

5.1 PROPUESTA DE ESPECIFICACIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

5.1.1 Tamaño o tipo de vehículo

En los sistemas de transporte se tiene que hacer el traje a la medida, es decir, no se puede con decidir con el sentido común que tipo de vehículo se requiere para prestar el servicio. Esto depende de la cantidad de usuarios que habrá sobre el corredor, se requiere un vehículo que tenga el tamaño suficiente para transitar a lo largo del día tanto en periodos valle, como en periodos pico con niveles aceptables de ocupación, que permitan tener un equilibrio entre el confort que se ofrecerá al usuario, así como una rentabilidad para el sistema.

Otro aspecto muy importante para el diseño de los corredores es que debe armonizar la infraestructura con el tipo de vehículo, ya que los expertos consideran que las maniobras de los ascensos y descensos debe ser de segundos y no de minutos, como pasa en el metro, los usuarios deberán invertir el menor tiempo posible en cada parada para que el transporte sea rápido y eficiente y se consuman la menor cantidad de recursos humanos y materiales.

Como se mencionó, para determinar el tipo de vehículo adecuado en la prestación del servicio se requiere del conocimiento de la demanda o movilidad de usuarios y la capacidad de los vehículos en el medio o existentes por las empresas armadoras.

Para la mejor comprensión y fluidez de lectura del presente documento, se ha optado por describir los conceptos siguientes que serán usados:

- **Demanda.** Los resultados de los estudios de demanda como ascensos y descenso de pasajeros y frecuencia y ocupación visual y encuesta origen - destino, se utilizaron como insumos en la modelación de los escenarios con un sistema BRT y SIT. El modelo estima por ruta en la hora de máxima demanda por sentido de circulación una magnitud de usuarios, la cual se le denomina Sección de Máxima Demanda (SMD).
- **Capacidad del vehículo.** La capacidad del vehículo estaría conformada por la cantidad de personas que puede transportar, siendo esta capacidad definida por las personas que viajan de pie en el área de pasillos y sentadas.
- **Factor de ocupación.** Es la proporción o porcentaje de la capacidad que se quiere ofrecer al usuario. Por ejemplo, si la capacidad es de 100 pasajeros y el factor es de 0.85, esto quiere decir que el autobús ofrecería espacios al 85% de su capacidad (85 espacios).
- **Intervalo de paso entre autobuses.** El intervalo se define como el tiempo que transcurre, entre que parte una unidad a ofrecer servicio y parte otra posteriormente a la misma situación, medida en minutos.

Existe una fórmula que considera ambas cosas, esta fórmula estima el intervalo de paso de cada autobús considerando las variables de capacidad, factor de ocupación, SMD, la cual se describe a continuación:

$$I = \frac{F * C}{SMD}$$

Donde:

I= Intervalo de paso entre autobuses en una hora (minutos)

F= Factor de ocupación del autobús (Factor)

C= Capacidad vehicular del autobús (pasajeros)

SMD= Sección de Máxima Demanda (pasajeros hora sentido)

5.1.2 Especificaciones del vehículo

Se revisará los tipos de vehículos disponibles en el mercado para un sistema integrado de transporte (SIT). Los vehículos estarán diseñados para satisfacer los requerimientos de la infraestructura y para facilitar la mayor accesibilidad (rapidez) de los ascensos y descensos.

Estos deberán estar adaptados al tipo de infraestructura, la cual puede ser:

- Tipo A. Paradero en el camellón con plataforma alta o terminal de transferencia con plataforma alta (0.90 o 1.00 metro).
- Tipo B. Paradero en el camellón con plataforma baja o terminal de transferencia con plataforma baja (altura de la banqueta).
- Tipo C. Parada en la banqueta.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-1.Infraestructura Tipo A paradero y terminal de transferencia con plataforma alta



Fuente: Optibus, León, Guanajuato, México.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-2 Infraestructura Tipo B paradero y terminal de transferencia con plataforma baja.



Fuente: QroBús, Optibus, CETRAM y Tuzobús

Figura 1 **Infraestructura Tipo C parada en la banqueta**



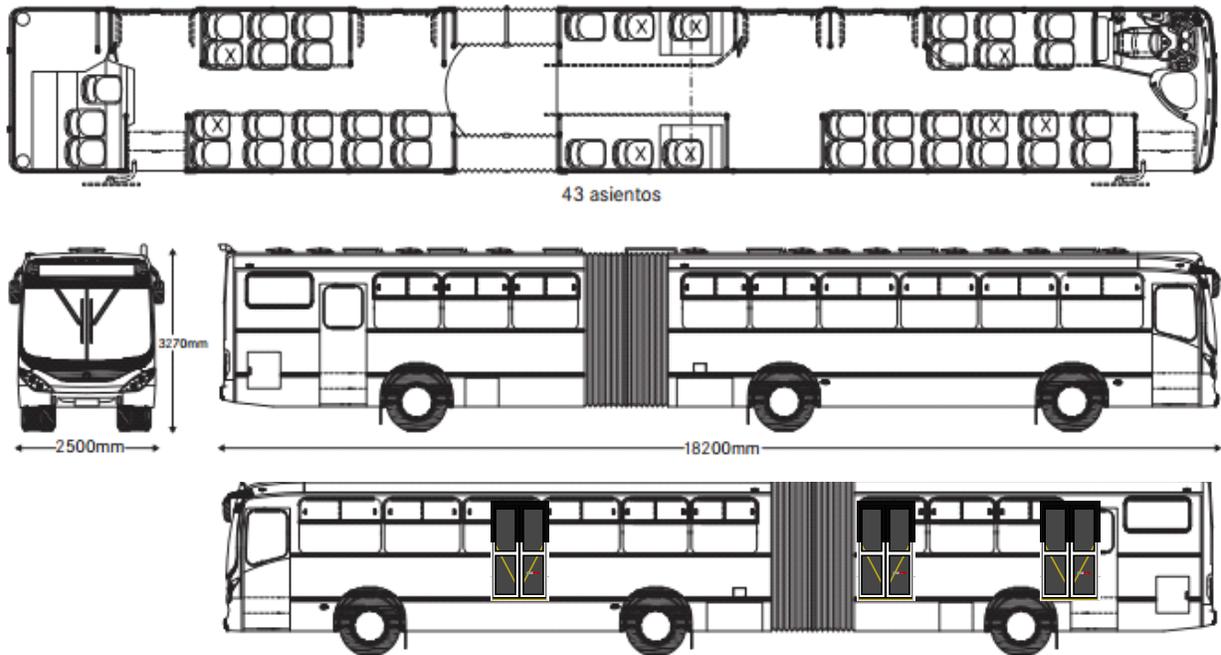
Fuente: Metrobus, Reforma, Ciudad de México.

