

Vehículos eléctricos en logística y transporte

Estrategia para superar problemas energéticos y medio ambientales

Ing. Ricardo Berizzo - Universidad Tecnológica Nacional - Regional Rosario

Resumen

En el presente documento se realiza una introducción en la que se analiza el concepto de logística, antecedentes que dieron origen a la misma y la problemática relacionada con la motorización a través del motor de combustión interna, propulsor básico del actual transporte de carga.

El uso indiscriminado del motor de combustión ha traído aparejado problemas de intoxicación química, polución ambiental principalmente en ciudades, como resultado de sus gases de escape y un derroche de energía debido su muy baja eficiencia de conversión del combustible líquido en movimiento. Se plantean los problemas citados y se propone la utilización de motores eléctricos con alimentación por baterías autotransportadas como medio de propulsión. Indicando los beneficios concretos de su aplicación, modelos de móviles eléctricos como reemplazo y ejemplos ya puestos en marcha.

Introducción

La logística es definida por el diccionario de la lengua española como el «conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa, o de un servicio, especialmente de distribución». En el ámbito empresarial existen múltiples definiciones del término logística, que ha evolucionado desde la logística militar hasta el concepto contemporáneo del arte y la técnica que se ocupa de la organización de los flujos de mercancías, energía e información.

La logística es fundamental para el comercio. Las actividades logísticas conforman un sistema que es el enlace entre la producción y los mercados que están separados por el tiempo y la distancia.

Prácticamente desde el principio de los tiempos de la civilización, los productos que la gente desea o no se producen en el lugar donde se quieren consumir o no están disponibles cuando se desea consumirlos. Por aquel entonces, la comida y otros productos existían en abundancia sólo en determinadas épocas del año. Al principio, la humanidad tuvo que optar por consumir los productos en el lugar donde se encontraban o transportarlos a un lugar determinado y almacenarlos allí para uso posterior. Como no existía un sistema desarrollado de transporte y almacenamiento, el movimiento de los productos se limitaba a lo que una persona podía acarrear, el almacenamiento de los productos perecederos era posible solamente por un período corto. Este sistema de transporte y almacenamiento obligaba a las personas a vivir cerca de los lugares de producción y a consumir una gama bastante pequeña de productos o servicios.

Cuando los sistemas logísticos empezaron a mejorar, el consumo y la producción fueron separándose geográficamente.

Las distintas zonas se especializaron en lo que podían producir más eficientemente. Así, el exceso de producción se pudo enviar de forma rentable a otras regiones y los productos que no se fabricaban en la zona pudieron traerse.

El conjunto de funciones que se desarrollan en la cadena logística abarcarán todo el proceso desde su origen hasta el consumidor final. Dos son las principales funciones de cualquier cadena logística: la planificación y la gestión del flujo de materias primas y productos. Para el flujo de materias primas y productos es necesario, inevitablemente, *medios de transporte, vehículos de transporte*. El sistema de transporte es el componente más importante para la mayoría de las organizaciones, debido a que el éxito de una cadena de abastecimiento está estrechamente relacionado con su diseño y uso adecuados. El transporte es el responsable de mover los productos terminados, materias primas e insumos, entre empresas y clientes que se encuentran dispersos geográficamente, y agrega valor a los productos transportados cuando estos son entregados a tiempo, sin daños y en las cantidades requeridas.

Igualmente el transporte es uno de los puntos clave en la satisfacción del cliente. Sin embargo, es uno de los costos logísticos más elevados y constituye una proporción representativa de los precios de los productos. Los costos asociados con el transporte son altamente representativos en la cadena de abastecimiento y están involucrados directamente con la relación que se tiene con proveedores, clientes y competidores. El transporte, la eficiencia energética y el cambio climático están íntimamente relacionados. Por un lado, el transporte ayuda a aumentar el efecto invernadero. Por el otro, el cambio climático afecta a la logística desde sus inicios debido a los desastres que origina y dificulta el normal abastecimiento.

Un gran porcentaje del petróleo consumido en el mundo, aproximadamente 30% se utiliza en el transporte, mientras que el transporte por carretera representa un porcentaje importante de las emisiones de CO₂ de la actividad en general. Además, todo el sector de la movilidad causa alrededor del 28% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) en países como los EE. UU. Para mitigar esta situación, una posibilidad es incorporar los costos de emisión como un objetivo que debe minimizarse en los modelos de enrutamiento, compensando así los objetivos ambientales y económicos. Otra posibilidad diferente, más efectiva, es la utilización de medios de transporte no contaminantes, como los vehículos eléctricos, cuyas características específicas deben incluirse en modelos de enrutamiento. En efecto, como parte de la iniciativa para mejorar la calidad del aire local, las ciudades modernas alientan a las flotas de vehículos a adoptar tecnologías alternativas, como los vehículos eléctricos.

Varios factores promueven el uso de estas tecnologías, que incluyen:

- 1-las empresas reciben incentivos para reducir su huella de carbono;
- 2- alta variabilidad de productos a base de petróleo asociado con la dependencia de fuentes de energía a base de petróleo
- 3-disponibilidad de subsidios gubernamentales para reducir el costo de adquisición
- 4- avances en alternativas tecnologías energéticas que tienen el potencial para un medio ambiente más sostenible y con soluciones a un costo que comienza a ser progresivamente competitivo.

