



- ÍNDICE -

DISEÑO DE PARADAS DE AUTOBÚS

1.-	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA.	1
1.1.-	Tipología de paradas.	2
1.2.-	Definición de los vehículos.	6
1.3.-	Trazado en planta.	10
1.3.1.-	Estudio de transiciones	12
1.3.2.-	Tramo recto	20
1.3.3.-	Ejemplo práctico.....	22
1.4.-	Definición del bordillo.	26
1.5.-	Definición de distancias.	28
2.-	OTROS CRITERIOS DE DISEÑO.	32
2.1.-	Accesibilidad	32
2.2.-	Mobiliario urbano.	34
2.3.-	Drenaje.	41
2.4.-	Marcas viales.	42
2.5.-	Andén de la parada.	44
2.6.-	Seguridad.	46
2.7.-	Firme de la calzada.	47
2.8.-	Definición de pasos de peatones.....	48
3.-	GRÁFICAS DE TRANSICIONES.	51
3.1.-	Transiciones de entrada.....	51
3.2.-	Transiciones de salida.....	58
4.-	CONCLUSIONES.	65

1.- DEFINICIÓN GEOMÉTRICA.

En primer lugar comenzaremos definiendo el ámbito de la parada que posteriormente se definirá o sobre el que se impondrán condiciones sobre su diseño. Las paradas de autobús tienen dos ámbitos claramente diferenciados, el ámbito vehicular y el peatonal.

- El **ámbito vehicular** es el que está destinado al tránsito de vehículos. Los autobuses emplearán el mismo para realizar la maniobra de aproximación al andén peatonal, donde cargan y descargan pasajeros, así como su maniobra de reincorporación al tráfico.
- El **ámbito peatonal**. Esta zona está compuesta a su vez por varias partes. En primer lugar el andén desde el que los usuarios acceden al vehículo y donde los vehículos descargan a los usuarios. También se encuentra dentro de este ámbito la zona de espera, así como los accesos desde los viales peatonales adyacentes a la zona de espera y de andén.

Estos dos ámbitos se encontrarán separados mediante un bordillo longitudinal. La geometría de este bordillo, tanto en planta como en alzado, resulta fundamental en el diseño de la parada. La geometría en planta deberá permitir el acercamiento del autobús al andén, y facilitar la maniobra de reincorporación del vehículo al tráfico de la vía. Por otra parte la altura del bordillo será la adecuada para permitir la carga y descarga de pasajeros desde al andén al vehículo en unas óptimas condiciones de seguridad y comodidad.

1.1.- Tipología de paradas.

Tras esta matización, se establece que las paradas de autobús, en función de la alineación de las mismas con respecto a la línea existente de borde de calzada, pueden ser clasificadas como:

- **Entrante:** En este tipo de parada la calzada se amplía en la zona de detención del autobús, alejándose la zona de espera de viajeros de la trayectoria natural de la vía (figura 1).

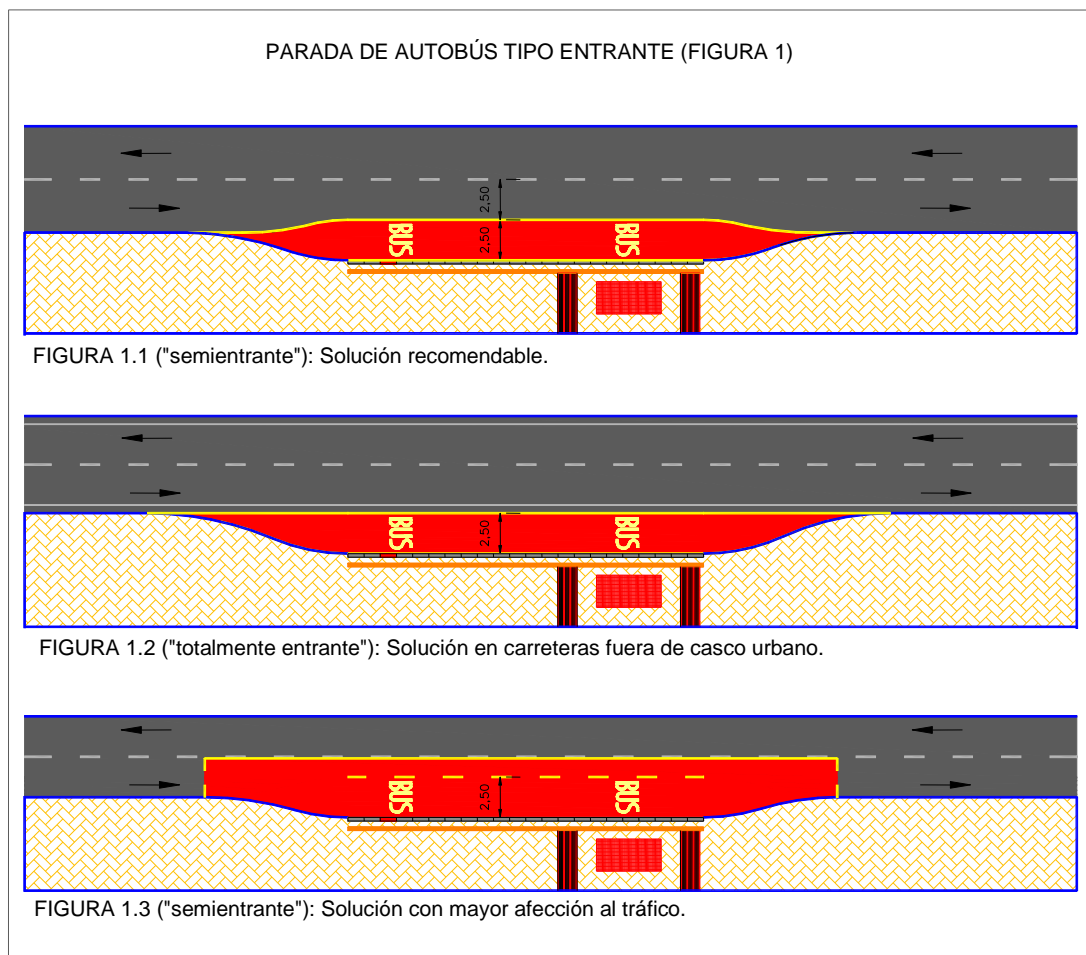


FIGURA 1: Parada Entrante.

- **Saliente:** En las paradas salientes, por el contrario, es la zona de andén la que se introduce en la calzada (figura 2).

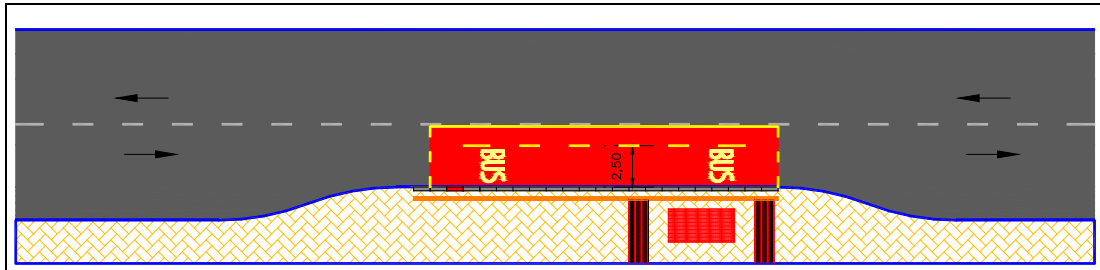


FIGURA 2: Parada Saliente.

- **En línea:** En este último tipo de parada la alineación del borde de la calzada no sufre ninguna variación como consecuencia de la instalación de la parada de autobús (figura 3).

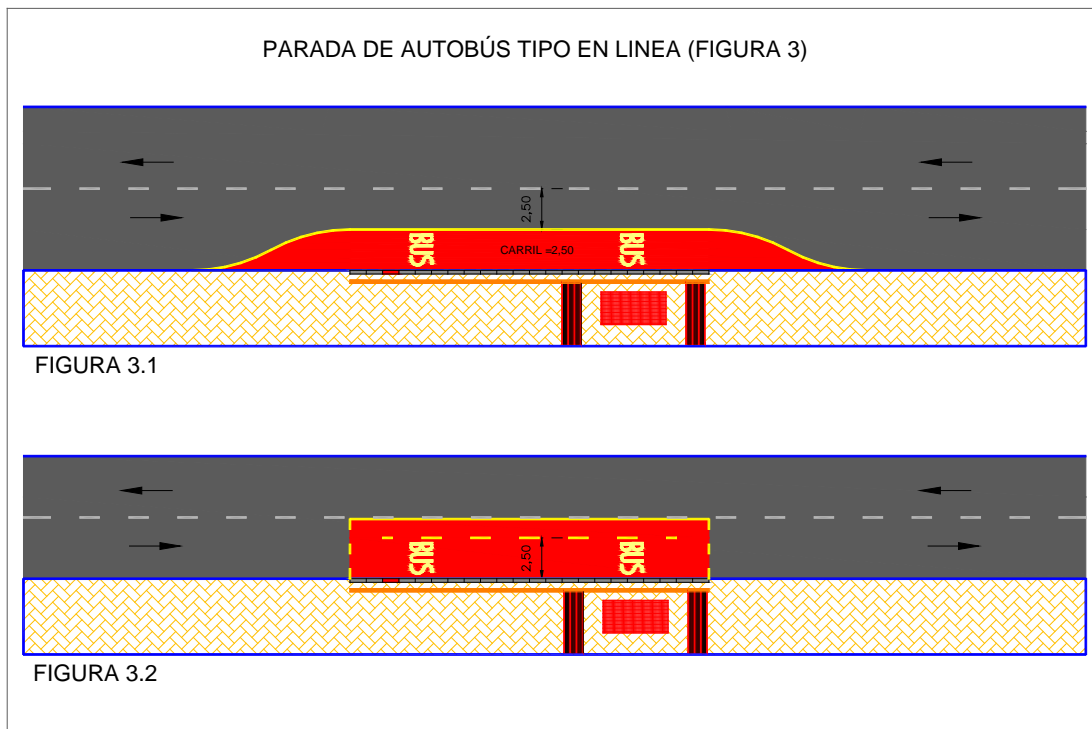


FIGURA 3: Parada en Línea.

De entre todas las alternativas representadas, **la solución a adoptar preferentemente será la mostrada en la figura 1.1**, en la que se realiza un "estrangulamiento" del carril anexo a la zona de parada estableciendo un **ancho del mismo de 2,5 m**, con lo que se pretende conseguir que los vehículos que se aproximen al autobús situado en la zona de parada aminoren la velocidad facilitando la

maniobra de reincorporación del autobús a la vía. Además, esta solución "semientrante" (figura 1.1) ofrece varias ventajas más sobre la solución "totalmente entrante" (figura 1.2), ya que al retranquear en menor medida la alineación del bordillo con respecto a la calzada, se consigue mayor amplitud en la zona del andén de la parada, mejor visibilidad de la aproximación del autobús, y menor longitud total de la zona de parada, lo que contribuye tanto a reducir la posible afección de las zonas peatonales como a facilitar el establecimiento de las nuevas paradas en zonas urbanas más restrictivas en cuanto a disponibilidad de espacio.

Por lo indicado en el párrafo anterior, únicamente deberíamos diseñar la parada de autobús "totalmente entrante" (figura 1.2) en el caso de carreteras fuera de casco urbano, donde esté justificada la necesidad de evitar afecciones al tráfico por seguridad vial. Se debería entonces optar por ubicar la parada en vías de servicio o carriles independientes del tronco principal de la vía.

La opción de parada entrante indicada en la figura 1.3, sólo se utilizaría en casos muy puntuales, ya que la parada del autobús afecta directamente al tráfico de vehículos. Esta solución sólo tiene sentido en el interior de casco urbano siempre y cuando el ancho de acera resultante del diseño de la parada tipo "semientrante" no cumpliera las condiciones de accesibilidad exigibles en el andén peatonal. En la mayoría de los casos, por seguridad vial, tendrá que reforzarse la prohibición de adelantamiento con señalización vertical o marcas viales.

El tipo de parada saliente (figura 2), sólo se prevé en casco urbano y en aquellos casos en los que el ancho de la acera existente sea tan reducido que no permita diseñar un andén en condiciones, siendo a su vez el ancho de la calzada suficiente para poder retranquear el bordillo la distancia que requiera el nuevo andén manteniendo un ancho de carril mínimo de 2,5 m para evitar invasiones del carril de sentido contrario. Habría que señalar convenientemente el estrechamiento de la calzada.

El tipo de parada en línea (figura 3), mantiene la alineación de bordillo existente. En los casos puntuales en los que el ancho de los carriles en el sentido de circulación del autobús sea igual o superior a 5 m, se podría permitir el tráfico de vehículos cuando el autobús se encuentra parado (figura 3.1), señalizando convenientemente según las

instrucciones que establezca la autoridad competente titular de la vía. Por el contrario, en los casos en los que dicho ancho fuera inferior a 5 m, la parada del autobús afectaría directamente al tráfico de vehículos (figura 3.2).

