



# INFORME TÉCNICO Y REGISTRO FOTOGRAFICO

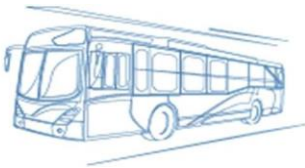
## VISITA A BOGOTÁ, COLOMBIA

DEL 16 DE ABRIL AL 19 DE OCTUBRE

# 2024

Capacitación, a través de visita técnica, con los funcionarios del Sistema de Transporte Público de Bogotá para intercambiar experiencias y lecciones aprendidas en la planificación, gestión y transformación del sistema de flota eléctrica en otros países.

Elaborado por:  
José Domingo Soto y Jorge Herrera



## *Informe de Visita Técnica a Bogotá, Colombia*

Fecha: 16 - 19 de octubre de 2024

Invitación por: CAF (Banco de Desarrollo de América Latina)

Participantes:

- José Domingo Soto - Director de Estudios y Proyectos de MiBUS
- Jorge Herrera - Director de Operaciones de MiBUS
- Harvey Scorcia – Especialista Principal en Movilidad Urbana – CAF
- Carolina Hoyos – Ejecutivo de Negocios Vicepresidencia de Infraestructura – CAF
- David Paulos – Ejecutivo Principal Vicepresidencia del Sector Privado – CAF

### 1. Objetivo de la Visita

La visita técnica, organizada por CAF, tuvo como objetivo conocer y aprender sobre la operación, evolución, lecciones aprendidas y planes futuros del sistema de transporte público de Bogotá, regulado por el Municipio de Bogotá a través de Transmilenio. Este sistema se ha consolidado como uno de los principales referentes en América Latina para la movilidad urbana sostenible. Durante la visita, se intercambiaron experiencias y se exploraron nuevas tecnologías, con el fin de evaluar posibles aplicaciones en el contexto de MiBUS.

### 2. Agenda de la Visita

**Miércoles 16 de Octubre:**

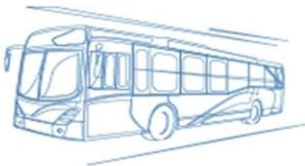
**A. Salida de Panamá y Llegada a Bogotá**

La delegación de MiBUS viajó desde Ciudad de Panamá a Bogotá en horas de la noche, arribando a Bogotá aproximadamente a las 12:15 AM, estableciendo el inicio de la visita técnica.

**Jueves 17 de Octubre:**

**A. Visita al Patio de Buses La Rolita:**

Durante la visita al patio de buses La Rolita, se evidenció una operación sólida, con una flota de 195 buses eléctricos, de los cuales Transmilenio exige que al menos 183 estén operativos diariamente para cumplir con los requerimientos contractuales. El contrato tiene una duración de 15 años, lo que asegura la estabilidad de las operaciones en el



largo plazo.

A nivel de autonomía, aunque Transmilenio solicitó en la licitación que los buses tuvieran un rango de 260 km, la autonomía real observada es de 200 km, suficiente para cubrir las jornadas regulares de 8 a 9 horas diarias sin recarga intermedia. La eficiencia de la operación es notable, con un cumplimiento del 98% en la programación y despacho de las rutas, lo que refleja un sistema confiable y bien gestionado.

El patio cuenta con un área total de 3.4 hectáreas, de las cuales solo 1.9 hectáreas están construidas. Este espacio soporta un suministro de 7.5 megavatios, suficiente para alimentar la flota de 183 buses y con 12 puntos de reserva adicionales para posibles expansiones futuras.

En términos de operación, las 11 rutas atendidas desde este patio generan una tarifa al pasajero de 2950 pesos colombianos, equivalente aproximadamente a 0.69 USD, según la tasa de cambio actual. El proveedor de flota realiza dos visitas mensuales para garantizar que los buses estén en condiciones óptimas, verificando tanto el cumplimiento de los programas de mantenimiento como las garantías asociadas, que ascienden a 800,000 USD.

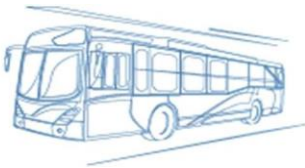
Un aspecto destacado de este patio es el enfoque en la equidad de género, ya que el 62% de los operadores son mujeres, un porcentaje considerable en un sector tradicionalmente dominado por hombres. Además, el equipo de mantenimiento está compuesto por 30 personas, que manejan tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo de la flota, con un inventario de repuestos y herramientas valorado en 200,000 USD.