Desde el punto de vista ambiental y energético, el uso de vehículos eléctricos debe ser una prioridad para la reducción del consumo de energía primaria.

Aunque las preocupaciones más importantes son las ventajas de los mismos en términos de eficiencia y flexibilidad en el uso de energía, la tecnología actualmente enfrenta varios puntos débiles, que se pueden resumir de la siguiente manera:

a- la baja densidad de energía de las baterías en comparación con el combustible de alimentación de los motores de combustión interna (MCI).

b- los largos tiempos de recarga de las baterías en comparación con el proceso relativamente rápido de reabastecimiento de combustible de un tanque en MCI.

c- la escasez de estaciones de carga públicas y / o privadas para baterías.

La clave está en saber medir las consecuencias y proponer soluciones. Con estos datos hay que tratar de reducir el impacto en toda la cadena de suministros. Sin embargo, se sabe que el transporte se deberá enfrentar a tres grandes retos:

Eficiencia energética

Encontrar el modo de que la energía resulte más sostenible para el medio ambiente y que sea económica es uno de los retos que los científicos e ingenieros están enfrentando en el día de hoy.

Modalidad

Se busca implementar las modalidades de transporte más ecológicas en las motos, autos, utilitarios, buses, camiones y ferrocarriles. Los aviones, en cambio, que son los responsables de una parte importante en la emisión de carbono al medio ambiente, si bien se está trabajando, es más difícil poner en práctica.

Operativa

Toda innovación que permita minimizar el impacto medioambiental del transporte y cambio climático como así también es necesario mejorar la eficiencia energética de los vehículos.

El responsable de la ineficiencia energética y los gases de efecto invernadero es el motor de combustión interna (MCI) en sus diferentes tipos y tamaños.

El transporte, en sus diferentes modalidades, representa el 23% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, y es también uno de los principales contribuyentes a la contaminación del aire, ya que representa aproximadamente la mitad de las emisiones mundiales actuales de NOX. La electrificación es la forma energética más flexible, eficiente y sostenible para descarbonizar la economía.

La electrificación significa la utilización de motores eléctricos en lugar de motores de combustión alimentados eléctricamente por un banco de baterías recargables que es transportado en el mismo vehículo, llamados vehículos eléctricamente autónomos.

Otros vehículos eléctricos son alimentados eléctricamente a través de una línea aérea (catenaria) sobre el trayecto que realiza los mismos.

Para ayudar a frenar el cambio climático mediante la reducción de emisiones, se necesita una acción integral y rápida tanto a nivel global como regional, pero las ciudades son un buen punto de partida. Los efectos de la contaminación causada por el transporte son especialmente altos en las áreas urbanas, donde un gran número de personas y vehículos se mueven dentro de un pequeño espacio geográfico y donde los puntos remitentes y destinatarios a menudo se encuentran.

Más del 80% de las personas que viven en áreas urbanas están expuestas a niveles de calidad del aire que exceden los límites de la Organización Mundial de la Salud, un fenómeno causado por el uso de combustibles fósiles para climatizar edificios, y para alimentar los motores (MCI) de la mayor parte de los vehículos que circulan por nuestras calles y rutas.

Un nuevo informe de Navigant Research, muestra que el transporte eléctrico en las áreas urbanas sería la mejor manera para lograr cumplir con los objetivos de reducción de emisiones del Tratado de París y conseguir lograr un incremento de «solo» 1.5 grados centígrados. Si todas las áreas urbanas electrifican su transporte privado y público, contribuirían con un 28% al objetivo del Acuerdo de París.

Además, este análisis muestra que las mayores reducciones de emisiones procederán de coches y camiones, que contribuyen con 35-60% y 36-48% de las emisiones de transporte respectivamente. Pero para llegar allí, se necesita una fuerte y rápida implantación de la tecnología. Por ejemplo, en el caso de Londres para lograr cumplir con los objetivos de París tendría que lograr una cuota de electrificación de dos tercios de los automóviles de pasajeros, y todos sus autobuses, para 2050. Algo que se traduciría en evitar las emisiones de nada menos que 1.7 kilotoneladas de emisiones anuales de NOX, el equivalente a 5.000 millones de kilómetros conducidos por vehículos diesel.

La Movilidad Eléctrica sostenible es un concepto de movilidad integrada en el que entran en juego nuevas tecnologías y sistemas de TIC (Tecnología de la Información y la Comunicación) que permiten el uso de medios y modalidades «inteligentes» e innovadoras para desplazarse o moverse. Además bajo este término también debemos incluir la gestión más racional de las infraestructuras necesarias para fomentar su uso. La movilidad es una de las piedras angulares de la ciudad inteligente, de hecho, es uno de los seis factores esenciales para que una ciudad se defina como «inteligente» y verde. Los otros elementos a considerar son la economía, el medio ambiente, las personas, el poder adquisitivo y la gobernabilidad. La movilidad inteligente es un área en expansión para la investigación y la planificación de espacios urbanos y no urbanos, y con todo lo relacionado con el transporte de bienes, personas, información, recursos y energía. Se basa en la integración de elementos de movilidad con la optimización de todos los productos y servicios que pueden afectar a la ciudad. El objetivo es hacer que la ciudad sea más sostenible, creando así una economía circular.

