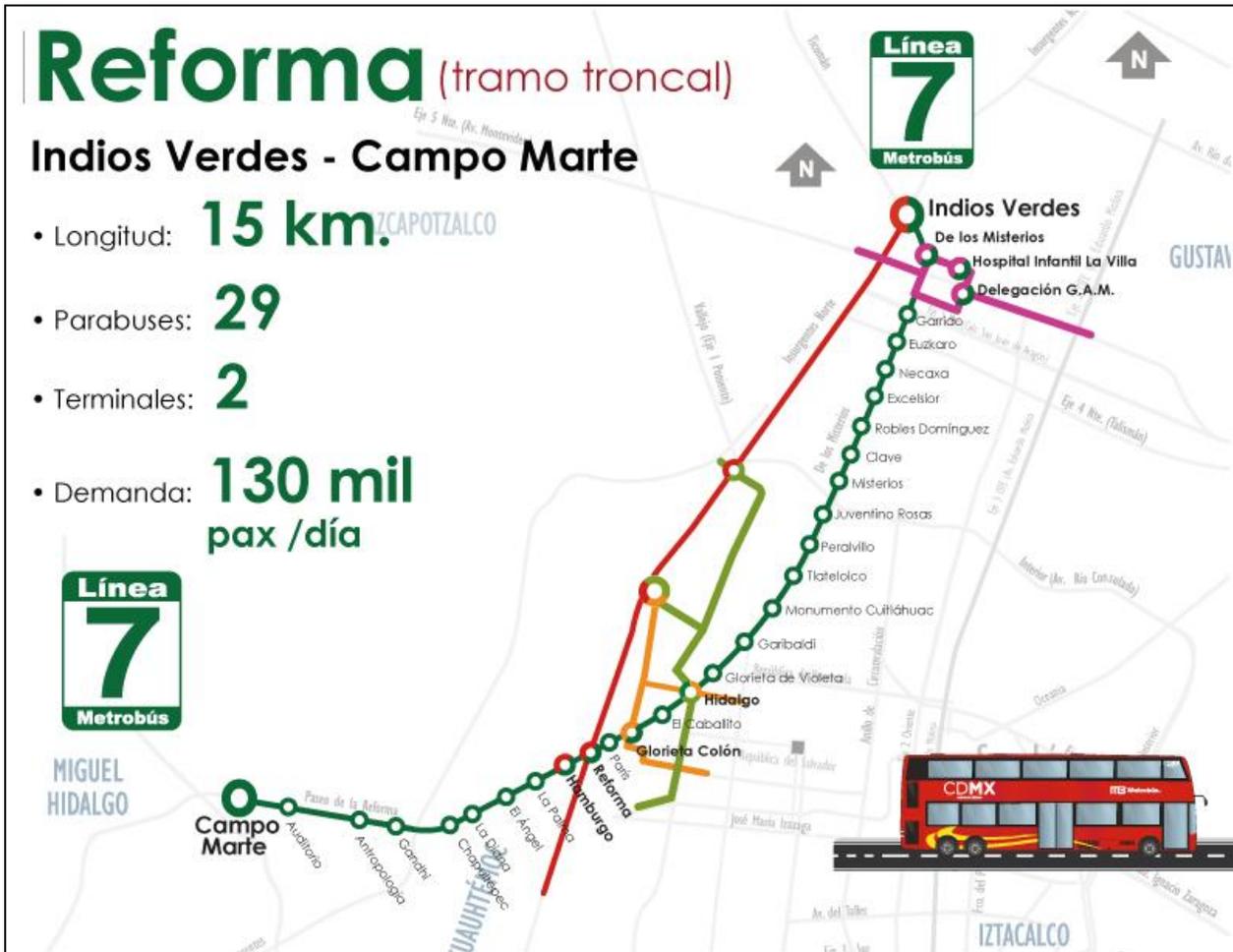


GUÍA TÉCNICA AMBIENTAL AUTOBUSES LÍNEA 7 DE METROBÚS

A través de este documento se presentan las características técnicas y ambientales del autobús **Alexander Dennis ENVIRO 500** de doble piso que forma parte de la flota de Metrobús de la Ciudad de México, los cuales operan la Línea 7 en la Avenida Paseo de la Reforma.