Un factor a considerar es la eficiencia en la operación de la flota, que minimiza los recorridos en vacío, limitándolos a solo un 5% del total de kilómetros recorridos. Esto contribuye tanto a la eficiencia energética como a la sostenibilidad del sistema, ya que se maximiza el uso efectivo de los buses en las rutas designadas.

## **B. Reunión técnica con Transmilenio:**

En nuestra visita a las instalaciones de TransMilenio, fuimos recibidos por la Gerente General, María Fernanda Ortiz Carrascal. María Fernanda es ingeniera civil de la Universidad de Los Andes, con dos maestrías: una en Ingeniería de Transporte de la misma universidad y otra en Ciudades Inteligentes y Analítica Urbana del University College London. Su experiencia en el sector y su conocimiento técnico profundo nos permitió obtener una visión clara sobre la transformación que está llevando a cabo TransMilenio en su sistema de transporte.

Uno de los temas clave que destacó fue la evolución del sistema hacia la electrificación de la flota. TransMilenio está convencido de que los buses eléctricos representan una alternativa no solo más sostenible, sino también más económica a largo plazo.



Actualmente, la operación cuenta con 11,000 buses, de los cuales 1,500 ya son eléctricos, y se está ejecutando un plan ambicioso para que toda la flota esté electrificada para el año 2035.

Un punto crucial que subrayó es el hecho de que, comparando los costos a lo largo de la vida útil de un bus, la migración a buses eléctricos es aproximadamente un 30% más económica que mantener buses a diésel. Aunque los buses eléctricos requieren una inversión inicial (CAPEX) significativamente mayor, los costos operativos (OPEX) son mucho más bajos. De hecho, después del octavo año de operación, los costos de mantenimiento de un bus diésel se disparan, lo que hace que mantener la flota hasta el año 15 sea económicamente inviable en comparación con los buses eléctricos.

Sin embargo, María Fernanda también reconoció que uno de los principales desafíos que enfrenta la electrificación de la flota es la infraestructura de red de distribución eléctrica, que varía considerablemente según la ciudad o el país. Este es un factor clave que podría limitar la velocidad de la transición hacia una flota completamente eléctrica.

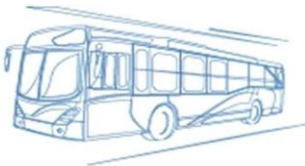
Por otro lado, una importante lección aprendida por TransMilenio en su proceso de electrificación es la complejidad del mercado de cargadores eléctricos provenientes de China. Estos cargadores y abastecedores no suelen cumplir con los estándares internacionales más comunes, lo que generó la necesidad de adaptar la infraestructura de los patios. Para garantizar la compatibilidad a largo plazo con la tecnología disponible, se ha implementado infraestructura eléctrica bajo los estándares europeos y americanos (USA), que son más ampliamente utilizados. Esta decisión asegura que la operación se mantenga eficiente, mientras que la flota de buses, mayormente de origen chino, sigue siendo completamente funcional dentro del sistema.

Durante la reunión, surgió la propuesta de establecer un convenio de cooperación entre TransMilenio y MiBus, con el objetivo de agrupar a los líderes del sector en la región y trabajar en conjunto por un futuro más sostenible en el transporte público.

Otro aspecto clave que se discutió fue la importancia de la telemetría en los vehículos eléctricos. Estos buses generan una cantidad masiva de datos, lo que plantea la necesidad de decidir qué información es crucial almacenar y cómo gestionar el costo de almacenamiento de datos.

Además, nos presentaron TransMiApp, una aplicación que facilita a los usuarios el acceso a información en tiempo real sobre rutas, ubicación de buses y tiempos de llegada. Lo más interesante de esta aplicación es que ha sido diseñada para consumir un mínimo de datos móviles, una ventaja significativa para los usuarios.

En cuanto a la identidad visual del sistema, todos los buses de TransMilenio están exentos de publicidad exterior, y los colores de los buses indican el tipo de tecnología que utilizan (eléctricos, a gas o diésel).



Finalmente, nos informaron sobre las pruebas piloto que están realizando con buses de hidrógeno. Este proyecto incluye la instalación de 209 paneles solares, con un plan para sumar otros 700 paneles adicionales que se utilizarán para alimentar el proceso de electrólisis, necesario para generar el hidrógeno que alimentará estos vehículos.

### **C. Reunión con Goal Systems**

Durante nuestra visita a las oficinas de Goal Systems, empresa especializada en soluciones avanzadas para la optimización y gestión del transporte público, se abordaron varios temas clave relacionados con el uso y las mejoras de los módulos implementados por MiBus: BUS, DRIVER y REPORT. Estos módulos son esenciales para la programación eficiente de los servicios de la flota, la asignación de conductores y la generación de informes operativos que ayudan a la gestión diaria de la empresa.

