

Diseño de Medio de Transporte Público de Impulsión Eléctrica en la Ciudad de Oberá

Autores: FERNANDEZ, Pablo Nicolás ^a; KASZUBA, Lisandro Joaquín ^{a*}; MAZUREK, Diego Marcelo ^a; TAVERNA, Joaquín Ezequiel ^a; ZANEK, Guillermo Gidel ^a; PUERTAZ; Martín ^b; REVERSAT; José Horacio ^c.

^a Alumno de Ingeniería Electromecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Tutor del Proyecto, Ingeniero Electrónico, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^c Co-Tutor del Proyecto, Ingeniero Eléctrico, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: nicofernandez14@gmail.com , joaquinkaszuba@gmail.com , diegommazurek@gmail.com , joaquin010496@gmail.com , guillermo.zanek77@gmail.com , puertazmartin@gmail.com , hreversat@hotmail.com .

Resumen

En el presente artículo se detalla el estado de avance hasta el momento de un proyecto que tiene como finalidad el diseño de un medio de transporte con impulsión eléctrica para la Ciudad de Oberá, Provincia de Misiones. Inicialmente se presenta una breve descripción del trabajo que se está realizando en marco de la Asignatura de Proyecto Electromecánico 2 de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. Luego se propone el desarrollo que se utilizó para la obtención de una solución para alcanzar un diseño amigable con el medio ambiente, que cumpla con las comodidades y necesidades de los usuarios, así como también los estándares de eficiencia energética, normativa vigente y sea acorde a la topografía de la ciudad; basándose en búsqueda de información y cálculos realizados. Al finalizar, es presentada una breve conclusión de los resultados obtenidos hasta el momento.

Palabras Claves – Eficiencia, Línea Eléctrica, Medio Ambiente, SET, Sustentabilidad, Transporte Público, Trolebús.

1. Introducción.

Parte del diseño de un medio de transporte de una ciudad, primeramente, se basa en solucionar las problemáticas que tienen los usuarios diariamente para trasladarse de manera confiable, fiable, segura y con las mejores comodidades desde un lugar al otro dentro de una ciudad. Si a esa parte, le sumamos que es un medio de transporte que circula cercano a un gran número de puntos importantes de la ciudad, con una buena eficiencia, cumpliendo la normativa vigente y además poseer sostenibilidad ambiental; obtenemos un medio de transporte de excelentes prestaciones y que beneficia a la comunidad entera.

Como en la ciudad de Oberá parte de la problemática del transporte público es la falta de innovación tecnológica en marco a la sustentabilidad medioambiental, se procede a mejorarla con el diseño de este tipo de transporte urbano, además enfocarse en resolver otros aspectos que conviven a diario con los usuarios del transporte público existente. [1]

En la primera etapa, de este proyecto, se busca solventar los problemas como selección del tipo de transporte, trayecto y distancia de recorrido, potencia necesaria del transporte, selección y cantidad del tipo de transporte, como así también el tipo y sistema de Subestaciones de Tracción (SET).

2. Desarrollo.

2.1 Tipo de Transporte.

En lo que compete al tipo de transporte de impulsión eléctrica a utilizar, se procedió a realizar una investigación de los tipos y modos de funcionamiento de estos, para resolver nuestra problemática.

La topografía de la ciudad de Oberá presenta uno de los más grandes desafíos del proyecto, como se observa en la Fig. 1.