Los tipos de vehículos considerados principalmente en los corredores son los siguientes.

Articulados. Los vehículos articulados se utilizan por su capacidad y características físicas a circular por la red troncal, ya que son autobuses diseñados con su piso a una altura entre 90 cm y 1 metro,

con 3 o hasta 4 puertas izquierdas. Los cuales acoplan en paraderos o estaciones intermedias situados en el camellón de las vialidades. Tienen una capacidad de 160 pasajeros, cuenta en este ejemplo con 43 asientos, con las siguientes características como se muestra en la imagen.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-4. Vehículo Articulado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRANSCONSULT, S.A. DE C.V. E IMÁGENES DE AUTOBUSES MERCEDES BENZ

Padrón. Los vehículos tipo padrón operara en rutas troncales, troncales flexibles, auxiliares y alimentadores. Tienen puertas izquierdas a una altura de 0.90 metros o 1 metro, con 1, 2 o hasta tres puertas. Es importante resaltar, que para las rutas auxiliares son de 1 a 2 puertas, mientras que para rutas troncales – flexibles y troncales, se consideran al menos 2 puertas. Estos autobuses también cuentan con 2 puertas derechas que son utilizadas para prestar servicio ya sea en el corredor o fuera de este. Tienen capacidad de 100 pasajeros, cuando se tiene una longitud de al menos 12 metros, siendo también comunes autobuses de 3 ejes de 15 metros.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-5. **Autobús padrón de 12 metros con 1 puerta para servicio Troncal, Auxiliar o Alimentador 27 a 37 asientos**



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRANSCONSULT, S.A. DE C.V. E IMÁGENES DE AUTOBUSES MERCEDES BENZ

Autobús Largo. Este autobús operara en las rutas que dependiendo de la demanda resulte eficiente su operación, tiene una capacidad de 90 pasajeros con dos puertas con la opción de contar con una puerta a la izquierda que permita transferencias su longitud es de 11 metros aproximada, puede ser en rutas auxiliares, complementarias y alimentadoras. Lo cual se muestra en la figura siguiente. Existe otra configuración de autobús que se utiliza en el sistema Transmilenio como ruta alimentadora. Este autobús tiene características diferentes a los autobuses del mercado, las cuales se muestran en la siguiente tabla.

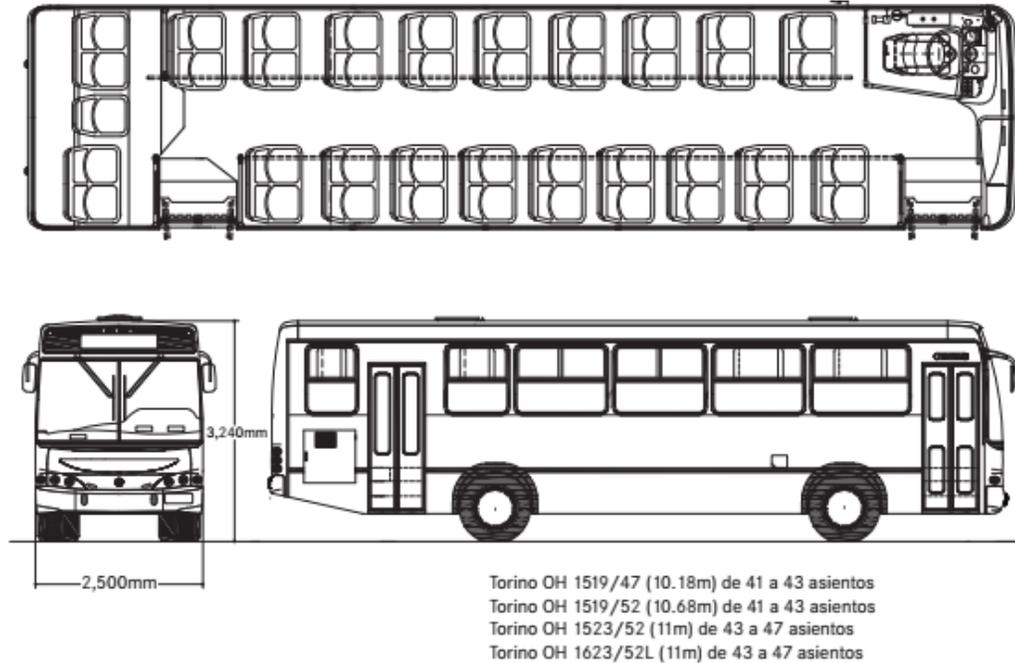
Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-1. **Características de los autobús largo convencional y tipo Transmilenio**

Características	Autobús Largo	Característica
Configuración de asientos	Convencional Tipo Transmilenio	4 hileras 3 hileras (Disminución del tiempo de abordaje y ascenso hasta un 52 %)
Ancho de puertas	Convencional Tipo Transmilenio	0.75 cm 1.12 cm
Ancho de pasillo	Convencional Tipo Transmilenio	0.70 cm 1.20 cm
Alto de escalones	Convencional Tipo Transmilenio	0.45 m al primero, 0.22 m cada uno, 1.11 m Total 0.45 m al primero, 0.30 m cada uno, 1.05 m Total

Características	Autobús Largo	Característica
Cantidad de puertas	Convencional Tipo Transmilenio	2 puertas 3 puertas

Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Gustavo Fermín Sánchez, Investigación.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-6. Autobús Largo convencional de



43 a 47 asientos

Fuente: Autobuses Mercedes Benz

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-7. Autobús largo tipo Transmilenio

