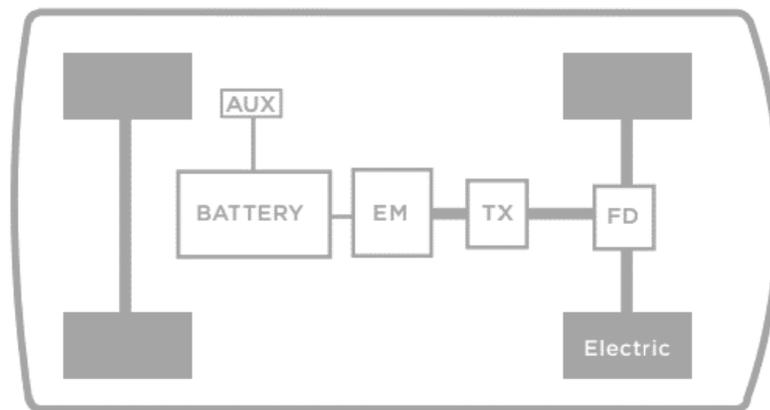
De aquí en adelante al hacer referencia a los autobuses eléctricos se estará refiriendo primordialmente a los autobuses eléctricos de baterías⁷. Los autobuses eléctricos tienen como componente central el sistema de baterías el cual es recargado de manera externa con un conector que se enlaza a la red eléctrica. El sistema de baterías permite almacenar la energía requerida que al momento de operar ésta es distribuida a los sistemas de propulsión, mientras que el frenado regenerativo es utilizado para recuperar una porción de la energía cinética y retornarla a las baterías⁸.

⁷ Empresas como Volvo y Mercedes Benz fabrican autobuses híbridos que al ser una tecnología de transición resulta más costosa. Este reporte hace énfasis en autobuses eléctricos que se esperan sean la tecnología dominante en el mediano y largo plazo.

⁸ MRCagney (2017). Electric Bus Technology. Transport Research Report. Recuperado de https://www.mrcagney.com/uploads/documents/MRC_Electric_Bus_Report__11072017.pdf.

Una de las ventajas que presenta este tipo de tecnología es el hecho de ser de cero emisiones a diferencias de sus contrapartes que, a pesar de emitir cantidades significativamente menores a los modelos de combustión tradicional, aportan a la contaminación vía gases efecto invernadero, de la cual el sector de transporte es responsable del 23% de estas emisiones en el caso mexicano⁹. Además, la energía eléctrica de las estaciones de recarga puede ser obtenida por fuentes renovables, que vuelven el sistema de operación completo aún más amigable con el medio ambiente en términos de emisión de gases. En el siguiente diagrama se muestra una representación simplificada de los elementos de un tren motriz eléctrico.

Diagrama 2
Esquema simplificado del sistema de tren motriz para autobús eléctrico de baterías



Fuente: MRCagney (2017). Electric Bus Technology. Transport Research Report Recuperado de https://www.mrcagney.com/uploads/documents/MRC_Electric_Bus_Report_11072017.pdf.

Nota: abreviaturas: AUX - Subsistemas auxiliares, EM - Motor eléctrico, TX - Transmisión, FD - Diferencial.

B. Subsistemas de los autobuses eléctricos

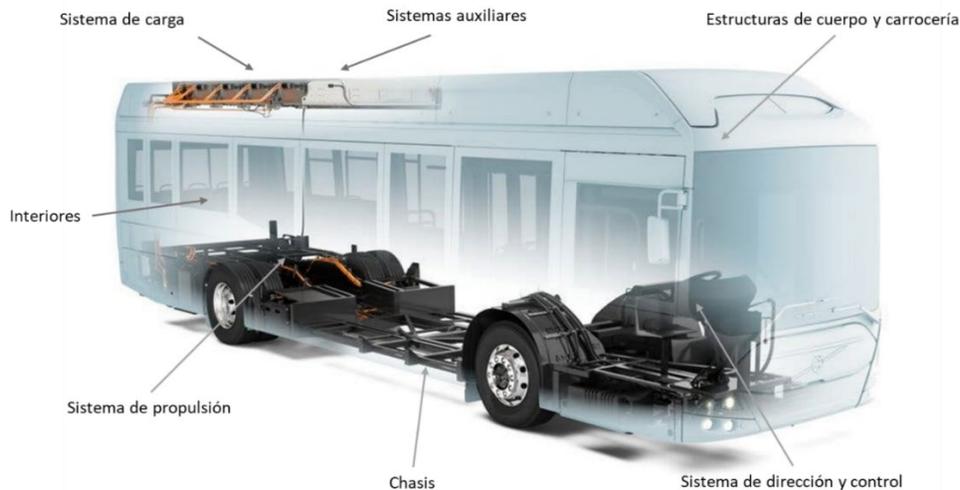
Los autobuses eléctricos contienen una variedad de componentes que permiten su funcionamiento óptimo. Al agrupar componentes claves cuya función aporta a ciertos aspectos específicos de la operación, estos conforman a su vez los subsistemas que atienden funciones incluyendo su propulsión, recarga, dirección, entre otras. A continuación, se detallan los principales subsistemas de un autobús eléctrico, y se representa visualmente la ubicación de cada uno de ellos en el diagrama 3.

- **Chasis.** Plataforma conformada por dos largueros y estructuras transversales que sostiene los componentes mecánicos del vehículo.
- **Propulsión.** También denominado *powertrain*, está compuesto por aquellos elementos que permiten el desplazamiento del vehículo incluyendo el motor eléctrico, transmisión, ejes y llantas. En el caso de las unidades de propulsión eléctrica esto no incluye los módulos de baterías que son en sí parte de un subsistema por su propia cuenta.
- **Dirección y control.** Permite determinar la trayectoria de la unidad, mediante movimientos en el volante que accionan la barra de dirección, además de otros componentes relacionados al proceso de conducción.

⁹ ANASEVI (2021). El poder de la innovación y las soluciones de infraestructura inteligente para una movilidad sostenibles. Recuperado de https://anasevi.org.mx/wp-content/uploads/2021/09/PPT_Carlos_Mir.pdf.

- **Carga eléctrica.** Se compone de los módulos de batería, las conexiones superiores para la recarga de oportunidad, y el conector para la carga de energía proveniente de la red eléctrica. Dependiendo de las configuraciones de este subsistema, el autobús presentará distintos desempeños respecto a su velocidad, arranque y autonomía, entre otros aspectos. Las configuraciones de los módulos de baterías pueden variar respecto a sus componentes químicos (ion de litio (LTO), níquel-cobalto-manganeso (NMC) o litio-ferrofosfato (LFP)¹⁰), capacidad (generalmente entre 150 kWh a 450 kWh¹¹), número de baterías, entre otros aspectos.
- **Estructuras de cuerpo y carrocería.** Son las partes metálicas externas que forman el esqueleto de la unidad incluyendo la estructura superior, inferior y lateral. Esta estructura es colocada sobre el chasis. Por su parte, la carrocería son los elementos que dan una configuración particular a la unidad incluyendo costados, puertas, ventanas, luces, entre otros.
- **Interiores.** Se compone de todos los elementos internos que contribuyen al espacio "habitado" del vehículo incluyendo asientos y otros elementos de funcionalidad y confort.
- **Auxiliares.** Se refiere a aquellos subsistemas adicionales y de soporte, incluyendo al sistema de climatización, dirección asistida, compresor de aire, y el contactor auxiliar 24V, entre otros componentes que se relacionan directa o indirectamente con las condiciones del manejo de la unidad¹².

Diagrama 3
Ubicación de principales subsistemas del autobús eléctrico (ilustrativo)



Fuente: Adaptado de Híbridos y Eléctricos (2021). Volvo presenta BZL Electric, su nuevo chasis modular para autobuses eléctricos. Recuperado de https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/volvo-presenta-nuevo-chasis-autobuses-electricos/2021092814460_3049664.html.

Nota: la imagen ilustra un modelo de autobús que cuenta con un subsistema de carga que consta de baterías superiores y/o carga de oportunidad en el caso de los autobuses que cuentan con este último. No obstante, la ubicación de las baterías depende de la configuración del autobús, las cuales pueden localizarse a lo largo del piso, en el techo, y/o comúnmente en la parte trasera de la unidad. Los subsistemas auxiliares se encuentran en distintas partes de la unidad, por lo que la imagen solamente ilustra la ubicación del subsistema de climatización.

¹⁰ Sustainable Bus (2021). Lithium-ion battery technology in e-buses, according to BMZ Poland. Recuperado de <https://www.sustainable-bus.com/news/bmz-poland-lithium-ion-battery-technology-electric-buses/>.

¹¹ M. J. Bradley & Associates LLC (2020). Battery Electric Bus and Facilities Analysis. Recuperado de https://www.mjbradley.com/sites/default/files/MTSElectricBusFinalReportFINAL15jan20_o.pdf.

¹² Halmeaho, T., Antila, M., Kataja, J., Silvonen, P., Pihlatie, M. (2015). Advanced Driver Aid System for Energy Efficient Electric Bus Operation. n Proceedings of the 1st International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2015), pages 59-64. Recuperado de <https://www.scitepress.org/papers/2015/54946/54946.pdf>.

Como se observa en el cuadro 3, las diferencias más significativas entre los subsistemas de un autobús de tren motriz eléctrico y uno de tren motriz convencional corresponden al subsistema de propulsión y el subsistema de carga eléctrica; este último no existe en una unidad de motor de combustión. Además, existen adecuaciones que deben ser realizadas a las tecnologías que componen el chasis y el sistema de dirección y control.

Cuadro 3
Subsistemas principales para la fabricación de autobuses eléctricos

Subsistema	Equivalente al de sistema de combustión	Basado en sistema de combustión con adecuaciones	De naturaleza distinta a sistema de combustión
Chasis			
Propulsión			
Dirección y control			
Carga (eléctrica)			
Estructuras de cuerpo y carrocería			
Interiores			
Auxiliares			

Fuente: Elaboración propia.

Por último, existen subsistemas que no impactan en el aspecto eléctrico del autobús como por ejemplo el cuerpo, carrocería e interiores, por lo que se mantiene equivalente. Si bien los subsistemas auxiliares representan un consumo energético, estos pueden ser utilizados para distintos tipos de tren motriz, no obstante, en caso de requerirlo se puede optar por seleccionar subsistemas auxiliares con consumos energéticos más eficientes que representen una menor proporción de la energía utilizada por la unidad. Una descripción detallada de los principales cambios entre subsistemas será retomada más adelante.

C. Procesos de fabricación de los subsistemas de autobuses eléctricos

Con el objetivo de identificar las capacidades de producción que son requeridas para la fabricación de los principales subsistemas de un autobús eléctrico, se presenta el cuadro 4. Este cuadro muestra un primer acercamiento a las competencias técnicas requeridas para la fabricación de subsistemas clave, la tecnología e incluso procesos que pueden ser requeridos durante el proceso de fabricación.

Cuadro 4
Principales procesos de producción asociados a los subsistemas de autobuses eléctricos

Subsistema	Principales procesos asociados
Chasis	Soldadura robótica/automatizada Soldadura manual Recubrimientos metálicos
Propulsión	Fabricación y ensamble de componentes eléctricos (motores) Fabricación y ensamble de componentes electrónicos Cableado (arneses) Fabricaciones metalmecánicas (maquinado asociado a transmisiones y diferenciales)
Dirección y control	Fabricación y ensamble de sensores y controladores Fabricación y ensamble de componentes electromecánicos

Subsistema	Principales procesos asociados
Carga (eléctrica)	Fabricación de módulos de batería Fabricación de inversores de poder Fabricación de sistemas de control de carga
Estructuras de cuerpo y carrocería	Estampado metálico Soldadura manual Ensamble con medios mecánicos de sujeción Fabricación de ventanas Fabricación de defensas y componentes accesorios Proceso de pintura
Interiores	Integración de asientos y vestiduras Integración de tableros, molduras y accesorios de cabina Integración de elementos de seguridad Habilitación de pisos y superficies de contacto Integración de componentes accesorios y decorativos
Auxiliares	Integración de equipos de climatización / aire acondicionado Integración de componentes de suspensión Integración de componentes de frenado Integración de equipos complementarios a la conducción Integración de equipos de audio / video Integración de equipos para funciones particulares del modelo o a solicitud del cliente

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El concepto "integración" se refiere al proceso de ensamble, conexión y/o configuración de componentes de fuentes externas al vehículo.

Incluidos en el subsistema de propulsión y el subsistema de carga se encuentra la fabricación de los siguientes componentes clave:

- Módulos de baterías
- Motores eléctricos
- Estaciones y sistemas de control de carga

D. Perfiles profesionales involucrados en la producción de autobuses eléctricos

Desde hace una década la Organización Internacional del Trabajo¹³ visualizaba el cambio que sufriría la industria automotriz a medida que se avanzara hacia tecnologías más amigables con el medio ambiente. Las tendencias hacia un transporte ecológico implicarían una reestructuración intraindustrial que requeriría de mecánicos de autos, ingenieros y técnicos automotrices con perfiles más actualizados y versados en temas asociados a las fuentes de energía alterna.

A continuación, se enlistan aquellos perfiles identificados que serán esenciales en el desarrollo de una industria fabricante de autobuses eléctricos, tanto en términos del desarrollo de tecnología eléctrica, así como en los procesos de producción y ensamble de dichas unidades.

Ingenierías:

- Ingeniería en manufactura
- Ingeniería de procesos

¹³ Organización Internacional del Trabajo (2011). Skills for green Jobs. A Global View. Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_159585.pdf.

- Ingeniería en calidad
- Ingeniería en diseño industrial y desarrollo del producto
- Ingeniería metalmecánica
- Ingeniería eléctrica
- Ingeniería electrónica

Técnicos y operativos:

- Técnico en soldadura
- Técnico en operaciones de máquinas-herramientas
- Técnico en procesos de pintura
- Técnico de calidad
- Herramientistas (*toolmakers*)
- Ensambladores

La presencia de la industria automotriz en México y otros países de América Latina ha dotado a las regiones donde dichas operaciones se realizan de un gran número de personas que se desarrollan en estas actividades, con la salvedad de aquellas de mayor especialización en las que se participa en menor escala tales como las ingenierías relacionadas a diseño y los técnicos herramentistas.

E. Modelos de producción

Derivado del crecimiento del mercado de autobuses eléctricos que se ha presentado a nivel global en los últimos años, así como la prospectiva de crecimiento hacia las próximas décadas, países en América Latina tienen la oportunidad de incursionar en actividades productivas que les permita aprovechar dicha expansión vía la fabricación de unidades de autobuses eléctricos.

La base productiva e industria de soporte relativa a la producción de autobuses de combustión convencional en América Latina permiten abordar esta oportunidad desde distintos puntos de partida, por lo que este apartado despliega los 3 modelos de producción en concreto que presentan alternativas viables para participar en la cadena productiva de los autobuses eléctricos, así como casos de empresas en México que ejemplifican cada uno de ellos.

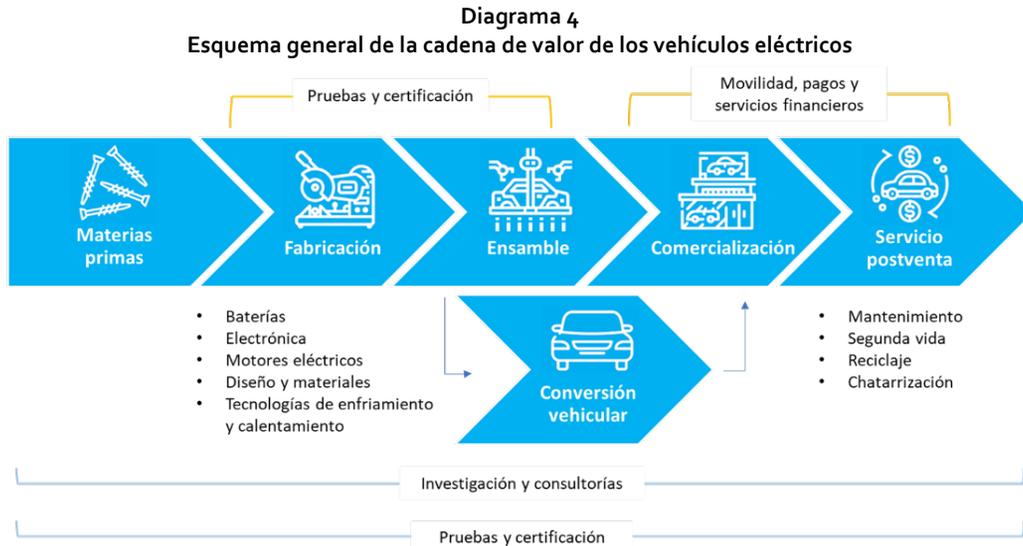
1. Instalación de nueva planta

La instalación de una nueva planta para la fabricación de autobuses eléctricos (también llamados proyectos *greenfield*) puede surgir a partir de la inversión privada donde las empresas interesadas realizan una serie de actividades destinadas a la construcción y/o acondicionamiento de instalaciones para la fabricación y ensamble¹⁴ de unidades.

Algunas plantas pueden participar en actividades de diseño y/o en la fabricación de motores, componentes mecánicos, arneses, partes para interiores, entre otros elementos, los cuales serán integrados posteriormente en los procesos de ensamble de la unidad, mientras que otras plantas pueden adquirir externamente los subsistemas y componentes clave y optar por concentrarse en los procesos de ensamble final de la unidad (diagrama 4).

¹⁴ Debe entenderse al "Ensamble" como uno de los métodos de fabricación en el cual dos o más componentes o subsistemas son integrados por medios que no los transforman en su esencia, pero que generan valor al permitir una nueva funcionalidad del conjunto. La estructura tradicional de la cadena de valor de la industria automotriz desconcentra la fabricación de los componentes y subsistemas, mientras que en las operaciones de la denominada "industria terminal" o "plantas armadoras" se realiza una fabricación del producto final altamente centrada en operaciones de ensamble.

La inversión puede ser nacional o extranjera, y la instalación de la nueva planta se puede realizar para la creación de una nueva línea de negocio, o bien, una extensión de las actividades que realiza la empresa matriz. Esto puede incluir empresas que cuenten con plantas en otras regiones del país o el extranjero.



Fuente: Adaptado de PNUMA (2021). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Recuperado de www.movelatam.org/informe2020.

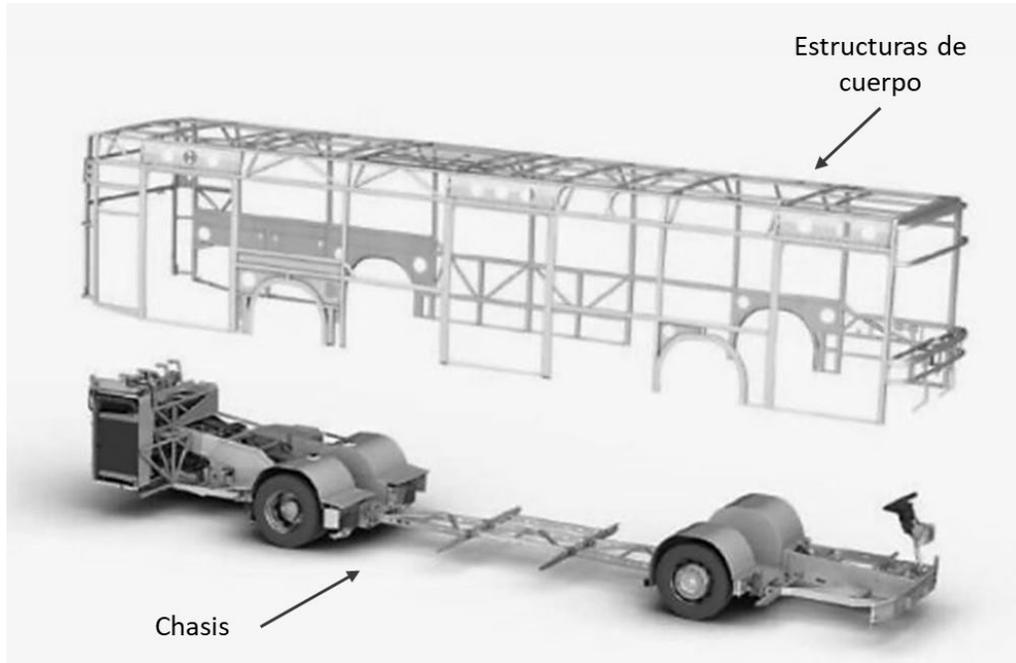
La instalación de una nueva planta puede ser dedicada para fabricar unidades eléctricas ya sea de manera exclusiva o como una proporción de la producción total de dicha planta. Una de las desventajas de esta alternativa es que puede resultar ser la más costosa debido a los montos de inversión que serán requeridos para iniciar operaciones.