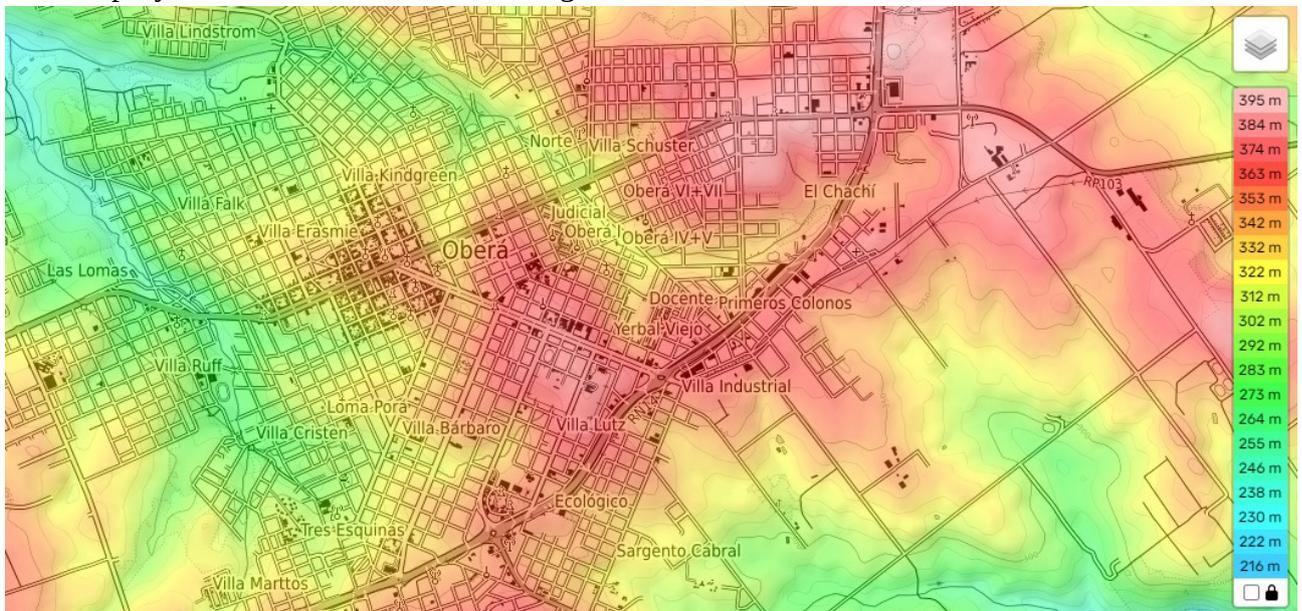


Fig. 1 – Topografía de la Ciudad de Oberá. [2]

Resolverlo con algún tipo de transporte que utiliza vías, presenta muchas dificultades técnicas y costosas; donde debería considerarse algún tipo de vías especiales, para asegurar la seguridad del transporte en su totalidad.

Además, las pendientes muy pronunciadas, alrededor de 12%, de la ciudad, afectan directamente a la velocidad, dificultando su control de velocidad en bajadas, y su eficiencia, utilizando mayor energía para subir, si este circula sobre vías.

Por estos motivos, se determinó utilizar un sistema de trolebuses que resultaría más eficiente, atractivo y sostenible para que cumpla las necesidades de la población de la ciudad, recordando que este será complementario con los medios de transportes públicos que ya funcionan en la misma.

2.2 Trayecto y distancia de recorrido.

En cuanto al trayecto a cubrir por nuestro sistema de trolebuses, se determinó realizar un recorrido que integre puntos de interés claves como estación de transferencia, terminal de ómnibus, zonas de supermercados, etc. Además, se busco minimizar la duplicación de rutas en conjunto con el otro sistema de transporte que circula en la ciudad. Otro aspecto, considerado en este punto es la calidad de las calles por donde circularía nuestro sistema de trolebuses, ya que deben ser lo más acorde posible para no tener que realizar grandes modificaciones. Tanto el recorrido de ida, como el de vuelta, de nuestro sistema de trolebuses se puede observar en la Fig. 2



Fig. 2 - Recorrido de Trolebús por la Ciudad de Oberá. [3]

En lo que respecta al recorrido de ida consta de 8,53 kilómetros (indicado con color *cian* en la Fig. 2), iniciando en la estación de transferencias ubicada en Avenida Gendarmería Nacional y finalizaría en el Hospital SAMIC de la ciudad. En tanto, el recorrido de vuelta, que consta de 6,58 kilómetros (indicado con color *magenta* en la Fig. 2), iniciaría en el Hospital y haciendo un camino alternativo al de ida, finalizaría en la estación de transferencias.

2.3 Potencia, Selección y Cantidad de Vehículos.

Con lo que respecta a la potencia que debería poseer el vehículo a ser seleccionado; primeramente, se procedió a realizar el cálculo de la fuerza necesaria para mantener el equilibrio del vehículo, basándonos en las fuerzas que se pueden observar en Fig. 3 y utilizando la ecuación (1) [4].

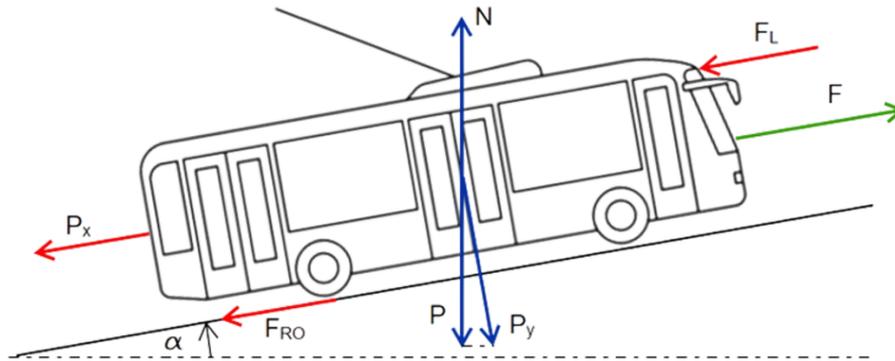


Fig. 3 - Fuerzas consideradas para el cálculo de potencia. [4]

$$F = P_x + F_{RO} + F_L \quad (1)$$

donde: F: Fuerza necesaria para mantener el equilibrio; P_x: Componente horizontal del peso; F_{RO}: Resistencia a la rodadura y F_L: Fuerza debida a la resistencia del aire.[4]