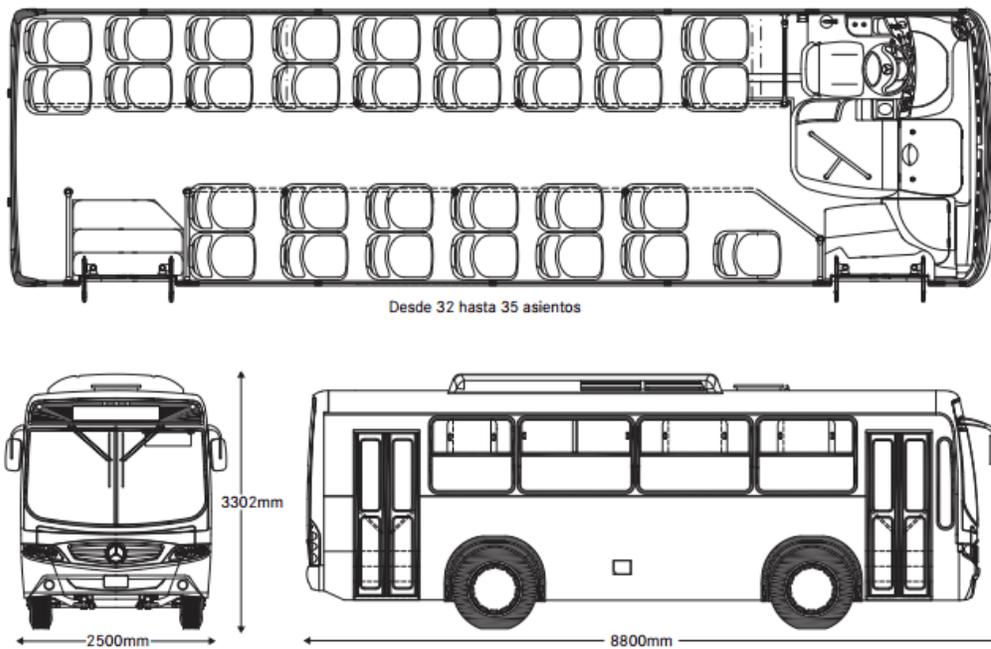




Fuente: Recuperado de internet: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/transmilenio-anuncia-cambios-en-rutas-alimentadoras-del-sistema-articulo-702554>;
http://www.superpolo.com.co/websites/superpolo/es/productos/producto/gran_viale_padron; cortesía, Gustavo Fermín Sánchez

Autobús. Es el autobús convencional que opera en rutas complementarias, alimentadoras, auxiliares y remanentes dependiendo de la demanda. Tienen una capacidad máxima de 45 pasajeros y una dimensión de 8.5 metro y de carrocería chata para aprovechar el largo del vehículo.

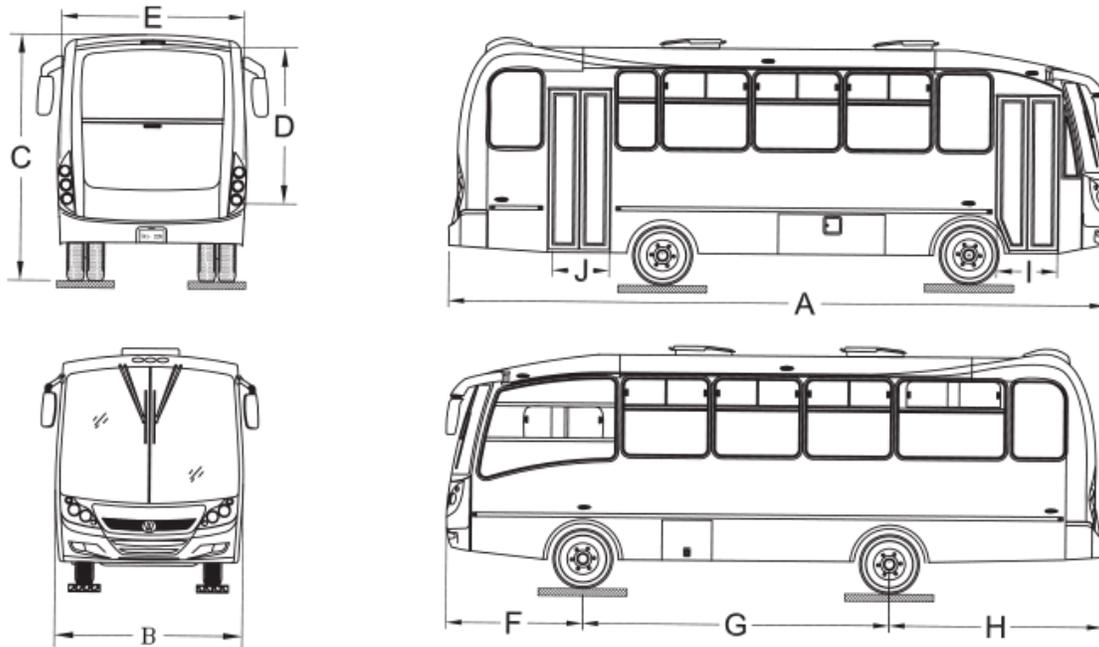
Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-8. **Autobús de 31 asientos a 35 asientos**



Fuente: Autobuses Mercedes Benz

Minibús Corto, Debido a las características de la demanda de algunas rutas se propone un autobús de baja capacidad con la finalidad contar con una eficiente operación y reducir los costos de operación de esta. Cuentan con una capacidad máxima de 35 pasajeros y miden 6 metros. Se usa principalmente en rutas alimentadoras de baja demanda.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-9. **Autobús Minibús Corto de 28 asientos**



Fuente: Autobuses IZUZU Chevrolet

5.1.3 Capacidad del autobús

La capacidad se define como la propiedad de poder contener cierta cantidad de alguna cosa hasta un límite determinado, que para este caso es el que el fabricante define. Mientras que la ocupación de diseño es aquella que el que regula considera como aceptable para dimensionar la flota o prestar el servicio al usuario.

En todo sistema de transporte se debe de realizar un análisis en donde se mida el área de pasillo y se contabilizar los asientos, para con ello medir el área útil de pasillo o estimar los pasajeros de pie. Sumando la cantidad de usuarios de pie y sentados se calcula la cantidad de usuarios totales.