Un ejemplo de este modelo resulta ser la empresa Link EV Electric Vehicles que planea establecer una planta de ensamble de autobuses eléctricos de distintas dimensiones en el estado de Puebla.

La fabricación de cualquier tipo de autobús tiene origen en dos grandes módulos que al integrar los dan forma física al producto final: el chasis y las estructuras de cuerpo de la unidad (diagrama 5). En el caso de los autobuses eléctricos¹⁵, el chasis es la base que llevará incorporada la tecnología eléctrica que caracteriza estas unidades incluyendo el sistema de propulsión y el sistema de carga.

¹⁵ Para la descripción del proceso de fabricación se contemplan los casos de la producción del autobús eléctrico de Volvo y los procesos de carrozados llevados a cabo por la empresa mexicana Beccar. Fuente: Movibus Mexico (2021). Un día en la planta de Beccar. ¿Cómo se fabrica un autobús? Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=bU-XtScpF2c>. Fuente: Supercharged Petrolhead. (2020). VOLVO 7900 Electric Bus Production #MegaFactories. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=ls9o4BTBkKU>.

Diagrama 5
Integración de estructuras de cuerpo y chasis



Fuente: Adaptado de FanBus (2021). Diseño semi integral e integral autoportante en carrocerías de autobuses. Recuperado de <https://www.fanbus.cl/2021/04/disenio-semi-integral-e-integral.html>.

Variantes al modelo de negocio con base en la integración productiva

Dentro de la fabricación de autobuses existen distintos modelos de negocio asociados a la integración vertical de procesos en una misma planta; por un lado, existen empresas que pueden realizar la producción de la unidad desde el principio hasta su entrega como producto final conocido como un “autobús integral”. Los autobuses integrales son por lo general utilizados para el segmento de autotransporte foráneo pues su estructura robusta está diseñada para recorrer largas distancias en carretera, brindando seguridad y comodidad a los pasajeros; estos no son recomendados para uso rudo, sobre suelos irregulares o accidentados, pues su estructura se puede ver comprometida¹⁶.

Otro modelo de negocio permite dedicarse exclusivamente a la fabricación del chasis, conocido como “autobús sobre chasis”, y dejar la producción de la estructura de cuerpo/carrocería a otra empresa, o viceversa. Algunas de las empresas en México que fabrican autobuses integrales y sobre chasis son Mercedes-Benz, Volvo, Scania, Man, Hino y Dina, entre otras.

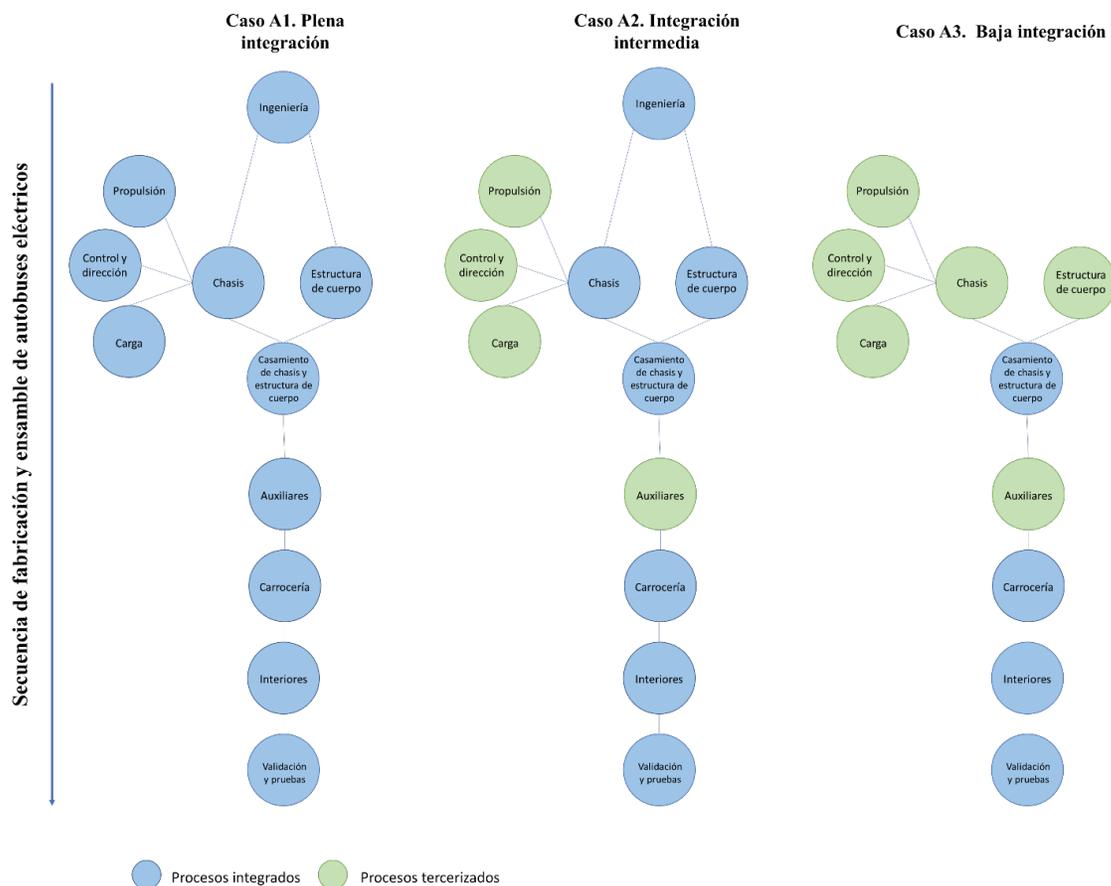
Por su parte, las empresas que se dedican a la fabricación y ensamble de la estructura de cuerpo y el carrozado ofrecen al mercado soluciones personalizadas que atienden necesidades específicas del cliente, así como opciones de compra más económicas. Estas empresas integradoras entregan el producto final al cliente y además añaden otros elementos esenciales como asientos, elementos de cabina del conductor y salón de pasajeros, pintura y rotulado, entre otros componentes. Entre las empresas dedicadas a ofrecer soluciones de estructura de cuerpo y carrocería para autobuses de tren motriz convencional (combustibles) en México se encuentran Beccar, Ayco, Marcopolo e Irizar, por

¹⁶ Alianza Flotillera (2008). “Autobuses integrales, tendencias en la transportación”. Recuperado de <https://alianzaflotillera.com/autobuses-integrales-tendencias-en-la-transportacion/>.

mencionar algunas. No obstante, es importante notar que las tres primeras se distinguen como socios viables para aquellas empresas fabricantes de autobús sobre chasis que desean introducir autobuses eléctricos a México¹⁷, mientras que la última ya fabrica su propio autobús integral eléctrico en Europa¹⁸.

En este sentido, se logran identificar tres aproximaciones hacia la fabricación de autobuses eléctricos dentro de las empresas que siguen el modelo de producción basado en una planta nueva (Caso A). El diagrama 6 caracteriza estas tres variantes de este modelo basadas en el nivel de integración productiva para fines de mejor comprensión de las variantes que una empresa puede tomar en la decisión de que elementos fabrica por cuenta propia y cuales adquiere para integrar o ensamblar.

Diagrama 6
Caracterización de los niveles de integración productiva



Fuente: Elaboración propia con base a diversas fuentes.

Nota: El caso A3 "Baja integración" también es denominado manufactura *Semi Knocked-Down* (SKD) utilizado por diversas industrias, incluida la automotriz en donde la planta reúne todos los componentes y subsistemas adquiridos externamente para concentrarse solo en el montaje (ensamble) y ajustes finales.

¹⁷ Hernández, M. (2021). Volvo eléctrico en busca de carrocerías hechas en México. Recuperado de <https://www.revvia libre.com.mx/noticias.php?noticia=8158&imagen=1629219244.jpg&titulo=Volvo%20el%C3%A9ctrico%20en%20busca%20de%20carrocer%C3%ADas%20hechas%20en%20M%C3%A9xico>.

¹⁸ Irizar (2014). Alcanzado el gran reto: El autobús urbano 100% eléctrico del Grupo Irizar es ya una realidad. Recuperado de <https://www.irizar.com/alcanzado-el-gran-reto-el-autobus-urbano-100-electric-del-grupo-irizar-es-ya-una-realidad/>.

Como fue previamente mencionado, las empresas dedicadas a la fabricación de autobuses integrales y autobuses sobre chasis seguirían un caso A1 o A2 (diagrama 6) al fabricar y ensamblar todos los subsistemas clave, o bien, gran parte de ellos. Por su parte, empresas dedicadas al carrozado de las unidades se posicionarían naturalmente en un caso A3 de *Baja integración*, al adquirir los subsistemas clave externamente y dedicarse exclusivamente a su ensamble final.

Los niveles de integración productiva, como modelo teórico, dado que las empresas establecen cualquier cantidad de combinaciones y estas pueden variar en el tiempo, pueden definirse de la siguiente manera:

- **A1. Integración alta:** También se puede llamar “integración vertical plena” significaría que la empresa involucra procesos de ingeniería, fabrica los componentes y subsistemas, además de realizar el ensamble de los autobuses; la empresa fabrica la carrocería, interiores y detalles finales y llevan a cabo procesos de validación y pruebas. En la práctica, esta variante puede resultar onerosa y perder los beneficios de la especialización productiva. Dada la preponderancia de las cadenas globales de manufactura, la posibilidad de que una planta tenga una integración vertical plena es prácticamente nula.
- **A2. Integración media:** Representa el modelo más usual para las empresas con presencia establecida en el mercado, la empresa involucra procesos de ingeniería y adquiere los subsistemas clave y de soporte para ser integrados al chasis que fabrica internamente; la estructura de cuerpo es fabricada internamente también, así como la habilitación de la carrocería, interiores, detalles finales y procesos de validación y prueba. Acorde a las capacidades globales de manufactura, consideraciones de logística y estrategia de la empresa, para cada caso se tomarán decisiones de cuales componentes, subsistemas e inclusive operaciones adquirir o tercerizar, inclusive entre plantas del mismo corporativo.
- **A3. Integración baja:** Se trataría de los casos en que la planta o empresa adquiere todos los subsistemas del autobús de proveedores externos y se dedica exclusivamente al ensamble final de la unidad, incluyendo aspectos de carrocería, interiores y detalles finales, además de llevar a cabo procesos de validación y pruebas. Este tipo de operaciones también llamadas *Semi Knocked Down* (SKD) son visualizadas en diversas industrias como una simulación de manufactura para lograr el cumplimiento de reglas de origen, sin embargo, en el caso de fabricación de autobuses pueden representar un primer nivel de integración de valor agregado, dada la naturaleza física del producto y posteriormente dar pie a una mayor integración. Dadas las economías de escala, para este modelo es razonable pensar que un porcentaje alto del valor total de producción sea proveniente de China (motores eléctricos y baterías en especial), lo cual dificultaría el cumplimiento con los requerimientos mínimos contenido regional establecidos por el T-MEC para unidades fabricadas en México que se quisieran exportar a Canadá y los Estados Unidos.

En términos del proceso productivo de un autobús bajo la variante A2, este se realiza de manera simultánea en distintas subestaciones donde cada una entrega un elemento fundamental para el producto final. Una de las subestaciones medulares es la encargada de fabricar el chasis, puesto que a esta estructura serán integrados otros componentes clave de la unidad, como por ejemplo el motor eléctrico. Es importante notar que, a diferencia de un motor de diésel, el motor eléctrico es significativamente de menores dimensiones y peso, por lo que permite una distribución interna más eficiente que resulta en un mayor espacio para los pasajeros. Posteriormente se integran los ejes, los componentes neumáticos, el subsistema de control y dirección y subsistema de carga¹⁹.

¹⁹ En el caso de las empresas que solo fabrican autobús sobre chasis, este sería el punto donde la unidad sería transferida a otra planta para continuar con el proceso de producción.

Simultáneamente se desarrolla la estructura de cuerpo que dará forma a la unidad, la cual está compuesta por subensambles que son fabricados por medio de cortadoras (pueden ser mecánicas o de láser) y procesos de soldadura y unión mecánica. Estos subensambles incluyen los toldos laterales, trasero, frontal, piso y techo. Durante esta etapa se instala el cableado eléctrico (arneses) que incluye la tecnología que dará operación al autobús. En los casos donde el techo de la unidad sostiene las baterías superiores y/o el sistema de enfriamiento, este debe de estar adecuadamente reforzado para soportar dicha carga. Posteriormente, la estructura de cuerpo completa es “casada” al chasis por medio de procesos de soldadura y/o tornillería.

Una vez que se cuenta con la estructura de cuerpo y el chasis unidos se abordan aspectos particulares respecto al carrozado que dependerá de las especificaciones de cada modelo. Durante este proceso se integran el resto de los componentes que recubren la estructura, incluyendo la laminación lateral, el piso del interior de la unidad y se termina con la instalación de las llantas.

Se procede a los procesos de tratamiento de pintura, horneado y cromática. Posteriormente se instalan las ventanas y componentes internos restantes, incluyendo asientos y otros elementos de confort, así como molduras y otros detalles. En su última etapa antes de salir, las unidades deben de pasar por estrictas pruebas de calidad que aseguren su óptimo funcionamiento en los caminos. Para los casos B y C también suelen presentarse variantes similares de los niveles de integración.

2. Reconversión de planta

La reconversión de planta implica las inversiones y actividades que realiza una empresa a una planta de producción en operación para transformar sus instalaciones ya existentes y reemplazar o incorporar a su línea de producción elementos relativos a la fabricación de unidades eléctricas. En este sentido, la empresa realiza una transición gradual de unidades de combustión interna a unidades de propulsión eléctrica, lo cual se puede lograr por medio de la expansión de la planta actual, o bien, el reemplazo de elementos de fabricación dentro de la planta.

Al encontrarse en operación, es importante notar que dicha planta ya cuenta con ciertos recursos clave que podrán ser utilizados total o parcialmente en las nuevas actividades que implique la fabricación de unidades eléctricas, como, por ejemplo, recursos humanos, materiales, técnicos y tecnológicos, entre otros.

Por ejemplo, la empresa Volvo localizada en el Estado de México, busca expandir su cartera de productos para incluir autobuses de propulsión eléctrica por medio de la expansión de su planta donde actualmente fabrica modelos de propulsión convencional.

En términos de los procesos de producción involucrados en el acondicionamiento de plantas para incursionar en la fabricación de vehículos eléctricos, se deberán realizar capacitación al recurso humano, así como adaptaciones a los recursos técnicos y tecnológicos que forman parte de la fabricación del subsistema de chasis, propulsión, dirección y carga, pues como se indica en el cuadro 3, estos son los subsistemas que presentan las principales diferencias entre ambos tipos de tren motriz.

Una planta de fabricación de autobuses convencionales que desee integrar a su línea de producción la fabricación de autobuses de tren motriz eléctrico tendría que modificar procesos relacionados a la fabricación de los componentes del chasis, así como al subsistema de dirección y control.

Mientras que, para el caso de los procesos de fabricación relacionados a los subsistemas de propulsión y carga, estos implicarán la creación de nuevas áreas de procesos, así como la integración de personal especializado en dichos temas y la inversión en equipo, componentes, materiales y tecnología destinados a su producción y ensamble.

Es importante notar que las empresas que deberán realizar fuertes inversiones en estos rubros son aquellas dedicadas a la fabricación de autobuses integrales y autobuses sobre chasis, es decir, aquellas que están directamente involucradas en la adaptación de la nueva tecnología eléctrica que será implementada.

Por su parte, aquellas empresas integradoras enfocadas en los procesos de estructura de cuerpo y carrocería podrían implementar solamente ligeras adecuaciones para adaptar aquellos cambios que presenta el chasis y la instalación de los módulos de baterías superiores localizados en el techo de la unidad. A diferencia de sus contrapartes que fabrican el chasis, las empresas integradoras no tendrían la necesidad de realizar grandes inversiones en rubros como maquinaria y personal especializado.

3. Reconversión de autobuses

El tercer modelo de producción implica la transformación de las unidades en sí por medio de procesos especializados que realizan ciertas empresas para convertir autobuses de tren motriz convencional a tren motriz eléctrico. Cuando se trata de transformar unidades convencionales, por lo general éstas ya se encuentran en operación, y lo que se busca es conseguir mejores rendimientos de unidades que ya cuentan con cierto tiempo en operación y que su vida útil restante puede justificar dicha inversión.

Es importante notar que la producción generada a partir de este modelo se realiza usualmente bajo pedido de los clientes, por lo que pueden existir fluctuaciones en las unidades reconvertidas anualmente dependiendo del presupuesto de los clientes o bien los incentivos que ofrezcan los gobiernos en este rubro. Además, algunas empresas dedicadas a la reconversión han comenzado a desarrollar y ofrecer sus propios "kits de reconversión" que incluyen aquellos componentes clave para que un tercero pueda fabricar o reconvertir su unidad convencional.

Por su parte, se han identificado algunos casos en América Latina en donde la reconversión de unidades eléctricas es la primera etapa en el modelo de negocio hacia la eventual fabricación de chasis originales para autobuses eléctricos, como es el caso de las empresas SIMS en México y Reborn Electric en Chile.

Una de las ventajas de este modelo es que ofrece a compradores de un presupuesto más limitado la posibilidad de acceder a unidades eléctricas sin tener que realizar la gran inversión que supondría la compra de una unidad eléctrica nueva.

La reconversión de unidades representa ahorros para los clientes en términos de combustible y mantenimiento, sin mencionar que es un acercamiento más sustentable a la adquisición de una unidad eléctrica pues está no tendría que ser fabricada desde cero. Este modelo es ejemplificado por el caso de la empresa jalisciense Advanced Power Vehicles que con recursos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) presentó en 2016 la primera unidad reconvertida en México tras desarrollar un sistema de conversión de motor diésel a eléctrico.

Unos de los principales cambios en el proceso de reconversión de una unidad convencional a eléctrica, es que se retiran aquellos elementos relacionados a la combustión, específicamente, la transmisión, el motor y el tanque de combustible; el sistema post tratamiento²⁰ también es retirado puesto que este deja de ser necesario (cuadro 5). Todos estos elementos son reemplazados por un motor de tracción eléctrica y así como aquellos elementos relacionados a las baterías y su recarga (diagrama 7), mientras que aspectos de estructura y estética pueden permanecer igual, aunque algunas empresas ofrecen la actualización estética de la unidad.

²⁰ El sistema de post tratamiento hace referencia a "todas las partes ajenas a un vehículo, que operan en forma integral para disminuir o retener partículas generadas por combustión en los motores y que actúa sobre los gases de escape que se producen en el motor", entre los cuales se encuentran los filtros de partículas de diésel. Fuente: Subsecretaría de Transportes, Gobierno de Chile (2014). Guía para la instalación de sistemas de post tratamiento de emisiones en buses de Transantiago. Recuperado de <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/01/Gu%C3%ADa-Para-Instalaci%C3%B3n-de-Sistemas-de-Post-Tratamiento-de-Emisiones-en-Buses-de-Transantiago.pdf>.

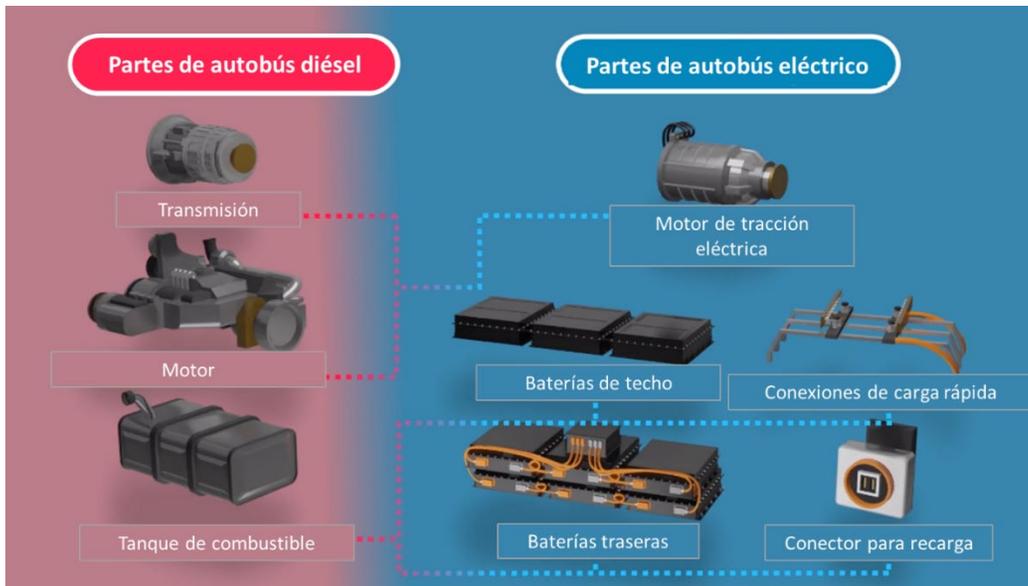
Cuadro 5
Comparación entre subsistemas de autobús convencional y eléctrico

Subsistema	Características de autobús de tren motriz convencional	Características de autobús de tren motriz eléctrico	Nivel de cambio
Propulsión y carga	Motor de combustión, transmisión, tanque de gasolina y sistema post tratamiento	Motor eléctrico, módulos de baterías, conexiones para carga rápida y enchufe para recarga	Alto
Componentes eléctricos	Sistemas de bajo voltaje	Sistemas de alto voltaje	Alto
Dirección y control	Hidráulica	Eléctrica	Alto
Frenos, ejes, suspensión y diferencial	Estándar	Frenos regenerativos y suspensión es adaptada a nuevo peso por baterías	Alto
Chasis	Estándar	Se ajusta para acomodar el set de baterías que le será instalado	Bajo
Interiores	Estándar	Estándar	No cambia
Estructura y carrocería	Estándar	Estándar	Bajo
Tablero de instrumentos	Estándar (análogo y/o digital)	Añade cambios menores relacionados a la carga de energía	Bajo

Fuente: Basado en datos de CMM Chile (2020) y diversas fuentes. Recuperado de <https://movelatam.org/wp-content/uploads/2020/12/Presen-tacion-Sesion-2.pdf>.