Dependiendo de las características y los condicionantes específicos de la zona donde se vaya a diseñar la parada, también se podrían estudiar otras soluciones puntuales como por ejemplo la de la figura 4, donde se diseña una parada "semientrante" en la que se aprovecha la zona de aparcamiento y parte de la calzada para constituir un andén más amplio.

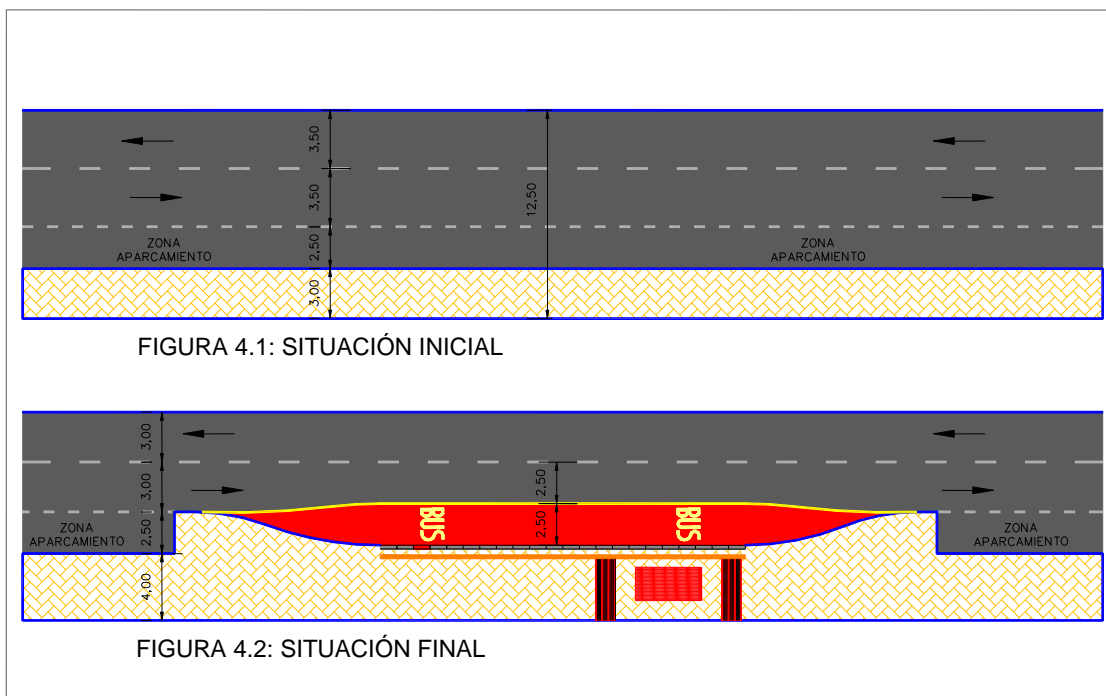


FIGURA 4: Otros casos.

Como norma general, la zona de detención del autobús se limita a un ancho de 2,5 metros para evitar que el autobús se separe del bordillo durante la parada, lo cual dificultaría su accesibilidad. En zonas urbanas se recomienda estrechar hasta 2,5 m el carril anexo a la zona de parada con el fin de obligar a los vehículos a pasar con precaución junto al autobús y así facilitar la maniobra de reincorporación del mismo al tráfico, exigiendo también de esta forma al autobús que se aproxime al bordillo del andén.

1.2.- Definición de los vehículos.

Cada modelo de autobús tendrá unas características particulares, pero como conclusión de la documentación consultada al respecto (figura 5), se pueden extraer los siguientes radios de giro mínimos con carácter general:

TIPO DE AUTOBÚS	Radio interior (m)	Radio exterior (m)
Autobús rígido de 12 m de longitud	6	12
Autobús articulado de 18 m de longitud	5	12

Tabla n°1.- Radios de giro mínimos de autobuses.

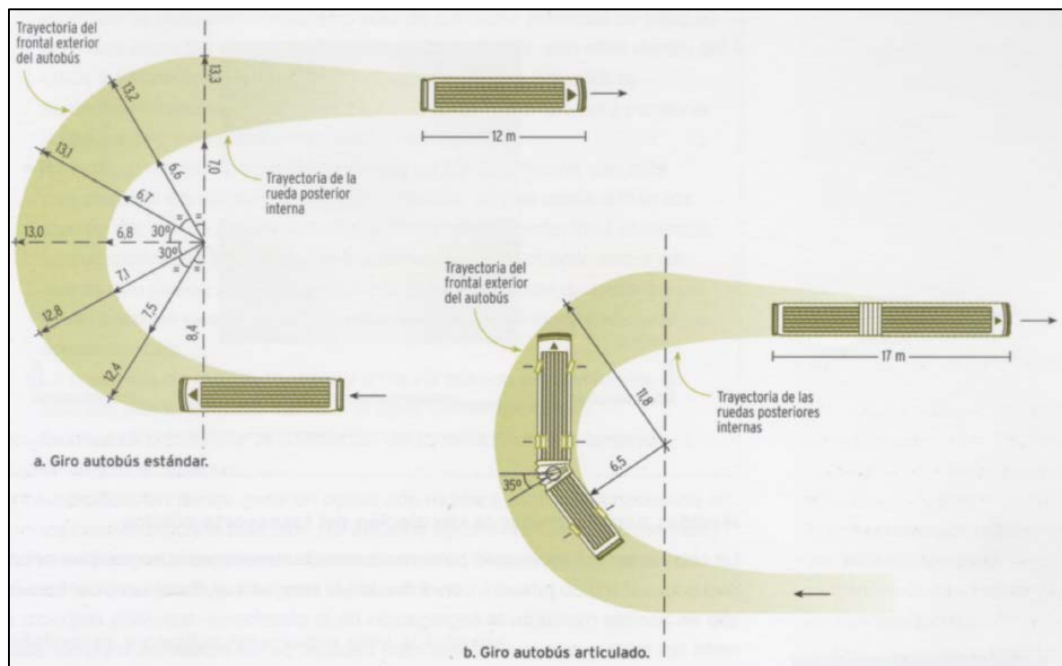


FIGURA 5: Ejemplo de radios de giro de autobuses de una de las fuentes consultadas.

Los radios de la tabla anterior nos sirven tanto para fijar los radios mínimos de las curvas circulares asociadas a las transiciones de entrada y de salida de la parada tipo entrante, así como para poder diseñar cualquier otro elemento que pudiera ser necesario proyectar, como es el caso de glorietas por ejemplo (figura 6).

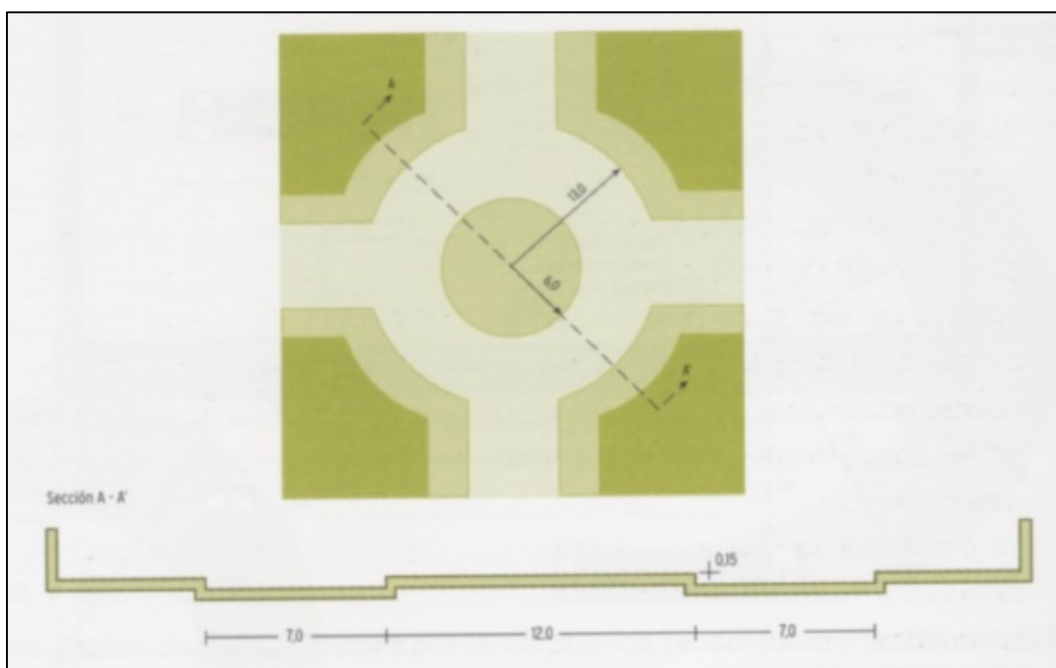


FIGURA 6: Dimensiones de glorietas aptas para autobuses.

La altura media del escalón de acceso y salida del autobús ronda la altura media de entre 30 y 35 centímetros. Se ha empleado esta altura para diseñar la altura que deberá tener el bordillo que divide ámbito vehicular de andén.

Existe un segundo parámetro adicional que condiciona la altura del bordillo. Se trata de la altura del voladizo delantero y trasero del autobús (figura 7). En la parte delantera y trasera del vehículo existen dos zonas del chasis del mismo que sobresalen más allá de sus ruedas. Estas zonas del vehículo pasarán sobre el bordillo en las maniobras de aproximación y reincorporación al tráfico del mismo. La altura de estas zonas en voladizo en los vehículos presenta una altura mínima de 30 centímetros.

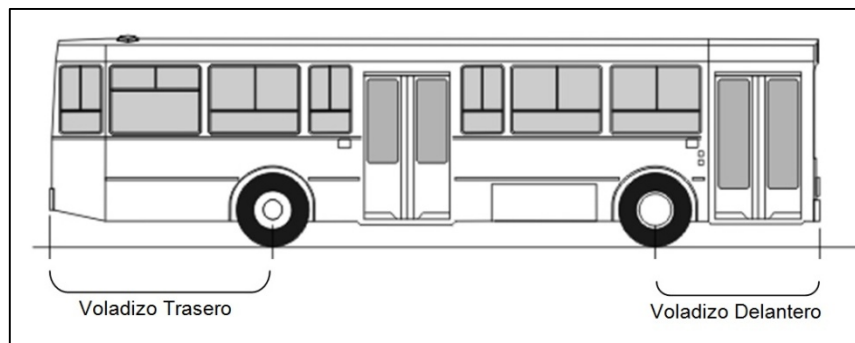


FIGURA 7: Voladizos de autobús.

Los microbuses y autobuses urbanos actuales tienen la mayoría de superficie interior de "suelo bajo", lo que mejora sustancialmente la accesibilidad, pudiendo acceder al interior del mismo también mediante rampas accesorias o mediante dispositivos de arrodillamiento, prestación muy útil a fin de aproximar al máximo el piso del autobús y la superficie exterior: al vaciar el aire de los muelles de suspensión el autobús puede bajar unos diez centímetros (figura 8).



FIGURA 8: Rampa extensible, arrodillamiento y piso bajo mejoran la accesibilidad.

Actualmente, algunos autobuses interurbanos también disponen de parte de su superficie de "suelo bajo", como es el caso del Volvo 8900 Low Entry (figura 9), pero la mayoría tienen escaleras de acceso, corrigiendo esta reducción de accesibilidad mediante la posibilidad de instalar un equipamiento opcional que consiste en una plataforma elevadora, cuyo funcionamiento concreto depende de cada modelo.

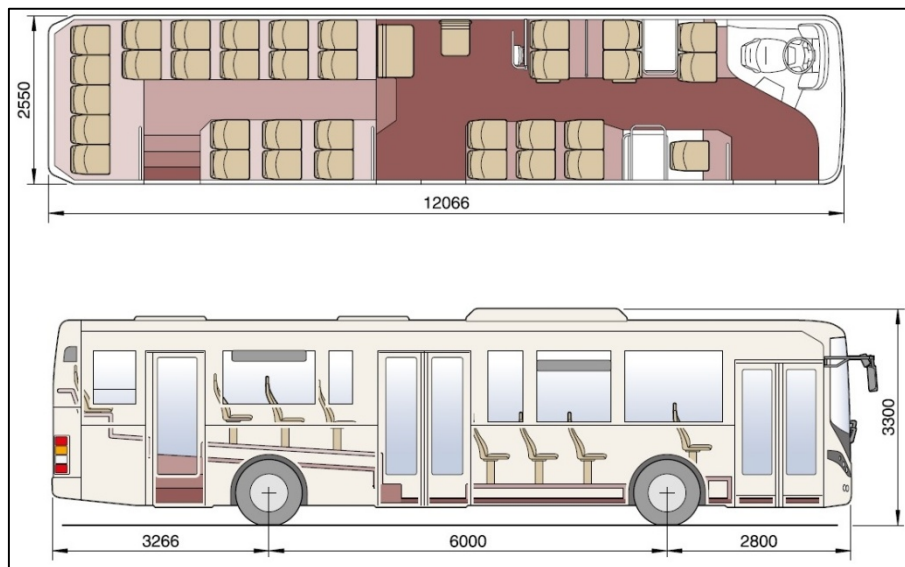


FIGURA 9: Volvo 8900 Low Entry, modelo de autobús interurbano de piso bajo.