La Línea 7 de Metrobús circula desde Indios Verdes hasta Campo Marte por las vialidades Calzada de los Misterios y Paseo de la Reforma. Esta Línea opera con diferentes esquemas de acuerdo a la sección vial por la que circula y con una flota de **90 autobuses de doble piso de muy bajas emisiones**. Tiene una longitud de 15 kilómetros, a lo largo de las 31 estaciones y terminales para el servicio, mismas que son **100% accesibles para personas con discapacidad**.



De acuerdo a la ficha técnica genérica disponible en el portal del fabricante (<http://www.alexander-dennis.com/>) **Anexo 1. E500 Specification** este autobús dispone de un motor Cummins familia ISL9 con los siguientes sistemas para la reducción de emisiones: **Recirculación de Gases de Escape (EGR), Turbocargador de Geometría Variable (VGT), Filtro de Partículas Diesel (DPF) y Catalizador de Reducción Selectiva (SCR)**, con certificación ambiental EPA2013.



El **Anexo 2. Enviro500 Metrobús Especificación Completa** entregado por el fabricante señala que el Autobús Enviro 500 fabricado para operar en la Línea 7 de Metrobús dispone de un motor **Cummins ISL 8.9L 330HP** (246Kw) con certificación ambiental EPA15 o superior.

En dicho documento se especifican todas las **características técnicas del autobús**, que incluyen dimensiones, carrocería, capacidad, motor, caja de velocidades, características y capacidad de los ejes, transmisión, sistemas de frenos, dirección, sistema eléctrico, sistema de escape, sistemas de iluminación, entre otros, así como los diagramas de dimensiones, configuración y distribución de asientos, cámaras de videovigilancia y radio de giro.



ESPECIFICACIONES ADL ENVIRO500 METROBÚS

Resumen ejecutivo

Producto	Autobús de dos pisos El Proveedor Enviro500 Metrobús
Dimensiones	Largo: 12,930mm. Ancho: 2,550mm. Alto: 4,140mm.
Motorización	Cummins ISL 8.9L. 330HP (246Kw) EPA15 o superior
Otros elementos de chasis	Caja de cambios Voith automática Ejes ZF en configuración 6x2 Frenos con EBS, ABS, ASR Resto de especificaciones según documentos adjuntos
Carrocería	Carrocería de aluminio y componentes según especificaciones adjuntas. Asientos, aire acondicionado, letreros electrónicos, sistema de conteo de plazas sentadas en planta superior, pre-instalación de SAE y ticketing, dos puertas de acceso de dos hojas, etc. según especificaciones adjuntas
Vida útil	Mínimo 10 años
Capacidad de pasajeros	Entre 128 y 130 usuarios (ver apartado de asientos y planos) Especificaciones para personas con capacidades diferentes
Peso Bruto Vehicular	Vehículo diseñado para certificar a 25,700Kg según tablas adjuntas para optimizar la carga del vehículo y según manual de lineamientos Metrobús para Doble Piso
Sistema eléctrico	Multiplexado 24V
Lineamientos técnicos	Vehículo diseñado para conformar con los nuevos lineamientos para autobuses de doble piso preparados por Metrobús

El fabricante entregó a Metrobús evidencia de la certificación de dicho motor, emitida por la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency, EPA) el certificado para el motor se presenta en el **Anexo 3. Certificado EPA Autobuses MBL7** en el cual se señala el código del motor certificado (**GCEXH0540LAT**).

 UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OFFICE OF TRANSPORTATION AND AIR QUALITY WASHINGTON, DC 20460 CERTIFICATE OF CONFORMITY 2016 MODEL YEAR			
Manufacturer: CUMMINS INC.			
Engine Family: GCEXH0540LAT Certificate Number: CEX-ONHWY-16-06 Intended Service Class: URBAN BUS Fuel Type: OTHER (SPECIFY IN FELs: NMHC +NOx: N/A NOx: N/A PM: N/A	Greenhouse Gas Info. Primary Intended Service Class: VOCATIONAL Primary Test Configuration FTP (if applicable): CO ₂ FCL value (g/hp-hr) 555 CO ₂ FEL value (g/hp-hr) 572 N ₂ O FEL value (g/hp-hr) 0.12 CH ₄ FEL value (g/hp-hr) 0.10 Primary Test Configuration Ramped-modal(if applicable): CO ₂ FCL value (g/hp-hr) CO ₂ FEL value (g/hp-hr)		
Effective Date: 10/7/2015 Date Issued: 10/7/2015	 Byron J. Bunker, Director Compliance Division Office of Transportation and Air Quality		

La siguiente imagen muestra la placa de un motor en la que se relaciona el motor Cummins certificado con el código y la familia ISL9 presentada en las especificaciones de los autobuses Enviro 500 de doble piso.

Engine Dataplate - (Original) VIN:		
Marketing Model Name	Service Model Name	EPA Model Name
ISL9 330	ISL9 CM2350 L101	GCEXH0540LAT
Shop Order	Build Plant	Build Date
SO22749	DAR - DARLINGTON OPERATIONS	11 Jul 2016
Warranty Start Date	ECM Code	Fuel Pump Part #
Not Available	EB90119	4307025
Fuel Pump Calibration	Marketing Engine Configuration #	Technical Engine Configuration #
Not Available	D563018BC06	D563018BX03
CPL #	Customer Number	Customer Name
CPL4613	61772	Not Available

Para verificar la certificación, se consultó el portal de la Agencia de Protección Ambiental (EPA), en la cual se encuentra disponible una relación de motores certificados por esta agencia durante el año 2016 (<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-09/on-hwy-2016.xls>). **Anexo 4. Certificación motores EPA-2016**

En el documento se puede verificar que el motor que utilizan estos autobuses fue certificado con los siguientes niveles de emisión de compuestos contaminantes, así mismo se especifica que este motor también dispone de un **Catalizador de Oxidación de Diesel (DOC)**.

	OMNMHCE (g/bHp-hr)	CO (g/bHp-hr)	NOx (g/bHp-hr)	PM (g/bHp-hr)
Niveles certificados	0.01	0.1	0.14	0

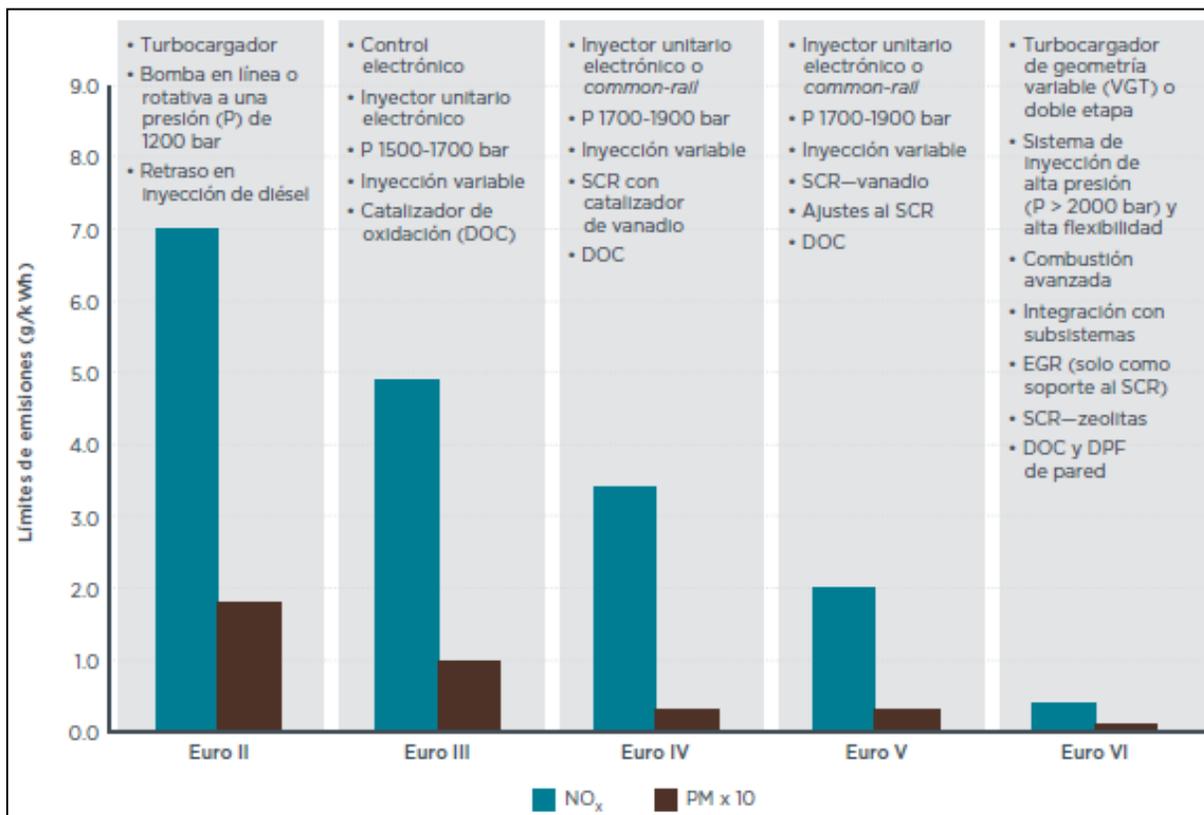
OMNMHCE. Hidrocarburos orgánicos que no son Metano; CO. Monóxido de Carbono; NOx. Óxidos de Nitrógeno y PM. Material Particulado.