Nota: La nomenclatura de los sistemas (o subsistemas) utilizada en este gráfico corresponde a la fuente, por lo que en algunos casos es distinta a la empleada previamente en este informe.

Diagrama 7
Elementos del sistema de propulsión reemplazables en la reconversión de unidades de tren motriz convencional a eléctrico



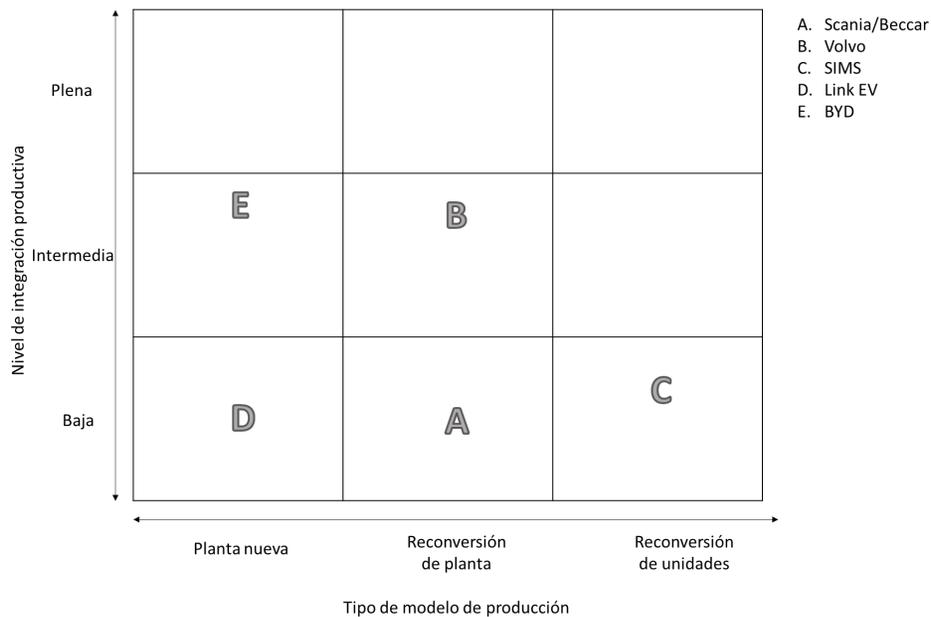
Fuente: adaptado de ST Engineering (2020). Diesel to electric bus retrofitting. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=zTBa3F5WobY>.

Cada uno de los tres modelos de producción presentados manifiestan una variedad de configuraciones en términos de inversión, infraestructura, procesos productivos y *output* de unidades. A partir de la caracterización de los modelos antes presentados, empresas en países como México, Brasil, Argentina y Colombia estarán decidiendo qué alternativa seguir con base en sus recursos, capacidades existentes y estrategias corporativas. En la siguiente sección se aborda los mínimos viables que suponen cada uno de los tres modelos.

Algunos componentes como el motor, los ejes del tren motriz, y los módulos de baterías, son usualmente fabricados en instalaciones alternas, ya sea por la misma empresa, o suministrado por otras que se especializan en las tecnologías pertinentes a cada insumo o parte, y muy especialmente en las empresas que concentran el ensamble de autobuses únicamente.

Dado que la transición de la industria a la fabricación de autobuses eléctricos se encuentra en etapas aun tempranas, existen marcadas diferencias entre los casos de diferentes empresas bajo las modalidades analizadas. Esto responde, como se ha mencionado previamente, a la estrategia corporativa y las condiciones particulares para abordar los mercados de interés. A manera de referencia se presenta una selección de 6 casos específicos identificados durante la investigación, que permiten comprender las variantes identificadas, según se ilustra en el diagrama 8.

Diagrama 8
Localización de casos en el espacio de integración productiva vs modelo de producción



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desarrollan a mayor detalle las características técnicas y económicas que posicionan a cada uno de los seis casos en el cuadrante en que se presentan:

Ejemplo A: Scania en Querétaro, México

Tipo proyecto	Reconversión de planta
Tamaño planta (m2)	7,000 metros cuadrados
Número empleos directos	150
Capacidad de producción (autobuses/año)	~1,275
Inversión inicial (millones US\$)	No divulgado
Nota adicional	Scania planea importar el chasis para autobús eléctrico completo y solo realizar limitados procesos de ensamble final. La fabricación de carrocerías pasaría a responsabilidad de la empresa aliada Beccar. Este proyecto no contempla producción para exportación. El proyecto de reconversión aún no se encuentra en marcha.

El ejemplo A se localiza dentro del modelo de reconversión de planta, Scania México ha establecido una alianza con la empresa carrocería Beccar, quien será la responsable del proceso de carrocería a las unidades eléctricas, por lo que ambas plantas realizarían ajustes a sus procesos. Por sí solas, cada planta presenta bajos niveles de integración productiva, pues el chasis para autobús eléctrico es importado y sometido a un proceso de ensamble final por parte de Scania para después ser transportado a las instalaciones de Beccar para su carrozado.

Ejemplo B: Volvo en Estado de México, México

Tipo proyecto	Reconversión de planta
Tamaño planta (m2)	240,000 metros cuadrados (85,000 construidos)
Número empleos directos	Se debe considerar que la planta aloja ya la producción actual de autobuses de combustión. 700 +
Capacidad de producción (autobuses/año)	~3,060
Inversión inicial (millones US\$)	El monto de inversión no fue divulgado por la empresa. Se contempla un pedido inicial de 100 unidades como el detonador para iniciar proceso de reconversión de planta.
Nota adicional	La capacidad de producción indica las unidades de buses convencionales que actualmente produce la planta, previo al proyecto de reconversión. El proyecto de reconversión no se encuentra al momento en marcha.

El caso de Volvo se localiza en la matriz a un nivel intermedio de integración productiva pues la planta se encargaría de la manufactura y ensamble final de las unidades eléctricas. Las intenciones de adaptar su planta actual en Tultitlán, Estado de México, donde fabrica autobuses convencionales, la colocan dentro del modelo de reconversión de planta. Esto a su vez implicaría ajustes a sus líneas de producción, consideradas como "flexibles", así como modificaciones a la cadena de suministro e incremento de competencias del personal relacionadas a los sistemas del autobús eléctrico.

Ejemplo C: SIMS en Ciudad de México, México

Tipo proyecto	Reconversión de unidades
Tamaño planta (m2)	10,000 metros cuadrados
Número empleos directos	Entre 50 y 70
Capacidad de producción (autobuses/año)	120 unidades
Inversión inicial (millones US\$)	No divulgado
Nota adicional	Empresa actualmente en operación

El caso de la empresa Sistema Inteligente de Movilidad Sustentable (SIMS) se posiciona dentro del modelo de reconversión de unidades. Al limitarse a este proceso (instalación – remplazo de nuevos subsistemas a unidades previamente fabricadas bajo sistemas de combustión), la planta SIMS se encuentra en un nivel de integración productiva baja, sin embargo, al crear sus propios *packs* de baterías se posiciona ligeramente más arriba dentro de ese mismo cuadrante.

Ejemplo D: Link EV en Puebla, México

Tipo proyecto	Planta nueva
Tamaño planta (m2)	Aun no se precisa
Número empleos directos	400
Capacidad de producción (autobuses/año)	1,200 unidades
Inversión inicial (millones US\$)	265 MDD
Nota adicional	Enfoque de operaciones en el ensamble de unidades. Planes de exportación al resto de Norte América, Centro y Sur América. Proyecto de inversión comprometido, aún no se encuentra en operación.

El ejemplo D posiciona a la planta de Link EV bajo el modelo de producción de planta nueva, sin embargo, debido a que el corporativo solo ha precisado actualmente que sus operaciones en esta planta serán de ensamble de unidades, el caso se coloca en un nivel de integración productiva baja. Si bien aún no se ha instalado la planta, en caso de que las operaciones de esta impliquen la fabricación de los subsistemas relacionados al autobús eléctrico, esta podría ascender en el eje correspondiente a integración productiva.

Ejemplo E: BYD en Sao Paulo, Brasil

Tipo proyecto	Planta nueva
Tamaño planta (m2)	~ 40,000 metros cuadrados
Número empleos directos	450 empleos
Capacidad de producción (autobuses/año)	1,000 unidades
Inversión inicial (millones US\$)	89.5 MDD
Nota adicional	La planta manufactura y ensambla autobuses eléctricos. Actualmente en operación.

El caso de la planta de BYD en Brasil corresponde a un modelo de producción por planta nueva, con un nivel de integración intermedio. Es importante mencionar que, a pesar de ser considerada integración productiva intermedia, una planta aledaña de BYD en la región fabrica las baterías de litio-ferrofosfato que son instaladas en sus autobuses eléctricos, por lo que a nivel corporativo BYD tiene una cadena de suministro más verticalmente consolidada a diferencia de otras empresas.

Tal como se ilustró en el diagrama 8, no se presentan casos de integración productiva plena tanto para los modelos de planta nueva y de reconversión de planta pues ambas situaciones son difíciles de llevar a la práctica y se mantienen por lo general en un plano teórico como ha sido explicado previamente. Debido a la naturaleza de las operaciones, la reconversión de unidades no se presenta en niveles altos o medios de integración productiva, por lo que tampoco se ilustran casos en dicho gráfico.

II. Descripción del modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de autobuses eléctricos

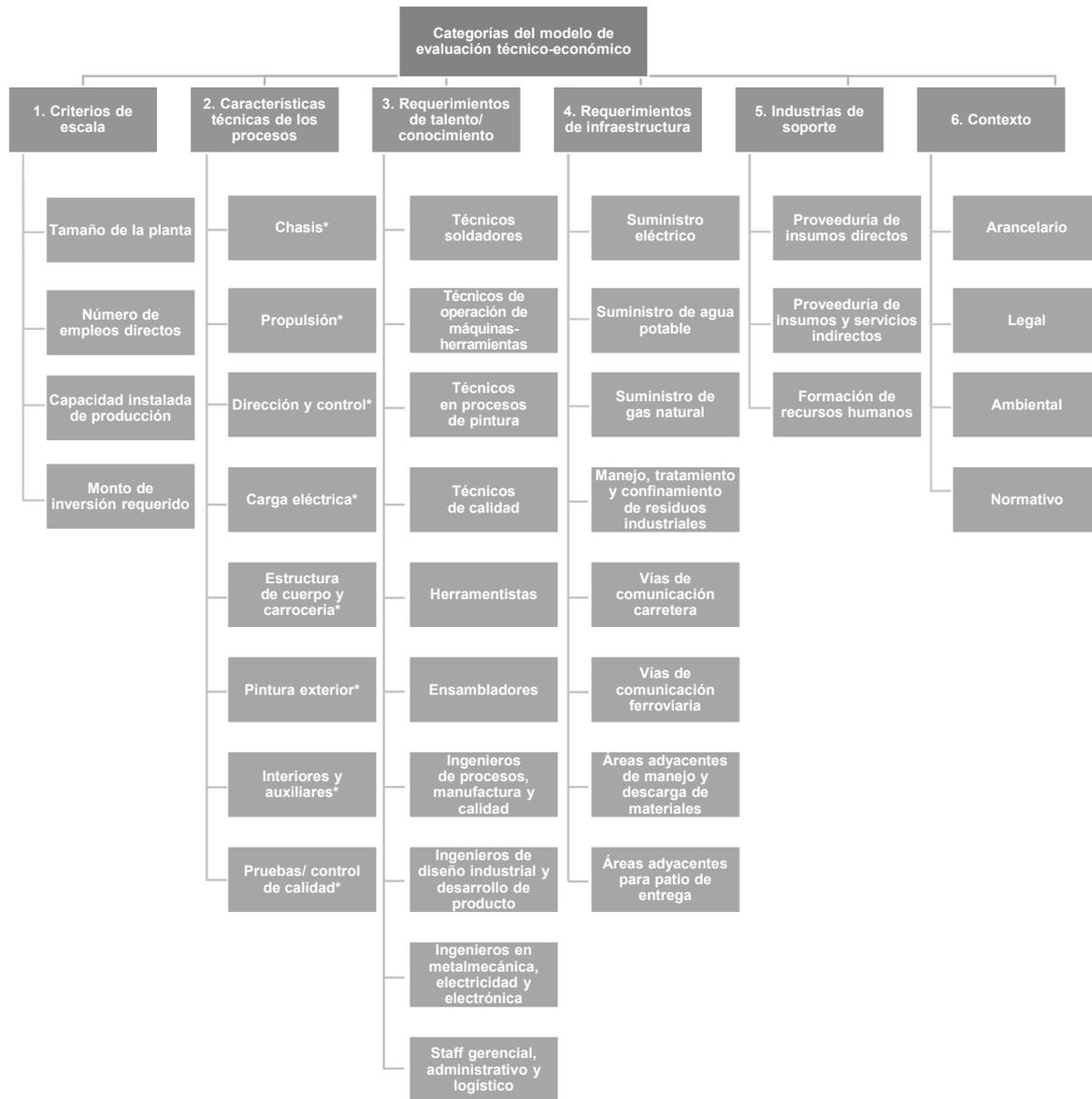
Con el propósito de analizar las principales características técnicas, de escala e inversión para la instalación de nuevas plantas para la fabricación de autobuses eléctricos, la reconversión de plantas actuales y las actividades de reconversión de unidades de tren motriz convencional a eléctrico, se ha desarrollado un modelo de evaluación técnico-económica.

El presente modelo considera 6 categorías de criterios tanto cuantitativos como cualitativos que permiten a un país o región, determinar el grado en que se encuentra listo en la actualidad para participar con mayor facilidad en la fabricación de unidades eléctricas bajo alguno de los tres modelos de producción.

Los criterios establecidos como referencia responden a un análisis de casos reales identificados de plantas que operan actualmente en América Latina bajo alguno de los modelos considerados. Es factible que algunas empresas puedan desarrollar variantes a estos parámetros para hacer viable su incursión en la industria, por lo que los datos presentados en el modelo sirven para ilustrar y dar referencia sobre los requerimientos que las empresas que actualmente participan en estas actividades han tenido que cumplir.

En el diagrama 9 se esquematiza el desglose de las categorías consideradas en el modelo de evaluación.

Diagrama 9
Categorías del modelo de evaluación técnico-económica



Fuente: Elaboración propia.

Nota: * representa aquellos subcriterios que cuentan con un nivel de desagregación adicional en el modelo.

A continuación, se presentan a mayor detalle las categorías utilizadas y los subcriterios que fueron considerados para cada una, según aplique.

Criterios de escala

Los criterios de escala definen los parámetros de la planta física en términos de su tamaño, empleo, producción e inversión con base en referentes de América Latina. Esta categoría considera 4 subcriterios referidos en el diagrama.

Características técnicas de los procesos

En esta sección se identifican los requerimientos técnicos clave para la fabricación de los principales subsistemas, así como aquellos requerimientos técnicos que forman parte de las etapas complementarias en el proceso de fabricación (procesos de pintura y controles de calidad).

La escala de valoración para estos criterios contempla las siguientes alternativas:

- **Se requiere:** cuando es fundamental que la empresa integre cierto proceso para llevar a cabo su modelo de producción.
- **No se requiere:** cuando las actividades de la empresa no requieren de la implementación de cierto proceso para llevar a cabo su modelo de producción.
- **Opcional:** es un proceso que no es fundamental pero que la empresa puede agregar si su modelo de negocio lo considera. Podría tratarse de un proceso que es subcontratado a terceros o a plantas de la misma empresa en otras localidades, u omitido completamente.
- **Sin cambios:** para empresas que emprenden una reconversión de planta y ya cuentan con dicho proceso.

Requerimientos de talento/conocimiento

Los requerimientos de talento considerando que la empresa integra todos los procesos del criterio anterior indicados con "Se requiere" y también los considerados como "Opcional". No se precisa en el análisis la cantidad de colaboradores en cada categoría dado que esto dependerá de la escala de producción.

Requerimientos de infraestructura

Se proporcionan parámetros de referencia para 8 subcriterios que incluyen elementos que dan apoyo a la instalación física de la planta, incluyendo suministros de energía, agua e infraestructura de soporte incluyendo la logística, entre otros.

Industrias de soporte

Esta categoría hace referencia a la proveeduría directa e indirecta que la planta requiere que se disponga con relativa proximidad para un abasto dinámico (proveeduría local), así como las instancias para la formación de recursos humanos.

Contexto

Se resumen algunas características de las más relevantes en términos de aspecto legales, normatividad, medio ambiente y comercio exterior aplicables.

El anexo 1 presenta los criterios detallados del modelo técnico económico general para evaluación de potenciales regiones participantes en la industria. En el siguiente capítulo se aborda un análisis para el caso de México que mide la factibilidad de fabricación de autobuses eléctricos en territorio nacional utilizando los ejes presentados en el modelo de evaluación técnico-económica.

III. Factibilidad de fabricación de autobuses eléctricos en México

Con base a la evaluación general para el caso de México derivada de los resultados obtenidos del modelo de evaluación técnico-económica, así como entrevistas realizadas a representantes de la industria automotriz, se observa que México cuenta con condiciones favorables ante los tres modelos de producción, particularmente en las regiones donde ya se encuentra instalada la industria de fabricación de autobuses (región del norte y centro de México). Para los detalles del modelo de evaluación técnico-económica, véase el anexo 2.

El caso de México exhibe las diferencias entre los perfiles de empresas que incursionan en los distintos tipos de modelos de producción. Por un lado, se observa que en los casos donde se establece una nueva planta de fabricación estas suelen pertenecer a empresas multinacionales extranjeras que están liderando la electromovilidad, así como nuevos actores industriales para la industria mexicana. En estos casos se observa que la fabricación no es necesariamente exclusiva de autobuses eléctricos. Algunas empresas utilizan sus nuevas instalaciones para la fabricación de otro tipo de vehículos eléctricos: camiones de carga y vehículos comerciales de “última milla”²¹. Además, las nuevas plantas de fabricación de autobuses representan oportunidades para desarrollar adicionalmente líneas de producción con otro tipo de tecnologías de propulsión ecológica.

Los rangos presentados para los criterios de escala (anexo 2) para el modelo de nuevas plantas de fabricación corresponden en términos generales a referentes de un amplio espectro de casos desde los cercanos al A₁, un gran número que pueden ser clasificados en A₂ y casos puntuales que corresponderían de mejor manera al referente A₃.

Como se observa en el modelo de evaluación técnico-económica para México, el rango es amplio puesto que aquellas empresas con mayores niveles de integración tienden a requerir más inversión,

²¹ También conocidos como vehículos utilitarios, los vehículos de última milla son unidades utilizadas con fines de negocio, para el reparto de mercancía.

empleo y tienen una capacidad de producción más alta, colocándolas de esta manera en los rangos más altos de estas variables. Por su parte, aquellas empresas con niveles de integración intermedios a bajos tenderían a colocarse hacia los rangos inferiores presentados.

En estos casos es importante notar que independientemente del país en donde se ubiquen estas plantas, las decisiones en torno al nivel de integración productiva, así como sus respectivos criterios de escala dependerán de las decisiones corporativas, en el caso de empresas multinacionales, basados en la estructura del modelo de negocio que a nivel global se determine y por decisiones más enfocadas a rentabilidad en los casos de empresas nacionales.