1.3.- Trazado en planta.

En este apartado se definen las alineaciones que servirán para replantear los bordillos que delimitan la acera de la calzada en la zona del andén de una parada tipo entrante que, como ya hemos comentado en el apartado 1.1, será la solución más recomendable. Estas alineaciones pretenden aproximarse a la trayectoria que describirá el autobús en sus maniobras de detención en la parada y de reincorporación al tráfico.

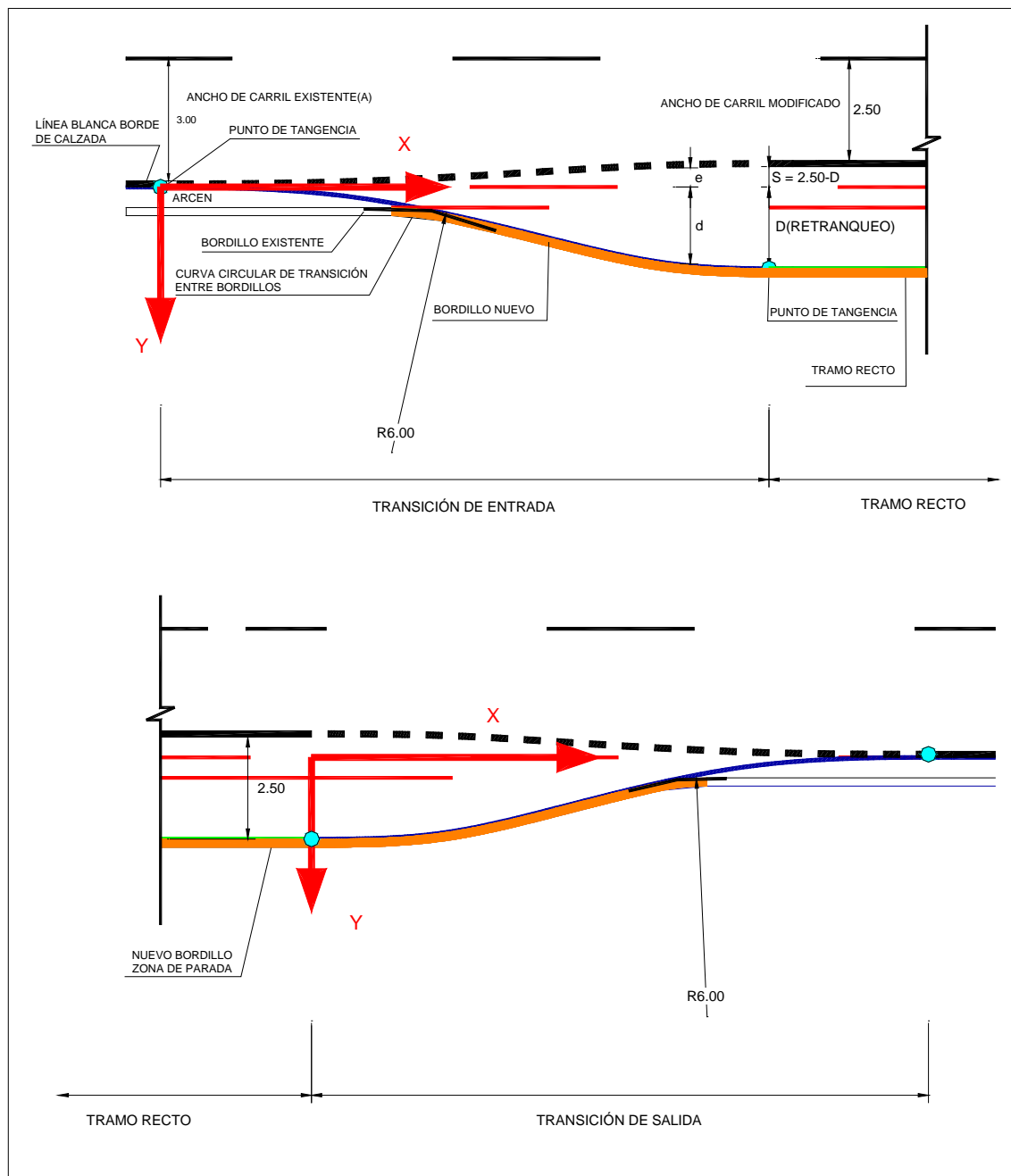


FIGURA 10: Descripción de alineaciones.

El retranqueo (D) que aparece en la figura anterior, y al cual haremos referencia posteriormente, corresponde a la distancia que se amplía la calzada en la zona de parada para permitir la detención del autobús.

En la figura 10 se incluye el detalle de todas las alineaciones que será necesario definir o considerar para el diseño de la parada tipo entrante.

Cabe destacar que las alineaciones que queremos definir:

- 1- Comienzan y acaban en la alineación de la arista exterior de la línea blanca de borde de calzada o en la del pie del bordillo existente en su ausencia.
- 2- Son tangentes a dichas alineaciones.
- 3- Definen concretamente la alineación del pie del nuevo bordillo de la zona de parada, así como las marcas viales correspondientes.

Por ello, en el caso más normal de existir arcén, se tendrá que diseñar una transición entre la alineación del bordillo existente y la nueva alineación descrita en el presente apartado, recomendándose una curva circular tangente a las dos alineaciones y de radio mayor o igual a seis metros, que es el radio de giro interior de la mayoría de autobuses.

En los casos particulares de carreteras fuera de casco urbano en las que haya que mantener el ancho de calzada existente sin afectar el arcén existente, se deberá proyectar una parada del tipo "totalmente entrante" (figura 1.2), y las alineaciones descritas en el presente apartado serán las que definan la totalidad del bordillo de la zona de parada partiendo del bordillo existente o del borde más exterior de la calzada.

Partiendo del estado actual en cada caso, nuestro objetivo será el de facilitar el estacionamiento del autobús paralelo a la parada proyectada y lo más próximo posible al nuevo bordillo, mejorando así la accesibilidad de los usuarios.

1.3.1.- Estudio de transiciones

Con objeto de que los autobuses realicen unas transiciones progresivas durante las maniobras de parada y reincorporación a la vía, se plantea el diseño de las mismas mediante curvas de acuerdo. De esta forma facilitamos la maniobra de aproximación del autobús al andén, haciendo más confortable tanto el acceso al vehículo desde el andén como el descenso del mismo.

Al realizar el acuerdo entre una recta y una curva, se produce una variación brusca de la aceleración centrífuga al pasar de cero en la recta a $\frac{V^2}{R}$ en la curva de radio R, siendo V la velocidad del vehículo en la entrada de la curva.

Para realizar las transiciones entre las curvas circulares y las rectas de la línea blanca del borde de calzada y del bordillo de la parada del autobús de forma progresiva, se plantea el diseño utilizando clotoides para evitar brusquedades en los cambios de radios de curvatura, solucionándose cada transición completa, por un lado la de entrada y por otro la de salida, mediante la intersección de cuatro clotoides en el caso más favorable de no tener limitaciones en cuanto a disponibilidad de espacio o longitud para diseñar las longitudes.

Definimos "transición de entrada" como la trayectoria que describe el autobús desde la vía por la que circula hasta su parada en la zona de andén, y "transición de salida" como la trayectoria que describe el autobús en su reincorporación al tráfico desde allí.

La clotoide es un tipo de curva de transición que permite la unión de ejes con diferentes curvaturas con una variación progresiva de la misma. Estas curvas permiten realizar la transición de curvatura en unas condiciones óptimas de seguridad y comodidad, ya que la variación de la aceleración centrífuga también es progresiva.

Denominamos clotoides en punta a aquellas que se unen entre sí sin la presencia de tramos de curvatura continua (rectas o círculos) entre ellas, para conformar la unión entre alineaciones.

Suponiendo que tenemos un autobús que se aproxima a una velocidad de entrada (V_e) a la zona de parada que se supone con un andén retranqueado una distancia (D), el autobús realizará una **transición de entrada** en la que tendrá que girar primero a derechas (giro positivo), hasta un radio R_1 , para aproximarse al andén y luego a izquierdas (giro negativo), hasta un radio R_2 , para realizar la detención en el **tramo recto** de la parada tipo entrante, saliendo de la transición a una velocidad de salida (V_s):

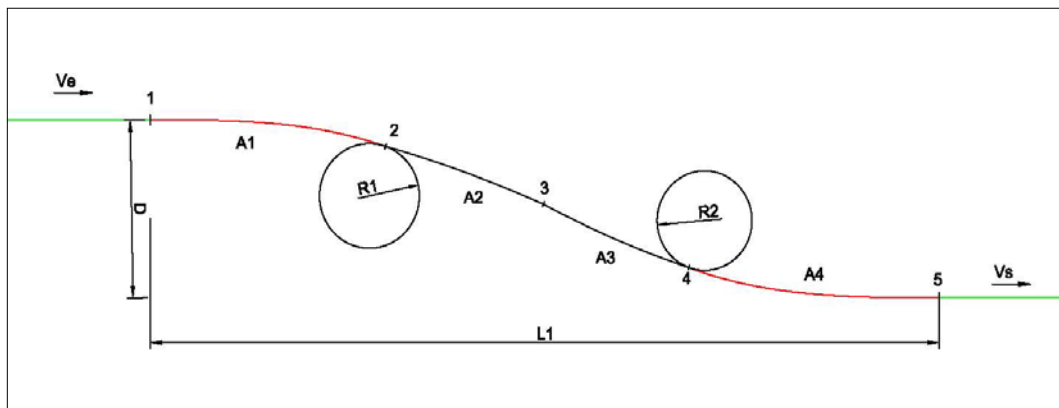


FIGURA 11: Esquema de solución de la transición de entrada sólo con clotoides en punta enlazadas.

El autobús saldrá de su parada en el **tramo recto** a una velocidad (V_p), prácticamente nula, para reincorporarse a la vía que se encuentra retranqueada una distancia (D) con respecto al andén, realizando una **transición de salida** en la que tendrá que girar primero a izquierdas (giro negativo), hasta un radio R_3 , para separarse del andén y luego a derechas (giro positivo), hasta un radio R_4 , para realizar la **reincorporación a la vía** a una velocidad final (V_f):

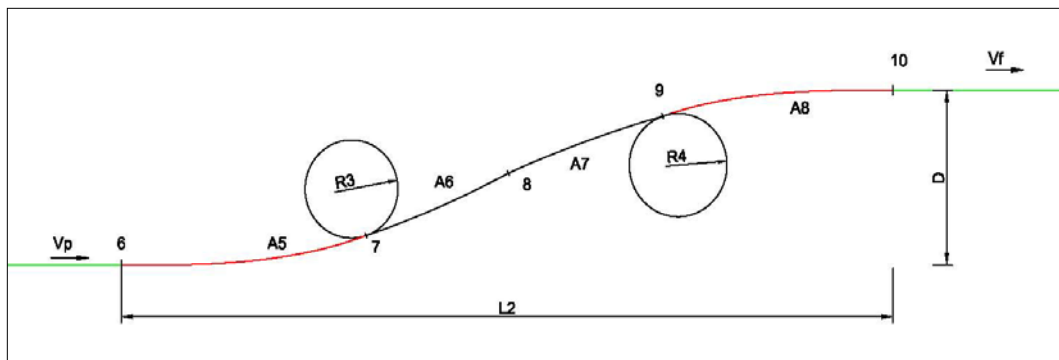


FIGURA 12: Esquema de solución de la transición de salida sólo con clotoides en punta enlazadas.

La velocidad V_e es la misma que V_f , y serán función del tipo de vía en la que se proyecte la ejecución de la parada. Para nuestro estudio, planteamos tres valores distintos para dichas velocidades: 20, 30 y 40 km/h, estimando que para velocidades mayores sería conveniente realizar un carril exclusivo para que el autobús realizará su detención de forma segura sin afectar al tráfico. Además, se plantea una velocidad V_s de 5 km/h, que será la que lleve el autobús al inicio del tramo recto donde comenzará a aproximarse al bordillo para su detención, y una velocidad V_p de 0 km/h al final del tramo recto, después de su detención y coincidiendo con el inicio de la transición de salida.

Los valores de los radios de las curvas circulares R_1 , R_2 , R_3 y R_4 , son función de la velocidad del autobús en los puntos correspondientes. Como veremos más adelante, a mayores velocidades harán falta radios de diseño más grandes.