Por otra parte, la normatividad nacional vigente que regula la emisión de contaminantes para este tipo de autobuses es la NORMA Oficial Mexicana publicada en el Diario Oficial de la Federación de México el 19 de febrero de 2018, **Anexo 5. NOM_044_SEMARNAT_2018_FEB_19** que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano mas óxidos de nitrógeno, partículas y amoniaco, provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3,857 kilogramos equipados con este tipo de motores.

Dicha normatividad establece que será a partir del 1 de enero de 2019 que los motores deberán atender los estándares equivalentes internacionales EURO VI / EPA 10, no obstante, también tendrá de forma paralela y bajo un modelo de transición, los estándares EURO V / EPA 07, mismos que estarán vigentes hasta el 31 de diciembre de 2020. En el **Anexo 6. Euro IV, Euro V**, se presenta la normatividad Europea EURO V para su comparación con la NOM_044_SEMARNAT.

País	Estándar	Año	Requerido en México	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	Filtro	Combustible (ppm azufre)	(los más pesados)
Estados Unidos	EPA 1991	1991	1993	6.7	0.34		2500	470 000 km/ 8 años
	EPA 1994	1994	1994	6.7	0.13		500	
	EPA 1998	1998	1998	5.4	0.13		500	
	EPA 2004	2002	2008	2.7	0.13		500	700 000 km/ 10 años
	EPA 2007	2007		1.6	0.013	X	15	
	EPA 2010	2010		0.27	0.013	X	15	
Europa	Euro I	1992		8.0	0.36		2000	500 000 km/ 7 años
	Euro II	1996		7.0	0.25		500	
	Euro III	2000	2006	5.0	0.16		350	
	Euro IV	2005	2008	3.5	0.03		50	
	Euro V	2008		2.0	0.03		10	700 000 km/ 7 años
	Euro VI	2013		0.4	0.01	X	10	

A partir de la información técnica y a las especificaciones del autobús Enviro500 es claro que **las emisiones de estos autobuses cumplen y superan la normatividad vigente aplicable**, ya que están certificados al equivalente a la normativa Europea vigente **Anexo 7. Euro VI**.



Como se puede ver en la imagen anterior, para cumplir con los límites de emisiones de cada uno de los estándares, se debe disponer de diferentes elementos tecnológicos, a mayor tecnología mayor cantidad de sistemas de reducción de emisiones.