Por su parte, aquellas empresas que siguen un modelo de reconversión de planta para poder incursionar exclusiva o parcialmente en la fabricación de autobuses eléctricos, suelen ser grandes empresas de reconocimiento internacional. La creciente demanda del mercado global, así como la natural transición tecnológica que se está dando hacia este tipo de unidades empuja a estas empresas bien establecidas en sus respectivos mercados a realizar cambios a sus líneas de producción para incorporar autobuses eléctricos a su cartera de productos y mantener su participación dentro del mercado conforme a la demanda. La demanda complementaria al mercado interno por parte de Estados Unidos y Canadá se espera sea un fuerte motor de crecimiento y transición de estas plantas de manufactura.

Finalmente, las actividades de reconversión de unidades de tren motriz convencional a tren motriz eléctrico por lo general son realizadas por empresas pequeñas que buscan atender las necesidades de un mercado nicho. Las barreras de entrada al mercado no representan una amenaza para los nuevos jugadores pues son relativamente bajas en términos de competencia e inversión.

Para este análisis se considera los casos en que se toman flotillas de vehículos diseñados para ser impulsados por motores de combustión interna a los cuales se realiza un proceso de transformación o adaptación a escala industrial (procesos establecidos y piezas nuevas sobre unidades nuevas), sin embargo, inclusive existe la posibilidad de un ingreso a este tipo de operaciones a un nivel sub-industrial (tipo taller) en el que los vehículos usados de operadores de transporte público sean sometidos a un proceso de reconversión; estos casos quedan fuera del foco de análisis de este documento.

En términos de la localización de cada uno de los tres modelos de producción, se espera que las nuevas plantas de fabricación se instalen en los estados que cuentan con una larga trayectoria en la industria automotriz, no solamente debido a las prácticas proactivas de atracción de inversión específicamente en estos rubros, sino a los beneficios que pueden ofrecer derivados de las economías de localización incluyendo personal calificado, proveedores, servicios de soporte, logística transfronteriza, entre otros. Similarmente, las empresas que desean realizar la reconversión de planta se mantendrían en las mismas instalaciones que ya se localizan en estos mismos estados con tradición automotriz, incluyendo, Estado de México, Guanajuato, Coahuila y Nuevo León, así como otros estados con la presencia de dicha industria.

Por su parte, las operaciones de reconversión de unidades se podrían beneficiar de las economías de localización, no obstante, la escala pequeña de sus operaciones en términos de empleo y producción permite ser desarrollada prácticamente en cualquier estado de la república, por lo que en este sentido son más flexibles y la cercanía al mercado podría representar una ventaja complementaria. Para una revisión más detallada de la especialización por subsistema de los principales estados con industria automotriz se recomienda consultar el anexo 2.

Si bien el conocimiento técnico y tecnológico para la instalación de nuevas plantas y reconversión de plantas provendría principalmente de la transferencia tecnológica que realicen las mismas empresas matrices extranjeras, estas actividades de capacitación y aumento de la calificación del personal deberá de ser complementado por las instituciones del sistema educativo nacional, donde particularmente el Tecnológico Nacional de México, el sistema de Universidades Tecnológicas e inclusive centros públicos de investigación disponen de ventajas para incursionar dada su trayectoria y mayor cercanía al sector.

Hacia el año 2016, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) impulsó una red de centros de investigación especializada en torno al sector automotriz denominada Estrategia de Centros para la Atención Tecnológica de la Industria o "ECATI Automotriz", el cuadro 6 enlista a los centros, laboratorios y clusters sectoriales relacionados a esta iniciativa.

Cuadro 6
Instituciones de referencia para apoyo a la industria automotriz en México

Centros de investigación asociados a la industria automotriz	Laboratorios de soporte a la industria automotriz	Asistencia técnica local a la industria automotriz
 Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas www.ciatec.mx	Centro de Innovación y Trasferencia Tecnológica del Estado de Aguascalientes para el Sector Automotriz (CITTAA)www.cittaa.mx	Cluster Automotriz de Chihuahua, autocluster.org
 Centro de Investigación y asistencia técnica del Estado de Querétaro. www.ciateq.mx	Centro de Investigación de Tlaxcala (CITLAX) citlax.mx	Cluster Automotriz de Nuevo León www.claut.com.mx
 Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial cidesi.com	Consorcio de Moldes Troqueles y Herramentales (MTH)	Cluster Automotriz de San Luis Potosí clusterautomotrizslp.com
 Centro de investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica www.cideteq.mx	Laboratorio Nacional en Innovación y Desarrollo de Materiales ligeros para la Industria Automotriz (LANIAUTO)	Cluster Automotriz del Estado de México www.clautedomex.mx
 Centro de Investigación en Matemáticas www.cimat.mx		Cluster Automotriz de Querétaro autoqro.mx
 Centro de Investigación en Materiales Avanzados. cimav.edu.mx		Cluster Automotriz de Guanajuato www.claugto.org
 Centro de Investigación en Óptica www.cio.mx		Centro de Desarrollo de la Industria Automotriz en México (CEDIAM) cediam.org
 Centro de Investigación en Química Aplicada. www.ciqa.mx		Centro de Tecnología Electrónica Vehicular (CTEV)
 Centro de Investigación científica y de Educación Superior de Ensenada. www.cicese.edu.mx		
 Corporación Mexicana de Investigación en Materiales. www.comimsa.com.mx		
 Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica www.inaoep.mx		
 Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación. www.infotec.mx		
 Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica www.ipicyt.edu.mx		

Fuente: AXIS-Centro de Inteligencia estratégica, documentos de trabajo "Taller de identificación de áreas oportunidad" ECATI Automotriz, 2017.

	CIMAV	CIATEQ	CIQA	COMIMSA	CIATEC	CIDETEQ	CIO	CIDESI	IPICYT	INAOE	INFOTEC	CIMAT
2 Procesos industriales/ manufactura												
2,7 Implementación y optimización de procesos de transformación de plásticos (extrusión e inyección)		■										
2,8 Desarrollo de procesos de aplicación de recubrimientos								■				
2,9 Diseño y desarrollo de procesos estampado metálico								■				
2,10 Diseño y desarrollo de plantas tratadoras de aguas residuales de procesos industriales									■			
2,11 Asesoría en administración y mejora de procesos de manufactura								■				
2,12 Desarrollo de bancos de prueba		■										
2,13 Diseño y desarrollo de equipo de laboratorios								■				
2,14 Diseño de equipos y maquinas especiales								■				
2,15 Desarrollo de sistemas de medición							■					
2,16 Innovación en procesos industriales							■					
2,17 Soporte al establecimiento de sistemas de certificación y calidad								■				
2,18 Auditorías de energía y optimización de procesos energéticos								■				
3 Diseño y desarrollo de productos												
3,1 Desarrollo de prototipos MEM's								■				
3,2 Desarrollo de dispositivos optoelectrónicos										■		
3,3 Diseño de sistemas ópticos							■					
3,4 Diseño electrónico especializado										■		
3,5 Construcción de dispositivos electrónicos										■		
3,6 Diseño y desarrollo de sistemas solares y fotovoltaicos							■					
3,7 Diseño Mecánico										■		
3,8 Diseño y selección de materiales para celdas de combustible tipo PEM, para ánodo, cátodo y canales de conducción del combustible, carburante y productos						■						
3,9 Desarrollo de sistemas de control										■		
3,10 Para la fabricación de partes y componentes prototipo y funcionales utilizando Manufactura aditiva		■										
3,11 Evaluación ergonómica de diseño de componentes					■							
3,12 Evaluación FMEA de Partes y sistemas electromecánicos										■		
4 Tecnologías de la información												
4,1 Sistemas embebidos para aplicaciones automotrices										■		
4,2 Algoritmos para sistemas de navegación										■		
4,3 Desarrollo de sistemas para Internet de las cosas											■	
4,4 Análisis de Big Data generado por sensores											■	
4,5 Inteligencia artificial para procesamiento de información del IoT										■		
4,6 Implementación de seguridad en internet de las cosas (encriptado de mensajes) / computo automotriz										■	■	
4,7 Desarrollo de firmware para electrónica especializada										■		
4,8 Desarrollo de software para sistemas de inspección industrial, incluyendo sistemas de visión										■		■

	CIMAV	CIATEQ	CIQA	COMIMSA	CIATEC	CIDETEQ	CIO	CIDESI	IPICYT	INAOE	INFOTEC	CIMAT
4 Tecnologías de la información												
4,9 Sistema para estimación de demanda máxima										■		
4,10 Simulación de sistemas complejos (comportamiento, autos)										■		
4,11 Procesamiento de señales en tiempo real suave y duro										■		
4,12 Optimización, modelación y simulación de procesos.												■
4,13 Manufactura asistida por computadora, planeación de movimientos												■
4,14 Ingeniería estadística, analítica, data warehouse, minería de datos												■
4,15 Diseño asistido y automático por computadora (Optimización de formas 3D)												■
5 Servicios												
5,1 Servicios tecnológicos de simulación CAE, CAD y CAM		■										
5,2 Servicio de evaluación de propiedades reológicas			■									
5,3 Servicio de evaluación a la intemperie en diferentes regiones de México (Ensayo en cámaras climáticas – intemperismo acelerado y corrosión)	■		■									
5,4 Pruebas Físico-Mecánicas a materiales en general				■	■							
5,5 Ensayos físico-mecánicos a bajas temperaturas -40 grados C y a altas temperaturas 120 grados C. (flexión, elongación, tensión, resistencia al impacto)			■									
5,6 Evaluación y caracterización de recubrimientos superficiales						■						
5,7 Servicios de espectrofotocolorimetría							■					
5,8 Análisis de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's)					■							
5,9 Análisis de falla en materiales, componentes y recubrimientos						■						
5,10 Análisis de fallas de productos terminados			■									
5,11 Caracterización de materiales ferrosos, poliméricos y orgánicos			■					■				
5,12 Caracterización química de materiales			■									
5,13 Calibración y servicios de metrología	■				■							
5,14 Servicio de síntesis de materiales a alta velocidad (Química Combinatoria)		■										
5,15 Caracterización de materiales y superficies, apariencia, morfología y composición						■						
5,16 Establecimiento /asesoría en sistemas para la eficiencia energética								■				
5,17 Certificación de procesos de soldadura								■				
5,18 Asesoría en la implementación de laboratorios de pruebas			■									
5,19 Cursos de alta especialización de óptica en la industria							■					
5,20 Capacitación en metrología industrial								■				
5,21 Capacitación en estampado y troquelado metálico								■				
5,22 Capacitación en corrosión, corrosión acelerada, control de baños de galvanoplastia						■						
5,23 Capacitación en Soldadura y Posgrados				■								
5,24 Capacitación en procesos de transformación de plásticos			■									
5,25 Capacitación / formación de herramentistas				■								
5,26 Formación en posgrado "Maestría en la Industria"			■									

Fuente: AXIS-Centro de Inteligencia estratégica, documentos de trabajo "Taller de identificación de áreas oportunidad" ECATI Automotriz, 2017.

Por su parte, estas mismas instituciones educativas aunadas a la Asociación Nacional de Vehículos Eléctricos y Sustentables (ANVES) pueden llegar a jugar un rol muy importante en la transferencia de conocimiento para las pequeñas empresas dedicadas a la reconversión de vehículos de tren motriz convencional a eléctricos, impulsado por emprendimientos nacionales que no recibirán transferencia tecnológica de alguna empresa matriz. Entre las líneas de acción de ANVES, organismo dedicado a la promoción del desarrollo de tecnologías para la movilidad sustentable, se encuentra la difusión de conocimiento técnico y tecnológico sobre procesos de reconversión de unidades que permita la creación de una red nacional de "micro plantas" que puedan atender las necesidades de reconversión en todo el territorio nacional.

Asimismo, ANVES identifica a la Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Querétaro, Hidalgo, Aguascalientes, Guanajuato y Jalisco, como los principales mercados para la reconversión de unidades por el conocimiento de la industria automotriz y las grandes flotillas locales de autobuses que pueden ser reconvertidos.

La Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones (ANPACT) actualmente aboga por la obtención de beneficios arancelarios para los fabricantes de autobuses eléctricos en territorio nacional y menciona la importancia de cuidar la industria nacional de las importaciones de unidades terminadas que han estado arribando en los últimos meses derivados de licitaciones otorgadas a plantas en el extranjero.

En el caso de instalación de nuevas plantas de producción y de reconversión de plantas existentes, solo se detectan dos potenciales detractores a escala parcial en el modelo de evaluación, sin embargo, no son limitativos de las oportunidades de incursión:

- Requerimientos de talento: limitada disponibilidad de herramentistas, así como expertos en procesos de diseño y desarrollo de nuevos productos. Se trata de capacidades complejas a desarrollar que históricamente han limitado a porciones reducidas la participación de México en los eslabones de la cadena correspondientes.
- Resolución de la controversia con Estados Unidos sobre la interpretación de las reglas de origen y contenido de las autopartes. Este tema se encuentra bajo análisis en mesas de trabajo especializadas y será de gran impacto para la determinación de la configuración de los sistemas productivos de automóviles y camiones en América del Norte.

Además, es importante notar que, en el caso de reconversión de plantas, cada una deberá de realizar un ejercicio para cuantificar un mínimo viable que justifique la inversión, así como la transferencia de tecnología de la empresa matriz. Por mencionar un ejemplo, los directivos de la planta de Volvo en Estado de México han determinado un pedido mínimo inicial de 100 unidades para poder dar pie a los procesos de reconversión de planta y capacitación del personal.

Para los siguientes criterios se identifican áreas de oportunidad, sin que sean factores del todo restrictivos al tipo de operaciones:

- Requerimientos de talento: en general se identifica una mayor complejidad para las empresas de disponer de cuadros profesionales respecto a lo que pudieran disponer grandes empresas fabricantes, especialmente cuando se trata de emprendimientos nacionales.
- En materia arancelaria, se identifica como área de oportunidad la reducción de aranceles para motores eléctricos y baterías que darían a estas empresas mayor competitividad en costo. ANPACT considera importante realizar modificaciones en los beneficios

arancelarios²²: de beneficios en la importación de vehículos eléctricos terminados a beneficios en la importación de componentes clave para ser incorporados en los procesos de fabricación y ensamble final en territorio nacional.

- En materia del registro y regularización de los vehículos reconvertidos para su tránsito en el territorio nacional, existe una laguna normativa que genera complejidad a los fabricantes y sus clientes para poner las unidades en uso. La atención a este factor se impulsa por organizaciones nacionales.
- En términos de financiamiento, grandes proyectos para la reconversión de flotillas de los municipios aún dependen de “fondos blandos” otorgados por organismos internacionales puesto que en México carecen de incentivos para este tipo de actividades, ejemplo de ello es la emisión de “Bonos ecológicos” o “Bonos verdes” por parte de los gobiernos subnacionales con instancias tales como el Banco de Desarrollo de América del Norte (NadBank) e IFC (división especializada del Banco Mundial).
- Se identifica el desarrollo del ecosistema de electromovilidad como uno de los principales retos para abordar en el camino hacia la electrificación del transporte público. Entre los principales elementos a desarrollar se encuentran: servicio de mantenimiento a las unidades, estaciones de recarga, suministros de energía estables para las estaciones de recarga, generación de alianzas estratégicas entre actores clave del ecosistema.
- En términos de estímulos para desarrollar el mercado de consumo de unidades eléctricas en México, se considera imperativo ofrecer incentivos a clientes y operadores interesados en adquirir este tipo de vehículos: bonos ecológicos, créditos preferenciales, exención del impuesto al valor agregado (IVA), financiamiento, entre otros.

Como complemento a la evaluación para el caso mexicano, es importante citar que en fechas recientes se ha manifestado un mayor interés de las autoridades nacionales y de los principales estados fabricantes por impulsar el desarrollo de la industria, inclusive en colaboración con organizaciones de los Estados Unidos.

No es clara aun la emisión de políticas públicas específicas que incentiven y conjuguen la fabricación con la puesta en uso de estas unidades en el territorio nacional.

A pesar de la tendencia hacia un mayor número de empresas interesadas en la fabricación de unidades eléctricas, actualmente se experimenta una transición tecnológica a medida que el mercado se concreta y los actores involucrados ubican su posición dentro del mismo. Los parámetros para el establecimiento de este tipo de actividades en términos de escala e inversión varían entre sí pues cada empresa define la mejor combinación de factores y modelo de producción que se ajuste a sus necesidades con el fin de montar una operación rentable y competitiva dentro del mercado.

²² Balderas Serrato, N. (2020). AMLO elimina arancel a trolebuses, ¿qué gana México?: ANPACT. Recuperado de <https://www.tyt.com.mx/nota/amlo-elimina-arancel-a-trolebuses-que-gana-mexico-anpact>.

IV. Aplicación del modelo en el Brasil, Colombia y la Argentina

El modelo propuesto y aplicado al caso de México, es ahora aplicado a Brasil, Colombia y Argentina. El detalle de cada uno de los países considerados se encuentra en el anexo 3.

Brasil

La fabricación de autobuses eléctricos en Brasil se realiza vía los tres modelos de producción: por un lado, se encuentran las grandes empresas multinacionales tanto de origen extranjero como nacionales especializadas en la producción de autobuses eléctricos incluyendo BYD y Eletra.

Por otra parte, se observa a grandes empresas multinacionales reconocidas por sus autobuses de tren motriz convencional incursionando gradualmente hacia la fabricación de unidades eléctricas en sus plantas brasileñas como es el caso de Mercedes Benz y Volkswagen. Ésta última empresa ha desarrollado un ecosistema empresarial para dar soporte a su incursión en la electromovilidad por medio de la creación del E-Consortium que involucra la participación de otras empresas que estarán involucradas en la gestión del ciclo de vida del producto²³.

Por último, bajo el modelo de reconversión de unidades participan empresas de origen nacional con soluciones que van desde la venta de autobuses eléctricos reconvertidos a partir de unidades de combustión, hasta la comercialización de *kits* de reconversión para ser realizados por los clientes o por talleres afiliados a la empresa fabricante de los paquetes de conversión.

²³ Volkswagen Caminhões e Ônibus (s.f.). E-Consorcio: una consultoría especializada en movilidad eléctrica. Recuperado de https://www.vwco.com.br/noticias/265?lang=es_ES.

Eletra es una de las empresas nacionales que participa tanto en la fabricación de autobuses eléctricos como en la reconversión de unidades de combustión a tren motriz eléctrico. No obstante, se identifica que de manera general las actividades de reconversión de unidades aun no cuentan con una normativa nacional clara.

En términos de regulación, se apoya en el país la oferta de autobuses eléctricos mediante la creación del *Frente Parlamentario Mixto por la Electromovilidad* que tiene la intención de desarrollar e integrar a las empresas brasileñas a las cadenas productivas globales de dicha industria²⁴. Además, otras organizaciones de la sociedad civil como la Asociación Brasileña de Vehículos Eléctricos (*Associação Brasileira do Veículo Elétrico*, o ABVE por sus siglas en portugués) plantea dentro de sus objetivos colaborar con distintos sectores de la sociedad en la toma de decisiones para fomentar las tecnologías de la electromovilidad²⁵, mientras que la Plataforma Nacional de Movilidad Eléctrica (PNME) identifica entre sus líneas de trabajo el fomento e inducción al mercado de la electromovilidad por medio de propuestas de políticas públicas así como una gobernanza con los distintos actores del ecosistema²⁶.

Por su parte los apoyos a la demanda se visualizan desde la creación de la Ley 13.755 (*Rota 2030*)²⁷ así como compromisos complementarios de los gobiernos locales; ambos incentivan el uso de medios de transporte público no contaminantes.

Además de Argentina, Paraguay y Uruguay, Brasil es uno de los 4 países fundadores del bloque económico denominado Mercado Común del Sur, mejor conocido como MERCOSUR, que promueve el libre comercio e inversiones intra-bloque. El sector automotor es uno de los sectores no incluidos en dichas reglas comerciales, sin embargo, la industria automotriz nacional de Brasil ha desarrollado un dinamismo en conjunto con su contraparte argentina, creando así una cadena de valor industrial entre ambos países, que ha beneficiado su comercio ante el mercado global.

En 2020 la Secretaría de Economía de México informó que los vehículos pesados que se comercian entre Brasil y México quedarían libres de aranceles a partir del año 2023, reemplazando de esta manera el Acuerdo de Complementación Económica No. 55 (ACE 55) establecido desde 2002²⁸.

Además, en la actualidad (marzo de 2022), Brasil analiza la posibilidad disminuir el Impuesto sobre Productos Industrializados (IPI) hasta un 25%, impuesto federal sobre los productos manufacturados, los cuales pueden ser nacionales o importados. Entre los beneficios que puede brindar esta reducción se encuentran la disminución en los costos del sector productivo y beneficiar en el precio al consumidor final²⁹. Otras medidas arancelarias que benefician al sector automotriz es la Resolución GECEX No.284 que establece la reducción al 2% del impuesto a la importación de productos de autopartes que no son fabricadas nacionalmente³⁰.