Un indicador útil para la estimación de usuarios que pueden albergarse en los pasillos de pie es mediante la densidad por metro cuadrado. La cual indica cuantas personas van de pie en un metro de pasillo. Un ejemplo de lo anteriormente descrito se muestra en la imagen siguiente. En ella se muestran 6 personas por metro cuadrado.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-10. Pasajeros de pie



Fuente: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/nuevos-buses-de-transmilenio-iran-siete-pasajeros-de-pie-por-metro-cuadrado-articulo-750444>

Con base en lo anterior y midiendo el área de pasillo o útil, se muestra el cálculo en las siguientes tablas de los vehículos tipo.

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-2 Cantidad de personas abordo (pie y sentadas) autobuses convencionales y padrón

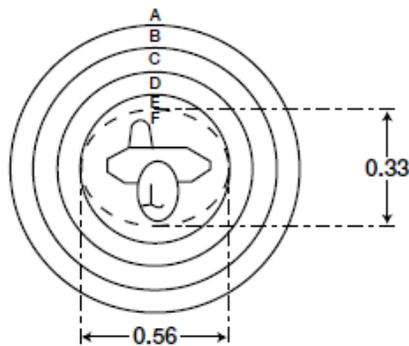
Autobús/carrocería	Asientos	Área pasillo m ²	Área útil m ²	Cantidad de pasajeros abordo (densidad pas/m ²)							
				1	2	3	4	4.5	5	5.5	6
Dina Linner 12 metros padrón	35	5.22	5.22	40	45	51	56	58	61	64	66
Mercedes - Benz - Marco Polo 12 metros padrón	26	6.16	10.03	36	46	56	66	71	76	81	86
Scania - Neobús - Mega BRT 15 metros padrón	36	7.47	13.71	50	63	77	91	98	105	111	118
Semichato (3 hileras asientos) 10 a 11 metros convencional	31	7.00	7.00	38	45	52	59	63	66	70	73
Semichato (4 hileras de asientos) 10 a 11 metros convencional	41	4.20	4.20	45	49	54	58	60	62	64	66
Trompudo (4 hileras de asientos) 10 a 11 metros convencional	41	4.20	4.20	45	49	54	58	60	62	64	66
Chato (4 hileras de asientos) 10 a 11 metros convencional	41	4.50	4.50	46	50	55	59	61	64	66	68
Dina Runner 8 metros convencional	27	2.58	2.58	30	32	35	37	39	40	41	42
Dina - Brighier 13 metros articulado	39	8.70	8.70	19	58	78	97	116	126	136	145

Fuente: Transconsult S.A. de C.V.

De las figuras y tablas anteriores podemos comentar que considerando por ejemplo una densidad de 5 personas por metro cuadrado de pie y todos los asientos ocupados, se tiene una ocupación para los autobuses convencionales de 66 pasajeros para autobús convencional Semichato con 3 hileras de asientos, mientras que de 62 para Semichato y trompudos con cuatro hileras de asientos y de 64 para el chato con 4 hileras de asientos. En lo que respecta al autobús Padrón de 15 metros, estos tienen una ocupación de 105 pasajeros y de 76 para el de 12 metros marca Mercedes, mientras que en Linner 12 de 61 pasajeros. El autobús articulado Dina – Brighther, con 126 lo cual se debe al motor trasero. Por último, el autobús Runner Dina una ocupación de 40 pasajeros.

También se puede comentar que se calcularon dos densidades con valores de 4.5 y 5.5 pasajeros. Para el cálculo de la ocupación del autobús, primeramente, se estiman los pasajeros de pie, al multiplicar el área útil por la densidad que se establezca, la cual puede tener decimales ya que da como resultados valores de pasajeros, como se mostró en la tabla anterior, y seguido se le suma la cantidad de pasajeros sentados, para obtener con ello la ocupación total. En la operación lo que se contabiliza es la cantidad de usuarios abordo, si de dividiera la cantidad de personas de pie entre el área útil los que nos daría como resultado es la densidad promedio de personas o personas promedio por metro cuadrado que van de pie, que tendrá valores decimales. Entonces, se puede concluir que la densidad mencionada, representa la ocupación promedio de pasajeros de pie por cada metro cuadrado.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-11. Zonas de movimiento y comodidad del usuario



Nivel de servicio	Definición	Densidad
A	Movimientos Libres	Menor a 0.8
B	Movimientos limitados	0.8
C	Zona de comodidad	1
D	Movimientos sin contacto	1.5
E	Movimientos con contacto	3.5
F	Elipse de cuerpo de contacto	5.5

Fuente: Transconsult S.A. de C.V. y con base en la información de: SNV/VÖV. *Fahrgestbedlenung*. Dusseldorf: Alba Buchverlag. 1980.

De la imagen anterior se puede comentar que cuando se va de pie la comodidad se pierde a partir de una densidad de 1, los movimientos en donde comienza a existir contacto son a partir de 3.5, y

a partir de 5.5 se complica notablemente el desplazamiento. En el documento citado en la fuente se menciona que la densidad máxima de capacidad es con una densidad de 8 personas, y en ella resulta casi imposible moverse sin causar graves molestias a los demás usuarios, y que una densidad de 6 personas permite que el usuario se pueda mover a una velocidad de 0.5 m/seg., recorriendo en 8 segundos 4 metros.

Actualmente en Transmilenio, se está considerando tener una densidad máxima de 7 pasajeros de pie, la cual está respaldada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). Un estudio realizado por investigadores de las universidades de Chile y Sidney, presentado en octubre de 2013 en el marco del Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, indagó por los efectos del hacinamiento en el transporte público. Entre otras, concluyeron que una densidad de cinco o seis pasajeros por metro cuadrado “es un indicador muy probable de hacinamiento, independiente de la capacidad de los vehículos”. Otro estudio, realizado por la Universidad de Chile y presentado en noviembre de 2016, advertía que el metro de Santiago había alcanzado la tasa de seis pasajeros por metro cuadrado. El informe fue recogido por el diario El Mercurio, que calificó la densidad de usuarios como una de las más altas del mundo: “El tren subterráneo de la capital alcanza una densidad de seis pasajeros por metro cuadrado, uno de los niveles de hacinamiento más altos del mundo y lejano a un nivel óptimo (más tolerable) de tres pasajeros por metro cuadrado”, señalaba el medio de comunicación. En Medellín, se calcula que el metro concentra a seis personas por metro cuadrado. No obstante, en hora pico ese número puede ascender hasta ocho personas¹.