Seguidamente, utilizando (2) se procedió a calcular la potencia necesaria para la correcta selección del vehículo a utilizar en nuestro sistema de trolebuses.

$$P_{nec} = \frac{F * V}{3600} \quad (2)$$

donde: P_{nec}: Potencia necesaria; F: Fuerza necesaria para mantener el equilibrio y V: velocidad [4]

Con la potencia obtenida, se buscaron las mejores alternativas existentes para la selección del tipo de vehículo; ya que también se tomaron en cuenta otras consideraciones como la normativa vigente [5] para este tipo de vehículos, así como también las condiciones topográficas y tamaños de las calles por donde circularía dicho vehículo.

Con todos esos datos analizados, se procedió a seleccionar el vehículo de la empresa “ELETRA”. Esta es una empresa de Brasil, fue inaugurada oficialmente en el año 2000 y es hoy una empresa tecnológica que conoce el mercado y tiene la mirada puesta en el siglo XXI.

El modelo seleccionado, es el “Trolebús - 12M50 LOW ENTRY – DESIGNLINE/DESIGNLINE” es un vehículo de tracción eléctrica que opera conectado a una red de distribución eléctrica aérea. Sus motores eléctricos tienen un alto nivel de eficiencia energética, fiabilidad y durabilidad. Y toda la gestión se realiza electrónicamente, asegurando una perfecta sincronización en el sistema.[6] Sus características principales se resumen en la Tabla 1 y se puede observar una foto ilustrativa del mismo en la Fig. 4. [7]

Tabla 1. Características del vehículo seleccionado.

Características - Trolebús - 12M50 LOW ENTRY – DESIGNLINE/DESIGNLINE	
Largo (m)	12,5
Ancho (m)	2,35
Autonomía (km)	7
Capacidad de pasajeros sentados	44
Suspensión	Neumática integral
Dirección	Asistencia hidráulica
Sistema de Freno	Neumático y eléctrico regenerativo
Baterías de tracción de sistema autónomo	Hawker – Plomo acido
Red aérea – Corriente continua (CC) (V)	400/750
Motor eléctrico de tracción (CC) – (kW)	135/270



Fig. 4 - Foto ilustrativa del vehículo seleccionado. [7]

Luego de establecido el recorrido y seleccionado el vehículo, se estableció la frecuencia de paso de cada trolebús por las estaciones, la cual a su vez determina la cantidad de trolebuses a utilizar que sería de 6 (seis) vehículos, con una frecuencia aproximada de 10 minutos entre cada uno.

2.4 Sistema de alimentación y Tipo de Sub Estaciones de Tracción (SET).

Para que todo el sistema de transporte diseñado funcione correctamente, debemos proveer a los trolebuses de un voltaje, en corriente continua, que ya está determinado por sus características y este debe mantenerse en un rango entre 400V a 750V, siendo el valor que siempre se tenderá a mantener de 600 V. Dicha tensión de operación y también la potencia requerida por el sistema, son proporcionadas por una serie de subestaciones convertidoras o Sub Estaciones de Tracción (SET), que es básicamente una instalación eléctrica conformada por varios equipos, que se conectan como se indica en la Fig. 5; y que recibe energía en corriente alterna de la red eléctrica en media tensión (en la Fig. 5 esto se observa como MT AC, que significa Media Tensión en corriente alterna) y la convierte en corriente continua (en la Fig. 5 se observa como DC, que significa Corriente Continua) de

manera altamente eficiente, para alimentar a los trolebuses cuando se encuentran en funcionamiento.

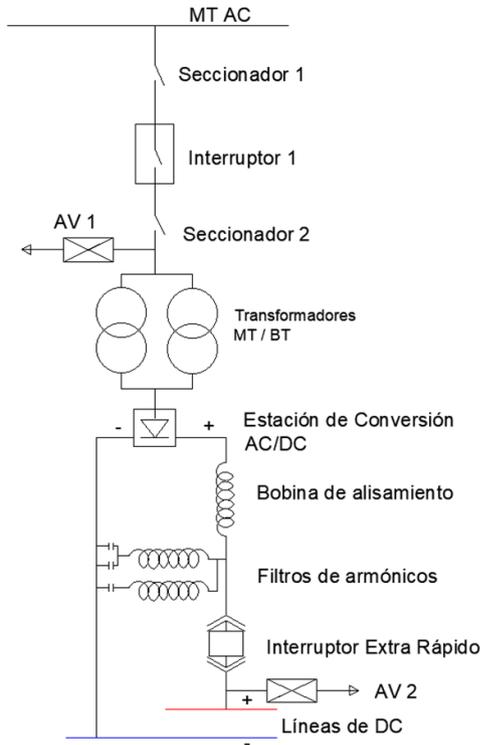


Fig. 5 - Diagrama Básico de una SET.