Se plantea como hipótesis que la velocidad en los puntos singulares de cada transición es la media de las velocidades en los puntos singulares anterior y posterior a los mismos. Con esta hipótesis estaremos del lado de la seguridad, ya que de esta manera, conforme mayor es la velocidad de entrada V_e , mayor será el radio R_1 y, por lo tanto, mayores serán las longitudes de sus curvas de acuerdo, por lo que el diseño permitirá que el autobús frene en mayor medida al final de la transición de entrada.

	TRANSICIÓN DE ENTRADA					TRANSICIÓN DE SALIDA				
	$V_1=V_e$	V_2	V_3	V_4	$V_5=V_s$	$V_6=V_p$	V_7	V_8	V_9	$V_{10}=V_f$
$V_e=V_f=$ =40 km/h	40	31,25	22,5	13,75	5	0	10	20	30	40
$V_e=V_f=$ =30 km/h	30	23,75	17,5	11,25	5	0	7,5	15	22,5	30
$V_e=V_f=$ =20 km/h	20	16,25	12,5	8,75	5	0	5	10	15	20

Tabla nº2.- Velocidades estimadas del autobús en los puntos singulares representados en las figuras 11 y 12.

Se indican en **negrita** las velocidades V2, V4, V7 y V9, porque son las que utilizaremos para calcular los radios R1, R2, R3 y R4, respectivamente, para cada valor de la velocidad Ve, según la fórmula para el cálculo de la velocidad específica en función del radio obtenida del equilibrio de fuerzas durante el giro de un vehículo en una curva, según lo indicado en la Norma 3.1 I.C. Trazado, de la Instrucción de Carreteras:

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot \left(f_t + \frac{P}{100}\right)}$$

Siendo:

V = velocidad específica, en km/h.

R = radio de la curva, en m.

f_t = coeficiente de rozamiento transversal movilizado.

P = peralte en %.

Teniendo en cuenta lo indicado en la Norma 3.1 I.C. Trazado, de la Instrucción de Carreteras, puede deducirse que, en base a los valores del coeficiente de rozamiento transversal movilizado en ella indicados, para velocidades específicas menores de 80 km/h, este coeficiente de rozamiento adoptará los valores que se calculan por medio de la siguiente expresión:

$$f_t = -0,00145 \cdot V + 0,238$$

De la fórmula anterior podemos concluir que, a bajas velocidades, los pequeños peraltes que pueda presentar la zona de parada no afectan a la velocidad específica de la curva. Estimando entonces que $p \approx 0$, podemos calcular los valores de los radios en función de las velocidades específicas mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{30,226 - 0,18415 \cdot V}$$

Si además de la fórmula anterior, aplicamos los radios de giro mínimos de autobuses indicados en la Tabla nº1 del presente documento, obtenemos los siguientes valores para los radios que utilizamos para el diseño de las curvas de acuerdo:

	TRANSICIÓN DE ENTRADA				TRANSICIÓN DE SALIDA			
	V2 (km/h)	R1 (m)	V4 (km/h)	R2 (m)	V7 (km/h)	R3 (m)	V9 (km/h)	R4 (m)
Ve=Vf= =40 km/h	31,25	39,91	13,75	12	10	12	30	36,44
Ve=Vf= =30 km/h	23,75	21,82	11,25	12	7,5	12	22,5	19,41
Ve=Vf= =20 km/h	16,25	9,70	8,75	12	5	12	15	8,19

Tabla nº3.- Radios mínimos calculados en función de la velocidad del autobús en los puntos singulares.

Los valores de radios marcados en rojo en la tabla anterior son los que se obtienen por la limitación de radios de giro mínimos de los autobuses (ver Tabla nº1), siendo estos valores más restrictivos que los calculados en función de la velocidad.

En la siguiente figura se incluye un ejemplo de las diferentes soluciones de diseño de la transición de entrada de la parada tipo entrante, para una velocidad (V_e) y un retranqueo (D) fijos, partiendo de los valores de $R1$ y $R2$ de la tabla anterior.

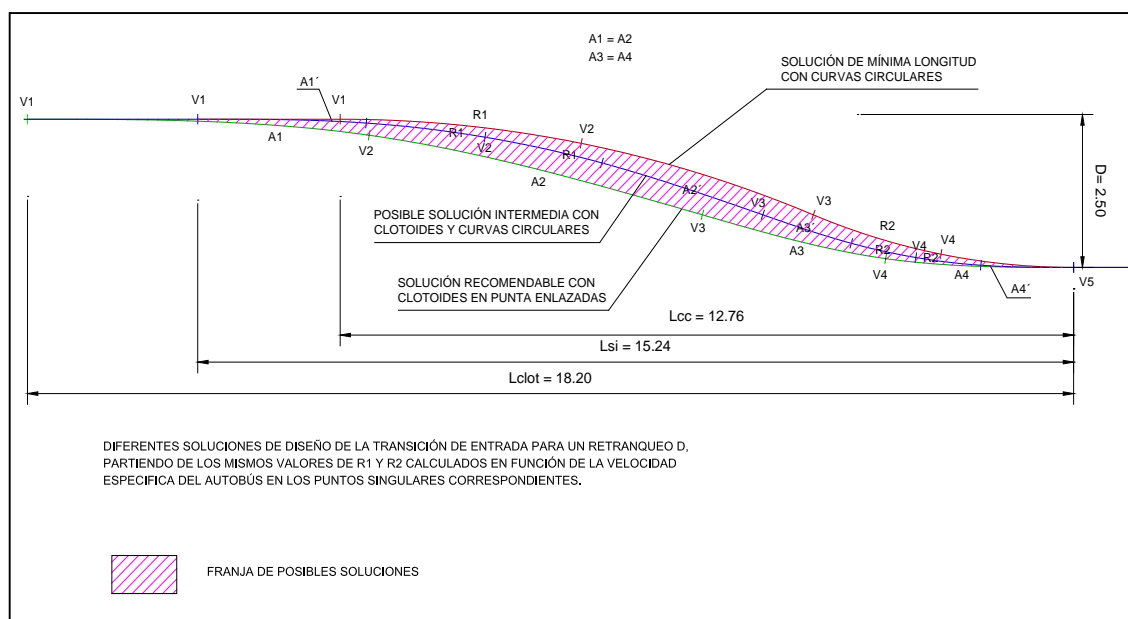


FIGURA 13: Soluciones de diseño en planta de transición de entrada.

En la figura anterior se puede observar como hay una franja de infinitas soluciones intermedias entre la opción más progresiva y de mayor longitud, que es la obtenida mediante la intersección de dos grupos de dos clotoides en punta, y la más brusca y de menor longitud, obtenida mediante la tangencia de las dos curvas circulares de radios R_1 y R_2 .

La ecuación intrínseca de la clotoide es: $R \cdot L = A^2$

Siendo:

R = radio de curvatura en un punto cualquiera.

L = longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R=\infty$) y el punto de radio R .

A = parámetro de la clotoide, característico de la misma.

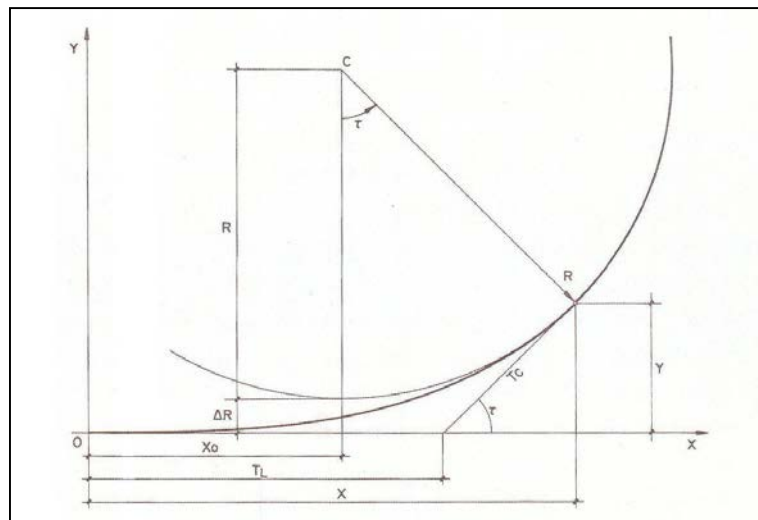


FIGURA 14: Detalle de las variables de una clotoide.

Otros valores a considerar son (Figura 14):

R_0 = radio de la curva circular contigua.

L_0 = longitud total de la curva de transición.

ΔR_0 = retranqueo de la curva circular.

α_L = ángulo de desviación que forma la alineación recta del trazado con la tangente en un punto de la clotoide (en radianes: $\alpha_L = \frac{L}{2 \cdot R}$)

α_{L_0} = ángulo de desviación en el punto de tangencia con la curva circular.

En el último apartado del presente documento de "Diseño de paradas de autobús", se adjuntan unas GRÁFICAS DE TRANSICIONES con las que poder diseñar y replantear todas las curvas de transición de una parada tipo entrante.

Las soluciones más progresivas incluidas en las GRÁFICAS DE TRANSICIONES son las correspondientes a la solución de dos grupos de dos clotoides en punta con los mayores valores posibles del parámetro A_i , sin presentar solapes ni discontinuidades. Los parámetros A_i de cada una de las dos clotoides en punta tienen el mismo valor y tendrán la misma longitud de desarrollo total (L_0), ya que parten de un radio de curvatura infinito hasta interceptar con una curva circular del mismo radio.

Además, como se trata de dos grupos de dos clotoides en punta enlazadas entre sí, que se unen tangencialmente con dos rectas paralelas, tendremos que el ángulo de desviación α_{L_0} será el mismo en los dos grupos y, por lo tanto, también en cada clotoide, y como $\alpha_L = \frac{L}{2 \cdot R}$, todas las clotoides de una misma transición tendrán la misma relación $\frac{L}{R}$, y como $A^2 = L \cdot R$, también tendrán las mismas relaciones de $\frac{A}{L}$ y de $\frac{A}{R}$.

Si representamos el diagrama de curvaturas de la solución más progresiva, con los parámetros de las clotoides máximos, tendremos el siguiente gráfico:

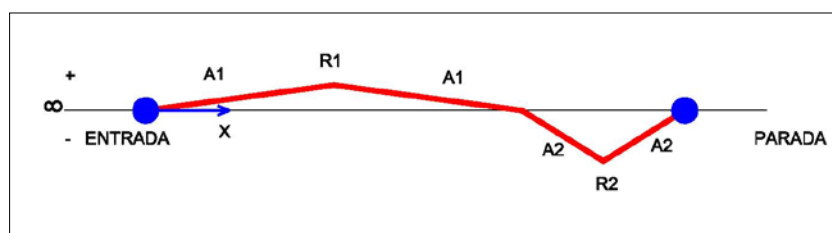


FIGURA 15: Diagrama de curvaturas de la transición de entrada sólo con clotoides.

Si ahora representamos el diagrama de curvaturas de la solución más corta, con las curvas circulares de los radios de la Tabla nº3, observaremos los cambios bruscos de curvatura que se originan:

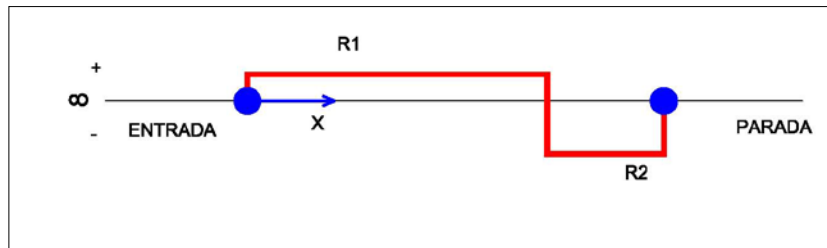


FIGURA 16: Diagrama de curvaturas de la transición de entrada sólo con curvas circulares.

Entre las dos opciones de diseño indicadas, caben infinitas soluciones que se obtendrán aplicando parámetros intermedios de las clotoides desde el cero hasta su valor máximo posible. Si representamos el diagrama de curvaturas de cualquiera de estas soluciones, obtendremos un gráfico como el siguiente:

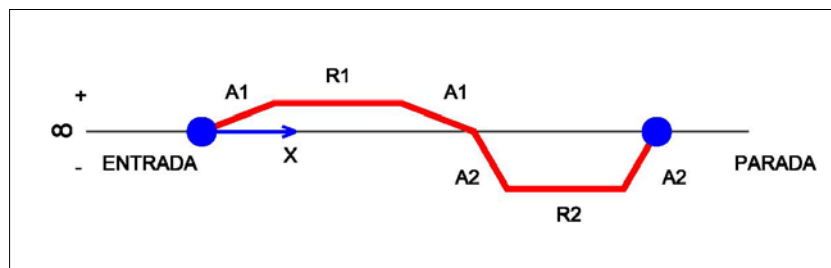


FIGURA 17: Diagrama de curvaturas de una solución intermedia, con clotoides y curvas circulares.