El sistema de transporte Metrobús considera una capacidad de autobuses articulados de 160 pasajeros, y para dimensionar utiliza un factor de 0.9², lo cual da como resultado una ocupación de 144 pasajeros, considerando los cálculos realizados de densidad en esta sección, se puede decir que se dimensiona a densidades que están en valores de 5 y 5.5 pasajeros por metro cuadrado.

Dependerá del Ente Regulador, o Autoridad, definir la densidad de pasajeros por metro cuadrado, que se considere para la realización de los Planes de Operación, ya que ello condiciona el grado de confort que se quiera ofrecer al usuario o la rentabilidad que se busque. Se recomienda utilizar densidades máximas entre 5 y 6 pasajeros por metro cuadrado, para dicho propósito.

5.1.4 Configuración de asientos

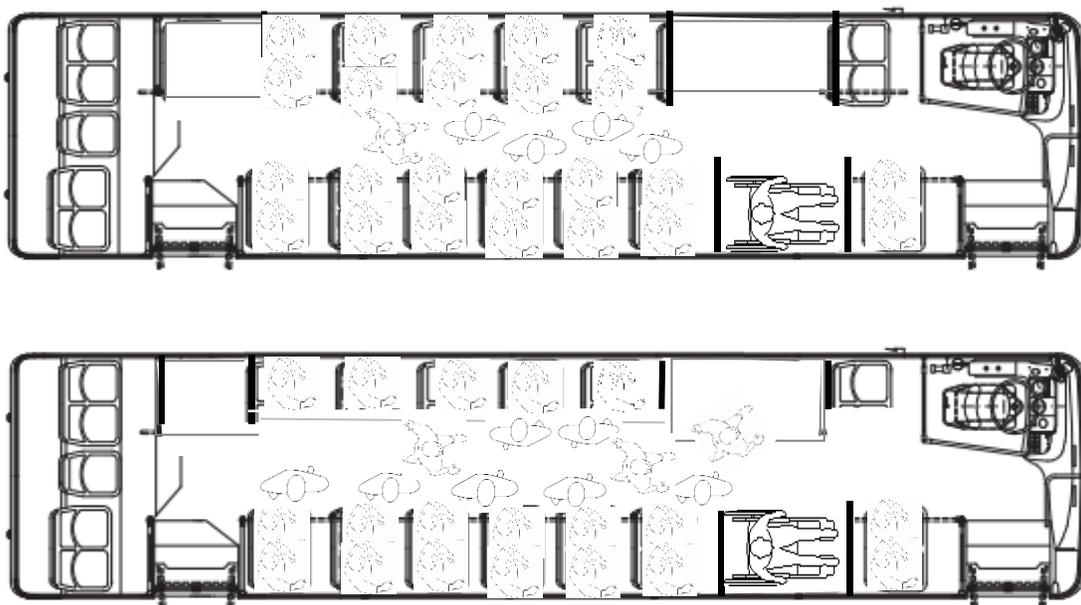
En nuestro medio se encuentran una configuración de asientos que agiliza el traslado de personas de sus asientos a las puertas, ya que de tener 0.60 metros de pasillo en la configuración tradicional se alcanza un ancho de 1 metro. Permite que la densidad de pasajeros de pie sea menor ya que con un ancho de 60 centímetros si se paran dos personas juntas no podrán pasar de manera fluida los

¹ <https://www.elspectador.com/noticias/bogota/nuevos-buses-de-transmilenio-iran-siete-pasajeros-de-pie-por-metro-cuadrado-articulo-750444>

² Estudio de Transporte Público de pasajeros del Corredor Reforma, CETRAN. *data.metrobus.cdmx.gob.mx/docs/L7/ETPPL7.pdf*

pasajeros, y en una de 1 metro queda un espacio entre ellos para el libre tránsito de los pasajeros. Esta configuración es muy adecuada en rutas con alta rotación de pasajeros, como lo serán las rutas auxiliares y troncales. Lo anterior se muestra en las siguientes imágenes.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-12. **Configuración de asientos de 4**



hileras y de 3 hileras

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRANSCONSULT, S.A. DE C.V. E IMÁGENES DE AUTOBUSES MERCEDES BENZ

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-13 Configuración de autobús padrón

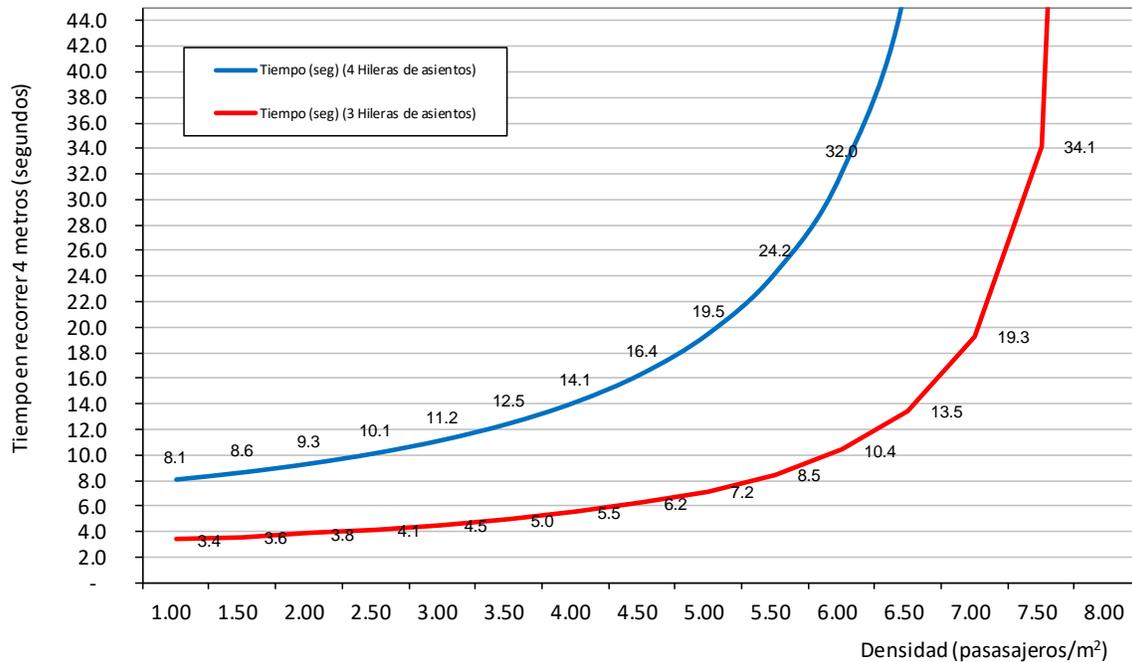


de 3 hileras de asientos

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA. TRANSCONSULT, S.A. DE C.V.