Brasil es un país que ha incursionado en la movilidad eléctrica desde distintos frentes tanto en términos de modelos de producción como los esfuerzos realizados por distintos sectores de la sociedad. El hecho de que empresas reconocidas localizadas en Brasil participan principalmente en dos los tres

²⁴ Portal Movilidad (2022). El Senado de Brasil aprueba un frente parlamentario mixto por la electromovilidad. Recuperado de <https://portalmovilidad.com/el-senado-de-brasil-aprueba-un-frente-parlamentario-mixto-por-la-electromovilidad/>.

²⁵ Associação Brasileira do Veículo Elétrico, ABVE (s.f.). Quem somos. Recuperado de <http://www.abve.org.br/en/quem-somos/>.

²⁶ MOVE Movilidad Eléctrica en Latinoamérica (2021). Movilidad eléctrica en Brasil. Recuperado de <https://movelatam.org/portfolio-item/6663/>.

²⁷ MOVE Movilidad Eléctrica en Latinoamérica (2021). Brasil – Rota 2030. Recuperado de <https://movelatam.org/download/brasil-rota-2030/>.

²⁸ Secretaría de Economía (2020). México y Brasil alcanzan acuerdo sobre período de transición para el libre comercio en vehículos pesados. Recuperado de <https://www.gob.mx/se/articulos/mexico-y-brasil-alcanzan-acuerdo-sobre-periodo-de-transicion-para-el-libre-comercio-en-vehiculos-pesados?idiom=es>.

²⁹ AgenciaBrasil (2022). El Gobierno considera reducir impuestos para estimular la industria. Recuperado de <https://agenciabrasil.ebc.com.br/es/economia/noticia/2022-02/gobierno-considera-reducir-impuestos-para-estimular-la-industria-dice-ministro>.

³⁰ Ministerio da Economia (2021). RESOLUÇÃO GECEX Nº 284, DE 21 DE DEZEMBRO DE 2021. Recuperado de <https://in.gov.br/web/dou/-/resolucao-gecex-n-284-de-21-de-dezembro-de-2021-369766147>.

modelos de producción (nuevas plantas de fabricación y reconversión de planta), revela no solamente que este país ya cuenta con las condiciones suficientes en términos de capacidades (*know-how*), proveeduría, capital humano calificado e industrias de soporte para realizar dichas actividades, sino que esto brinda certeza a otras empresas que pudieran estar interesadas en participar en la manufactura, sean estas nacionales o extranjeras, en establecer sus operaciones y beneficiarse de los recursos especializados disponibles.

Las políticas brasileñas revelan un interés por proteger y desarrollar la industria nacional automotriz, así como establecer las medidas para participar en el cambio tecnológico que se visualiza en las cadenas productivas globales relacionadas a la electromovilidad; esto se traduce no solo en beneficios para las empresas fabricantes de autobuses establecidas en el territorio sino para toda la base de proveeduría nacional.

Colombia

En términos de electromovilidad, la industria automotriz de Colombia ha incursionado con bajos niveles de integración productiva pues los casos se limitan a empresas dedicadas a la fabricación de carrocerías que montan su estructura sobre chasis eléctricos de empresas extranjeras, como son el caso de las empresas Busscar y Marcopolo. No se identifican casos de empresas que hayan instalado nuevas plantas de producción o hayan realizado procesos de reconversión de plantas para participar en la fabricación de unidades eléctricas, a excepción de los casos de empresas de carrocerías antes mencionados.

Para el modelo de reconversión de unidades de tren motriz convencional a eléctrico, se encontró que, si bien se realizan, es a pequeña escala, para vehículos ligeros o de particulares, además de que estas actividades no están reguladas por una normativa nacional, por lo que la circulación de los vehículos reconvertidos se encuentra con lagunas reglamentarias³¹.

Colombia es uno de los países en Latinoamérica que cuenta con una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), la cual establece intenciones claras para incursionar en la producción y uso de autobuses eléctricos. Entre sus líneas de acción plantea homologar procesos en torno a la importación, ensamble y fabricación de dichas unidades, así como evaluar la pertinencia de los procesos de reconversión de unidades como una alternativa para impulsar la electromovilidad en el país³².

A pesar de la incipiente participación actual de Colombia en la fabricación de autobuses eléctricos, el país cuenta con varios beneficios para incentivar dicha industria. Uno de ellos es el Programa de Fomento para la Industria Automotriz (Profia) que facilita la importación de aquellos insumos para la fabricación de unidades que no sean producidos nacionalmente por medio de la exención de aranceles³³. Finalmente, el compromiso que realizan algunos gobiernos locales para adquirir un porcentaje mínimo de unidades eléctricas para sus flotas de transporte urbano representa una demanda local que podría incentivar la incursión hacia la producción de autobuses eléctricos en el país.

Colombia tiene oportunidad de participar en la electromovilidad primordialmente vía la reconversión de unidades de tren motriz convencional a eléctrico debido a los menores niveles de inversión que este modelo representa a diferencia de los modelos de fabricación de autobuses eléctricos y reconversión de plantas de fabricación ya existentes. La homologación de los procesos de reconversión de unidades que plantea la ENME puede ser una gran ventaja para impulsar dichos procesos productivos.

³¹ Portal Movilidad (2020). País por país, cómo son las regulaciones para convertir vehículos de combustión a eléctricos en Latinoamérica. Recuperado de <https://portalmovilidad.com/pm-pais-por-pais-como-son-las-regulaciones-para-convertir-vehiculos-de-combustion-a-electricos-en-latinoamerica/>.

³² Gobierno de Colombia (2019). Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica. Recuperado de <https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ENME.pdf>.

³³ Invest in Colombia (s.f.). Automotriz. Recuperado de <https://investincolombia.com.co/es/sectores/manufacturas/automotriz>.

Además, la ENME y el Profia podrían facilitar los procesos de importación de insumos clave para que Colombia pueda, por una parte, importar *kits* de reconversión de unidades, y por otra parte, incursionar en el ensamble final de unidades para en las próximas décadas participar gradualmente en una integración productiva más compleja.

Argentina

Para el caso de Argentina la tendencia hacia la electromovilidad se visualiza principalmente desde el modelo de producción de reconversión de unidades, donde figuran empresas nacionales especializadas en la creación de *kits* de reconversión. Como fue mencionado para el caso de Brasil, dentro del modelo de reconversión de unidades se identifican aquellos fabricantes dedicados a la producción de paquetes o "*kits*", los cuales son vendidos a terceros o clientes finales que serían los responsables de realizar el proceso de reconversión de vehículos.

Algunas empresas que han incursionado en este modelo de producción incluyen a Lucky Lion, JEMSE (en colaboración con la Universidad de la Plata) y Electro Auto. La empresa Lucky Lion además de ofrecer *kits* de reconversión de unidades ensambla también sus propios autobuses eléctricos.

Si bien el país cuenta con procesos claros para la recepción y manejo de los componentes importados para su uso en la reconversión de unidades, existen limitantes que frenan la industrialización a mayor escala. Por ejemplo, se identifica que la normatividad en Argentina aún no ha sido actualizada para dar certeza a las empresas que realizan estas operaciones, por lo que hasta ahora las empresas se han guiado por pautas de normas extranjeras para la homologación de procedimientos³⁴.

No obstante, se observa que Argentina tiene un gran interés por incentivar la industria automotriz nacional y la fabricación de autobuses eléctricos vía la instalación de nuevas plantas, así como la reconversión de las existentes, lo cual es impulsado por medio de beneficios fiscales y al comercio exterior, priorizando la integración de contenido nacional en dichas unidades. De manera concreta se identifica el Plan de Desarrollo Productivo Verde como uno de los instrumentos que promueven el desarrollo de la fabricación nacional de vehículos eléctricos³⁵ y la Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable³⁶ que establece normas para distintos actores del ecosistema de electromovilidad, incluyendo la producción de energía, estaciones de recarga, autopartes y servicios de movilidad.

De manera paralela, se realizan esfuerzos por parte del Ministerio de Desarrollo Productivo para crear una Agencia Nacional de Movilidad Sustentable, la cual tiene entre sus objetivos: desarrollar la industria del litio (utilizado en la fabricación de baterías), incorporar fabricantes nacionales a la cadena productiva, e impulsar el reemplazo de unidades del transporte público por unidades eléctricas.

Es importante mencionar que, si bien Argentina tiene una industria automotriz reconocida, esta se enfoca principalmente en vehículos ligeros, por lo que en la actualidad solamente se identifica un número limitado de empresas fabricantes de autobuses de tren motriz de combustión. En este sentido, son importantes los esfuerzos que se realicen para la atracción de empresas armadoras de autobuses o bien, concentrarse en la fabricación de autopartes clave para la cadena de valor de unidades eléctricas. La industria automotriz argentina tiene fuertes lazos con el mercado brasileño, a donde dirige gran parte de su exportación, por lo que la tendencia hacia la fabricación de autobuses eléctricos y/o componentes podría depender de los niveles de adopción de Brasil.

³⁴ Portal Movilidad (2020). De la aduana a las calles: los trámites burocráticos que exige una conversión en Argentina. Recuperado de <https://portalmovilidad.com/de-la-aduana-a-las-calles-los-tramites-burocraticos-que-exige-una-conversion-en-argentina/>.

³⁵ Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina (2021). Presentación del Plan de Desarrollo Productivo Verde. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_desarrollo_productivo_verde.pdf.

³⁶ Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina (2021). Proyecto de Ley de Promoción de la Movilidad Sustentable. Recuperado de <https://portalmovilidad.com/wp-content/uploads/2021/10/Proyecto-de-ley-de-promocion-de-movilidad-sustentable-DESCARGAR.pdf>.

Los esfuerzos que ha realizado el gobierno argentino apuntan hacia un objetivo de desarrollar la industria nacional y fomentar la atracción de inversiones relacionados a la instalación de plantas de fabricación de autobuses eléctricos y de autopartes, por lo que las empresas que participan en estas etapas de la cadena de valor se podrían ver beneficiadas. Adicionalmente, existen oportunidades respecto a la fabricación de componentes clave que involucren la transformación de recursos naturales como el cobre y el litio, ambos de gran importancia en esta industria.

Por su parte, aquellas empresas que decidan incursionar en las actividades de reconversión de unidades estarían sujetos a aspectos normativos que hasta que no sean actualizados podrían entorpecer el desarrollo de este modelo de producción en particular.

Conforme a la evaluación técnico-económica de Brasil, Colombia y Argentina, se concluye que cada país ha adoptado un modelo de producción distinto para insertarse en temas de electromovilidad: Brasil tiene un enfoque en la fabricación de autobuses eléctricos mediante el establecimiento de nuevas plantas o reconversión de plantas existentes, Colombia se ha insertado por medio de la reconversión de plantas específicamente aquellas dedicadas a procesos de carrozado en chasis de autobuses eléctricos, mientras que Argentina se ha enfocado en procesos de reconversión de unidades, a pesar de la falta de actualización respecto a su normatividad. En este sentido, para el caso particular del modelo de producción de reconversión de unidades a tren motriz eléctrico, los tres países han realizado dichas actividades independientemente de los aspectos arancelarios, normativos, legales y ambientales que establece cada país.

Representantes del sector automotriz de los tres países analizados reconocen que la fabricación de dichos vehículos para la atención del mercado interno será impulsada mediante incentivos a la demanda, por medio de beneficios de financiamiento, cambios en la normatividad y desarrollo de infraestructura de carga, bonos verdes, entre otros.

A diferencia del caso de México, se identifica un mayor número de instancias involucradas en la coordinación de actividades en torno a la electromovilidad por parte de los tres países analizados en la presente sección, siendo Brasil el líder con 10 sectores participantes (cuadro 8).

Cuadro 8
Sectores involucrados en la coordinación de actividades de movilidad eléctrica en países seleccionados

	Hacienda y Crédito Público	Medio Ambiente	Transporte	Energía	Salud	Industria/ Economía	Infraestructura, vivienda y urbanismo	Educación	Presidencia	Innovación/ Tecnología	Administración Pública	Planeación de servicios públicos/ Planeación nacional	Institución de transporte público	Empresa eléctrica nacional/ privada	Instituciones/ gobiernos subnacionales	Empresa petrolera	Cooperación internacional	Sector privado
Argentina																		
Brasil																		
Colombia																		
México																		

■ Sí

Fuente: Adaptado de PNUMA (2021). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Recuperado de www.movelatam.org/informe2020.

La participación de cada organismo nacional involucrado en temas de electromovilidad demuestra de cierta manera el compromiso de cada país no solamente por participar en la fabricación de autobuses eléctricos, sino de trabajar en conjunto para desarrollar las condiciones para la implementación de dicha tecnología dentro de cada territorio. Un mayor involucramiento del gobierno, sector privado y otros sectores de la sociedad podrían fomentar eventualmente una demanda interna, sin embargo, sería importante fomentar una gobernanza para atender transversalmente las necesidades tanto de los procesos productivos en torno a la electromovilidad que se desea impulsar, así como la gestión de lo que implicaría su puesta en marcha en cada región.

V. Propuestas para el impulso de la fabricación de autobuses eléctricos en México y precisiones puntuales para otros países

Considerando que en términos técnicos existe en México clara factibilidad para la producción de autobuses eléctricos dada la trayectoria industrial relacionada a la fabricación de autobuses de combustión y a la industria automotriz (fabricación de vehículos ligeros), y que la transición tecnológica de los vehículos de transporte ya se encuentra en proceso para dar pie a la electromovilidad como el estándar en materia de sistemas de propulsión, el planteamiento en torno a la participación en la fabricación de autobuses eléctricos, es uno de acelerar la transición y lograr un mejor posicionamiento en la cadena de valor.

A. Oportunidades de escalamiento en la cadena de valor

Se considera estratégico en términos de captura de valor la integración nacional a los eslabones de fabricación de baterías y motores eléctricos; las capacidades relacionadas se encuentran particularmente en los estados del norte de México (Baja California, Chihuahua, Sonora, Nuevo León y Coahuila) que en conjunto alojan más de la mitad de la industria eléctrico - electrónica del país.

Una mayor inserción en el eslabón de diseño e ingeniería de producto resulta potencialmente posible, particularmente para las actividades de reconversión de unidades, donde los requerimientos a atender de cada cliente dan lugar a la necesidad de equipos locales de proyecto en esta materia.

Así mismo, como se ha hecho referencia previamente, la reconversión de unidades es susceptible del ingreso de nuevos jugadores a la industria con menores barreras de entrada en términos de escala, capital y dominio tecnológico.

La fabricación de estaciones de recarga como industria conexas también representa una oportunidad de participación en la cadena de valor para México equiparable en complejidad a la fabricación de electrodomésticos, por ejemplo, lo que también podría ser fabricado en Brasil, Argentina y Colombia.

B. Reposicionamiento en el mercado

Para el caso de los Estados Unidos como mercado de destino de una alta proporción de la fabricación nacional de autobuses eléctricos, México representa una plataforma competitiva para el establecimiento de la base de manufactura. Las agresivas proyecciones de diversos estados de la unión americana para reemplazar la totalidad de las flotas de transporte público de combustión por unidades eléctricas en menos de una década generan una oportunidad para la fabricación de unidades y partes en territorio mexicano que se complementa con el eventual consumo en expansión del mercado nacional y de América Latina.

Este fenómeno de transición del mercado genera oportunidades para los países considerados en la atracción de nuevas inversiones y para la reconversión de plantas ya establecidas en la región.

Por otra parte, es factible el surgimiento y relocalización de más empresas de reconversión de unidades, modelo de negocio que al resultar de menor costo permite un abasto más accesible para los mercados nacionales y para países en desarrollo.

La reconversión de unidades también dispone de características para atender necesidades de nicho como es el caso de los vehículos de transporte dentro de destinos turísticos y otras rutas cortas.

Eventualmente se dispondrá también de una industria de soporte dedicada a la fabricación de partes de reemplazo para los autobuses eléctricos, la cual representa una oportunidad adicional de participación para los países considerados.

C. Políticas públicas de impulso

A nivel de nación, las políticas de impulso requeridas se asocian a la apertura comercial para importar e integrar en primera instancia componentes de origen extranjero y en segundo término para dar soporte a la fabricación en el territorio nacional de los componentes clave antes mencionados, e inclusive una integración regional de al menos parte de las cadenas productivas.

Para los gobiernos nacionales, la transición al uso de vehículos eléctricos es una opción necesaria a ser implementada para cumplir los acuerdos internacionales de reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente y para mantener e incrementar la base actual de manufactura.

En materia de incentivos tanto las exenciones fiscales (impuesto sobre la renta a nivel federal e impuesto sobre nómina a nivel de estados), el financiamiento blando a fabricantes (bonos verdes, fondos de garantía o créditos preferenciales) son elementos de apoyo a los proyectos de inversión, la exención o reducción en el pago de derechos, tenencia y otras cargas a los compradores de vehículos, así como el financiamiento blando pueden fungir como incentivo al consumo, así como la implementación de programas de transición de flotas a vehículos limpios, especialmente considerando que en el caso de México el transporte público se encuentra mayoritariamente concesionado a operadores particulares, y en muchos casos las unidades son propiedad del operador (modelo denominado "hombre-camión").

D. Enfoque de triple hélice para impulsar la transición a la electromovilidad

Complementariamente al impulso gubernamental, las tareas del sector educativo asociadas a la revisión y actualización de programas y planes de estudio para carreras técnicas y de ingeniería debería de

alinearse a lo requerido por la electromovilidad. Así mismo, sería requerida la implementación de programas de actualización profesional para el personal que labora actualmente en las plantas de fabricación de autobuses de combustión.

La vinculación con centros de investigación, laboratorios y agrupamientos de empresas es importante para generar sinergias y acelerar los procesos de asimilación de tecnología y conocimiento.

Las organizaciones privadas de fabricantes de autobuses, empresas de reconversión, fabricantes de partes como agentes del ecosistema de manufactura representan el frente de gestión adecuado para la gestoría y cristalizar el proceso de fabricación nacional de autobuses eléctricos.

Particularizando en el caso del resto de los países de América Latina considerados en este reporte, se identifica que a diferencia de México, países como Brasil y Argentina impulsarían la incorporación de contenido nacional en la fabricación de unidades para acelerar el crecimiento de su propia industria de autopartes, por lo que las políticas comerciales que se desarrollen al respecto serían enfocadas proteger los intereses de la industria nacional.

Particularmente para Brasil, cuya legislación comienza a fomentar cada vez más la industria de manufactura en torno a la electromovilidad, este país podría enfocarse en la homologación de los procesos de reconversión de unidades que complementarían los esfuerzos para alcanzar mayores niveles de descarbonización del transporte público además de que presentaría una alternativa más económica para aquellos sistemas de transporte municipales con presupuestos más limitados.

Por su parte, además de la producción de unidades eléctricas, Argentina podría enfocar sus esfuerzos en la exportación de autopartes de mayor valor agregado relacionados a los subsistemas inherentes al autobús eléctrico hacia países como Brasil y México que comienzan a captar mayores inversiones para el establecimiento y reconversión de plantas de autobuses. En este sentido el enfoque sería hacia el desarrollo de la industria del litio, no enfocado solamente en la extracción de la materia prima, sino en su incorporación a los sistemas modulares de baterías. Es importante mencionar que, si bien Argentina ya cuenta con cierta especialización en la reconversión de unidades y producción de kits de reconversión, sería fundamental actualizar la legislación que regule dichos procesos para continuar apoyando dichos esfuerzos, convertirlos en actividades más industrializadas e incluso incursionar hacia la exportación de kits de reconversión de unidades.

Finalmente, Colombia es el país que se encuentra más alejado de la fabricación nacional y reconversión de autobuses eléctricos, pero que cuenta con las bases y apoyo gubernamental necesario para su pronta incursión dentro de dicha cadena de valor vía la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME) y el Programa de Fomento de la Industria Automotriz. En este sentido, sería recomendado comenzar a desarrollar las capacidades requeridas para las nuevas tecnologías que involucra el autobús eléctrico, así como esfuerzos en la atracción y captación de inversiones relacionadas a la producción y ensamble final de unidades eléctricas.

Como se ha mencionado, una manera de lograr una mayor participación en la industria relacionada a la electromovilidad y que involucra menores montos de inversión sería vía la reconversión de unidades, cuyos procesos de homologación ya han sido planteados por la ENME.

Finalmente, es importante considerar que la industria de los autobuses se encuentra en un proceso de transición tecnológica que tendrá un lapso finito, en el cual mientras mas temprano se promueva la conversión de la base productiva en los países considerados, mayor oportunidad habrá para capturar una parte mayor de la cadena de valor y por ende del valor agregado. Considerando poco viable la emergencia de empresas nacionales (originarias), el trabajo de promoción de la inversión extranjera directa de partes de estos países es fundamental.