Goal Systems, reconocida por su experiencia en planificación, programación y optimización del transporte público, presentó algunas de las soluciones más avanzadas que actualmente están implementando en diversas ciudades del mundo. La empresa destaca por ofrecer sistemas que permiten maximizar la eficiencia operativa, minimizar costos y garantizar un servicio de transporte de alta calidad. Su enfoque integral cubre tanto la optimización de flotas como la asignación de recursos humanos, todo ello mediante un software robusto y altamente configurable .

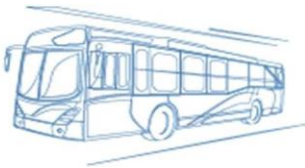
En cuanto a las solicitudes específicas presentadas por MiBus, se discutieron varias mejoras puntuales a los módulos utilizados, con el objetivo de optimizar aún más los procesos operativos. Las mejoras solicitadas incluían ajustes en la configuración del módulo BUS para una mayor precisión en la planificación de rutas, así como nuevas funcionalidades en el módulo DRIVER para facilitar la gestión de horarios de los conductores. También se sugirieron cambios en el módulo REPORT, que permitirían una generación de informes más detallada y flexible, adaptada a las necesidades de MiBus.

Como conclusión de la reunión, Goal Systems se comprometió a realizar una visita a las instalaciones de MiBus en Panamá una vez que las mejoras solicitadas sean atendidas. Durante esta visita, se llevarán a cabo una serie de capacitaciones para el personal, con el objetivo de garantizar que las nuevas funcionalidades sean aprovechadas al máximo. Este compromiso refuerza la relación de colaboración entre ambas organizaciones y asegura que las soluciones ofrecidas sigan evolucionando en beneficio del sistema de transporte público de la Ciudad de Panamá.

## **Viernes 18 de Octubre:**

### **A. Visita al Patio de Green Móvil**

El Patio de Buses Green Movil es actualmente el patio eléctrico más grande de la red



de operación de TransMilenio, debido a que se opera bajo dos contratos obtenidos por el mismo grupo comercial. Durante nuestra visita, pudimos observar la magnitud y complejidad de su operación, que comprende una flota de 406 buses eléctricos, de los cuales 135 son del tipo Padrón (de 12 metros) y 271 son del tipo Busetón (de 9 metros). Para mantener la operatividad diaria, 25 buses se mantienen en reserva, lo que asegura la continuidad en caso de imprevistos.

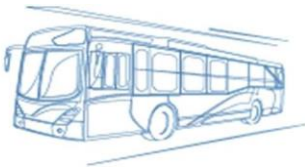
Uno de los aspectos más impresionantes de la operación de Green Movil es su estrategia de carga secuencial de los buses eléctricos. Esta estrategia, aunque más compleja, ha demostrado ser la más económica al permitir un uso eficiente de la energía, lo que conlleva ahorros significativos. La carga secuencial es gestionada por un software que planifica el estacionamiento y asignación de cargadores y abastecedores a cada bus, optimizando el proceso y maximizando el uso de los recursos. El patio tiene una capacidad instalada de 20 Megas, aunque su consumo real varía entre 12 y 14 Megas, lo que revela que la instalación está sobredimensionada, una importante lección aprendida para futuras implementaciones.

En términos de eficiencia operativa, Green Movil mantiene un 99% de confiabilidad en los despachos gracias a un sistema que permite programar operadores "on call" en caso de imprevistos. Este sistema se ve reforzado por el software Rigel, desarrollado internamente por la empresa, el cual abarca desde la programación y control de despachos hasta la gestión de planillas y amonestaciones. Aunque este software ha resultado fundamental para la operación, actualmente no existe un plan para su comercialización, lo que lo convierte en una herramienta de uso exclusivo.

Adicionalmente, el patio cuenta con un sistema SCADA que permite el control detallado del sistema de abastecimiento eléctrico. A través de un contrato externo, Green Movil ha desarrollado una aplicación que permite visualizar en tiempo real el estado de los cargadores y despachadores, identificando si están en uso, fuera de servicio o inoperativos. En cuanto a la telemetría, la empresa prioriza la recolección de datos relevantes, como el contenido de cámaras y videos, los cuales son enviados directamente a TransMilenio para su análisis.