Para nuestro sistema de trolebuses, mediante investigación previa, se determinó utilizar un sistema descentralizado, **Fig. 6**. El cuál es la forma más moderna y usada de impulsar un sistema de tracción de trolebuses. Por el avance tecnológico de las subestaciones prefabricadas, el bajo costo de mantenimiento y de pequeña escala. Además, en esta disposición, las subestaciones eléctricas están densamente espaciadas (cada 1 a 3 km). [8]



Fig. 6 - Diagrama de un Sistema de SET Descentralizado. [8]

Como ventajas de este sistema se puede mencionar, que la principal de este tipo es que hay menos pérdida de potencia en las fuentes de alimentación y una menor caída de voltaje en la red de corriente continua. Además, si existen fallas en la unidad de alimentación o en la línea de alimentación de toda una subestación, actúan de reserva las alimentaciones de las subestaciones vecinas, mediante la combinación de las secciones de potencia de la línea

aérea. También, es importante el hecho de que las subestaciones son de menor volumen y tienen menos impacto visual en la arquitectura o ambiente de las áreas urbanas. [8]

3. Conclusiones.

El desarrollo de este proyecto nos permitió encontrar hasta el momento, una manera diferente para incorporar una solución a un problema que posee la ciudad de Oberá. Donde nuestra solución busca diversificar y mejorar los medios de transporte de la misma, además de optimizar la movilidad de sus habitantes y reducir la dependencia de los vehículos particulares.

También podemos afirmar por lo investigado hasta ahora, que el trolebús es una de las opciones de transporte más sostenible y respetuosa con el medio ambiente [9] contribuyendo así la incorporación de una movilidad más ecológica para la ciudad, que ésta no lo posee.

Sin embargo, si bien el proyecto está en etapa de desarrollo aún, hasta la fecha de presentación de este artículo, habría etapas del proyecto que se deben terminar de desarrollar; por ejemplo: todo lo acorde al cálculo de líneas eléctricas, sujeciones, estudio de impacto ambiental y económico, entre otros. Además, cabe destacar que será necesario realizar en el futuro estudios adicionales para optimizar el proyecto, en asuntos donde se necesite, antes de llevarlo a cabo.

4. Referencias.

- [1] "Los colectivos de Posadas y Oberá empezaron a incorporar unidades más ecológicas que producen menos smog". Misiones Online. junio, 2016. <https://misionesonline.net/2016/06/22/los-colectivos-de-posadas-y-obera-empezaron-a-incorporar-unidades-mas-ecologicas/> Consultado: julio, 2023.
- [2] "Mapa topográfico Oberá, altitud, relieve". Mapas topográficos. <https://es-ar.topographic-map.com/map-zl7j3q/Oberá/?center=-27.48969,-55.10631&base=2&zoom=14> Consultado: julio de 2023.
- [3] "Google Earth". Google Earth. <https://earth.google.com/web/@-27.4922952,-55.11528234,347.96986823a,4606.9646987d,35y,0.00000001h,46.7832216t,359.99999888r> Consultado: julio, 2023.
- [4] "Electronic Automotive Handbook", Robert Bosch GmbH, 2002.
- [5] Argentina, El Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina. (1994, 23 de diciembre). Ley n.º 24449, De Transito.
- [6] "Trólebus – Eletra". Eletra. <https://www.eletrabus.com.br/trolebus/> Consultado: julio, 2023
- [7] "12m50 Low Entry – Designline/Designline – Eletra". Eletra. <https://www.eletrabus.com.br/trolebus/trolebus-125-metros-nzbus/> Consultado: julio, 2023.
- [8] Marcin Wołek and Olgierd Wyszomirski, "The Trolleybus as an Urban Means of Transport in the Light of the Trolley Project", Gdansk - Poland, 2013, pp. 64 – 66
- [9] A. Navarro Arredondo y M. Valtierra Brestchneider, "¿Es el trolebús un sistema de transporte sostenible en la Ciudad de México?", Encrucijada, Revista Electrónica del Centro de Estudios en Administración Pública, n.º 42, pp. 88, septiembre de 2022. Consultado: julio, 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.22201/fcpys.20071949e.2022.42.83226>