Conocer la posición de una estación de carga, saber si está disponible, reservar una recarga, organizar una ruta de reparto que proporcione paradas adecuadas según la autonomía del vehículo eléctrico, cargar el vehículo, administrar las estaciones de recarga son elementos fundamentales para la promoción de una movilidad eléctrica sostenible.

Razones que justifican la implementación de la movilidad eléctrica en el transporte de cargas

Polución. Gases de efecto invernadero y tóxicos

Los motores de combustión interna utilizados actualmente consumen naftas, gas-oil y fuel-oil. Cada uno de ellos aporta a nuestra vida cotidiana los siguientes perjuicios químicos:

* *Consumo de oxígeno que contiene el aire atmosférico.*

La atmósfera es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste, en este caso la tierra.

Nuestra atmósfera esta, o estaba, constituida por los siguientes gases en las proporciones indicadas. Casi la totalidad del aire (un 97 %) se encuentra a menos de 30 km de altura, encontrándose más del 75 % en la troposfera. La troposfera es la capa de la atmósfera terrestre que está en contacto con la superficie de la Tierra.

Tiene alrededor de 18 km de espesor, el aire forma en la troposfera una mezcla de gases bastante homogénea, hasta el punto de que su comportamiento es el equivalente al que tendría si estuviera compuesto por un solo gas.

- *Nitrógeno:* constituye el 78% del volumen del aire.
- *Oxígeno:* representa el 21% del volumen del aire. Está formado por moléculas de dos átomos de oxígeno y su fórmula es O₂. Es un gas muy reactivo y la mayoría de los seres vivos lo necesita para respirar.
- *Otros gases:* del resto de los gases de la atmósfera, el más abundante es el argón (Ar), que contribuye en 0,9% al volumen del aire.
- *Dióxido de carbono:* está constituido por moléculas de un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno, de modo que su fórmula es CO₂. Representa el 0,03% del volumen del aire y participa en procesos muy importantes. Las plantas lo necesitan para realizar la fotosíntesis, y es el residuo de la respiración y de las reacciones de combustión.
- *Ozono:* es un gas minoritario que se encuentra en la estratosfera. Su fórmula es O₃, pues sus moléculas tienen tres átomos de oxígeno. Es de gran importancia para la vida en nuestro planeta, ya que su producción a partir del oxígeno atmosférico absorbe la mayor parte de los rayos ultravioleta procedentes del Sol.
- *Vapor de agua:* se encuentra en cantidad muy variable y participa en la formación de nubes.
- *Partículas sólidas y líquidas:* en el aire se encuentran muchas partículas sólidas en suspensión, como por ejemplo, el polvo que levanta el viento o el polen.

Estos constituyentes tienen una distribución muy variable, dependiendo de los vientos y de la actividad humana.

La combustión es una reacción química de oxidación, en la cual generalmente se desprende una gran cantidad de energía, en forma de calor y luz. En toda combustión existe un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente oxígeno en forma de O₂ gaseoso.

Los MCI queman, en su cámara de combustión, combustibles líquidos como naftas, gas-oil, diesel o gaseosos como gas natural comprimido (GNC, es una mezcla de gases livianos que se encuentra en yacimientos de petróleo, disuelto o asociado)

Los motores de combustión interna son los mayores responsables en requerir una gran cantidad de oxígeno para poder funcionar: “un vehículo consume entre 30 y 40 litros de aire promedio por segundo” (a 2000 r.p.m. en un motor de 2000 c.c.).

Teniendo en cuenta la actual población automotora (se estima 560 millones de unidades en todo el globo), entonces son 20.000 millones de litros de aire que se consumen por segundo en el planeta y que se devuelven a la atmósfera a medio quemar, por una combustión incompleta, y en forma explosiva.

Casi el 20 por ciento de ese consumo (cuatro mil millones de litros por segundo) es oxígeno puro que es tomado de la capa de ozono. La cifra es tan grande que no le da tiempo ni a la cubierta vegetal del planeta ni a la plataforma marina para poder reponer esta pérdida”.

* Emisión y contaminación de la atmósfera con gases tóxicos que perjudican al ser humano, la flora y la fauna.

Se llaman sustancias tóxicas a las que ejercen influencia nociva sobre el organismo humano y el medio ambiente. Durante la actividad de los MCI se desprenden las siguientes sustancias tóxicas principales: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, aldehídos, sustancias cancerígenas (bencipireno), compuestos de azufre y plomo. Además de los gases de escape de los MCI, otras fuentes de toxicidad son también los gases del cárter (evaporación del aceite caliente) y la evaporación del combustible a la atmósfera. También se puede tener en cuenta el aceite lubricante que se quema (producto blanco azulado) por un motor desgastado.