Para saber cuál es el intervalo de valores de retranqueo (D) que será necesario en la práctica, siguiendo la nomenclatura de las variables indicadas en la figura 10, consideramos que el ancho del carril existente (A) tiene un ancho que podría oscilar entre 2,5 y 4 metros. Sabiendo que, con el estrangulamiento de dicho carril en la zona de parada, el nuevo ancho de carril será de 2,5 metros y que necesitamos de otros 2,5 metros de ancho para la propia parada, tenemos que:

$$\begin{aligned}
 2,5 &\leq A \leq 4 \\
 S &= A - 2,5 \quad \Rightarrow \quad A = S + 2,5 \quad \Rightarrow \quad 0 \leq S \leq 1,5 \\
 D + S &= 2,5 \quad \Rightarrow \quad 1 \leq D \leq 2,5
 \end{aligned}$$

Como queda demostrado, nos interesará representar las GRÁFICAS DE TRANSICIONES entre los valores de retranqueo (D) de 1 y 2,5 metros.

Para el diseño y replanteo de todas las posibles transiciones, se decide representar una gráfica con las tres velocidades de diseño (20, 30 y 40 km/h), para cada intervalo de retranqueo de 20 cm, entre 1 y 2,5 metros. Así, para cada una de las dos transiciones (de entrada y de salida), tendremos nueve gráficas, una para cada valor de retranqueo (D) = 1 - 1,2 - 1,4 - 1,6 - 1,8 - 2 - 2,2 - 2,4 - 2,5. En el último apartado del presente documento se incluyen estas GRÁFICAS DE TRANSICIONES, separadas según sean de entrada o de salida, que facilitarán el replanteo de los bordillos a colocar y determinarán la longitud de la parada.

Las GRÁFICAS DE TRANSICIONES se representan con una escala vertical diez veces mayor que la escala horizontal para evitar errores durante la toma de datos de las zonas más próximas a los extremos de las transiciones, donde los incrementos en el eje de abscisas o eje X son mucho mayores que los incrementos en el eje de ordenadas o eje Y. Para evitar estos errores, también se ha decidido marcar las divisiones del eje Y con menor interdistancia en las zonas más próximas a los extremos de las transiciones.

1.3.2.- Tramo recto

Considerando las dimensiones y características de un autobús de 12 m de longitud, se establece que en la zona de parada debe existir una alineación recta con una longitud de 22 m, longitud necesaria para que los autobuses de este tipo realicen correctamente la maniobra de aproximación al bordillo de la parada para su posterior detención facilitando al máximo el acceso al autobús por parte de los usuarios. En los croquis de paradas (figuras 1, 2 y 3) se resalta dicha alineación representándola con una franja de bordillo de color gris. En los casos de paradas destinadas a autobuses de distinta longitud tendrá que reducirse o ampliarse la distancia de 22 m según la longitud de los mismos.

Como en el caso de la transición de entrada, en los casos en que la longitud de la parada se vea restringida por los condicionantes de la zona de actuación, se podrían reducir las longitudes del tramo recto según la siguiente tabla:

TIPO DE AUTOBÚS	Longitud recomendable (m)	Longitud mínima (m)
Autobús rígido de 12 m de longitud	22	14
Autobús articulado de 18 m de longitud	30	21

Tabla nº4.- Longitudes del tramo recto según el tipo de autobús.

Caso aparte serán las paradas intermodales, de regulación o las estaciones de autobuses, en cuyo diseño se tiene que prever el número y la longitud de los autobuses a los que se destina el servicio, así como el orden de parada y de reincorporación a la vía de los mismos para, en su caso, permitir además el posible adelantamiento entre autobuses con el fin de no reducir el rendimiento de la infraestructura (figura 18).

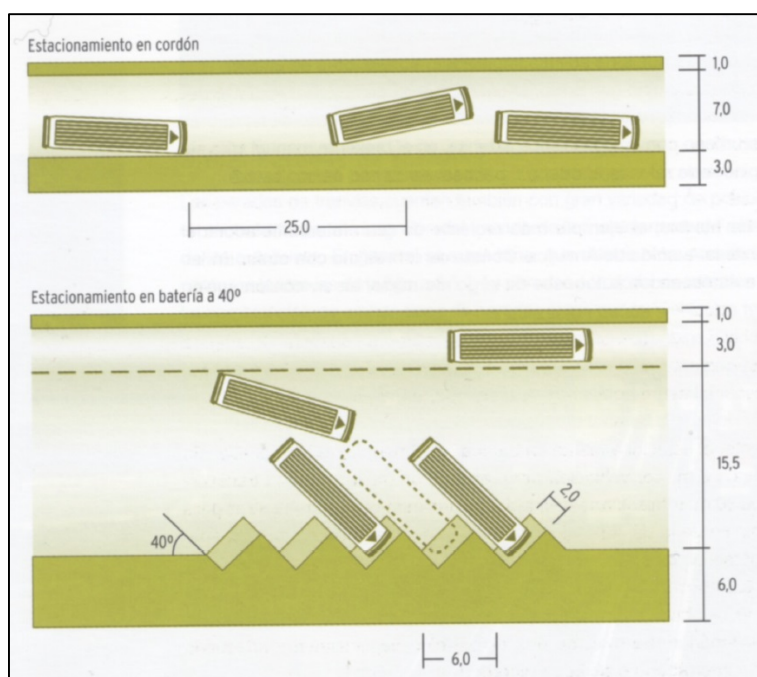


FIGURA 18: Dimensión de las dársenas en estación de autobuses tipo.

1.3.3.- Ejemplo práctico

Para el diseño de cualquier parada tipo entrante, debemos considerar que la transición de salida es menos restrictiva que la de entrada, ya que en la de salida, el autobús parte de su posición parado y puede adaptarse a unos radios de giro mínimos para su reincorporación a la vía.

Inicialmente, trataremos de encajar una parada con sus transiciones de entrada y salida formadas exclusivamente por clotoides y con la longitud del tramo recto recomendada en la Tabla 4, pero cuando tengamos problemas de espacio o longitud disponible deberemos ir a soluciones intermedias, recortando longitud preferiblemente de la transición de salida y del tramo recto en la medida de lo posible.

Veamos a continuación un caso práctico.

Si queremos diseñar una parada en la que nuestro autobús rígido de 12 metros de longitud, comience la transición y se incorpore a la vía a una velocidad aproximada de unos 30 km/h, con un retranqueo (D) de 2 metros, tendremos las siguientes opciones, de máximos y mínimos, con sus respectivas longitudes parciales y totales (en metros):

	Transición entrada	Tramo recto	Transición salida	Longitud total
Solución + corta (curvas circulares)	11,46	14,00	11,03	36,49
Solución + larga (clotoides)	16,31	22,00	15,71	54,03
<i>Diferencias</i>	<i>4,86</i>	<i>8,00</i>	<i>4,68</i>	<i>17,54</i>

Tabla nº5.- Longitudes, en metros, de las soluciones más corta y más larga para $V_e=30\text{km/h}$ y $D=2\text{m}$.

Supongamos que en nuestro caso tuviéramos una restricción de espacio en la zona de actuación que no nos permitiera diseñar una parada de autobús de más de 50 metros de longitud.

Primero, intentaremos mantener la longitud de la transición de entrada de la solución óptima con clotoides que es de 16,31 metros, tal y como podemos ver en la tabla nº5 o en la gráfica nº6 de transiciones de salida del punto nº3 del presente documento.

En el tramo recto, podríamos reducir, por ejemplo, un 25% la opción recomendable de 22 metros con respecto a la longitud mínima de 14 metros, dejando el tramo recto en unos 20 metros.

Entonces, tendríamos que adaptar la transición de salida para que su longitud fuera de 13,69 metros:

$$L = 50 - 16,31 - 20 = 13,69 \text{ m}$$

Para ello, calcularemos el coeficiente para interpolar entre las dos transiciones representadas para una "Ve" de 30 Km/h en la gráfica nº6 de las transiciones de salida del punto nº3, correspondiente a un retranqueo de 2 metros:

$$L_{T(\text{clotoides})} - L_{T(\text{curvas circulares})} = 15,71 - 11,03 = 4,68$$

$$L_{T(\text{nueva transición})} - L_{T(\text{curvas circulares})} = 13,69 - 11,03 = 2,66$$

$$\left. \begin{array}{l} 4,68 \longrightarrow 1 \\ 2,66 \longrightarrow K \end{array} \right\} K = \frac{2,66}{4,68} = 0,5684$$

A partir de la toma de datos de la gráfica nº6 de las transiciones de salida del punto nº3, aplicando el coeficiente "K" anterior, obtendremos los datos (Xm, Ym) de la nueva transición intermedia de 13,69 metros de longitud total en el eje X:

Ym	Xi (c.circulares)	Xf (clotoides)	Dif (Xf-Xi)	K	Xm (Xi+K*Dif)
0,00	11,03	15,71	4,68	0,5684	13,69
0,10	9,05	11,85	2,80		9,05
0,20	8,25	10,85	2,60		8,25
0,30	7,65	10,20	2,55		7,65
0,40	7,10	9,55	2,45		7,10
0,50	6,65	9,05	2,40		6,65
1,00	4,85	6,90	2,05		4,85
1,50	3,45	4,85	1,40		3,45
1,60	3,05	4,55	1,50		3,05
1,70	2,70	4,10	1,40		2,70
1,80	2,20	3,50	1,30		2,20
1,90	1,55	2,80	1,25		1,55
2,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Tabla nº6. - Interpolación entre la transición de curvas circulares y la de clotoides para una longitud objetivo.

Con los valores de "Xm" e "Ym" obtenidos en la tabla anterior podremos replantear la nueva curva de transición intermedia, la cual queda representada en el siguiente gráfico entre la transición de curvas circulares y la de clotoides:

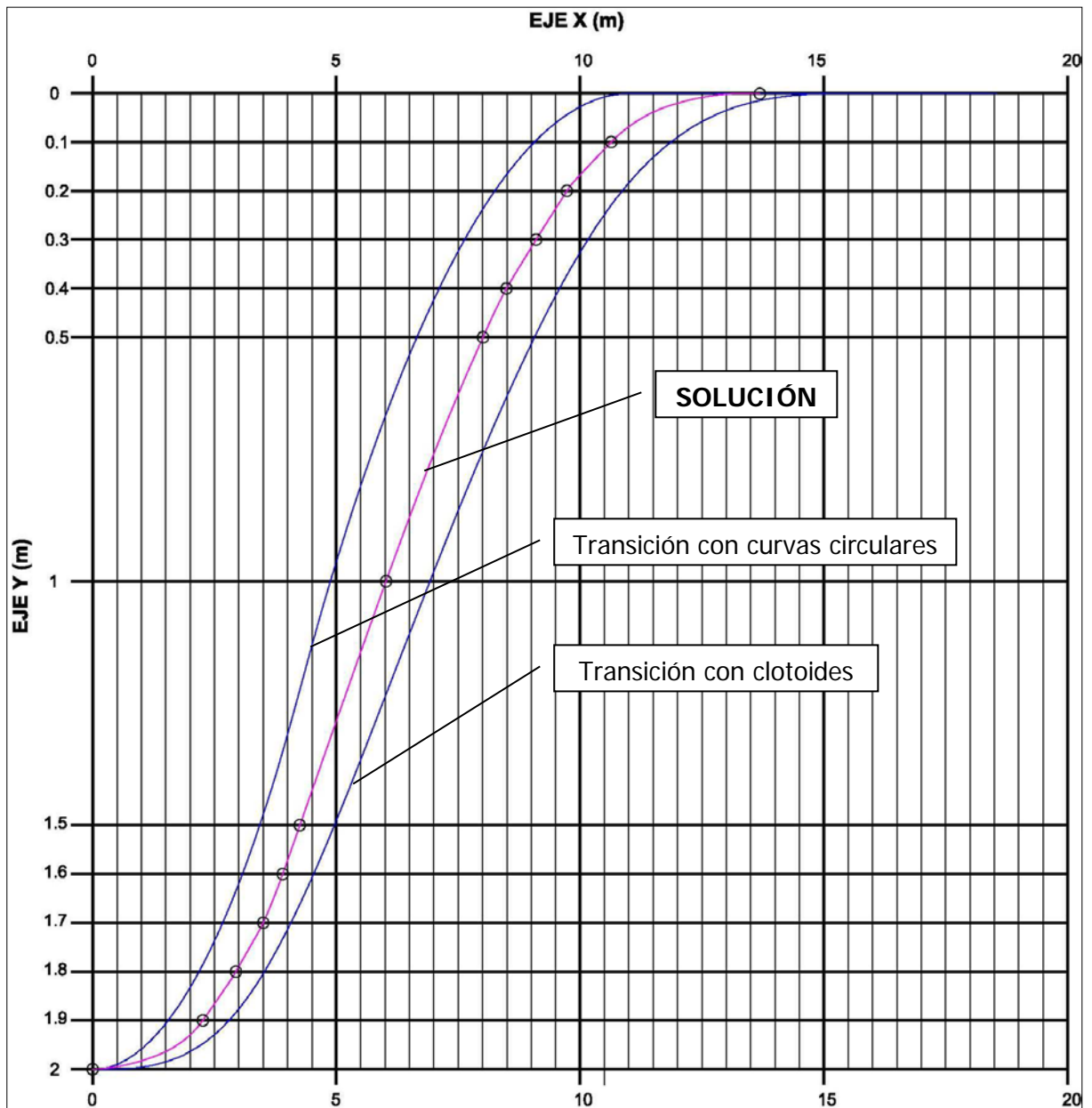


FIGURA 19: Gráfico de transición de salida forzada a una distancia total intermedia de 13,69 metros.