Un detalle digno de resaltar es la inversión voluntaria realizada por el grupo comercial en áreas de bienestar para sus operadores. Estas instalaciones incluyen un estacionamiento para motos, cafetería, gimnasio, áreas de descanso, y una cancha mixta de fútbol y baloncesto, lo que demuestra el compromiso de la empresa con el bienestar de sus trabajadores.

Esta visita nos permitió entender a fondo las operaciones de un patio eléctrico de gran envergadura, con lecciones valiosas sobre la planificación y optimización de recursos para la gestión de una flota de buses eléctricos.



## **B. Reunión técnica en Steer Davies**

Durante nuestra reunión con el equipo de Steer Davies, tuvimos la oportunidad de profundizar en la estructura organizativa que ha permitido el éxito de las Fases IV y V de Transmilenio. Este sistema se ha desarrollado con un enfoque integral que separa responsabilidades a través de contratos específicos con distintos actores clave, tales como el fabricante de flota, proveedores de flota (entidades financieras), operadores de patio y sistemas de recaudo. Esta estrategia ha sido apoyada por el Subsidio Municipal, facilitado por el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET).

El modelo implementado ha resultado fundamental para garantizar la efectividad en la operación de los operadores zonales y los patios eléctricos, lo que a su vez ha permitido que Transmilenio gestione de manera eficiente la transición hacia un sistema de transporte más sostenible. Dado que las Fases IV y V han demostrado ser exitosas con este enfoque, se ha contemplado utilizar este modelo como base para la Fase VI, que se centrará en el desarrollo de un sistema de BRT (Bus Rapid Transit) con flota eléctrica. Este enfoque no solo optimiza la gestión operativa, sino que también refuerza el compromiso de la ciudad con la sostenibilidad y la innovación en el transporte público.

## **C. Reunión técnica en SIGMA GP**

En nuestra visita a SIGMA Consultores, fuimos atendidos por Edgar Sandoval, quien tiene una trayectoria significativa en el desarrollo del sistema de Transmilenio, habiendo sido su primer Gerente General. Durante la reunión, Sandoval nos brindó una visión completa de la evolución de Transmilenio desde su creación en 1999 por el entonces Alcalde Enrique Peñalosa. A través de su exposición, se hicieron evidentes las lecciones aprendidas en cada fase de implementación, que han sido vitales para el perfeccionamiento del sistema.

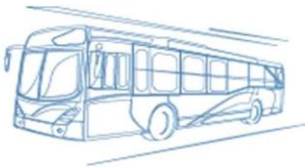
Las fases se pueden resumir de la siguiente manera:

Fase I: Se estableció el modelo inicial de BRT, introduciendo la segregación de vías para buses, lo que mejoró la velocidad y la eficiencia del transporte. Lección aprendida: la importancia de contar con infraestructura dedicada para el transporte público.

Fase II: Se expandió la red y se introdujeron más rutas, lo que resaltó la necesidad de una mejor coordinación entre operadores y un enfoque en el servicio al cliente. Lección aprendida: la atención al usuario es clave para el éxito del sistema.

Fase III: En esta etapa, se hizo hincapié en la sostenibilidad, comenzando la incorporación de buses menos contaminantes. Lección aprendida: la sostenibilidad debe ser parte integral de la planificación del transporte.

Fase IV y V: Se implementaron operadores zonales y patios eléctricos, utilizando una estructura de separación de responsabilidades que resultó en un notable aumento en



la eficiencia operativa y en la satisfacción del usuario. Lección aprendida: la colaboración entre diferentes actores del sistema es esencial para el éxito de la operación.

Estas lecciones aprendidas han sido cruciales para guiar la planificación y ejecución de futuras fases del sistema, asegurando que se sigan mejorando las capacidades y se optimicen los recursos.

#### **D. Visita técnica a la fábrica de Marcopolo Superpolo**

Durante nuestra visita a la fábrica de Marcopolo, tuvimos la oportunidad de recorrer las instalaciones de producción, donde se nos mostraron las innovaciones tecnológicas aplicadas en la fabricación de buses. La fábrica, que ha recibido una inversión de USD 20 millones, cuenta con una impresionante capacidad de carrozar hasta 27 autobuses diariamente. Este proceso de producción se ha optimizado mediante la incorporación de tecnologías avanzadas que permiten moldear las piezas de carrocería de forma más eficiente, en comparación con los métodos manuales utilizados anteriormente.

Uno de los aspectos destacados de la visita fue la presentación de un bus eléctrico de 9 metros. Este vehículo fue fabricado en su totalidad por Marcopolo, abarcando desde el chasis hasta el equipamiento y la carrocería. La oportunidad de ver este autobús en producción subrayó el compromiso de la empresa con la innovación y la sostenibilidad en el transporte público, contribuyendo a la transición hacia flotas más limpias y eficientes.