Para cumplir con la normativa EURO VI es necesario que los motores cuenten con **Turbocargador de Geometría Variable (VGT)**, sistema de inyección de alta presión, combustión avanzada, **Recirculación de Gases de Escape (EGR)**, **Catalizador de Reducción Selectiva (SCR)**, **Filtro de Partículas Diesel (DPF)** y **Catalizador de Oxidación de Diesel (DOC)**. En las especificaciones técnicas del autobús Alexander Dennis Enviro500 doble piso y la documentación consultada en la agencia de Protección Ambiental (EPA) **se demuestra que este autobús cuenta con todos los elementos tecnológicos necesarios para cumplir con los límites de emisiones exigidos por la norma.**

Para su correcta operación, estos autobuses deben emplear **Diesel Ultra Bajo en Azufre**, Diesel UBA, con concentración máxima de 15 ppm de Azufre, por lo que **se reduce prácticamente a cero la emisión de otros compuestos contaminantes como son los óxidos de azufre, precursores de ozono.**

Adicionalmente existen estudios que destacan la importancia ambiental que tiene la actualización de las normas para contar cuanto antes con motores EURO VI / EPA 10, en el **Anexo 8. ICCT_Nom-044_espanol_20140530**, se presenta un documento publicado por el Consejo Internacional de Transporte Limpio (International Council on Clean Transportation, ICCT) donde se realizan comparativas entre las normativas .

Para difundir los beneficios de la implantación de la Línea 7 de Metrobús en Avenida Paseo de la Reforma se ha generado documentación en la que se describen las características de esta línea así como las estimaciones de reducción de emisiones, en el **Anexo 9. Beneficios Ambientales MBL7** se presenta un resumen del cálculo y en el **Anexo 10. Ficha Técnica Autobús MBL7** se describen de forma gráfica las características del Autobús de doble piso.

Para evaluar los beneficios ambientales por la implantación de la Línea 7 de Metrobús se consideran dos factores principales, el **cambio tecnológico** y el **cambio modal**, de la misma forma en la que se lleva a cabo el cálculo de reducción de emisiones de acuerdo a las metodologías aprobadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, (IPCC) en el marco de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) aprobados por la **Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC)**.

Es importante señalar que los corredores de transporte del Metrobús de la Ciudad de México están registrados ante esta Convención como Mecanismos de Desarrollo Limpio bajo

los proyectos referencias **4945 (BRT, Metrobús Insurgentes**, México, registrado el 10 de agosto de 2011) y **7235 (BRT Metrobús 2-13**, México, registrado el 24 de septiembre de 2012). Toda la información al respecto se puede consultar en el portal de la Convención de Naciones Unidas (cdm.unfccc.int).

Derivado del registro y para poder obtener los Certificados de Reducción de Emisiones, los proyectos están sometidos a un proceso de **Monitoreo, Cálculo, Reporte y Verificación**.

El cambio tecnológico representa el impacto de sustituir unidades antiguas y contaminantes por unidades de mejor tecnología, la sustitución se hace por menos y mejores unidades. Considerando las condiciones de operación de la flota a sustituir, así como sus características y antigüedad y comparando contra el esquema de operación planteado en la Línea 7 de Metrobús, las características de la flota a incorporar y haciendo uso de Factores de Emisión asociados a cada tipo de combustible y compuesto contaminante, se evalúan y comparan las emisiones de cada esquema operativo.

	Emisiones por tipo de contaminante (gramos/kilómetro)			
	CO _{2eq}	CO	NO _x	PM
Autobús actual*	2,022	19.13	16.57	0.138
Autobús L7**	1,609	1.89	0.7	0.049
Diferencia:	20% menos con Metrobús	90% menos con Metrobús	96 % menos con Metrobús	65 % menos con Metrobús

* Los factores de emisión para CO, NO_x y PM se tomaron del Inventario de Emisiones Contaminantes y de Efecto Invernadero 2012 publicado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, mientras que el factor de emisión para CO_{2eq} es calculado a partir de las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

** Los factores de emisión para CO, NO_x y PM fueron proporcionados por el ICCT (International Council on Clean Transportation), mientras que el factor de emisión para CO_{2eq} es calculado a partir de las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

El cambio modal considera los usuarios que van a dejar de usar su auto particular para transportarse en el nuevo servicio. Históricamente se cuenta con registros a través de encuestas en los cuales se manifiesta que el 17% de los usuarios de Metrobús tienen auto particular pero lo han dejado estacionado para trasladarse en Metrobús, por lo que se incluye este factor en el cálculo. Estas encuestas han sido certificadas en los procesos de verificación de los proyectos MDL registrados ante Naciones Unidas y están disponibles para su consulta en el sitio web de Metrobús.