Incluso en un motor bien regulado la cantidad de componentes tóxicos que se expulsan durante su funcionamiento puede alcanzar los siguientes valores:

Compuestos emitidos al medio ambiente durante la combustión

Componentes tóxicos	Motores Diesel	Motores Naftero
Monóxido de carbono, %	0.2	6
Oxidos de nitrógeno. %	0.35	0.45
Hidrocarburos, %	0.04	0.4
Dióxido de azufre, %	0.04	0.007
Hollín/ mg/l	0.3	0.05

Se observa que, la toxicidad de los motores Diesel depende en lo principal del contenido de los óxidos de nitrógeno y el hollín. La toxicidad de los motores nafteros depende en gran medida de la concentración del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno. Estudios realizados demuestran que los niveles de emisión de dióxido de carbono en motor diesel son claramente más bajos que un motor de nafta de igual potencia.

El siguiente cuadro nos muestra qué aportan los combustibles, derivados del petróleo, al medio ambiente circundante:

	Hollín (material en suspensión)	
	Oxido de nitrógeno	
Gas Oil	Monóxido de carbono	
	Oxidos de azufre	
	Monóxido de carbono	
Gas natural	Oxidos de nitrógeno	
Comprimido	Hidrocarburos	
	Monóxido de carbono	
	Oxidos de nitrógeno	
Nafta	Hidrocarburos	
	Partículas	
	Plomo	
	Oxido de azufre	

* Emisión de sustancias que provocan el llamado efecto invernadero contribuyendo a la elevación de la temperatura de nuestro planeta

Los motores de combustión interna tienen gran responsabilidad en los niveles de emisión de sustancias que provocan el "efecto invernadero", fundamentalmente del dióxido de carbono y los óxidos nitrosos (CO₂, NO_x).

Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera terrestre, retienen parte de la energía que la superficie del planeta emite por haber sido calentada por la radiación solar.

Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

De acuerdo con estimaciones del Panel Intergubernamental sobre Cambios Climáticos; de mantenerse las actuales tendencias en las emisiones de "gases del efecto invernadero", la temperatura media global aumentaría a un ritmo de 0.3 °C por década.

Consecuentemente, se producirán incrementos en el nivel del mar, debido al deshielo, que pudiera ser entre 20 y 50 cm. para el año 2050 y de alrededor de 1 m. para el año 2100.

Eficiencia energética

Los vehículos eléctricos se destacan por su alto rendimiento en la transformación de la energía eléctrica de la batería en la energía mecánica con la que se moverá el vehículo (60-85%), frente al rendimiento de la transformación de la energía del depósito de combustible líquido en la energía mecánica que mueve un vehículo térmico (15-20%).

El presente y futuro de las baterías del vehículo eléctrico pasa por la batería de ion de litio, que cada vez se fabrica con mayor densidad de carga y longevidad permitiendo mover motores más potentes, aunque por ahora la autonomía media de un vehículo eléctrico se encuentra en torno a los 250 km.

Con el objetivo de saber el consumo que supone el vehículo eléctrico cada 100 km, en la siguiente tabla figuran algunos vehículos eléctricos, a modo de ejempl, y el consumo de energía eléctrica en kWh por cada 100 km de cada uno de ellos y la media.

kWh _B /100km que consumen los principales vehículos eléctricos			
Modelo	Autonomía (kWh)	Autonomía (km)	kWh _{Batería} /100km
Reva L-ion	11	120	9,17
Think City	25	200	12,50
Mitsubishi i-Miev	16	130	12,31
Citröen C-Zero	16	130	12,31
Renault Fluence ZE	22	160	13,75
Nissan Leaf	24	160	15,00
Tesla Roadster 42	42	257	16,34
Tesla Roadster 70	70	483	14,49
MEDIA	28,25	205	13,78

Se entiende con esto, que el consumo medio cada 100km de un vehículo eléctrico es de 13,78 kWh. Sin embargo, sólo es la energía eléctrica en kWh que se toma de la batería. Como el proceso de carga de la batería o el transporte y distribución de la electricidad tienen pérdidas causadas por no tener un rendimiento perfecto, la cantidad de kWh que necesita suministrar un toma de corriente o que se fabrican en la central eléctrica son algo superiores. Para obtenerlos debemos atender a la siguiente tabla de rendimiento del transporte de la electricidad por cada elemento del sistema que va desde la energía del medio hasta la energía mecánica que mueve el vehículo.

Por ejemplo:

Rendimiento/Eficiencia del Vehículo Eléctrico		
Sistema	Notación	Rend. (%)
Central (Ponderación)	η_{ξ}	48,47
Transporte y Distrib.	η_t	93,70
Convertidor Eléctrico	η_c	97,00
Batería	η_b	98,80
Rend. Enchufe-Batería	$\eta_c \cdot \eta_b$	95,84
Rend. Central-Batería	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b$	89,80
Sist. Mec. Vehículo	η_{mec}	80,00
Motor y Sist. Eléc.	η_m	88,30

Rend. Batería-E_{Mec}	$\eta_{mec} \cdot \eta_m$	70,64
Rend. Central-E_{Mec}	$\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	63,43
TOTAL (Medio-E_{Mec})	$\eta = \eta_g \cdot \eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_b \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_m$	30,75

Cabe apuntar que η_g hace referencia al rendimiento medio de la red eléctrica, la situamos sobre la media, que está entorno al 38%. Con esto podemos calcular la energía real que debe pasar por cada elemento del sistema para que lleguen esos 13,78 kWh a la batería de un vehículo eléctrico cada 100km.