1.4.- Definición del bordillo.

Para mejorar la aproximación del autobús a las aceras o plataformas se han desarrollado tipos especiales de bordillos biselados que permiten aproximarse al vehículo de forma suave, sin impactar ni dañar los neumáticos, de forma que el contacto permite al conductor dejarse guiar fácilmente (figura 20).

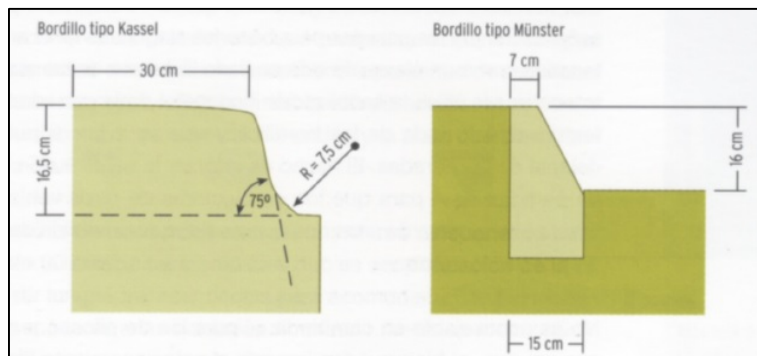


FIGURA 20: Bordillos biselados para mejorar el acercamiento del autobús a las paradas.

Estudiando la oferta de mercado para elegir un tipo de bordillo como los de la figura anterior, pero con un precio unitario más contenido por no ser tan singular como los tipos Kassel o Münster, por ejemplo, podemos elegir bordillos del tipo remontable colocándolos sobre su "altura" ("C") en vez de sobre su "base" ("B"), según la siguiente figura:

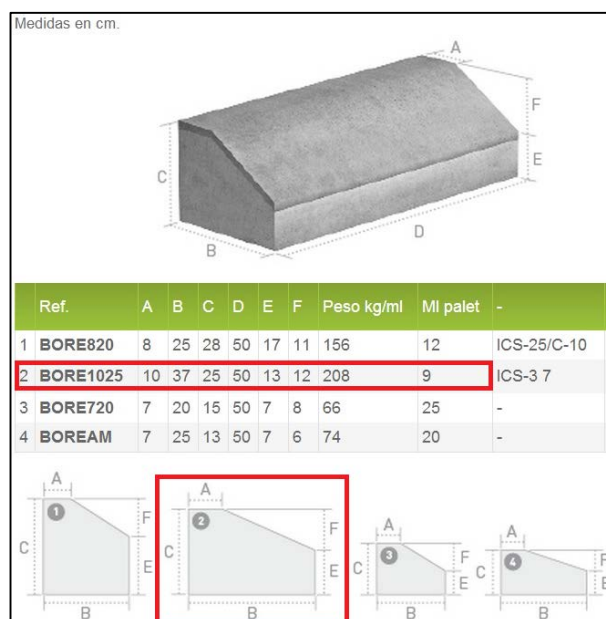


FIGURA 21: Ejemplo de bordillo remontable prefabricado adecuado.

Nuestro bordillo tendrá una altura de 17 cm sobre la calzada (figura 22). Una altura superior de bordillo puede provocar desperfectos tanto en autobuses como en el pavimento del andén, mientras que una altura inferior reduciría la accesibilidad al formarse un desnivel entre el andén y la plataforma de los autobuses adaptados.

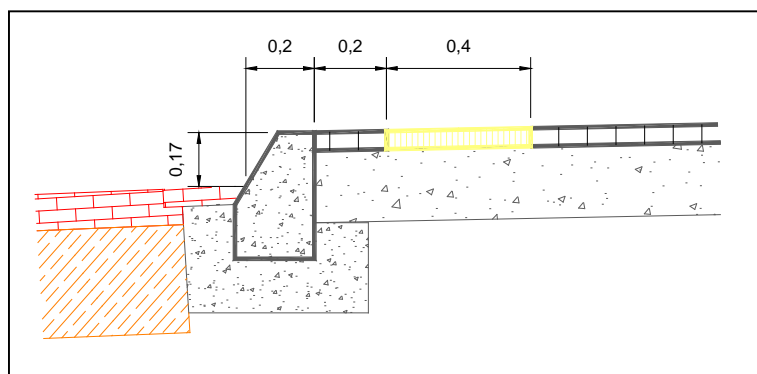


FIGURA 22: Sección de la zona de parada. Altura de bordillo.

Además, todo el bordillo a ejecutar entre el principio de la transición de entrada y el final de la transición de salida será de hormigón en masa de tipo no montable, con una inclinación en la cara de la calzada que permita al autobús aproximarse al máximo tanteando suavemente la ubicación del mismo con su rueda delantera derecha (figura 23), ofreciendo dicha cara del bordillo un ángulo de unos 60° a 65° sexagesimales con respecto a la horizontal.



FIGURA 23: Detalle de la utilización del bordillo para aproximación (guiado) del autobús al andén.

1.5.- Definición de distancias.

En la sección tipo de la parada de autobús (figura 18), se define una línea denominada "LÍNEA DE RETRANQUEO". Esta línea delimita la zona que debe estar libre de todo tipo de obstáculos para que el conductor del autobús pueda realizar la maniobra de acercamiento al bordillo convenientemente, sin temor a colisionar con algún obstáculo. Además, esta línea delimita la zona que no debe ser rebasada por los peatones para no correr riesgo de atropello.

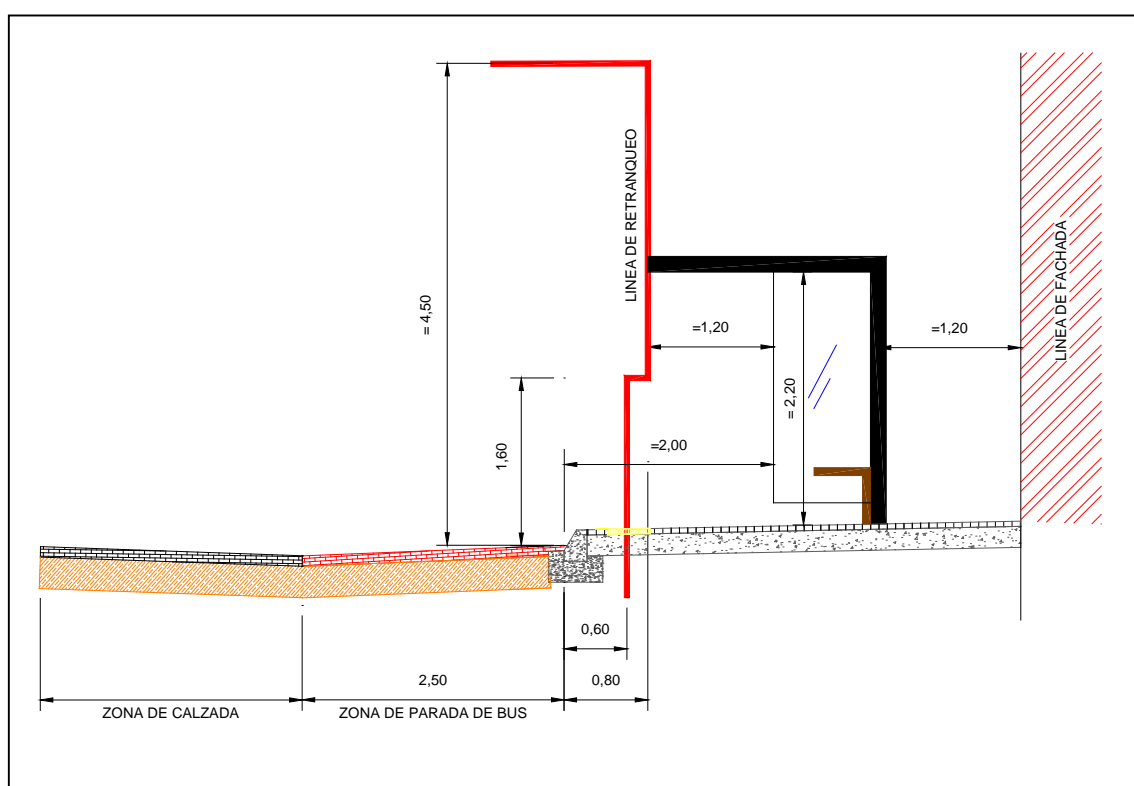


FIGURA 24: Sección tipo de parada de autobús. Representación de "línea de retranqueo".

Teniendo en cuenta el barrido del autobús sobre la acera durante las maniobras de aproximación al andén, no podrán colocarse elementos de porte en la zona comprendida entre el pie del bordillo y una línea imaginaria situada 80 cm medidos hacia el interior de la acera. De igual modo, no podrá colocarse ningún tipo de elemento en la zona de parada en el espacio comprendido entre la línea de bordillo y una línea situada 60 cm hacia el interior de la acera.

Por lo anteriormente citado, la distancia mínima que deberá quedar libre de acera frente a la marquesina será de 80 cm para evitar daños materiales. Además, por motivos de accesibilidad, se prevé que la marquesina permita el paso por delante, así que deberá dejar un ancho libre de paso mínimo de 1,20 m, disponiendo entonces una distancia libre de obstáculos de 2,00 m hasta el pie de bordillo, ya que por motivos de seguridad se restringe el acceso de personas a la franja de 80 cm de ancho más próxima a la calzada (figura 24). Además, siempre que sea posible se permitirá el paso peatonal por detrás de la marquesina. Se tendrá en cuenta la normativa de accesibilidad vigente en cada caso.

En los casos de paradas de autobús en las que se considere conveniente el diseño de cubiertas de marquesinas o estructuras que vuelen sobre la calzada para ofrecer sombra a un autobús que realiza la regulación o para cualquier otra finalidad convenientemente justificada, se establece un gálibo mínimo recomendado de 4,50 m, pudiéndose reducir dicha altura sólo en el caso de que se disponga de un control de acceso o de gálibo anterior, aunque finalmente esta condición será la que establezca la autoridad competente en la materia.

Por último, se dejará una "ZONA LIBRE DE OBSTÁCULOS" para poder observar, desde el punto de espera de los peatones, la llegada del autobús con una antelación suficiente que les permita prepararse para acceder al mismo una vez este se haya detenido. Esta zona aparece sombreada de color amarillo en la siguiente figura:

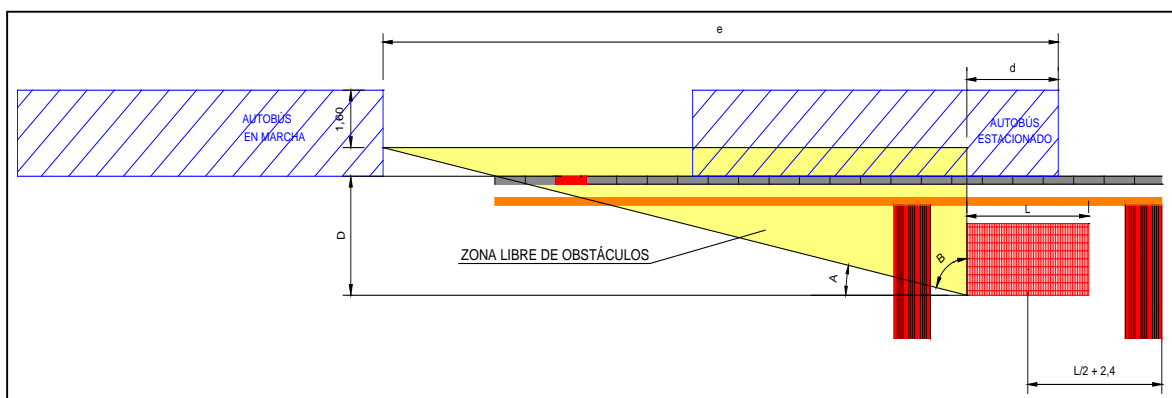


FIGURA 25: Vista en planta de la zona de parada. Representación de "zona libre de obstáculos".