De acuerdo a las consideraciones presentadas, estos factores representan el ahorro de más de **5 millones de litros de combustible anualmente**, lo que contribuye a una reducción de **19,203 TonCO_{2eq}**.

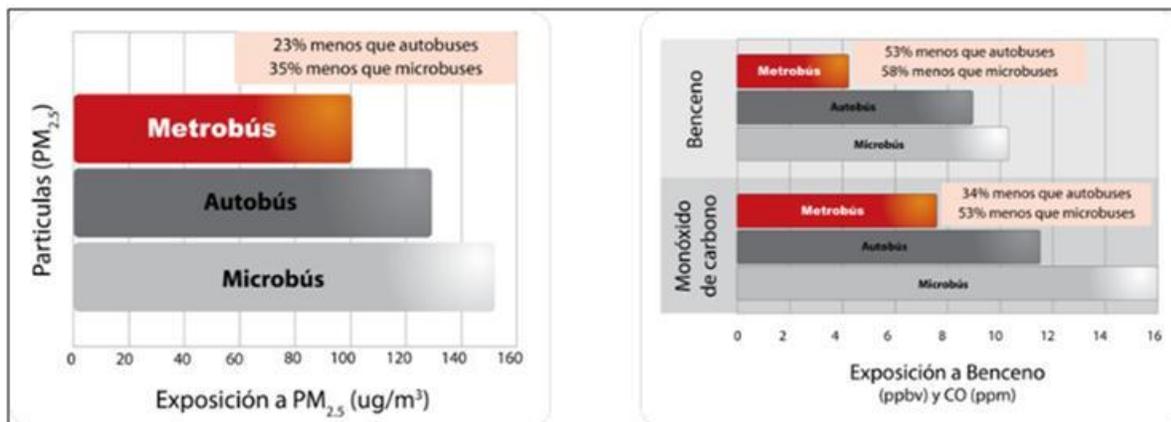
La contribución de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero por cambio tecnológico y cambio modal asociados a la operación de la Línea 7 de Metrobús corresponde a una reducción anual de 19,203 TonCO_{2eq}.

De la misma forma se realizó el cálculo de reducción de emisiones de los llamados contaminantes criterio, para considerar su impacto local debido a sus efectos en **calidad del aire y daños a la salud ya que algunos de ellos son precursores de ozono**. Todas las cifras están expresadas en **toneladas por año**.

CONTAMINANTES CRITERIO	Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Partículas (PM)
Servicio actual	134.3	116.3	0.969
Metrobús L7	9.57	3.55	0.249
Reducción	124.74	112.79	0.72

De acuerdo al cálculo realizado, las emisiones del proyecto Metrobús Línea 7 para estos compuestos oscilan entre **reducciones del 75% hasta los 97% menos contaminantes**.

Adicionalmente hay que señalar que existen estudios que señalan **que la exposición de los usuarios a compuestos contaminantes en sistemas BRT es mucho menor que en sistemas tradicionales**.



Se recibieron solicitudes de información pública con cuestionamientos sobre los autobuses y la operación de la Línea 7 de Metrobús, en el **Anexo 11. Solicitud de Información** se incluye un ejemplo para el que se realizó una comparación del Autobús Enviro500 con los autobuses que anteriormente operaban en la Avenida Paseo de la Reforma y se presenta el cálculo de reducción de emisiones por la sustitución.

Los **autobuses que prestaban servicio** en Reforma y Misterios, **no eran accesibles a personas en silla de ruedas o con movilidad limitada**, como se observa en las siguientes fotos.



La Línea 7 de Metrobús es **cien por ciento accesible**, ya que el **autobús es de piso bajo**, lo que permite que el acceso sea **al mismo nivel de la plataforma**, y al interior del mismo autobús no existen obstáculos de manera que **los usuarios en sillas de ruedas o con movilidad limitada se puedan desplazar con toda seguridad**.