Consumo Coche eléctrico por cada 100km en cada parte del Sistema				
kWhE_{Mec}/100km	kWhB/100km	kWhE/100km	kWhC/100km	kWhM/100km
Son los kWh que cada 100km se transforman en <i>energía mecánica</i> aprovechable, a partir de los 13,78 kWh de la batería	Son los kWh que cada 100km se consumen de la <i>batería</i>	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>enchufe</i> de carga para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh que pagamos cada 100km	Son los kWh que cada 100km se han producido en la <i>central</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería. Son los kWh empleados para los cálculos de contaminación de kgCO ₂ /kWh de las centrales	Son los kWh que cada 100km es necesario extraer del <i>medio</i> para proporcionar los 13,78 kWh a la batería
9,73	13,78	14,38	15,35	31,66

Así, de esos 13,78 kWh consumidos de la batería de un coche eléctrico cada 100 km: se transforman en energía mecánica para desplazar el vehículo 9,73 kWh, será necesario tomar de la fuente de energía eléctrica 14,38 kWh, será necesario producir en una central eléctrica 15,35 kWh y será necesario tomar del medio 31,66 kWh.

Debido a que se necesita extraer del toma corriente 14,38 kWh para recorrer 100km en un vehículo eléctrico, éste será el número de kWh que aparecerá en la factura por cada 100km recorridos.

Por ejemplo: Considerando el costo por kWh para pequeños consumidores de aproximadamente \$6,37 en promedio al 10/07/2020

El costo que supone proporcionar la energía necesaria a un vehículo eléctrico es de

$$\text{\$ } 6,37 / \text{Kwh} * 13,78 \text{ Kwh}/100 \text{ km} = \text{\$ } 87,77 / 100 \text{ km}$$

Este dato es uno de los puntos fuertes de los vehículos eléctricos a baterías.

Comparándolo con el consumo de un vehículo equipado con un motor de combustión interna, es verdaderamente ventajoso. Por ejemplo: un pequeño utilitario con un motor diesel, combinando recorrido urbano y extra-urbano que consume 4,7 L/100 km. Lo cual, con el costo actual del gas-oil \$ 50/L promedio al 10/07/2020, implica:

$$\text{\$ } 50 / \text{L} * 4,7 \text{ L}/100 \text{ km} = \text{\$ } 235 /100 \text{ Km}$$

Menores costos operativos de los vehículos

Se comparan dos vehículos utilitarios iguales uno con motor de combustión interna (MCI) y otro con motor eléctrico (ME). En nuestro país (Argentina) se comercializa un vehículo utilitario de una importante automotriz europea en sus versiones con MCI y ME. En general, los vehículos eléctricos son entre un 80 a 90% de mayor costo que la versión con MCI. Los datos de la versión con MCI son: \$900.000 (u\$s15300)

Garantía: 3 años o 100.000 Km 9 lts/ 100 km

Los datos de la versión eléctrica son: \$1.700.000 (u\$s 28900)

Garantía batería: 100.000 Km. Vida útil: 8 años 15.5 Kwh/100 Km

(valores en pesos y dólares tomados al día 10/09/2019 1 u\$s/\$ 58.7)

Para el estudio se toma para ambos vehículos 100.000 Km y 8 años, lo que

implica 12.500 Km / año. Este último, es un valor promedio razonable de uso.

Se ingresa a un programa en Excel los datos anteriores más algunos adicionales, como seguro, valor de neumáticos, impuestos, etc. los cuales los tomo comunes a ambos vehículos.

El valor del precio de nafta (gasolina) es un valor promedio y el valor del Kwh resulta un valor promedio de consumo domiciliario con los impuestos incluidos, en la fecha indicada más arriba.

Dando como consecuencia un cuadro de *Resultados*, el cual se muestra, y una tabla que por razones de espacio no se muestra que indica en detalle “Costos en función del kilometraje recorrido” desde los 5000 Km hasta los 80000 Km.