El ángulo A que delimita esta zona, en la que no se colocarán elementos que obstaculicen la visual del usuario que espera el autobús, se definirá mediante la siguiente expresión (con las hipótesis de que el ancho del autobús es de 2,40 m, que tienen que ser vistas dos terceras partes de su frontal y que va pegado al bordillo en un tramo recto):

$$A = \arctg \left(\frac{D + 0,8}{e - d} \right)$$

Donde:

D = distancia entre el punto de espera de viajeros y el bordillo.

e = distancia recorrida por el autobús entre que es visto y su parada:

$e = Vm \times T$, donde:

- Vm = velocidad media de aproximación del autobús a la parada, desde el punto en que es percibido hasta el punto donde se detiene.
- T = tiempo que transcurre desde que una persona observa el autobús hasta que se prepara para poder acceder al mismo.

d = distancia entre la parte delantera del autobús parado y el punto de espera de viajeros considerado, medida según la alineación del bordillo. El acceso al autobús estará entre 1 y 2 m desde el frontal. El autobús deberá realizar la parada con la puerta de acceso centrada en la marquesina.

Para tener un orden de magnitud de dicha superficie libre de obstáculos, realizamos las siguientes interpretaciones:

- Se estima un valor de $D = 4$ m (depende de las dimensiones de la marquesina o de la zona de parada y del ancho de acera).
- Se estima Vm, en zona urbana, de 30 km/h (depende de la velocidad de la vía y de las maniobras de detención del autobús).
- Se adopta un valor de $T = 8$ seg (depende de las condiciones de reacción y de movilidad del usuario).
- Se estima $d = 3,5$ m (depende de las dimensiones de la marquesina o de la zona de parada y del punto de detención del autobús).

Con estas interpretaciones, en el caso de una parada tipo en línea o alineada como el representado en la figura 25, obtenemos un valor de $A = 4,35^\circ$.

En el caso de una parada totalmente entrante, también en zona urbana, podemos interpretar que $D = 6,5$ m y que $V_m = 25$ km/h, ya que el autobús vendrá con una alineación retranqueada unos 2,5 m más hacia la calzada y tendrá que ir más despacio para realizar una correcta aproximación al andén. Con estas interpretaciones, en el caso de una parada tipo totalmente entrante, obtenemos un valor de $A = 7,98^\circ$.

En el caso de una parada saliente, también en zona urbana, podemos interpretar que $D = 3$ m y que $V_m = 30$ km/h, ya que el autobús podría venir con una alineación retranqueada 1 m más hacia la línea de fachada sin verse afectada prácticamente su velocidad media de aproximación al andén. Con estas interpretaciones, en el caso de una parada tipo saliente, obtenemos un valor de $A = 3,44^\circ$.

Estos valores teóricos obtenidos nos dan un orden de magnitud de la superficie que tiene que quedar libre según la tipología de la parada en un caso hipotético de un tramo recto de aproximación a la parada, valores que se verán muy afectados según la trayectoria real del tramo donde se pretenda diseñar la parada de autobús.

2.- OTROS CRITERIOS DE DISEÑO.

2.1.- Accesibilidad

Para el diseño de las paradas de autobús se tendrá que cumplir la normativa en materia de accesibilidad vigente en cada caso. En este aspecto, se tendrán en cuenta todas las consideraciones correspondientes como, por ejemplo, son la necesidad de permitir un paso de ancho libre mínimo suficiente por detrás de la marquesina o la de cumplir las condiciones exigibles en los itinerarios de acceso al autobús en cuanto a dimensiones, rampas, escaleras, barandillas, pasamanos, etc.

Las paradas de autobuses tienen que estar conectadas con su entorno a través de elementos de tránsito peatonal accesibles.

El presente documento se adapta a lo prescrito en materia de accesibilidad tanto por la Ley 9/2009, de la Generalitat, de Accesibilidad Universal al Sistema de Transportes de la Comunidad Valenciana, como por el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad.

La aproximación del autobús a las paradas es una cuestión clave para garantizar una adecuada calidad del servicio, para garantizar una accesibilidad correcta de los viajeros que suben y bajan del autobús, y para aprovechar al máximo los vehículos de plataforma baja. La aproximación del autobús a las paradas no es un fin en sí mismo, sino que culmina en la alineación del vehículo junto a la acera o andén.

El objetivo de una aproximación correcta es minimizar las separaciones horizontales y verticales entre el bordillo y la plataforma del autobús, de forma que el embarque o desembarque se produzcan casi a nivel y dando un solo paso. Además, este hecho debe producirse en todas las puertas por igual, con lo que el autobús, aparte de estar cerca de la acera, debe estar perfectamente alineado con ella. Por este motivo se desaconseja disponer las paradas en curva, por ejemplo en las rotondas (figura 26).



FIGURA 26: Las paradas ubicadas en zonas curvas como las rotondas dificultan el acercamiento del autobús.

2.2.- Mobiliario urbano.

En términos generales, las paradas de autobús deberán disponer de los elementos de protección climática, información y comodidad en la espera que fomenten el uso de este tipo de infraestructuras.

Para decidir la necesidad de instalación de marquesina en una determinada parada de autobús deberá tenerse en cuenta el número de usuarios al año que se suben al autobús en dicha parada, pudiendo establecerse un criterio como el propuesto en la siguiente tabla:

Nº USUARIOS / AÑO	INSTALACIÓN DE MARQUESINA
> 2.000	SÍ
2.000 - 500	SEGÚN CASOS
< 500	NO

Tabla nº7.- Criterio de instalación de marquesina en función del número de usuarios.

En líneas de transporte interurbanas, cuando en un pequeño radio de acción se sitúen dos paradas de autobús en sentidos opuestos, habrá que estudiar cual es el sentido de mayor demanda por parte de los usuarios, diferenciando entre la parada de carga, que sí que deberá disponer de marquesina, y la de descarga, en la cual normalmente no se produce la espera de usuarios y por lo tanto no procederá la instalación de marquesina.

En los casos de paradas de más de 2.000 usuarios/año, así como en paradas de regulación o intermodales, se dimensionarán las marquesinas para que puedan albergar en condiciones el aforo de usuarios previsto en hora punta.

En las paradas de entre 500 y 2.000 usuarios/año, deberán estudiarse las condiciones específicas del punto de parada, como son los condicionantes climatológicos y el entorno, así como el posible futuro aumento de la demanda.

En el caso de que se decida instalar una marquesina:

- se tendrá especialmente en cuenta la climatología de la zona donde se vaya a instalar la marquesina para el diseño de la misma, por ejemplo:
 - o en zonas más calurosas se dispondrán cubiertas generosas que ofrezcan la mayor superficie de sombra posible, se mantendrá una ventilación adecuada y se evitará la utilización de cristal o de materiales de baja inercia térmica como es el caso del metal.
 - o en zonas más frías se utilizarán materiales con mayor capacidad de acumulación o almacenamiento energético y se diseñará la marquesina como refugio con su mayor parte de fachada cubierta, manteniendo una ventilación adecuada y buscando la orientación de mayor soleamiento.
 - o en zonas de fuertes vientos y que se encuentren desprotegidas se dispondrán paneles laterales según la orientación de la parada.
 - o en zonas muy lluviosas y de fuertes vientos se dispondrán las marquesinas de cara a las edificaciones del entorno, dándole la espalda a la calzada, para evitar que se mojen los usuarios que esperan el autobús.
- en zonas de mayor exposición al sol se estudiará la orientación y el entorno de las marquesinas, diseñando cubiertas amplias y con materiales que aislen térmicamente para conseguir el mayor confort climático en épocas estivales.
- su configuración deberá permitir el acceso bien lateralmente, bien por su parte central, con un ancho libre mínimo de paso de 1,20 m.
- su espacio interior admitirá la inscripción de dos cilindros concéntricos superpuestos libres de obstáculos, el inferior, desde el suelo hasta una altura de 25 cm con un diámetro de 150 cm y el superior, hasta una altura de 2,20 m medidos desde el suelo, con un diámetro de 135 cm.

- si alguno de los cerramientos verticales fuera transparente o translúcido, éste dispondrá de dos bandas horizontales entre 5 y 10 cm de ancho, de colores vivos y contrastados que transcurran a lo largo de toda su extensión, la primera de las bandas a una altura entre 70 y 80 cm y la segunda entre 140 y 170 cm, medidas desde el suelo.
- los elementos de información se realizarán con macrocaracteres que tengan contraste cromático, colocados a una altura entre 135 y 180 cm del suelo.
- los caracteres de identificación de la línea contrastarán con la superficie en la que se inscriban.
- deberá disponer de vitrinas o soportes para disponer de información con las características del servicio (líneas, horarios, planos, etc.) y su diseño facilitará su visibilidad y lectura.
- se separará la información de la zona de asientos para permitir su mejor visualización sin molestar a otros usuarios.
- se dispondrá al menos de un apoyo isquiático y algún asiento. Los asientos y apoyos cumplirán normativa y serán ergonómicos (figura 27).

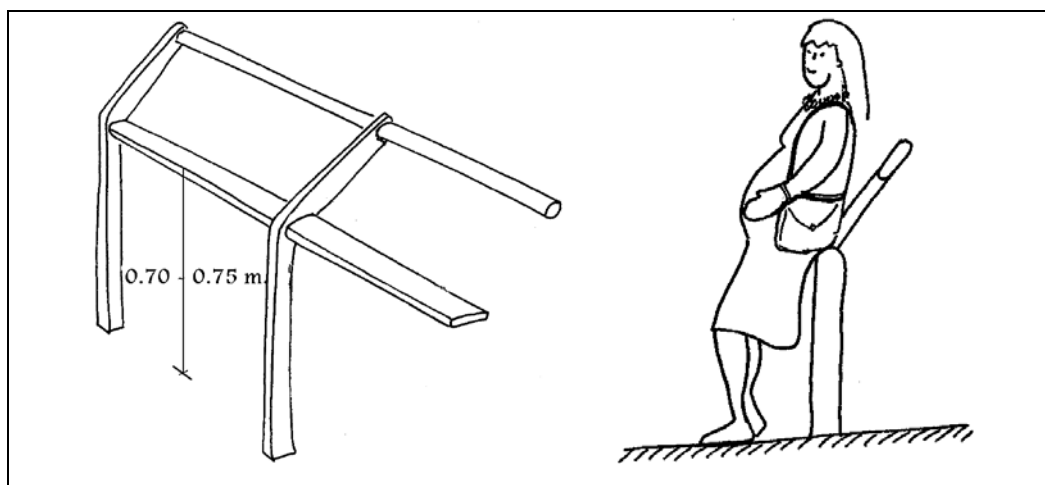


FIGURA 27: Apoyos isquiáticos para personas con dificultad para sentarse e incorporarse.

- los asientos agrupados o individuales tendrán reposabrazos al menos en su lateral exterior, la altura desde el asiento al suelo será de 45 ± 2 cm.
- la cubierta de la marquesina se ajustará para dejar una altura libre de 2,20 m, no debiéndose incrementar esta altura para evitar mayores desfases entre la zona de sombra y la de espera de los usuarios.
- los elementos integrados en la marquesina carecerán de aristas y de cantos vivos en alturas inferiores a 2,20 m.
- los materiales de la marquesina deberán evitar que se reduzca la visibilidad desde su interior.
- el diseño de la marquesina deberá dificultar la colocación de elementos publicitarios que reduzcan la visibilidad de los usuarios en la zona de la parada.
- habrá que utilizar materiales que resistan a los actos vandálicos que se puedan producir en la vía pública o, en el peor de los casos, sean de fácil mantenimiento ante pintadas, pegatinas o rotura.
- se debe estudiar la opción de que las luminarias de la marquesina puedan ser alimentadas con energía solar, si la colocación de la marquesina se realiza en zonas aisladas y alternativamente con energía eléctrica convencional tomada de la red de alumbrado público, en zonas urbanas consolidadas en las que exista red de alumbrado.
- la estructura diseñada ha de presentar facilidades para realizar su conservación, evitando elementos de difícil mantenimiento.

En todas las paradas de autobús deberá instalarse un poste de señalización que identifique la parada y las líneas con sus destinos, y que además pueda ofrecer una información completa del servicio cuando sea necesario.

En la siguiente figura se identifica la ubicación recomendable del poste de señalización, teniendo en cuenta que éste servirá de punto de referencia de donde debe parar el autobús, tanto para los usuarios del servicio como para el propio conductor.