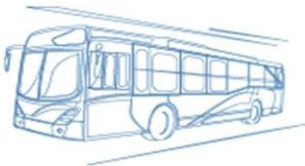
El enfoque de Marcopolo en la tecnología y la eficiencia no solo mejora la calidad de sus productos, sino que también establece un precedente en la industria, al demostrar que la modernización de la producción es fundamental para satisfacer las crecientes demandas de un sistema de transporte público en constante evolución.

### **Sábado 19 de Octubre:**

#### **A. Reunión técnica con ETRA (subsidiaria de COBRA)**

Recibimos en el lobby del Hotel Sheraton a las 8:00 am, al Ing. Esau Chavez del Grupo Etra, en donde nos ofreció sus soluciones avanzadas en el área de movilidad, alumbrado, energía, seguridad y comunicaciones. En área de transporte nos explicó sus sistemas ITS y sistemas de gestión de transporte usando tecnologías de geolocalización y comunicaciones móviles usando Tablets que pueden ser colocadas en los buses.

Adicional nos menciona que participaron en Transmilenio con un sistema SAE Nexrt-SIRCI para el sistema de control de la flota de 11, 000 buses, tanto en la zona BRT y la Zonal (alimentadores y articulados).



### **B. Reunión técnica con MET (subsidiaria de BUSCAR)**

Recibimos al sr. Pedro Galvez de Busscar y al Ing. Rodrigo Galvez de MET (afiliada a BUSSCAR) a las 9:30 am en el lobby del Hotel. Nos hizo una presentación de su compañía en donde nos ofrece sus Sistemas ITS (Intelligent Transport Systems) donde tiene el 54% del parque de Transmilenio instalado. También tiene telemetría, cámaras, sistemas de conteo de pasajeros, recaudo con validadores, programas para gestión de rutas / despachos de los buses. Adicional son fabricantes de el mobiliario (sillas) y de los ruteros de los buses.

Adicional a la línea ya conocida de sus autobuses, también fabrica vehículos especiales, como clínicas móviles, unidades con Mamógrafo, clínicas veterinarias y vagones refrigerados.

### **C. Regreso a Panamá**

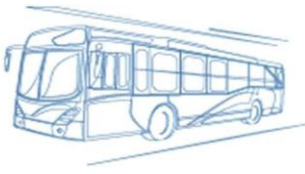
El equipo de MiBUS regresa a Panamá en horas de la tarde, arribando a las 7:45 PM aproximadamente y dando por concluida la visita técnica.

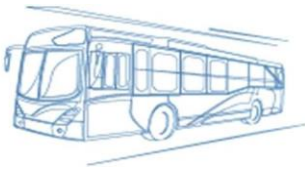
#### Anexo I

#### Registro Fotográfico

#### Patio La Rolita







Transmilenio

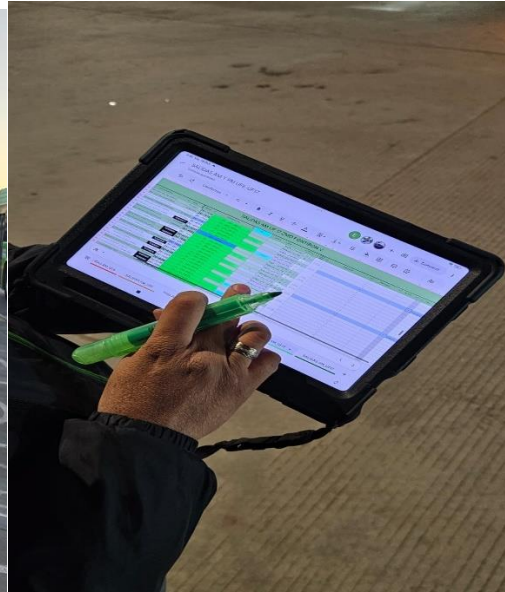
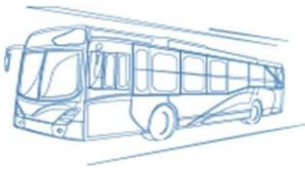


Av. Eldorado No. 69 - 76 Edificio Elemento ,Torre1, Piso 2.  
Bogotá D.C. (Colombia)



Patio Green Movil





Steer Davies (no hubo fotos)  
SIGMA GP (no hubo fotos)

Fábrica Marcopolo Superpolo