Bibliografía

- Alianza Flotillera (2008). "Autobuses integrales, tendencias en la transportación". Recuperado de <https://alianzaflotillera.com/autobuses-integrales-tendencias-en-la-transportacion/>.
- ANASEVI (2021). El poder de la innovación y las soluciones de infraestructura inteligente para una movilidad sostenibles. Recuperado de https://anasevi.org.mx/wp-content/uploads/2021/09/PPT_Carlos_Mir.pdf.
- Autocrash (2016). Conozca la clasificación de los vehículos pesados de pasajeros. Recuperado de <https://www.revistaautocrash.com/conozca-la-clasificacion-los-vehiculos-pesados-pasajeros/>.
- AXIS-Centro de Inteligencia estratégica, documentos de trabajo "Taller de identificación de áreas oportunidad" ECATI Automotriz, 2017.
- Balderas Serrato, N. (2020). AMLO elimina arancel a trolebuses, ¿qué gana México?: ANPACT. Recuperado de <https://www.tyt.com.mx/nota/amlo-elimina-arancel-a-trolebuses-que-gana-mexico-anpact>.
- Bloomberg New Energy Finance (2018). Electric Buses in Cities. Driving Towards Cleaner Air and Lower CO₂.
- Carmanía (2022). Link EV Electric Vehicles llega a Puebla. Recuperado de <https://carmania.mx/2022/01/26/link-ev-electric-vehicles-llega-a-puebla/>.
- Centro de Investigación Chino Latinoamericano Fundación Andrés Bello (2022). La empresa china CATL busca sedes para la instalación de una fábrica en México. Recuperado de <https://fundacionandresbello.org/noticias/mexico-%F0%9F%87%B2%F0%9F%87%BD/la-empresa-china-catl-busca-sedes-para-la-instalacion-de-una-fabrica-en-mexico/>.
- CleanTechnica (2014). BYD planning for first Brazilian factory to open in 2015. Recuperado de <https://cleantechnica.com/2014/07/19/byd-planning-first-brazilian-factory-open-2015/>.
- CMM Chile (2020) y diversas fuentes. Recuperado de <https://movelatam.org/wp-content/uploads/2020/12/Presentacion-Sesion-2.pdf>.
- Energía Estratégica (2020). Jujuy inició la construcción de una planta para la producción de baterías de litio en Argentina. Recuperado de <https://www.energiaestrategica.com/ujuy-inicio-la-construccion-de-una-planta-para-la-produccion-de-baterias-de-litio-en-argentina/>.
- FanBus (2021). Diseño semi integral e integral autoportante en carrocerías de autobuses. Recuperado de <https://www.fanbus.cl/2021/04/disenio-semi-integral-e-integral.html>.

- Gobierno de Jujuy (2022). Gotion Inc. Jujuy firmó convenio con empresa China para instalar una fabrica de celdas para baterías de litio. Recuperado de <https://prensa.jujuy.gob.ar/litio/jujuy-firmo-convenio-empresa-china-instalar-una-fabrica-celdas-baterias-litio-n106456>.
- Halmeaho, T., Antila, M., Kataja, J., Silvonen, P., Pihlatie, M. (2015). Advanced Driver Aid System for Energy Efficient Electric Bus Operation. n Proceedings of the 1st International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS-2015), pages 59-64. Recuperado de <https://www.scitepress.org/papers/2015/54946/54946.pdf>.
- Hernández, M. (2021). Volvo eléctrico en busca de carrocerías hechas en México. Recuperado de <https://www.revvia libre.com.mx/noticias.php?noticia=8158&imagen=1629219244.jpg&titulo=Volvo%20el%C3%A9ctrico%20en%20busca%20de%20carrocer%C3%ADas%20hechas%20en%20M%C3%A9xico>.
- Híbridos y Eléctricos (2020). BYD pone en marcha una nueva planta de baterías de litio-ferrofosfato para autobuses eléctricos. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/byd-pone-marcha-nueva-planta-baterias-litio-ferrofosfato-autobuses-electricos/20200902112120037818.html>.
- _____ (2021). Volvo presenta BZL Electric, su nuevo chasis modular para autobuses eléctricos. Recuperado de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/mercado/volvo-presenta-nuevo-chasis-autobuses-electricos/20210928144603049664.html>.
- International Energy Agency (2021). Global EV Outlook 2021. Trends and developments in electric vehicle markets. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets>.
- Irizar (2014). Alcanzado el gran reto: El autobús urbano 100% eléctrico del Grupo Irizar es ya una realidad. Recuperado de <https://www.irizar.com/alcanzado-el-gran-reto-el-autobus-urbano-100-electric-del-grupo-irizar-es-ya-una-realidad/>.
- M.J. Bradley & Associates LLC (2020). Battery Electric Bus and Facilities Analysis. Recuperado de https://www.mjbradley.com/sites/default/files/MTSElectricBusFinalReportFINAL15jan20_o.pdf.
- Mexico Industry (2018). Hecho en México. Qro. Scania. Junio. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=eMaHy-OBOoQ>.
- Movilbus Mexico (2021). Un día en la planta de Beccar. ¿Cómo se fabrica un autobús? Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=bU->. Fuente: Supercharged Petrolhead. (2020). VOLVO 7900 Electric Bus Production #MegaFactories. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=Isgo4BTBkKU>.
- MRCagney (2017). Electric Bus Technology. Transport Research Report. Recuperado de https://www.mrcagney.com/uploads/documents/MRC_Electric_Bus_Report__11072017.pdf.
- Organización Internacional del Trabajo (2011). Skills for green Jobs. A Global View. Recuperado de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/---publ/documents/publication/wcms_159585.pdf.
- PNUMA (2021). Movilidad eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2020. Recuperado de www.movelatam.org/informe2020.
- Portal Movilidad (2021). Ya se conoce el proveedor de baterías para los camiones eléctricas VW producidos en Brasil. Recuperado de <https://portalmovilidad.com/ya-se-conoce-el-proveedor-de-baterias-para-los-camiones-electricas-vw-producidos-en-brasil/>.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (2008). Glosario. Estadística Básica del Autotransporte Federal. Recuperado de https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAF/EST_BASICA/EST_BASICA_2008/EB2008-12-GLOSARIO.pdf.
- SEMARNAT y INECC (2017). Estudios de cadenas de valor de tecnologías climáticas seleccionadas para apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación en el sector de autotransporte y contribuir al fortalecimiento de la innovación y desarrollo de tecnologías. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279634/CGMCC_2016_Cadenas_de_valor_autotransporte.pdf.
- ST Engineering (2020). Diesel to electric bus retrofitting. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=zTBa3F5WobY>.
- Subsecretaría de Transportes, Gobierno de Chile (2014). Guía para la instalación de sistemas de post tratamiento de emisiones en buses de Transantiago. Recuperado de <https://www.mtt.gob.cl/wp-content/uploads/2014/01/Gu%C3%ADa-Para-Instalaci%C3%B3n-de-Sistemas-de-Post-Tratamiento-de-Emisiones-en-Buses-de-Transantiago.pdf>.

- Sustainable Bus (2021). Lithium-ion battery technology in e-buses, according to BMZ Poland. Recuperado de <https://www.sustainable-bus.com/news/bmz-poland-lithium-ion-battery-technology-electric-buses/>.
- WEG (2021). WEG suministra *Powertrain* para el autobús eléctrico de Marcopolo. Recuperado de <https://www.weg.net/institucional/ES/es/news/productos-y-soluciones/weg-participa-de-un-sistema-de-produccion-unico-e-innovador-del-mundo-para-la-movilidad-electrica> y <https://www.weg.net/institucional/ES/es/news/productos-y-soluciones/weg-suministra-powertrain-para-el-autobus-electrico-de-marcopolo>.

Anexos

Anexo 1

Cuadro A1

Modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de buses eléctricos

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades		
Perfil de empresas participantes: ¿Qué tipo de empresa participa en cada modelo?		Empresas multinacionales de origen extranjero que buscan fabricar unidades con tecnologías ecológicas dentro de las cuales se encuentran las unidades eléctricas. En algunos casos se producen otros tipos de vehículos incluyendo vehículos de "última milla" y camiones.	Grandes empresas con reconocimiento a nivel internacional que buscan generar nuevas líneas de ensamble para proveer tanto para el mercado nacional como extranjero.	Pequeñas empresas (en términos de personal) que obtienen capital de terceros para dichos proyectos. Algunas de estas empresas desarrollan y adaptan su propia tecnología a las unidades que serán reconvertidas.		
Casos identificados en América Latina		Link EV-Puebla, México Zhong Tong y Golden Star 4000-Nuevo León, México BYD-Sao Paulo, Brasil.	Volvo-Edo. de México, México. Mercedes Benz-Sao Paulo, Brasil.	Advanced Power Vehicles-Jalisco, México SIMS-Ciudad de México, México Reborn Electric-Rancagua, Chile.		
1.	Criterios de escala	Unidad de medida				
1,1	Tamaño de planta	Metros cuadrados (m ²)	Hasta 500 000	20 000 a 50 000 adicionales	3,000 (caso)	
1,2	Número de empleos directos	Empleados	400 a 2 800	300 a 500 adicionales	6 a 25	
1,3	Capacidad instalada de producción	Autobuses/año	1 000-10 000	3 000 a 4 000	Menor a 500	
1.4	Monto de inversión requerido	Millones de dólares (MDD)	\$90-300+	\$14-20+	Menor a 1MDD	
2.	Características técnicas de los procesos	SCIAN				
Chasis						
2,1	Soldura robótica/automatizada ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
2,2	Soldadura manual ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,3	Recubrimientos metálicos ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
Sistema de propulsión						
2,4	Fabricación de componentes eléctricos ^a	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,5	Ensamble de componentes eléctricos ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,6	Fabricación de componentes electrónicos ^a	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,7	Ensamble de componentes electrónicos ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,8	Fabricación de cableado/arneses ^a	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,9	Fabricación metalmecánica ^a	336310	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
Sistema de dirección y control						
2,10.	Fabricación de sensores y controladores ^a	336320 336330 336340	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,11	Ensamble de sensores y controladores ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2,12	Fabricación de componentes electromecánicos ^a	336330	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,13	Ensamble de componentes electromecánicos ^a	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
Sistema de carga						
2,14	Fabricación de sistemas de control de carga ^a	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
2,15	Fabricación de baterías recargables ^a	335910	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
Estructura principal/carrocería						
2,16	Corte/doblado de tubería	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,17	Soldadura manual	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,18	Estampado de metal	336370	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,19	Ensamble y remachado	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional*
Pintura exterior						
2,20	Preparaciones para pintura	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,21	Pintura	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
Pruebas / control de calidad						
2,22	Inspección dimensional/atributos	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2,23	Pruebas funcionales	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2,24	Prueba eléctrica	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
3. Requerimientos de talento/conocimiento						
3,1	Técnicos soldadores		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,2	Técnicos en operación de máquinas - herramientas		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,3	Técnicos en procesos de pintura		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,4	Técnicos de calidad		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,5	Herramientistas		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,6	Ensambladores		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,7	Ingenieros de procesos/manufactura/ calidad		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,8	Ingenieros de diseño industrial y desarrollo de producto		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,9	Ingenieros en metalmecánica/ electricidad/electrónica		Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
3,10	Staff gerencial, administrativo y logístico		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4. Requerimientos de infraestructura						
4,1	Suministro eléctrico		Kilovoltiamperio (kVA)	10,000 a 30,000	750 a 10,000	Menor a 150
4,2	Suministro de agua potable		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,3	Suministro de gas natural (para proceso de pintura y horneado)		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,4	Manejo, tratamiento y confinamiento de residuos industriales		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,5	Vías de comunicación carretera		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,6	Vías de comunicación ferroviaria		Requerimiento	Opcional	Opcional	No se requiere
4,7	Áreas adyacentes de manejo y descarga de materiales		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,8	Áreas adyacentes para patio de entrega		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
5. Industrias de soporte						
5,1	Proveeduría de insumos directos	336360 326211 327211 326192 336390	Requerimiento local /regional	Opcional	Opcional	Opcional
5,2	Proveeduría de insumos y servicios indirectos		Requerimiento local /regional	Se requiere	Sin cambios	Se requiere

5,3	Formación de recursos humanos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Se requiere	Se requiere
Variables/modelo			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6.	Contexto				
6,1	Arancelario	Deseable	Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria.	Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria.	Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria.
6,2	Legal	Deseable	Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio.	Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio.	Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio.
6,3	Ambiental	Deseable	Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales.	Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales.	Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales.
6,4	Normativo	Deseable	Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso.	Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso.	Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso.

Fuente: Elaboración propia.

^a Algunas empresas de retrofit hacen ajustes a la cabina, carrocería y sistemas auxiliares para acomodar y/o hacer mas eficiente los nuevos cambios de tren motriz eléctrico.

Anexo 2

Cuadro A2

México: modelo de evaluación técnico-económica para la fabricación de buses eléctricos

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades		
Perfil de empresas participantes: ¿Qué tipo de empresa participa en cada modelo?		Empresas multinacionales de origen extranjero que buscan fabricar unidades con tecnologías ecológicas dentro de las cuales se encuentran las unidades eléctricas. En algunos casos se producen otros tipos de vehículos incluyendo vehículos de "última milla" y camiones.	Grandes empresas con reconocimiento a nivel internacional que buscan generar nuevas líneas de ensamble para proveer tanto para el mercado nacional como extranjero.	Pequeñas empresas (en términos de personal) que obtienen capital de terceros para dichos proyectos. Algunas de estas empresas desarrollan y adaptan su propia tecnología a las unidades que serán reconvertidas.		
Casos identificados en México		Link EV-Puebla, México Zhong Tong y Golden Star 4000-Nuevo León, México.	Volvo - Edo. de México, México.	Advanced Power Vehicles-Jalisco, México SIMS - Ciudad de México, México.		
1.-	CRITERIOS DE ESCALA	Unidad de medida				
1,1	Tamaño de planta	Metros cuadrados (m ²)	Hasta 500 000	20 000 a 50 000 adicionales	3 000 (caso)	
1,2	Número de empleos directos	Empleados	400 a 2 800	300 a 500 adicionales	6 a 25	
1,3	Capacidad instalada de producción	Autobuses/año	1 000-10 000	3 000 a 4 000	Menor a 500	
1,4	Monto de inversión requerido	Millones de dólares (MDD)	\$90-300+	\$14-20+	Menor a 1MDD	
NOTAS		Estado de México, Guanajuato, Coahuila y Nuevo León albergan la mayor cantidad de unidades económicas relacionadas a la fabricación automotriz.	Estado de México, Guanajuato, Coahuila y Nuevo León albergan la mayor cantidad de unidades económicas relacionadas a la fabricación automotriz.	Debido a una menor escala de la empresa en términos de empleo y producción, las empresas de reconversión de unidades se pueden localizar en diversos estados del país (prácticamente en todos).		
2.-	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PROCESOS	SCIAN				
CHASIS						
2,1	Soldura robótica/automatizada**	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
2,2	Soldadura manual**	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,3	Recubrimientos metálicos**	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS			Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se localiza en los estados de Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se localiza en los estados de Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.		Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.
SISTEMA DE PROPULSIÓN						
2,4	Fabricación de componentes eléctricos**	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,5	Ensamble de componentes eléctricos**	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,6	Fabricación de componentes electrónicos**	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,7	Ensamble de componentes electrónicos**	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,8	Fabricación de cableado/arneses**	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,9	Fabricación metalmecánica**	336310	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere

VARIABLES/MODELO			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
NOTAS						
			336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León. 336310: Principalmente localizada en Coahuila y Nuevo León. 336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.	336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León. 336310: Principalmente localizada en Coahuila y Nuevo León. 336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL						
2.10.	Fabricación de sensores y controladores**	336320 336330 336340	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.11	Ensamble de sensores y controladores**	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2.12	Fabricación de componentes electromecánicos**	336330	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.13	Ensamble de componentes electromecánicos**	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS						
			336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León, Baja California y Tamaulipas. 336330: Estado de México, Guanajuato, Coahuila, Jalisco y Querétaro. 336340: Ciudad de México, Estado de México, Querétaro y Nuevo León. 336120: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se localiza en los estados de Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León, Baja California y Tamaulipas. 336330: Estado de México, Guanajuato, Coahuila, Jalisco y Querétaro. 336340: Ciudad de México, Estado de México, Querétaro y Nuevo León. 336120: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se localiza en los estados de Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
SISTEMA DE CARGA						
2.14	Fabricación de sistemas de control de carga**	336320	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.15	Fabricación de baterías recargables**	335910	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
NOTAS						
			336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. 335910: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país, destaca Nuevo León.	336320: Principalmente se localiza en Chihuahua. Otros estados que también participan son Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. 335910: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país, destaca Nuevo León.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
ESTRUCTURA PRINCIPAL/CARROCERÍA						
2.16	Corte / doblado de tubería	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.17	Soldadura manual	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.18	Estampado de metal	336370	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.19	Ensamble y remachado	336210	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional*

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
NOTAS			336210: Destaca de manera significativa el estado de Puebla. Otros estados con participación incluyen Estado de México, Nuevo León, Jalisco, Baja California y Veracruz. 336370: se localiza en Querétaro, Guanajuato, Jalisco, N. León y Puebla.	336210: Destaca de manera significativa el estado de Puebla. Otros estados con participación incluyen Estado de México, Nuevo León, Jalisco, Baja California y Veracruz. 336370: se localiza en Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Nuevo León y Puebla.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
PINTURA EXTERIOR						
2.20	Preparaciones para pintura	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.21	Pintura	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
NOTAS			336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
PRUEBAS / CONTROL DE CALIDAD						
2.22	Inspección dimensional / atributos	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2.23	Pruebas funcionales	336120	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2.24	Prueba eléctrica	336120	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
NOTAS			336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	336120: Se encuentra en Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo y Nuevo León.	Dada la menor escala y que los procesos se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.	
3.- REQUERIMIENTOS DE TALENTO / CONOCIMIENTO						
3.1	Técnicos soldadores		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3.2	Técnicos en operación de máquinas - herramientas		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3.3	Técnicos en procesos de pintura		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3.4	Técnicos de calidad		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3.5	Herramientistas		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3.6	Ensambladores		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3.7	Ingenieros de procesos /manufactura / calidad		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3.8	Ingenieros de diseño industrial y desarrollo de producto		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3.9	Ingenieros en metalmecánica /electricidad / electrónica		Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
3.10	Staff gerencial, administrativo y logístico		Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS			Actualmente se cuenta con empresas que fabrican tanto unidades de tren motriz convencional, así como aquellas que están iniciando una incursión hacia unidades eléctricas, por lo que el país ya cuenta con profesionales especializados en la fabricación de autobuses. Históricamente se identifica una debilidad en la dotación nacional de especialistas en moldes y troqueles (herramientistas), así como de personal especializado en diseño y desarrollo de nuevos productos.	Actualmente se cuenta con empresas que fabrican tanto unidades de tren motriz convencional, así como aquellas que están iniciando una incursión hacia unidades eléctricas, por lo que el país ya cuenta con profesionales especializados en la fabricación de autobuses. Históricamente se identifica una debilidad en la dotación nacional de especialistas en moldes y troqueles (herramientistas), así como de personal especializado en diseño y desarrollo de nuevos productos.	Aun se cuenta con una cantidad limitada de técnicos y profesionales que realicen este tipo de actividades de reconstrucción y mantenimiento a dichas unidades. Potencial espacio para la creación de normas técnicas de competencias laborales.	