En la siguiente gráfica, se puede observar que la configuración de hileras favorece notablemente al tránsito de usuarios al interior del autobús, ya que, por ejemplo, a una densidad de pasajero por pasillo de 4.5, con 4 hileras de asiento se tardan un usuario 16.4 segundos en recorrer 4 metros, mientras que 6.2 segundos cuando se tiene 3 hileras, un 62% menos, valor muy alto, y valor agregado para el usuario como parte del confort del servicio del nuevo sistema. El tiempo que se reduce al contar con 3 hileras con respecto a 4 en tiempos de ascenso y descenso es aproximadamente 30%.

Gráfica ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-1. Tiempo empleado a caminar al interior del autobús en función de las hileras de asientos



Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Libro elaborado por Gustavo Fermín Sánchez.

5.1.5 Tipo de acceso, ancho de puertas y altura de los escalones

De acuerdo con el tipo de acceso y ancho de puerta se pueden clasificar en 5 tipos:

Pre-pago

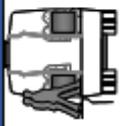
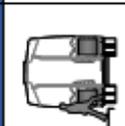
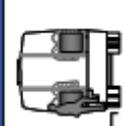
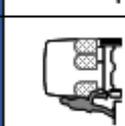
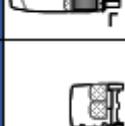
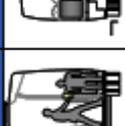
- Tipo I. Acceso a nivel. Entrada tipo autobús articulado, tren ligero y metro. Varía de 1 puerta a 4 puertas.
- Tipo II. Acceso piso bajo. Entrada con un sólo escalón. Regularmente tiene 2 puertas.
- Tipo III. Acceso con escaleras. Regularmente tienen 2 puertas.

Pago al abordar

- Tipo IV. Acceso piso bajo. Entrada con un sólo escalón. Regularmente tiene 2 puertas.
- Tipo V. Acceso con escaleras. Regularmente tiene 2 puertas.

El pre-pago es el más adecuado para los sistemas BRT, permite que los usuarios suban de manera fluida y rápida, al no detenerse cada pasajero a pagar. El pago al abordar no se considera como algo restringido en este tipo de sistemas, ya que permite la flexibilidad de las rutas y autobuses fuera de los corredores, sin embargo, condiciona el tiempo de recorrido y la cantidad de flota de manera considerable. El ancho de puertas también juega un papel muy importante al tomar la decisión de qué tipo de autobús necesitamos para ofrecer y garantizar un buen servicio de transporte. Entre más ancha más facilita el ascenso o descenso de usuarios.

Tabla 3. Comparativo de tiempo de ascenso por pasajero en función del ancho de puerta y tipo de acceso (escaleras o piso bajo)

Tipo I		Tipo III						Tipo IV		Tipo V
Piso Alto	Piso Bajo	Escalones Amplios	Escalones estándar	Escalones Estándar	Escalón estándar escalera tipo caracol	Van Sprinter	Van Unvan	Piso Bajo	Escalones estándar	
										
Pre-pago o pago por anticipado antes de entrar (autobús o vagón); después de abordar, al sentarse (vans); abordaje libre o tarjeta										
0.49 seg.	1.40 seg.	1.50 seg.	1.55 seg.	1.42 seg.	1.71 seg.	2.68 seg.	5.30 seg.	2.50 seg.	4.44 seg.	
1.10 m. ancho en puerta	1.10 m. ancho en puerta	1.12 m. ancho en puerta	0.66 m. ancho en puerta	0.66 m. ancho en puerta	0.66 m. ancho en puerta	0.61 m. ancho en puerta	0.70 m. ancho en puerta	1.10 m. ancho en puerta	0.66 m. ancho en puerta	
1.90 m. alto libre en puerta	1.90 m. alto libre en puerta	2.20 m. alto libre en puerta	2.10 m. alto libre en puerta	2.10 m. alto libre en puerta	2.10 m. alto libre en puerta	1.40 m. alto libre en puerta	1.30 m. alto libre en puerta	1.90 m. alto libre en puerta	2.10 m. alto libre en puerta	
0 escalones Usuarios formados en dos filas	1 escalón de 0.17 m. Usuarios acumulados en desorden	3 escalones de 0.30 m. Usuarios acumulados en desorden	4 escalones de 0.22 m. Usuarios formados en una fila	4 escalones de 0.22 m. Usuarios formados en una fila	4 escalones de 0.22 m. Usuarios formados en una fila	3 escalones de 0.25 m. Usuarios acumulados en desorden	2 escalones de 0.32 m. Usuarios acumulados en desorden	1 escalón de 0.17 m. Usuarios formados en una fila	4 escalones de 0.22 m. Usuarios formados en una fila	
4 filas de asientos	4 filas de asientos	3 filas de asientos	3 filas de asientos	3 filas de asientos	3 filas de asientos	3 filas de asientos	2 filas de asientos	4 filas de asientos	4 filas de asientos	

Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Libro elaborado por Gustavo Fermín Sánchez.

De la tabla anterior también podemos comentar lo siguiente:

Ascensos en terminales de transferencia (pre-pago)

- Tipo I. Se tarda un usuario 0.49 segundos.
- Tipo II. Se tarda un usuario 1.4 segundos.
- Tipo III. Se tarda un usuario de 1.42 a 1.71 segundos de acuerdo con el tipo de acceso.
- Tipo III. En vans de 2.68 a 5.3 segundos por persona.