Adicionalmente, los autobuses cuentan con espacio exclusivo para personas con discapacidad, movilidad limitada y espacio exclusivo para silla de ruedas que incluye cinturón de seguridad, como se observa en la siguiente fotografía, igualmente un asiento dedicado exclusivamente para una persona ciega acompañado de su perro lazarillo.



La empresa Alexander Dennis publicó un comunicado en diferentes medios a través del cual se presenta la empresa y las características particulares del autobús Enviro500 de doble piso, **Anexo 12. Boletín de Prensa ADL**. En el comunicado destacan los beneficios ambientales, la accesibilidad y que se garantiza, mediante pruebas realizadas, el desempeño de los autobuses en condiciones de la Ciudad de México.

Para garantizar su desempeño a la altitud de la Ciudad de México, Alexander Dennis ya probó el autobús Enviro500 en dos condiciones: la primera en 2014, con una unidad que se utilizó en condiciones normales operación en la Línea 4 de Metrobús durante dos meses; la segunda, sometiéndolo a pruebas técnicas exhaustivas en Santa Fe, Nuevo México a una altitud de 2,134 m sobre el nivel del mar. Las dos pruebas resultaron exitosas, lo que garantiza que los autobuses Enviro500 operarán perfectamente en la Ciudad de México.

Se incluye también una nota del periódico Reforma en la que expertos en la materia señalan que estos autobuses son “limpios” y destacan sus beneficios ambientales, **Anexo 13. Nota Reforma 170720**.

Empleará L-7 del MB unidades 'limpias'

Iván Sosa e Israel Ortega

Cd. de México, México (20 julio 2017).- Los autobuses adquiridos para circular sobre Paseo de la Reforma con la Línea 7 del Metrobús son ambientalmente limpios, con la misma tecnología utilizada en unidades de transporte público en Europa, expuso la especialista del Consejo Internacional de Transporte Limpio, Kate Blumberg.

"Los camiones diesel de carga que vemos en las calles son muy malos, pero los autobuses Euro VI que están entrando al mercado y a México son tan limpios como un vehículo de gas natural", apuntó.

Diferentes organizaciones civiles se han pronunciado sobre la Línea 7 de Metrobús, en marzo de 2017: **ITDP México, Greenpeace, WRI México, Bicitecas, Ethos Laboratorio de Políticas Públicas, Fundar Centro de Análisis e Investigación, Comisión de Movilidad de COPARMEX, Instituto Mexicano para la Competitividad IMCO y El Poder del Consumidor.** Dichas organizaciones publicaron un comunicado respaldando y señalando los beneficios de este proyecto tanto ambientales como a la movilidad. **Anexo 14. Beneficios de la Línea 7 del Metrobús_Final_310517.**



Entre otros, se destacan los siguientes beneficios de la Línea 7 del Metrobús:

- Sustitución de 180 unidades de transporte contaminantes, por 90 autobuses de doble piso, tecnología Euro VI (muy bajas emisiones) - los primeros de este tipo en América Latina.
- Esquema de calle completa – prioridad y respeto al peatón y ciclista, incluyendo la ciclovia pendiente de la Estela de Luz a Periférico.
- Respeto al entorno urbano e histórico del trazo – estaciones transparentes, a nivel del piso, con diseños de parada accesibles para personas con discapacidad y movilidad limitada.
- Ahorro superior al del 40% en tiempos de traslado así como aumento en la seguridad personal y vial de los usuarios del transporte público.
- Reducción de 19 mil toneladas de CO2 al año
- Nuevos cruces peatonales a nivel de calle que contribuyen a la seguridad peatonal, destacando, los que se implementarán en la zona del Auditorio Nacional

ATENTAMENTE

ING. GUILLERMO CALDERÓN AGUILERA
DIRECTOR GENERAL DE METROBÚS

MB
Metrobús.

Dirección General
Av. Cuauhtémoc 16, 5° Piso, Col. Doctores
CP 06720 Del. Cuauhtémoc

Tel. 5761 6858, 5761 6860
5761 6864 y 5761.6870