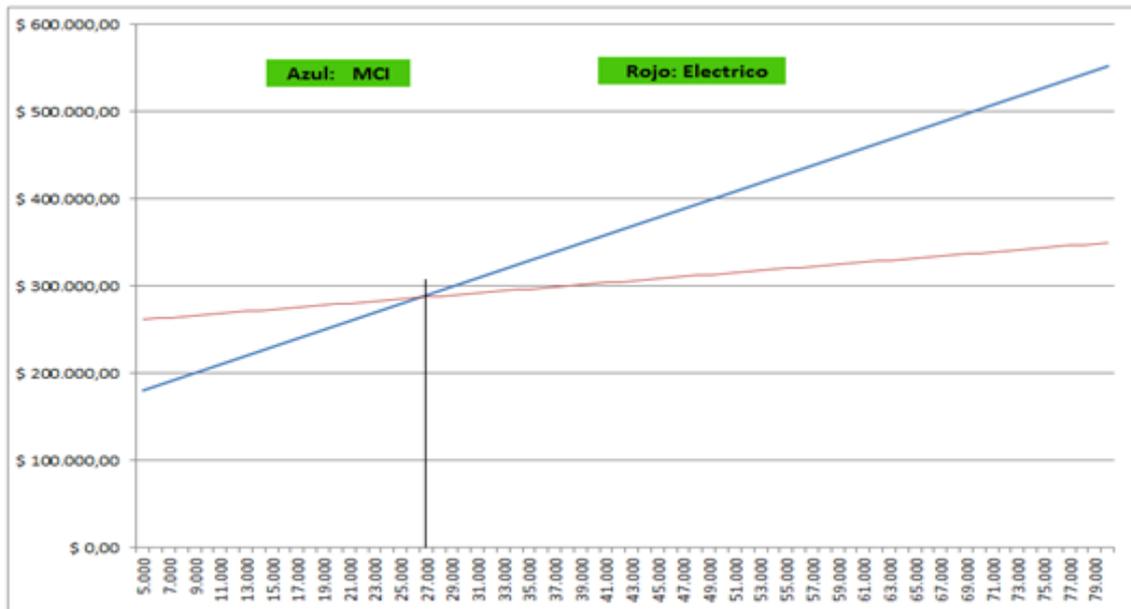
DATOS

Datos del vehículo	MCI	Electrico
Costo de compra	\$ 900.000	\$ 1.700.000
Años de duración previstos	8	8
Kms para revisión periódica	40.000	40.000
Costo de la revisión periódica	\$ 1.500	\$ 1.500
Kms para cambio de aceite	10.000	-
Costo de cambio de aceite	\$ 5.000	\$ -
Kms para cambio neumáticos	40.000	40.000
Costo de los neumáticos	\$ 4.000	\$ 4.000
Consumo: litros /Kwh por 100 km	9,00	15,50
Precio unidad: litro / kw-h	\$ 48,00	\$ 6,70
Seguro anual	\$ 28.800	\$ 28.800
Impuestos anuales	\$ 14.400	\$ 14.400

RESULTADOS

Costos Fijos Anuales	\$155.700,00	\$255.700,00
Amortización anual	\$ 112.500,00	\$ 212.500,00
Gastos	\$ 43.200,00	\$ 43.200,00
Costo Variable por KM	\$ 4,96	\$ 1,18
Combustible	\$ 4,32	\$ 1,04
Revisión	\$ 0,04	\$ 0,04
Aceite	\$ 0,50	\$ 0,00
Neumáticos	\$ 0,10	\$ 0,10

En función de los valores de “costo del kilometraje recorrido” y del “kilometraje recorrido” se construye la gráfica siguiente:



El gráfico permite visualizar datos interesantes de una manera rápida y sencilla.

La pendiente de las rectas depende del costo en pesos por kilómetro. El vehículo con MCI tiene una pendiente más pronunciada, implica mayor gasto.

El inicio de las rectas sobre el eje vertical (ordenada) está directamente relacionado con el costo inicial del vehículo. Se advierte que el vehículo con MCI es de menor valor inicial.

Bajo las condiciones antes descritas el vehículo eléctrico comienza a ser rentable a partir de los 27.000 Km ó 2 años y dos meses.

Por supuesto que si el kilometraje por año aumenta ambas rectas se cortarían en un punto anterior, indicando que el Ve será rentable antes de los 27000 km.

Si el costo inicial del vehículo eléctrico fuera menor, también se verifica la condición anterior. Si el valor de los vehículos fueran iguales las rectas no se cortarían, siendo desde el inicio más rentable un vehículo eléctrico. Por otro lado, se verifica la diferencia acentuada que existe entre el costo/kilómetro entre ambas motorizaciones (combustible líquido 4,32 / electricidad 1,04) derivado del menor costo relativo de la unidad de energía de electricidad y el excelente rendimiento del motor eléctrico.

En las condiciones actuales de comercialización, cuando se comparan ambas motorizaciones esta depende en importancia, primero, del *costo inicial del vehículo*. Por esa razón es que los gobiernos con el fin de incentivar la compra de los vehículos eléctricos otorgan ayudas económicas que producen una virtual baja del precio del vehículo.

Segundo, el *costo de la energía*, el valor del combustible líquido depende de muchos factores, la mayoría externos, no así tanto la energía eléctrica que depende de la matriz energética.

El sistema eléctrico interconectado permite una mayor flexibilidad en el valor de Kw-h que hace que las empresas distribuidoras puedan ofrecer en horas nocturnas (horas de valle) un precio del Kw-h realmente muy bajo, haciendo al vehículo eléctrico altamente rentable.

Ejemplos de vehículos eléctricos para utilización en el transporte logístico, tanto citadino como de mediano alcance:

Bicicletas eléctricas

Las bicicletas eléctricas usan baterías recargables y las más livianas pueden viajar hasta 25 a 32 km / h, depende de las leyes locales, mientras que las de mayor potencia a menudo pueden hacer más de 45 km / h.