4.- REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA					
4,1	Suministro eléctrico	Kilovoltiamperio (KVA)	10,000 a 30,000	750 a 10,000	Menor a 150
	Variables/modelo	Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	Variables/modelo
4,2	Suministro de agua potable	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,3	Suministro de gas natural (para proceso de pintura y horneado)	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,4	Manejo, tratamiento y confinamiento de residuos industriales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,5	Vías de comunicación carretera	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,6	Vías de comunicación ferroviaria	Requerimiento	Opcional	Opcional	No se requiere
4,7	Áreas adyacentes de manejo y descarga de materiales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,8	Áreas adyacentes para patio de entrega	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS			Debido a la industria ya existente, el país cuenta con la infraestructura para hacer frente a los presentes requerimientos. En el caso de energía eléctrica, dado el alto consumo es importante precisar disponibilidad de abasto en locaciones específicas.	Debido a la industria ya existente, el país cuenta con la infraestructura para hacer frente a los presentes requerimientos. En el caso de energía eléctrica es importante precisar disponibilidad de abasto en locaciones específicas.	Debido a la industria ya existente y la reducida escala que implica esta actividad, el país cuenta con la infraestructura para hacer frente a los presentes requerimientos.
5. INDUSTRIAS DE SOPORTE SCIAN					
5,1	Proveeduría de insumos directos	336360 326211 327211 326192 336390	Requerimiento local /regional	Opcional	Opcional
5,2	Proveeduría de insumos y servicios indirectos		Requerimiento local /regional	Se requiere	Sin cambios
5,3	Formación de recursos humanos		Requerimiento local /regional	Se requiere	Se requiere
NOTAS			336360: Destacan Estado de México y Coahuila, seguido de Guanajuato, Puebla, Chihuahua, Aguascalientes y Ciudad de México. 326211: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se identifican unidades económicas en Ciudad de México, Jalisco, Estado de México y San Luis Potosí. 327211: Principalmente localizado en Ciudad de México, Estado de México y Nuevo León. 326192: Localizado en Querétaro, Guanajuato, Estado de México 336390: Nuevo León, Guanajuato y Estado de México.	336360: Destacan Estado de México y Coahuila, seguido de Guanajuato, Puebla, Chihuahua, Aguascalientes y Ciudad de México. 326211: Se identifican menos de 50 unidades económicas en el país. Se identifican unidades económicas en Ciudad de México, Jalisco, Estado de México y San Luis Potosí. 327211: Principalmente localizado en Ciudad de México, Estado de México y Nuevo León. 326192: Localizado en Querétaro, Guanajuato, Estado de México 336390: Nuevo León, Guanajuato y Estado de México.	Dada la menor escala y que los proveeduría se encuentran en el país se puede atender con relativa facilidad.

6.- CONTEXTO					
			<p>Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria. Se dispone de T-MEC como principal mecanismo impulsor del desarrollo de la industria de fabricación de automóviles y camiones. Continúa controversia con EUA sobre interpretación de reglas de origen de partes y componentes.</p>	<p>Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria. Las empresas utilizarían esencialmente los mismos esquemas de abastecimiento del exterior que para su producción de vehículos de combustión.</p>	<p>Bajos niveles de aranceles para importación de materiales, partes, componentes y maquinaria. "El Gobierno federal modificó la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación para que las importaciones de vehículos eléctricos para el transporte de más de 10 personas dejen de pagar un arancel de 20%".</p>
Variables/modelo			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6,1	Arancelario	Deseable	<p>Adicionalmente, México dispone de una serie de tratados y acuerdos de libre comercio que facilitan el flujo de mercancías. "El principal cambio que afrontará esta industria está en la determinación de las reglas de origen, la cual tendrá que pasar de cumplir con mínimo de 62.5% de componentes fabricados en la región a uno del 75%, además de un conjunto de reglas terminado por el tipo de partes...el tipo de materiales con que se fabriquen las mismas..., así como haber sido fabricadas en zonas de niveles salariales de por lo menos US \$16 dólares por hora".</p>		<p>" Se promueve por parte de la Secretaría de Economía la introducción de vehículos eléctricos nuevos, pero si en lugar de quitar el arancel a todos los vehículos se quitara a las baterías y motores eléctricos, se promovería a la cadena de valor de autotransporte, generando empleos a fabricantes y carroceros, por mencionar algunos". Miguel Elizalde, presidente ejecutivo de ANPACT</p>
6,2	Legal	Deseable	<p>Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio Sin limitaciones a la industria, existencia del "Decreto para el apoyo de la competitividad de la industria automotriz terminal y el impulso al desarrollo del mercado interno de automóviles" como referente que impulsa a la industria conexas, sin embargo se centra en vehículos ligeros."Existen incentivos a la importación de vehículos eléctricos e híbridos."</p>	<p>Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio. Se mantiene ambiente legal favorable, de la misma manera que para la fabricación de autobuses de combustión interna.</p>	<p>Operaciones de fabricación y ensamble sin restricción a ser realizadas en el territorio Sin restricciones para el establecimiento de operaciones de reconversión dentro del marco legal nacional.</p>

6,3	Ambiental	Deseable	<p>Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales. Para el caso de México se debe presentar la Cédula de Operación Anual. "Con la información provista en la COA se integran una cantidad cada vez mayor de productos útiles como: los inventarios de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos, Gases de Efecto Invernadero (GEI), Contaminantes Criterio y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) a través del cual se conoce la identidad y cantidad de las sustancias que contaminan el aire, el agua y el suelo, así como la localización exacta de las fuentes que las generan."Dentro de las certificaciones pertinentes se encuentra la ISO 14001 Sistema de Gestión Medioambiental. Opcionalmente, para el caso de México se puede optar por participar en el Programa Industria Limpia.</p>	<p>Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales. Normas aplicables son las mismas que para las operaciones de fabricación de autobuses de combustión.</p>	<p>Procesos que generan emisiones, manejo de materiales y residuos peligrosos pueden desarrollarse dentro de las normas nacionales. Normatividad ambiental aplicable existe acorde al tipo de procesos involucrados.</p>
Variables/modelo			Nueva planta de fabricación	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6,4	Normativo	Deseable	<p>Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso. ANPACT: "Parte fundamental de nuestra industria radica en el desarrollo y actualización de la normatividad vinculada a los vehículos comerciales. Ejemplos de éstas son la norma de calidad de combustibles NOM-016-CRE, la norma de límites de emisiones contaminantes para nuestros vehículos NOM-044-SEMARNAT, la norma de pesos y dimensiones para vehículos en circulación NOM-012-SCT, así como el desarrollo de normativa para condiciones mínimas de seguridad para vehículos refelajado actualmente en la NMX-D-317-IMNC-2018."</p>	<p>Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso. (Equivalente a nueva planta de fabricación)</p>	<p>Existencia de normas y estándares para que los productos fabricados puedan obtener aprobación para su uso. "La Asociación Nacional de Vehículos Eléctricos (ANVES) se encuentra trabajando con diferentes organismos tanto del sector privado como de gobierno a nivel nacional para instaurar en México la NOM Norma Oficial Mexicana para las conversiones de cualquier vehículo de combustión interna a 100% eléctrico."</p>

NOTAS	Con la salvedad de la controversia en interpretación de reglas de origen en T-MEC, la industria cuenta con un contexto claro y favorable para su desarrollo	Con la salvedad de la controversia en interpretación de reglas de origen en T-MEC, la industria cuenta con un contexto claro y favorable para su desarrollo	Si bien no hay restricciones al desarrollo, la reconversión es un actividad que se ha dado de manera espontánea y no dispone de políticas de impulso dirigidas.
-------	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

-  Cumplimiento / dotación satisfactoria
-  Parcial / con limitaciones

Anexo 3

Cuadro A3
Evaluación para el caso del Brasil

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
Perfil de empresas participantes: ¿Qué tipo de empresa participa en cada modelo?		Empresas multinacionales de origen extranjero y nacional especializadas en la fabricación de unidades eléctricas. En algunos casos se producen otros tipos de vehículos incluyendo vehículos ligeros, de "última milla" y camiones.	Grandes empresas con reconocimiento a nivel internacional que buscan generar nuevas líneas de ensamble para proveer tanto para el mercado nacional como extranjero.	Empresas de origen nacional.	
Casos identificados en Brasil		BYD-Sao Paulo Eletra-Sao Paulo Marcopolo-Rio Grande do Sul	Mercedes Benz-Sao Paulo Volkswagen-Rio de Janeiro	Eletra-Sao Paulo Giaffone Electric-Sao Paulo FuelTech-Rio Grande do Sul	
1.- CRITERIOS DE ESCALA	Unidad de medida				
1,1	Tamaño de planta	Metros cuadrados (m2)	Hasta 500 000	20 000 a 50 000 adicionales	3 000 (caso)
1,2	Número de empleos directos	Empleados	400 a 2 800 ^c	300 a 500 adicionales	6 a 25
1,3	Capacidad instalada de producción	Autobuses/año	1 000 – 10 000 ^c	3 000 a 4 000	Menor a 500
1.4	Monto de inversión requerido	Millones de dólares (MDD)	\$ 90 - 300 ^c	\$ 14 - 20+	Menor a 1MDD
NOTAS	Los casos de referencia para cada uno de los tres modelos de producción demuestran que el país cuenta con los criterios de escala requeridos para el establecimiento de plantas de fabricación y reconversión de autobuses eléctricos. Actualmente, los modelos de fabricación de autobuses eléctricos, reconversión de plantas y procesos de reconversión de unidades se realizan principalmente en el sur y sudeste de Brasil.				
2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PROCESOS					
CHASIS					
2,1	Soldura robótica/ automatizada ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
2,2	Soldadura manual ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,3	Recubrimientos metálicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente				
SISTEMA DE PROPULSIÓN					
2,4	Fabricación de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,5	Ensamble de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,6	Fabricación de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,7	Ensamble de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2,8	Fabricación de cableado/ameses ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,9	Fabricación metalmecánica ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente				

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL				
2.10.	Fabricación de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
2.11	Ensamble de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.12	Fabricación de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
2.13	Ensamble de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente		
SISTEMA DE CARGA				
2.14	Fabricación de sistemas de control de carga ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
2.15	Fabricación de baterías recargables ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente		
ESTRUCTURA PRINCIPAL/CARROCERÍA				
2.16	Corte/doblado de tubería	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.17	Soldadura manual	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.18	Estampado de metal	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.19	Ensamble y remachado	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente		
PINTURA EXTERIOR				
2.20	Preparaciones para pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.21	Pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente		
PRUEBAS / CONTROL DE CALIDAD				
2.22	Inspección dimensional/atributos	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.23	Pruebas funcionales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2.24	Prueba eléctrica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente		
3.- REQUERIMIENTOS DE TALENTO / CONOCIMIENTO				
3.1	Técnicos soldadores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.2	Técnicos en operación de máquinas-herramientas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.3	Técnicos en procesos de pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.4	Técnicos de calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.5	Herramientistas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.6	Ensambladores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.7	Ingenieros de procesos/manufactura/calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.8	Ingenieros de diseño industrial y desarrollo de producto	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3.9	Ingenieros en metalmecánica/electricidad/electrónica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere
3.10	Staff gerencial, administrativo y logístico	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
NOTAS		Se identifica la existencia del talento requerido para los tres modelos de producción de autobuses eléctricos.			
4.- REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA					
4,1	Suministro eléctrico	Kilovoltiamperio (KVA)	10,000 a 30,000	750 a 10,000	Menor a 150
4,2	Suministro de agua potable	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,3	Suministro de gas natural (para proceso de pintura y homeado)	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,4	Manejo, tratamiento y confinamiento de residuos industriales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,5	Vías de comunicación carretera	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,6	Vías de comunicación ferroviaria	Requerimiento	Opcional	Opcional	No se requiere
4,7	Áreas adyacentes de manejo y descarga de materiales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,8	Áreas adyacentes para patio de entrega	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS		Se identifica la existencia de infraestructura requerida para los tres modelos de producción de autobuses eléctricos.			
5.- INDUSTRIAS DE SOPORTE					
5,1	Proveeduría de insumos directos	Requerimiento local /regional	Opcional	Opcional	Opcional
5,2	Proveeduría de insumos y servicios indirectos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
5,3	Formación de recursos humanos	Requerimiento local/regional	Se requiere	Se requiere	Se requiere
NOTAS		Se identifica la existencia de una base de proveeduría regional apta para la producción y reconversión de autobuses eléctricos.			
6.- CONTEXTO					
6,1	Arancelario	Deseable	Posible disminución del Impuesto sobre Productos Industrializados (IPI) hasta un 25%. Resolución GECEX No.284: reducción al 2% del impuesto a la importación de autopartes que no son fabricadas nacionalmente.	Posible disminución del Impuesto sobre Productos Industrializados (IPI) hasta un 25%. Resolución GECEX No.284: reducción al 2% del impuesto a la importación de autopartes que no son fabricadas nacionalmente.	Posible disminución del Impuesto sobre Productos Industrializados (IPI) hasta un 25%. Resolución GECEX No.284: reducción al 2% del impuesto a la importación de autopartes que no son fabricadas nacionalmente.
6,2	Legal	Deseable	No existen impedimentos legales, ya existe una trayectoria por parte de empresas que realizan dichos procesos productivos.	No existen impedimentos legales, ya existe una trayectoria por parte de empresas que realizan dichos procesos productivos.	"No hay una normativa clara, pero si se realizan procedimientos homologados."
6,3	Ambiental	Deseable	En São Paulo, donde los contratos de transporte vigentes contemplan la renovación de la flota con vehículos "verdes", el gobierno de la ciudad afirma estar en contacto con las automotrices "a nivel nacional e internacional", concesionarias de energía e institutos y universidades para definir el modelo de electromovilidad.	En São Paulo, donde los contratos de transporte vigentes contemplan la renovación de la flota con vehículos "verdes", el gobierno de la ciudad afirma estar en contacto con las automotrices "a nivel nacional e internacional", concesionarias de energía e institutos y universidades para definir el modelo de electromovilidad.	La capital paulista tiene en su Ley de Cambio Climático el compromiso de reducir el 50% de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO2) y el 90% de las emisiones totales de material particulado para 2028, con base en los índices de 2016. En Río, el objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para 2030. La ciudad también se compromete a contratar solo autobuses no contaminantes a partir de 2025.

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6,3	Ambiental	Deseable	"La capital paulista tiene en su Ley de Cambio Climático el compromiso de reducir el 50% de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO2) y el 90% de las emisiones totales de material particulado para 2028, con base en los índices de 2016. En Río, el objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para 2030. La ciudad también se compromete a contratar solo autobuses no contaminantes a partir de 2025."	"La capital paulista tiene en su Ley de Cambio Climático el compromiso de reducir el 50% de las emisiones totales de dióxido de carbono (CO2) y el 90% de las emisiones totales de material particulado para 2028, con base en los índices de 2016. En Río, el objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% para 2030. La ciudad también se compromete a contratar solo autobuses no contaminantes a partir de 2025."	
6,4	Normativo	Deseable	En Marzo 2022, el Senado Federal de Brasil aprobó la creación del Frente Parlamentario Mixto por la Electromovilidad. "La electromovilidad es la gran frontera tecnológica de la economía mundial, y el Frente Parlamentario ayudará a Brasil a insertar su economía en esa transición lo más rápido posible"... "Este es el camino para aumentar la competitividad de las empresas brasileñas, integrarlas en cadenas productivas globales y garantizar empleos futuros para las nuevas generaciones de brasileños", señaló Adalberto Maluf presidente de la Asociación Brasileña de Vehículos Eléctricos (ABVE). La Ley 13.755 mejor conocida como Ruta 2030 (Rota 2030) tiene entre sus pautas "Promover el uso de biocombustibles y formas alternativas de propulsión y mejorar la matriz energética brasileña"	En Marzo 2022, el Senado Federal de Brasil aprobó la creación del Frente Parlamentario Mixto por la Electromovilidad. "La electromovilidad es la gran frontera tecnológica de la economía mundial, y el Frente Parlamentario ayudará a Brasil a insertar su economía en esa transición lo más rápido posible"... "Este es el camino para aumentar la competitividad de las empresas brasileñas, integrarlas en cadenas productivas globales y garantizar empleos futuros para las nuevas generaciones de brasileños", señaló Adalberto Maluf presidente de la Asociación Brasileña de Vehículos Eléctricos (ABVE). La Ley 13.755 mejor conocida como Ruta 2030 (Rota 2030) tiene entre sus pautas "Promover el uso de biocombustibles y formas alternativas de propulsión y mejorar la matriz energética brasileña"	"No hay una normativa clara, pero si se realizan procedimientos."
NOTAS			La existencia de recursos y capacidades, así como la trayectoria de algunas plantas que ya realizan este tipo de operaciones brinda certeza para la instalación de más plantas de fabricación. Se cuentan con incentivos dirigidos tanto a la oferta como demandan de unidades eléctricas.		A pesar de que existen casos de referencias de plantas que ya realizan estas actividades, se requiere de una normatividad clara que regule las actividades de reconversión de unidades eléctrica, y registro apropiado para su circulación.

Fuente: Elaboración propia.

^a El modelo A responde primordialmente a casos intermedios de integración productiva que son los más usuales.

^b Estos procesos no se realizan por empresas dedicadas al carrozado de la unidad.

^c Los rangos inferiores corresponden a empresas que participan con bajos niveles de integración, mientras que los casos de mas altos niveles de integración suelen posicionarse en rangos más altos en términos de empleo, tamaño de planta e inversión.

^d Algunas empresas que realizan reconversión de unidades hacen ajustes a la cabina, carrocería y sistemas auxiliares para acomodar y/o hacer mas eficiente los nuevos cambios de tren motriz eléctrico.

 Cumplimiento / dotación satisfactoria.

 Parcial / con limitaciones.

Anexo 4

Cuadro A4
Evaluación para el caso de Colombia

Variables/modelo	Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
Perfil de empresas participantes: ¿Qué tipo de empresa participa en cada modelo?	n/a	Se identifican solamente empresas carroceras que montan sobre chasis eléctrico.	n/a	
Casos identificados en Colombia	No se identifican casos de empresas que fabriquen autobuses eléctricos.	BUSSCAR - Risaralda Superpolo (Marcopolo) – Cundinamarca.	Se identifican actividades de reconversión de unidades de vehículos ligeros (particulares).	
1.- CRITERIOS DE ESCALA	Unidad de medida			
1.1 Tamaño de planta	Metros cuadrados (m ²)	Hasta 500 000	20 000 a 50 000 adicionales	3,000 (caso)
1.2 Número de empleos directos	Empleados	400 a 2 800 ^c	300 a 500 adicionales	6 a 25
1.3 Capacidad instalada de producción	Autobuses/año	1 000 – 10 000 ^c	3 000 a 4 000	Menor a 500
1.4 Monto de inversión requerido	Millones de dólares (MDD)	\$90 - 300+ ^c	\$14-20+	Menor a 1MDD
NOTAS	Principales regiones para el desarrollo de actividades de la industria automotriz y de autopartes: Bogotá, Cundinamarca, Antioquia, el Eje Cafetero y Valle del Cauca.	Principales regiones para el desarrollo de actividades de la industria automotriz y de autopartes: Bogotá, Cundinamarca, Antioquia, el Eje Cafetero y Valle del Cauca.	Debido a una menor escala de la planta en términos de empleo y producción, las plantas de reconversión de unidades se pueden localizar en diversos departamentos del país (prácticamente en todos).	
2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PROCESOS				
CHASIS				
2.1 Soldura robótica/automatizada ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
2.2 Soldadura manual ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.3 Recubrimientos metálicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente al ser requeridos para la fabricación de un subsistema equivalente o basado en un sistema de combustión interna.			
SISTEMA DE PROPULSIÓN				
2.4 Fabricación de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.5 Ensamble de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2.6 Fabricación de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.7 Ensamble de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2.8 Fabricación de cableado/ arneses ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.9 Fabricación metalmecánica ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	No se identifica una base productiva que cuente con las capacidades para la fabricación de este subsistema particular a autobuses eléctricos.			
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL				
2.10. Fabricación de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.11 Ensamble de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2.12 Fabricación de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.13 Ensamble de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente al ser requeridos para la fabricación de un subsistema equivalente o basado en un sistema de combustión interna.			