Ascensos en vía pública o paradas tradicionales (pago efectivo y tarjeta)

- Tipo IV. En autobuses se tarda un usuario 2.5 segundos
- Tipo V. En autobuses se tarda un usuario 4.4 segundos

En la siguiente tabla se muestra un comparativo de tener una ruta con autobús tipo padrón en diferentes condiciones de operación como lo es:

- Tipo de carril. Exclusivo o mixto.
- Tipo de acceso. Puede ser a nivel, piso bajo o escaleras.
- Tiempo de parada. Se muestra un ejemplo de tiempo empleado en ascenso de usuarios considerando los diferentes tipos de acceso.
- Ubicación. Se refiere a que las puertas van de costado izquierdo o derecho, piso alto, piso bajo o con escaleras.
- Velocidad de operación. Se refiere a la velocidad que se obtiene de considerar el tiempo de recorrido, el tiempo detenido en semáforos y en paradas, y que está condicionado al tipo de acceso y carril por donde circula.
- Intervalo. Es el mismo para poder comparar entre los ejemplos, y se considera como el tiempo que transcurre en el que parte un autobús.
- Tiempo de ciclo. Es el tiempo total de recorrido de la ruta que está asociado a la velocidad.
- Flota. Es la cantidad de autobuses que se requieren para atender el intervalo de 3 minutos y recorrer el tiempo de ciclo.
- Flota (%). Es el porcentaje que se incrementa cada ejemplo con respecto a la flota menor.

De la tabla siguiente podemos comentar que el contar con un corredor con la infraestructura (paraderos en el camellón) autobuses con acceso tipo I, y con carril exclusivo, permite contar con condiciones aceptables y favorables para el usuario, concesionario y ente regulador, ya que como se puede observar la velocidad de operación es la menor, sin embargo, cuando las condiciones cambian por contar con paradas en las banquetas y accesos en los autobuses (II al V) se reduce la velocidad y la rentabilidad, y se incrementa el tiempo de viaje y la contaminación, ya que como se puede observar se requiere invertir más tiempo en la ruta y contar con mayor flota.

Tabla 4. Comparativo de tiempo de parada, velocidad, flota por tipo de acceso del autobús tipo padrón

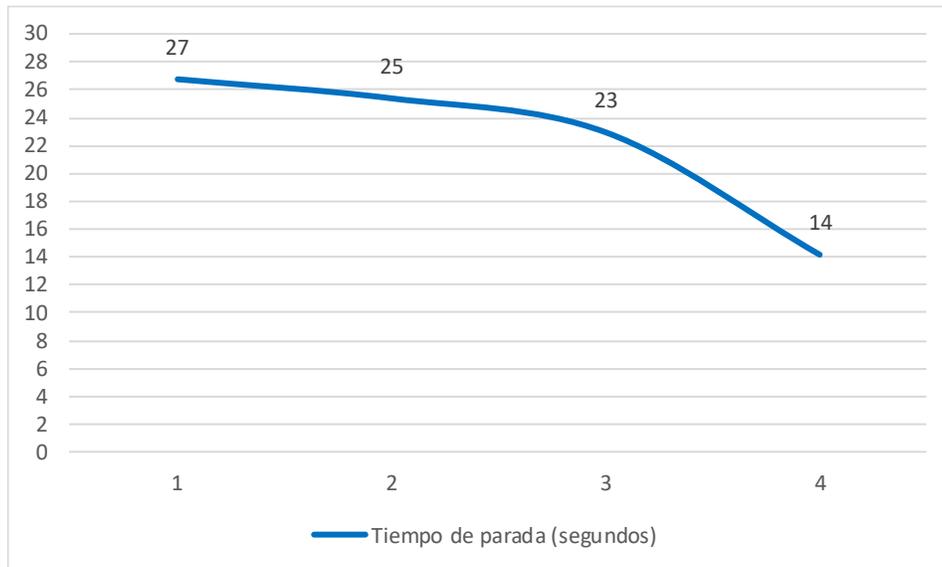
Distancia entre paradas (metros)	Tipo de acceso	Tipo	Tiempo de parada (segundos)	Tipo de vehículo	Tipo de carril	Ubicación de la parada	Velocidad de operación (Km/h)	Intervalo (minutos)	T.ciclo (minutos)	Flota	Flota (%)
500	I	Nivel	18	Padrón 12 metros	Exclusivo	Paradero Izquierda (camellón) Pre-pago	21	3	51	17	0%
500	II	Piso Bajo	21	Padrón 12 metros	Exclusivo	Paradero Izquierda (camellón) Pre-pago	19	3	57	19	11%
500	III	Escaleras	25	Padrón 12 metros	Exclusivo	Paradero Izquierda (camellón) Pre-pago	17	3	64	21	25%
500	IV	Piso Bajo	30	Padrón 12 metros	Mixto	Parada Derecha Banqueta Pago efectivo y tarjeta	16	3	69	23	36%
500	V	Escaleras	40	Padrón 12 metros	Mixto	Parada Derecha Banqueta Pago efectivo y tarjeta	14	3	77	26	51%

Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Libro elaborado por Gustavo Fermín Sánchez.

5.1.6 Número de puertas y ubicación

En el tipo I (acceso a nivel y con prepago) la cantidad de puertas del costado izquierdo en el autobús padrón y articulado, juega un papel predominante en los tiempos de ascenso y descenso de pasajeros. A mayor cantidad de puertas menor será el tiempo de ascenso y descenso de pasajeros, lo cual se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-2. **Tiempo de parada en función de la cantidad de puertas izquierdas a nivel del paradero en autobuses padrón y articulados**