Potencia del motor: 48V 250W
 Peso 40 Kg *sin batería
 Batería de ion litio Voltaje: 48V
 Capacidad: 13Ah - 24 Ah - 32 Ah
 Autonomía: 40 Km - 80 Km - 120 Km
 Tiempo de carga: 6 horas

Triciclos eléctricos



También se producen triciclos eléctricos que se ajustan a la legislación sobre bicicletas eléctricas. Los triciclos de transporte de carga ganan aceptación, con un número pequeño pero creciente de correos que los utilizan para la entrega de paquetes en los micro/centros de las ciudades.

Scooter eléctrico



Peso 76kg
 Carga máxima 150kg
 Potencia nominal motor 1200w
 Batería Litio BN6024PW 60V24Ah
 Capacidad Nominal 24ah
 Voltaje Nominal 60v
 Consumo Eléctrico 1.83kwh
 Velocidad Máxima 45km/h
 Autonomía 55km

Moto eléctrica



Capacidad de batería 14,4 Kw-h
 Autonomía 350 Km
 Velocidad max. 160 Km/h
 Peso: 200 Kg

Mini Camión eléctrico



Motor 48 Volts Asíncrono 14 Kw
 Batería Plomo acido 14,4 Kw-h
 Litio 20 Kw-h

Utilitario



Peso 1410 kg
 Potencia 60 cv
 Velocidad Máxima 130 km/h
 Par motor 226Nm

Camión eléctrico

Dos motores eléctricos potencia máxima conjunta de 370 kW (503 CV) con 354 CV de potencia continua, y un par motor de 850 Nm.

Batería de iones de litio de 200 kWh

Autonomía 200 km

Recargar completamente en un tiempo entre 1 y 2 horas usando un conector Combo CCS de 150 kW. Sobre una toma industrial trifásica de 380 V y 32 A, el tiempo de recarga asciende a 12 horas.



Desafíos a afrontar

A pesar de que la tecnología de los coches eléctricos se está desarrollando y avanza a gran velocidad, aún hay aspectos que mejorar y otros en los que supera a los autos convencionales.

Los vehículos eléctricos poseen menor autonomía relativa.

- Necesitan un tiempo de carga, lo que conlleva a que el vehículo este detenido.
- Su batería no puede ser cargada en cualquier lugar, ya que cuentan con adaptadores especialmente diseñados.
- Al ser vehículos exclusivos y poco accesibles, es más complicado encontrar repuestos.
- Tiene un mayor precio en comparación a los autos convencionales.
- Aumentar la oferta de vehículos al mercado.

Hoy en día, a favor. Tienen muy bajo valor de costo operativo y ausencia total de polución localizada.

Los gerentes logísticos que quieran marcar una diferencia en el mercado, logren reflexionar y comprender cómo el mayor uso de los vehículos eléctricos optimiza la distribución urbana de mercancías y consigue que las empresas se diferencien de la competencia, alcanzando así una ventaja competitiva en el mercado logístico.

Alternativas eléctricas para una logística sostenible. Algunos ejemplos:

A través del proyecto Energy Efficiency in City Logistics Services (Enclose), Austria, Bulgaria, Grecia, España, Irlanda, Italia, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, Rumania y Suecia han apoyado el desarrollo de planes logísticos de movilidad urbana que aumentan la eficiencia energética en la distribución de carga en los centros históricos de ciudades pequeñas y medianas.

LuccaPort es el centro de consolidación urbana en Lucca, Italia, que mejoró su logística al emplear una flota completa de vehículos eléctricos que diariamente realiza el 15 por ciento de las entregas de la ciudad y ha reducido a casi la mitad el número de vehículos comerciales que anteriormente ingresaban al centro histórico. Este sistema de distribución respetuoso con el medio ambiente e implementado principalmente con fondos nacionales y de la Unión Europea es considerado un modelo de referencia en la e-logística.

Posten Norge es el servicio postal de Noruega que, para la distribución de carga en la ciudad de Trondheim, reemplazó la mayoría de sus vehículos de diésel por eléctricos, bicicletas y ciclomotores para reducir las emisiones de dióxido de carbono. El proyecto consistió en establecer un centro de consolidación urbana en la terminal de correos.

Bolduque es una ciudad al sur de los Países Bajos cuyos servicios logísticos municipales son realizados con autobuses totalmente eléctricos que trasladan personas con compras voluminosas. Desde 2015 todas las líneas de transporte público se detienen alrededor del centro de la ciudad, con lo que se han reducido significativamente el ruido, las vibraciones y las emisiones.

En el marco de la edición 2018 del evento Mainforum celebrado en Monterrey, México, FEMSA (industria de bebidas), a través de Solistica y Grupo Quimmco, presentó su prototipo de vehículo eléctrico que contribuye a la movilidad sostenible de sus operaciones.

Para desarrollarlo, Solistica aportó su conocimiento operativo, y Quimmco, diseñó una solución basada en la plataforma del modelo ELF500 de Isuzu. Actualmente se están construyendo otras cinco unidades con las que próximamente se realizarán pruebas pilotos en las diferentes unidades de negocio de FEMSA.

El caso chileno

En el marco de su estrategia de sustentabilidad medioambiental, CCU (cervezas, bebidas gaseosas, aguas minerales envasadas) inició un proceso de reconversión tecnológica de su flota de distribución, con el objetivo de incorporar soluciones de transporte más eficientes y contribuir al cuidado del entorno. En ese contexto, el 2017 presentó la primera etapa de su nueva flota ecológica de camiones eléctricos, cero por ciento emisiones y “cero ruido”, la que opera en Santiago Centro.