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
SISTEMA DE CARGA				
2,14	Fabricación de sistemas de control de carga ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
2,15	Fabricación de baterías recargables ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional
NOTAS		No se identifica una base productiva que cuente con las capacidades para la fabricación de este subsistema particular a autobuses eléctricos.		
ESTRUCTURA PRINCIPAL/CARROCERÍA				
2,16	Corte / doblado de tubería	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,17	Soldadura manual	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,18	Estampado de metal	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,19	Ensamble y remachado	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente al ser requeridos para la fabricación de un subsistema equivalente o basado en un sistema de combustión interna.		
PINTURA EXTERIOR				
2,20	Preparaciones para pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,21	Pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente al ser requeridos para la fabricación de un subsistema equivalente o basado en un sistema de combustión interna.		
PRUEBAS / CONTROL DE CALIDAD				
2,22	Inspección dimensional/atributos	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,23	Pruebas funcionales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
2,24	Prueba eléctrica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente al ser requeridos para la fabricación de un subsistema equivalente o basado en un sistema de combustión interna.		
3.- REQUERIMIENTOS DE TALENTO / CONOCIMIENTO				
3,1	Técnicos soldadores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,2	Técnicos en operación de máquinas - herramientas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,3	Técnicos en procesos de pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,4	Técnicos de calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,5	Herramientistas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,6	Ensambladores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,7	Ingenieros de procesos /manufactura / calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,8	Ingenieros de diseño industrial y desarrollo de producto	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
3,9	Ingenieros en metalmecánica /electricidad / electrónica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere
3,10	Staff gerencial, administrativo y logístico	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
NOTAS		"Entre 2016 y 2018 Colombia registra más de 125 mil graduados en programas afines a la industria automotriz, especialmente de carreras universitarias y técnicas."		
4.- REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA				
4,1	Suministro eléctrico	Kilovoltiamperio (kVA)	10,000 a 30,000	750 a 10,000
4,2	Suministro de agua potable	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
4,3	Suministro de gas natural (para proceso de pintura y horneado)	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
4,4	Manejo, tratamiento y confinamiento de residuos industriales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
4,5	Vías de comunicación carretera	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
4,6	Vías de comunicación ferroviaria	Requerimiento	Opcional	Opcional
4,7	Áreas adyacentes de manejo y descarga de materiales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios
4,8	Áreas adyacentes para patio de entrega	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
NOTAS			Se identifica la existencia de infraestructura requerida para los tres modelos de producción de autobuses eléctricos.		
5.- INDUSTRIAS DE SOPORTE					
5,1	Proveeduría de insumos directos	Requerimiento local /regional	Opcional	Opcional	Opcional
5,2	Proveeduría de insumos y servicios indirectos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
5,3	Formación de recursos humanos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Se requiere	Se requiere
NOTAS			Será requerido desarrollar la industria de soporte de insumos directos a nivel regional relacionada a las tecnologías de electromovilidad.		
6.- CONTEXTO					
6,1	Arancelario	Deseable	Para el caso del sector automotriz en general "Colombia cuenta con una red de acuerdos comerciales firmados que permiten entrar con arancel cero a mercados importantes en el sector automotor en Norte y Sur América y Europa." "PROFIA - Programa dirigido a ensambladoras de vehículos y fabricantes de autopartes. Permite la importación de insumos que no se produzcan en Colombia con exoneración de gravámenes arancelarios. El beneficio aplica independientemente si el bien final está destinado para el mercado local o para exportación." "Decreto 272 de 2018: Gravamen arancelario de 0% para la importación de bienes clasificados como materia prima y bienes de capital que no tengan producción nacional."	Para el caso del sector automotriz en general "Colombia cuenta con una red de acuerdos comerciales firmados que permiten entrar con arancel cero a mercados importantes en el sector automotor en Norte y Sur América y Europa." "PROFIA - Programa dirigido a ensambladoras de vehículos y fabricantes de autopartes. Permite la importación de insumos que no se produzcan en Colombia con exoneración de gravámenes arancelarios. El beneficio aplica independientemente si el bien final está destinado para el mercado local o para exportación." "Decreto 272 de 2018: Gravamen arancelario de 0% para la importación de bienes clasificados como materia prima y bienes de capital que no tengan producción nacional."	"Decreto 272 de 2018: Gravamen arancelario de 0% para la importación de bienes clasificados como materia prima y bienes de capital que no tengan producción nacional."
6,2	Legal	Deseable	"Con una posición estratégica en América Latina, Colombia se ha posicionado como un importante centro para el transporte de pasajeros y carga. "	"Con una posición estratégica en América Latina, Colombia se ha posicionado como un importante centro para el transporte de pasajeros y carga. "	De acuerdo a un reporte de Asociación Latinoamericana de Movilidad Sostenible, Colombia no cuenta con una normativa para realizar el proceso de reconversión de unidades, por lo que lagunas reglamentarias permiten que dichos vehículos sean registrados. "No está regulado, pero existen empresas que realizan el procedimiento. "Se hace porque algunos organismos de tránsito lo permiten, pero teóricamente no debería poderse registrar el cambio de combustible a eléctrico", explica una entidad a Portal Movilidad."

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6,3	Ambiental	Deseable	A través de la Ley 1964, existen cuotas mínimas de compra de 30 % de vehículos eléctricos para servicio público para 2025 en algunas ciudades. Y las ciudades que cuentan con Sistemas de Transporte Masivo también tienen metas mínimas de adquisición de buses eléctricos a partir del 2025 con un 10 %, aumentándose progresivamente hasta llegar a 100 % en 2035. "Buena parte del auge de vehículos eléctricos corresponde a las estrategias de los gobiernos locales de promover la movilidad sostenible con la adquisición de buses eléctricos para los sistemas integrados de transporte, especialmente en Medellín, Cali y Bogotá."	A través de la Ley 1964, existen cuotas mínimas de compra de 30 % de vehículos eléctricos para servicio público para 2025 en algunas ciudades. Y las ciudades que cuentan con Sistemas de Transporte Masivo también tienen metas mínimas de adquisición de buses eléctricos a partir del 2025 con un 10 %, aumentándose progresivamente hasta llegar a 100 % en 2035. "Buena parte del auge de vehículos eléctricos corresponde a las estrategias de los gobiernos locales de promover la movilidad sostenible con la adquisición de buses eléctricos para los sistemas integrados de transporte, especialmente en Medellín, Cali y Bogotá."	Los estímulos a la demanda de unidades eléctricas representan una oportunidad para aquellas ciudades que cuentan con una inversión limitada y que pueden incursionar en la electromovilidad vía la reconversión de unidades. Sin embargo las regulaciones en torno a las cuotas mínimas de vehículos eléctricas tendrían que contemplar específicamente las unidades reconvertidas para que esto fuera viable.
6,4	Normativo	Deseable	La Estrategia Nacional de Electromovilidad contempla "definir los parámetros mínimos de homologación para los procesos de importación, ensamble o fabricación de vehículos eléctricos"	La Estrategia Nacional de Electromovilidad contempla "definir los parámetros mínimos de homologación para los procesos de importación, ensamble o fabricación de vehículos eléctricos"	Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica: "Evaluar la pertinencia de realizar la conversión de vehículos de combustión interna a eléctricos a 2023."
NOTAS			Desde 2019, la política nacional y locales que impulsa Colombia entorno a la electromovilidad, así como la compra de flotillas de unidades eléctricas para sus sistemas de transporte público incentiva la incursión hacia el establecimiento de plantas de producción. Las licitaciones públicas para la adquisición de buses otorgan puntos adicionales a la tecnología eléctrica y el contenido nacional.		Si bien actualmente no se encuentran reguladas dichas actividades, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica 2018-2022 manifiesta la intención de evaluar dichos procesos para finales del 2023.

Fuente: Elaboración propia.

^a El modelo A responde primordialmente a casos intermedios de integración productiva que son los más usuales.

^b Estos procesos no se realizan por empresas dedicadas al carrozado de la unidad.

^c Los rangos inferiores corresponden a empresas que participan con bajos niveles de integración, mientras que los casos de mas altos niveles de integración suelen posicionarse en rangos más altos en términos de empleo, tamaño de planta e inversión.

^d Algunas empresas que realizan reconversión de unidades hacen ajustes a la cabina, carrocería y sistemas auxiliares para acomodar y/o hacer mas eficiente los nuevos cambios de tren motriz eléctrico.

	Cumplimiento/dotación satisfactoria.
	Parcial/con limitaciones.
	Insuficiente.

Anexo 5

Cuadro A5
Evaluación para el caso de la Argentina

Variables/modelo	Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades		
Perfil de empresas participantes: ¿Qué tipo de empresa participa en cada modelo?	Empresa de origen nacional.	n/a	Empresas de origen nacional. Algunas de estas empresas desarrollan y adaptan su propia tecnología a las unidades que serán reconvertidas.		
Casos identificados en Argentina	Lucky Lion - Buenos Aires	Las empresas de autobuses identificadas en Argentina que fabrican autobuses tradicionales aun no realizan una transición hacia autobuses eléctricos.	Lucky Lion (kits de reconversion) - Buenos Aires JEMSE en colaboración con Universidad Nacional de La Plata (UNLP) - Jujuy Electro Auto (kits de reconversion) - Misiones.		
1.- CRITERIOS DE ESCALA	Unidad de medida				
1.1	Tamaño de planta	Metros cuadrados (m ²)	Hasta 500 000	20 000 a 50 000 adicionales	3 000 (caso)
1.2	Número de empleos directos	Empleados	400 a 2 800 ^c	300 a 500 adicionales	6 a 25
1.3	Capacidad instalada de producción	Autobuses/año	1 000 – 10 000 ^c	3 000 a 4 000	Menor a 500
1.4	Monto de inversión requerido	Millones de dólares (MDD)	\$ 90 - 300+ ^c	\$ 14 - 20+	Menor a 1MDD
NOTAS	La región Centro de Argentina desarrolla actividades de la industria automotriz y de autopartes, principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.	La región Centro de Argentina desarrolla actividades de la industria automotriz y de autopartes, principalmente en las provincias de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe.	Debido a una menor escala de la planta en términos de empleo y producción, las plantas de reconversión de unidades se pueden localizar en diversas provincias del país (prácticamente en todos).		
2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PROCESOS	CHASIS				
2.1	Soldura robótica/automatizada**	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
2.2	Soldadura manual**	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2.3	Recubrimientos metálicos**	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente				
SISTEMA DE PROPULSIÓN					
2.4	Fabricación de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.5	Ensamble de componentes eléctricos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2.6	Fabricación de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.7	Ensamble de componentes electrónicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
2.8	Fabricación de cableado/arneses ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.9	Fabricación metalmecánica**	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	No se requiere
NOTAS	Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente				
SISTEMA DE DIRECCIÓN Y CONTROL					
2.10.	Fabricación de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2.11	Ensamble de sensores y controladores ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2.12	Fabricación de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
2,13	Ensamble de componentes electromecánicos ^b	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente			
SISTEMA DE CARGA					
2,14	Fabricación de sistemas de control de carga ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
2,15	Fabricación de baterías recargables ^b	Requerimiento	Opcional	Opcional	Opcional
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente			
ESTRUCTURA PRINCIPAL/CARROCERÍA					
2,16	Corte / doblado de tubería	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,17	Soldadura manual	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,18	Estampado de metal	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,19	Ensamble y remachado	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional ^d
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente			
PINTURA EXTERIOR					
2,20	Preparaciones para pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
2,21	Pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente			
PRUEBAS / CONTROL DE CALIDAD					
2,22	Inspección dimensional / atributos	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2,23	Pruebas funcionales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
2,24	Prueba eléctrica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
NOTAS		Estos procesos se encuentran dentro de la base productiva existente			
3.- REQUERIMIENTOS DE TALENTO / CONOCIMIENTO					
3,1	Técnicos soldadores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,2	Técnicos en operación de máquinas - herramientas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,3	Técnicos en procesos de pintura	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,4	Técnicos de calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,5	Herramientistas	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
3,6	Ensambladores	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,7	Ingenieros de procesos/ manufactura/calidad	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,8	Ingenieros de diseño industrial y desarrollo de producto	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
3,9	Ingenieros en metalmecánica/ electricidad / electrónica	Requerimiento	Se requiere	Se requiere	Se requiere
3,10	Staff gerencial, administrativo y logístico	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS		Se identifica la existencia del talento requerido para los tres modelos de producción de autobuses eléctricos.			
4.- REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA					
4,1	Suministro eléctrico	Kilovoltiamperio (kVA)	10,000 a 30,000	750 a 10,000	Menor a 150
4,2	Suministro de agua potable	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,3	Suministro de gas natural (para proceso de pintura y homeado)	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,4	Manejo, tratamiento y confinamiento de residuos industriales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,5	Vías de comunicación carretera	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Opcional
4,6	Vías de comunicación ferroviaria	Requerimiento	Opcional	Opcional	No se requiere
4,7	Áreas adyacentes de manejo y descarga de materiales	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
4,8	Áreas adyacentes para patio de entrega	Requerimiento	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
NOTAS		Se identifica la existencia de infraestructura requerida para los tres modelos de producción de autobuses eléctricos.			

Variables/modelo		Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades	
5.- INDUSTRIAS DE SOPORTE					
5,1	Proveeduría de insumos directos	Requerimiento local /regional	Opcional	Opcional	Opcional
5,2	Proveeduría de insumos y servicios indirectos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Sin cambios	Se requiere
5,3	Formación de recursos humanos	Requerimiento local /regional	Se requiere	Se requiere	Se requiere
NOTAS		Argentina es conocida por sus reservas de litio, que presenta grandes ventajas en torno al costo de la fabricación de baterías para el caso del modelo de nueva planta de fabricación. Se identifica la existencia de una base de proveeduría regional apta para los tres tipos de modelos de producción.			
6.- CONTEXTO					
6,1	Arancelario	Deseable	<p>"El envío del proyecto de Ley de Promoción de Inversiones en la Industria Automotriz había sido anunciado por el presidente Alberto Fernández a comienzos de marzo, y prevé beneficios como la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA), amortización acelerada en el Impuesto a las Ganancias y derechos de exportación del 0% hasta diciembre de 2031. La promoción alcanzará a los "proyectos de inversión que incluyan plataformas exclusivas regionalmente y niveles mínimos de contenido nacional", de acuerdo al texto del proyecto, en el que se precisa que abarcará los procesos de producción de automóviles, pick ups, vehículos comerciales, buses y camiones, así como motorizaciones y autopartes."</p>	<p>"El envío del proyecto de Ley de Promoción de Inversiones en la Industria Automotriz había sido anunciado por el presidente Alberto Fernández a comienzos de marzo, y prevé beneficios como la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA), amortización acelerada en el Impuesto a las Ganancias y derechos de exportación del 0% hasta diciembre de 2031. La promoción alcanzará a los "proyectos de inversión que incluyan plataformas exclusivas regionalmente y niveles mínimos de contenido nacional", de acuerdo al texto del proyecto, en el que se precisa que abarcará los procesos de producción de automóviles, pick ups, vehículos comerciales, buses y camiones, así como motorizaciones y autopartes."</p>	<p>"Tenemos una empresa de forwarder especializada en transporte de litio y también despachantes expertos en la materia", explica. Cuando se recibe la mercadería, en el caso puntual del motor deben estar presentes autoridades de la Dirección Nacional del Registro de Propiedad Automotor (DNRPA) para hacer la inscripción de los números de serie de los motores. Ese número de serie va relacionado con un número de importación y estos se inscriben luego en el alta del motor eléctrico automotriz ante la DNRPA.</p>
6,2	Legal	Deseable	<p>"El ministro de Desarrollo Productivo, Matías Kulfas, aseguró que están trabajando en el lanzamiento de un plan para el recambio de los colectivos urbanos por unidades que funcionen con energía eléctrica, elaborado sobre tres ejes principales: "la industrialización del litio, la incorporación de los fabricantes de autopartes y la renovación de la flota del transporte público, en el marco de lo que denominamos agenda verde".</p>	<p>"Por otro lado, el país cuenta con un tejido autopartista robusto y fuertes antecedentes en la industria automotriz, que junto con su recurso humano técnico de alto nivel en la materia puede transformarse en un enclave en fabricación de autopartes y productos derivados de la movilidad sustentable".</p>	<p>"Una vez que se lleva a cabo la conversión se realiza el proceso de verificación policial denominado 12P y con los datos anteriores se genera una cédula que incluye el número de motor nuevo. Con esta información se tramita el seguro y se predispone a hacer la Verificación Técnica Vehicular (VTV). "Para la VTV se solicita un informe técnico firmado por un Ingeniero electrome -cánico colegiado, que incluye un croquis con la ubicación de las baterías, la forma en que está anclado el motor y el circuito de conexiones. Luego se le realizan los ensayos normales de cualquier vehículo", comentó Rivero. Durante este proceso en las planillas (que aún no están actualizadas) en el campo que refiere a combustible, se inscribe "eléctrico". Una vez aprobada, el vehículo puede circular."</p>

Variables/modelo			Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
6,3	Ambiental	Deseable	Plan de Desarrollo Productivo Verde: "Impulsando la fabricación nacional de vehículos eléctricos, que reemplazarán a los de combustión interna (más contaminantes). Partimos de una larga historia automotriz como base y tenemos litio y cobre (que son insumos clave en dichos vehículos). "	Plan de Desarrollo Productivo Verde: "Impulsando la fabricación nacional de vehículos eléctricos, que reemplazarán a los de combustión interna (más contaminantes). Partimos de una larga historia automotriz como base y tenemos litio y cobre (que son insumos clave en dichos vehículos)".	No se identifica regulación ambiental específica en torno a unidades reconvertidas.
6,4	Normativo	Deseable	Sobre la Ley de Electromovilidad: "Fija las reglas de juego para todos, desde el sector de la energía, terminales, autopartismo y transporte. Después cada uno verá su aporte...No es un proyecto de ley que pueda generar inversiones de manera inmediata porque es un sector que necesita consolidarse y ser sustentable en términos de escala y competitividad. Pero nos puede posicionar en Latinoamérica como el primer país con una normativa a largo plazo, nos da una previsibilidad que permite recorrer las terminales y hablar con las casas matrices". - Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFAs) "La normativa, impulsada fuertemente por el Ministro de Industria, Matias Kulfas, estipula la creación de la Agencia Nacional de Movilidad Sustentable, que establecerá las pautas reglamentarias que regirán la comercialización de los vehículos eléctricos en Argentina, incluyendo los de producción nacional e importados...Además, se plantean incentivos a las inversiones que promoverán la creación de proyectos nuevos y al incremento productivo de proyectos existentes de la movilidad sustentable, así como la fabricación de terminales, autopartistas y producción de baterías y cargadores".	Sobre la Ley de Electromovilidad: "Fija las reglas de juego para todos, desde el sector de la energía, terminales, autopartismo y transporte. Después cada uno verá su aporte. No es un proyecto de ley que pueda generar inversiones de manera inmediata porque es un sector que necesita consolidarse y ser sustentable en términos de escala y competitividad. Pero nos puede posicionar en Latinoamérica como el primer país con una normativa a largo plazo, nos da una previsibilidad que permite recorrer las terminales y hablar con las casas matrices". - Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFAs) "La normativa, impulsada fuertemente por el Ministro de Industria, Matias Kulfas, estipula la creación de la Agencia Nacional de Movilidad Sustentable, que establecerá las pautas reglamentarias que regirán la comercialización de los vehículos eléctricos en Argentina, incluyendo los de producción nacional e importados. Además, se plantean incentivos a las inversiones que promoverán la creación de proyectos nuevos y al incremento productivo de proyectos existentes de la movilidad sustentable, así como la fabricación de terminales, autopartistas y producción de baterías y cargadores".	"Los responsables de aprobar las leyes, de analizarlas y reglamentarlas vayan tan rápido como lo requiere la sociedad, porque Argentina puede alcanzar el nivel de ventas o de cantidad de vehículos convertidos que el resto de los países de la región, pero la legislación y la concientización política va muy lenta".

Variables/modelo	Nueva planta de fabricación ^a	Reconversión de planta	Reconversión de unidades
NOTAS	Por medio de la creación de proyectos de ley y planes de desarrollo productivo a nivel nacional, Argentina se encuentra en vías de impulsar y gestionar su industria automotriz y de autopartes existentes hacia la electromovilidad. La dotación de reservas de Litio con las que cuenta el país posicionan favorablemente a la industria automotriz si esta toma las medidas necesarias para incursionar en la fabricación de uno de los componentes más caros de autobus eléctrico, las baterías, lo que ayudaría a reducir los costos de la producción nacional de autobuses eléctricos así como de la reconversión de autobuses.		

Fuente: Elaboración propia.

^a El modelo A responde primordialmente a casos intermedios de integración productiva que son los más usuales.

^b Estos procesos no se realizan por empresas dedicadas al carrozado de la unidad.

^c Los rangos inferiores corresponden a empresas que participan con bajos niveles de integración, mientras que los casos de mas altos niveles de integración suelen posicionarse en rangos más altos en términos de empleo, tamaño de planta e inversión.

^d Algunas empresas que realizan reconversión de unidades hacen ajustes a la cabina, carrocería y sistemas auxiliares para acomodar y/o hacer mas eficiente los nuevos cambios de tren motriz eléctrico.

 Cumplimiento / dotación satisfactoria.

 Parcial / con limitaciones.

 Insuficiente.



Los autobuses eléctricos se presentan como una alternativa viable a los problemas de contaminación y tráfico que aquejan a las grandes ciudades. A medida que más urbes se interesan por adquirir flotas de autobuses eléctricos, crece el mercado de consumo y las empresas fabricantes expanden sus operaciones mundiales, por lo que surge una oportunidad para los países que desean incursionar en la fabricación de estos autobuses, así como de sus sistemas de apoyo y componentes clave.

El presente documento tiene por objeto presentar los retos y oportunidades que enfrentan México y otros países de América Latina, entre ellos, la Argentina, el Brasil y Colombia, para tener una participación significativa en la fabricación de autobuses eléctricos. Por medio de un modelo de factibilidad técnica y económica que utiliza referentes mundiales, se aborda el potencial y la viabilidad de tres modelos de producción mediante los cuales los países antes mencionados pueden incursionar en esta industria.