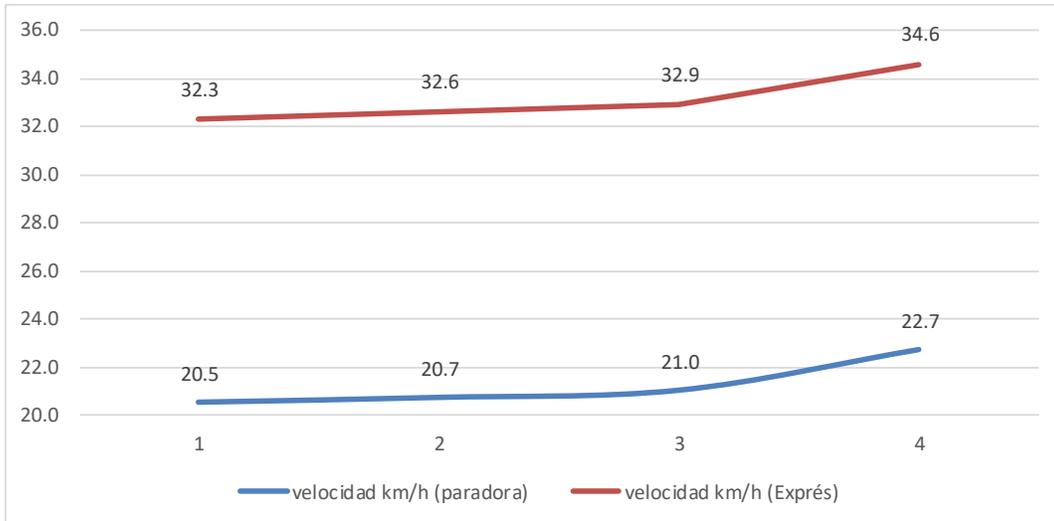


Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Gustavo Fermín Sánchez, Investigación.

De la figura anterior, podemos comentar que a una densidad de 4.5 de personas paradas por metro cuadrado y en una parada donde abordan 7 pasajeros y desabordan 8 pasajeros, se tiene los tiempos de 27, 25, 23 y 14 segundos, para 1, 2, 3 y 4 puertas respectivamente.

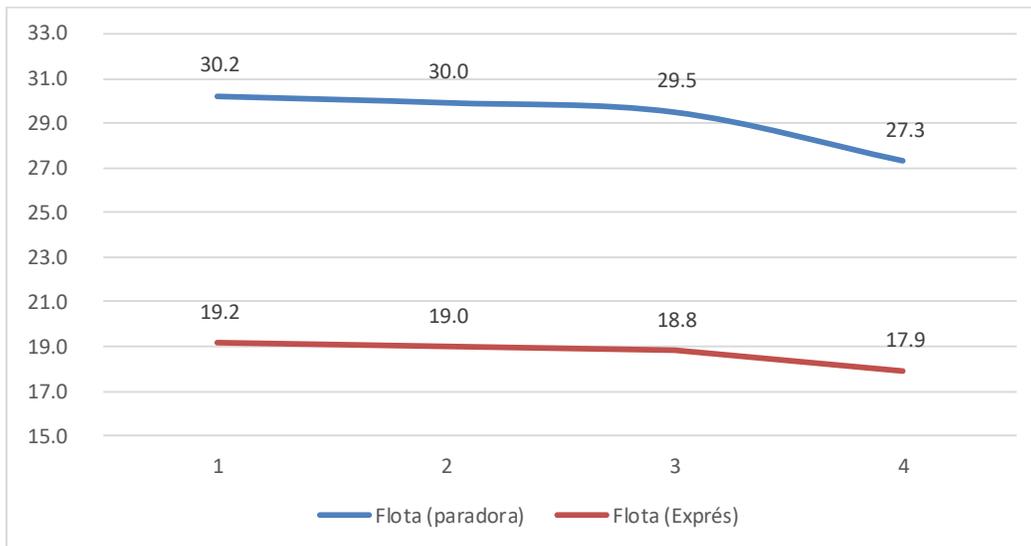
Podrá decirse, que la diferencia de contar con menor o mayor número de puertas es insignificante porque hay una diferencia entre el valor menor al valor mayor de 13 segundos, sin embargo, la rapidez, depende la cantidad de puertas y el tipo de acceso, ya que por ejemplo cada vagón del metro tiene 4 puertas, y el acceso a nivel, lo cual se replica para los autobuses articulados de otros sistemas, en lo que respecta al autobús padrón lo ideal es contar con 3 puertas. Estas características afectan o condicionan a la velocidad de operación, como se muestra en las gráficas siguiente.

Gráfica ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-3. **Velocidad comercial de acuerdo con el tiempo de parada en función de la cantidad de puertas**



Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Gustavo Fermín Sánchez, Investigación.

Gráfica ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-4. Flota de autobuses de una ruta de acuerdo con el tiempo de parada – velocidad comercial



Fuente: ¿Es el BRT la mejor opción?, Gustavo Fermín Sánchez, Investigación.

En la gráfica anterior, se muestra que las velocidades al ser diferentes por la cantidad de puertas esta afecta a la cantidad de autobuses que se necesitan, en este ejercicio se consideró una distancia de 31 km, un intervalo de 3 minutos y las velocidades de la gráfica anterior.

5.1.7 Acoplamiento en paraderos

En plataforma o piso alto

Los autobuses deberán acoplar rápidamente y de manera segura al quedar lo más pegado al estribo del paradero, son dos aspectos de suma importancia en el ascenso y descenso de pasajeros:

- Señalamiento vertical. Esta guía tiene la función de apoyar visualmente al conductor para que coincidan las puertas del autobús con las del paradero. Ya que de no ser así no tiene que hacer maniobras de reversa, perdiendo valioso tiempo. O al quedar desfasadas las puertas del autobús con las del paradero no exista libre flujo de usuarios y esto demore la maniobra de ascenso y descenso.
- Línea guía horizontal. Esta guía permite al utilizarla que el acercamiento del autobús sea mínimo con el estribo del paradero y las puertas del autobús. En este caso no debe quedar a más de 20 cm de despegado, ya que podría caerse una persona.

En plataforma baja o piso bajo

- Señalamiento vertical. Esta guía permite apoyar al conductor para que las puertas del paradero coincidan con las del autobús. A diferencia del piso alto, aquí no se requiere tanta precisión en el aspecto que el autobús de quedar tan pegado a la guarnición.

Como se ha mencionado este tipo de sistemas son eficientes siempre y cuando sean muy pocos los segundos de parada en cada paradero, esto se logra apoyando a los conductores con líneas o puntos de referencia como los que se muestran en las siguientes fotografías.

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-14. Línea guía horizontal de referencia para el conductor cuando acopla el autobús al paradero



Fuente: Recuperado de internet: https://es.wikipedia.org/wiki/Masivo_Integrado_de_Occidente

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-15.. Señalamiento vertical de referencia para el conductor cuando acopla el autobús al paradero



Fuente: Recuperado de internet: Google Earth Pro, Optibus, León, Guanajuato

Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-16. Autobús acoplado



Fuente: Recuperado de internet: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1330603&page=5>