El proyecto considera una dotación inicial de cuatro camiones eléctricos, que además de no contaminar con CO₂ como los motores a combustión, reducirán significativamente la congestión en el perímetro céntrico. De un tamaño 50% inferior a los actualmente utilizados, estos vehículos demandan además un menor movimiento de operarios y productos por las vías peatonales.

El caso argentino

Experiencias manejando vehículos eléctricos de la empresa Andreani en Buenos Aires Federico, responsable de flota del Grupo Logístico, Oscar y Andrés, choferes de los dos vehículos utilitarios eléctricos que utiliza la compañía para distribución en la Ciudad de Buenos Aires

“Fue un proyecto muy bueno: generamos planillas en carpetas virtuales, en donde los choferes cargaban información relevante del día -cantidad de km realizados, velocidad promedio, autonomía alcanzada, etc.-. Instalamos medidores de energía en los cargadores para saber cuánta energía se le inyectó de nuevo, para obtener un consumo real en función de los kilómetros recorridos y los kilowatios recargados”.

“Una de las primeras conclusiones que obtuvimos: es un vehículo que está sujeto a las condiciones del clima, si bien tiene una batería muy potente -200 km suena poco, pero la energía que supone es suficiente para abastecer hasta cuatro días un hogar promedio”.

Oscar hace un manejo mixto entre urbano y extra urbano y realiza alrededor de 130 km diarios.

Andrés hace un recorrido en microcentro, por lo que la distancia real diaria es de 50-60 km. Si bien utilizan el mismo vehículo, deben efectuar dos conducciones distintas.

Otro de los aspectos importantes y analizados es la incidencia de los costos fijos, ya que la incidencia de costos variables –como el consumo de “combustible” y el mantenimiento- es muy baja. Las camionetas Renault Kangoo realizan 240 km con un costo de muy bajo de energía. “Si comparamos el consumo con el de un motor térmico, vemos que la diferencia es de entre 5 y 6 veces”.

Conclusiones:

En principio queda claro que la aplicación de la movilidad eléctrica a la logística de corto y mediano alcance es el aliado perfecto para disminuir la polución ambiental y la optimización de los recursos energéticos. Como así también disminuir los costos operativos de las empresas del sector a través de un cambio de paradigma.

Los ejemplos muestran que esta logística sostenible forma parte de un plan de transporte urbano que más allá de sólo utilizar vehículos verdes, implica desarrollar una iniciativa de planificación de flotas que considere recursos materiales, tecnológicos y financieros. Encontrar más soluciones logísticas urbanas viables y sostenibles contribuirá en la reducción de la huella de carbono; no obstante, habrá que superar varias barreras para poder verdaderamente aprovechar las tecnologías limpias.

Por último, al día de hoy el uso de vehículos eléctricos es una alternativa viable siempre y cuando los clientes se encuentren concentrados y existan en su radio estaciones de recarga, también se presenta una alternativa para rutas que tengan una distancia de recorrido menor a la autonomía que ofrecen las baterías. Para rutas donde los clientes se encuentren mas dispersos o rutas de mayor distancia se ve la viabilidad futura cuando existan una mayor cantidad de estaciones de recarga. Se está trabajando a gran velocidad en el mejoramiento de las tecnologías de las baterías, para obtener mayor autonomía, como también en la velocidad de carga de las mismas.

El camino está trazado con una propuesta superadora, es inexorable transitarlo.

Referencias:

<http://www.tradelog.com.ar/blog/transporte-y-cambio-climatico/>

<https://es.wikipedia.org>

www.navigantresearch.com

<https://blog.solistica.com/impacto-del-vehiculo-electrico-en-la-logistica>

www.ecopetrol.com.co

<https://www.planetseed.com/es/node/102355>

<https://www.teslamotors.com/>

Juan, A., Mendez, C., Faulin, J., Armas, J., & Grasman, S. (2016). Electric Vehicles in Logistics and Transportation: a survey on emerging environmental, strategic, and operational challenges. *Energies*, <http://doi.org/10.3390/en9020086>

Larrañeta, J., & Muñizuri, J.

La logística urbana de mercancías en España. IV Congreso de Ingeniería

<http://www.adingor.es/congresos/web/articulo/detalle/a/1578>

Liu, W. Y., Lin, C. C., Chiu, C. R., Tsao, Y. S., & Wang, Q. Minimizing the carbon footprint for the time-dependent heterogeneous-fleet vehicle routing problem with alternative paths. *Sustainability* (Switzerland)

<https://webpicking.com/experiencias-manejando-vehiculos-electricos/>

How to reach the 1.5°C target in urban áreas. Navigant Energy Germany GmbH

Hacia un cambio de paradigma en el transporte. Ing. Ricardo Berizzo

Electric Vehicles in Logistics and Transportation: A Survey on Emerging Environmental,

Strategic, and Operational Challenges. Angel Alejandro Juan, Carlos Alberto Mendez , Javier

Faulin, Jesica de Armas, Scott Erwin Grasman