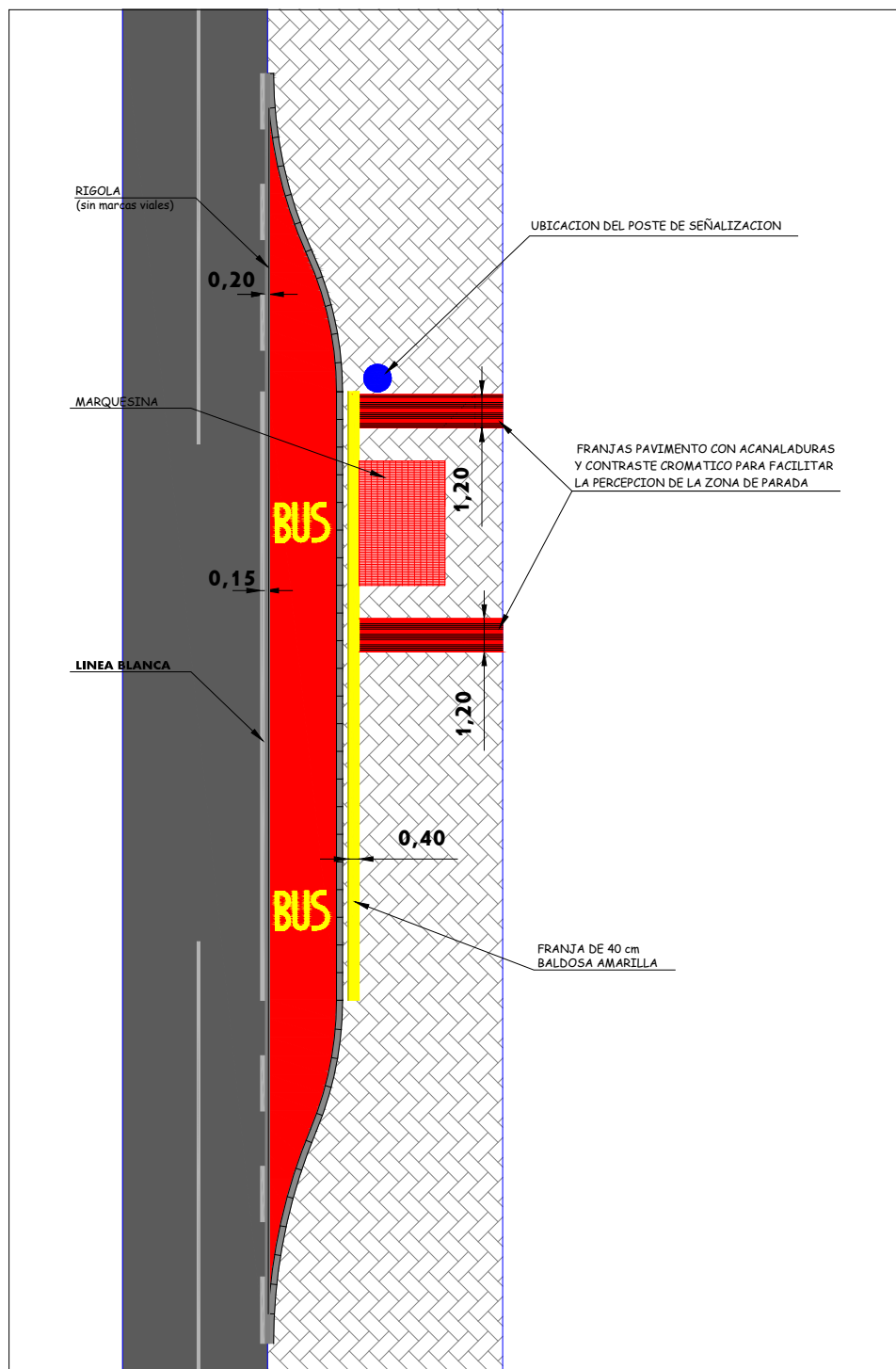


FIGURA 28: Vista en planta de parada entrante. Ubicación del poste de señalización.

Los postes de señalización deberán cumplir los siguientes requisitos:

- serán suficientemente visibles desde grandes distancias, incluyendo lamas de gran superficie con la información principal en grandes dimensiones.
- los caracteres de identificación de la línea contrastarán con la superficie en la que se inscriban.
- en las paradas en las que no haya marquesina o ésta no disponga de un panel de información adecuado, se aprovechará la instalación del poste de señalización disponiendo una vitrina integrada centralmente en el poste que ofrezca la posibilidad de insertar información con las características del servicio (líneas, horarios, planos, etc.), en tamaño DIN A-3 por las dos caras, de forma que la actualización de la información se pueda realizar manualmente por personal autorizado.
- en caso de tratarse de postes de información de líneas que sólo funcionan en épocas estacionales, se utilizará un sistema de poste móvil con su base de anclaje embebida en el pavimento de forma que su instalación y retirada se pueda realizar manualmente por personal autorizado, sin que la base reduzca las condiciones de accesibilidad.
- los elementos de información se realizarán con macrocaracteres que tengan contraste cromático, colocados a una altura entre 135 y 180 cm del suelo.
- los elementos integrados en el poste carecerán de aristas y de cantos vivos en alturas inferiores a 2,20 m.

Se deberá prever un correcto alumbrado. Toda la superficie pisable de los andenes tendrá un nivel de iluminación de al menos 100 luxes, y en el borde de los andenes, en el lugar de embarque y desembarque de los autobuses, será al menos de 150 luxes y con luminarias de al menos 6.000°K de temperatura de color.



Es recomendable la plantación de árboles en el entorno de las paradas para aumentar las zonas de sombra en lugares calurosos, siempre integrando la actuación en su entorno.

Se deberá disponer papeleras en las zonas de espera de la parada.

2.3.- Drenaje.

Inicialmente, se diseña una sección transversal de la zona de parada del autobús con pendiente de caída hacia la calzada (figura 24) para evacuar las aguas superficiales del entorno de la parada convenientemente, con una pendiente máxima del 2% y una pendiente mínima del 1%, estableciendo unas transiciones suaves en el recorrido del autobús para no penalizar las maniobras del mismo.

En caso de ir en contrapendiente con respecto a la sección transversal de la calzada, se dispondrá una rigola longitudinalmente en la limahoya para evacuar las aguas superficiales. Se dispondrán imbornales conectados a la red de saneamiento existente en caso de producirse algún punto bajo en la zona de actuación.

2.4.- Marcas viales.

Se cumplirá lo dispuesto en la Norma 8.2.-IC "Marcas Viales" de la Instrucción de Carreteras, así como en el resto de normativas vigentes a nivel estatal, autonómico, provincial o municipal.

Según se define en la figura 28, se pintará de rojo la superficie que sea exclusiva del autobús, ya que el efecto óptico que produce al conductor del vehículo automóvil la diferente coloración de la zona de parada, resulta a modo de estrechamiento de la calzada, al observar las bandas laterales de color rojo como zonas prohibidas que no debe franquear (incluso, ni acercarse a ellas) y cuanto mayor es la velocidad, mayor es la sensación de estrechamiento, por lo que el efecto conseguido es de reducción de la velocidad.

En caso de ejecutar el firme de la zona de parada mediante losa de hormigón, el acabado cromático superficial en rojo se aplicará de forma que garantice un mínimo de durabilidad suficiente sin reducir la adherencia.

El hecho de reforzar la señalización horizontal en la zona de paradas sirve para que los conductores de otros vehículos perciban claramente que se trata de una zona que no debe ser invadida desde el punto de vista del estacionamiento.

A este respecto, las marcas viales de la zona de actuación deberán cumplir lo dispuesto en el artículo 9 de la Ley 9/2009, pintándose una banda o línea roja en todos los puntos de cruce entre los itinerarios peatonales y las calzadas viarias destinadas al tráfico rodado, cuando ello impida el cruce de dicha calzada o el acceso a los espacios peatonales a las personas con movilidad reducida, quedando expresamente prohibido el estacionamiento y la parada en dichos puntos.

Además de pintar la línea roja en los pasos de peatones, también se pintará dicha línea junto al bordillo del andén de la parada para evitar así que algún vehículo pueda afectar a la accesibilidad del autobús por parte de los usuarios, dejando una franja de 15 cm sin marcas viales junto a dicha línea roja y pintando de rojo el resto de superficie que sea exclusiva del autobús.

En los casos particulares de vías con arcenes muy anchos, hay que tener en cuenta que las transiciones de entrada y salida transcurrirán bastante longitud por el propio arcén hasta interceptar con el bordillo existente, por lo que se empezará a pintar la superficie de rojo de la parada desde la perpendicular al bordillo de la línea de borde de calzada en el punto en que comience la transición de entrada o acabe la transición de salida.

Como norma general, la pintura blanca de separación entre la calzada y la zona exclusiva del autobús será discontinua de 15 cm de ancho, pudiendo ser continua en su longitud correspondiente al tramo recto cuando no se realice estrangulamiento del carril anexo a la zona de parada, aprovechando que el autobús no tiene que pisar la línea en esa longitud para realizar las maniobras de parada y reincorporación a la vía. Entre la arista exterior de dicha línea blanca y el pie del bordillo habrá una separación de 2,50 m en el tramo recto de la parada.

La línea blanca a la que se hace referencia en el párrafo anterior, también tendrá la función de servir de guiado al resto de vehículos de la vía durante el tiempo por el que se prolongue la parada del autobús. Para valores de retranqueos del bordillo de la parada (D) grandes, mayores de 1,5 metros, se podrán replantear las curvas de transición de dicha línea aplicando una sencilla regla de tres. Siguiendo la nomenclatura de las variables que aparecen en la figura 10 del presente documento, tendremos que el valor de "e" para cada "x" hasta alcanzar el tramo recto, sería:

$$\left. \begin{array}{l} S \longrightarrow D \\ e \longrightarrow d \end{array} \right\} e = \frac{d \cdot S}{D}, \text{ y como } S = 2,5 - D, \text{ tenemos que: } e = d \cdot \left(\frac{2,5}{D} - 1 \right)$$

2.5.- Andén de la parada.

Tal y como se puede observar en la foto de detalle de la Figura 29, paralela a la línea de bordillo se dispondrá una franja de seguridad mediante pavimento tacto visual de color amarillo y ancho de 40 cm, cuyo eje central se replanteará a 60 cm desde el pie del bordillo hacia la línea de fachada, y que irá acompañada de una banda de pintura de color amarillo vivo, definiéndose así la zona de acceso restringido a las personas por motivos de seguridad. Se recomienda, por motivos de mantenimiento, la colocación de pavimento gres porcelánico abotonado de color amarillo vivo de 40x40 cm como franja de seguridad, eliminándose así la necesidad de pintar y mantener la banda de pintura amarilla. Las baldosas que se colocarán entre esta franja de seguridad y el bordillo serán abotonadas, pero en un color diferente, similar al de las aceras con las que limite. Esta textura hará incómoda la permanencia de los peatones sobre la misma, invitándoles a no permanecer en ella.



FIGURA 29: Detalle de franja de seguridad mediante pavimento tacto visual en andén de parada.

La presencia de las paradas que dispongan de marquesina se señalizará en el pavimento mediante la colocación de una franja de detección tacto-visual de acanaladura, de 1,20 m de ancho con contraste cromático elevado en relación con las áreas de pavimento adyacentes. Dicha franja transcurrirá en sentido transversal al de la línea de marcha a través de todo el ancho de la acera, desde la fachada, zona ajardinada o parte más exterior del itinerario peatonal, hasta la franja de seguridad (figura 30).



FIGURA 30: Andén de parada. Franjas de detección tacto-visual de acanaladura a los lados de la marquesina.

Los accesos a las rampas que se proyecten en itinerarios peatonales también deberán señalizarse con franjas de pavimento de detección tacto-visual de acanaladura.

Se respetará la tipología de pavimento existente en la zona con anterioridad a la actuación, colocándolo en el resto de zonas de las de nueva ejecución.

2.6.- Seguridad.

La señalización de la parada de autobús será la adecuada a las características de la vía, cumpliéndose los requerimientos de la autoridad competente en la materia.

En vías rápidas, se estudiará la necesidad de instalar defensas de la zona de parada para evitar invasiones del andén por parte de vehículos procedentes de la vía, siempre y cuando no supongan un obstáculo para las maniobras de los autobuses.

2.7.- Firme de la calzada.

En cuanto a la calzada, se desaconseja totalmente la utilización de sistemas de reducción de la velocidad tipo badenes, bandas sonoras, ralentizadores de tipo trapezoidal o de lomo de asno, así como cualquier tipo de resalto u obstáculo que altere la continuidad longitudinal del firme y que dificulte la circulación de los autobuses.

Se recomienda la ejecución del firme de la parada de autobús mediante mezclas bituminosas en caliente para conseguir mayor regularidad superficial y mejor conservación de las marcas viales. En cualquier caso, si no se considera necesario por motivos funcionales, se desaconseja la colocación de rigola entre el firme y el bordillo de la parada con el fin de evitar que salte la pintura roja. Además, siempre será preferible alejar las aguas superficiales del bordillo de la parada.

2.8.- Definición de pasos de peatones.

Para el diseño de las paradas se tendrá en cuenta la ubicación de los pasos de peatones, evitando la posible reducción de la visibilidad por parte del peatón que pretenda cruzar la calzada, para lo cual siempre se deberá diseñar la parada del autobús a continuación del paso de cebra correspondiente (figuras 31 y 32).

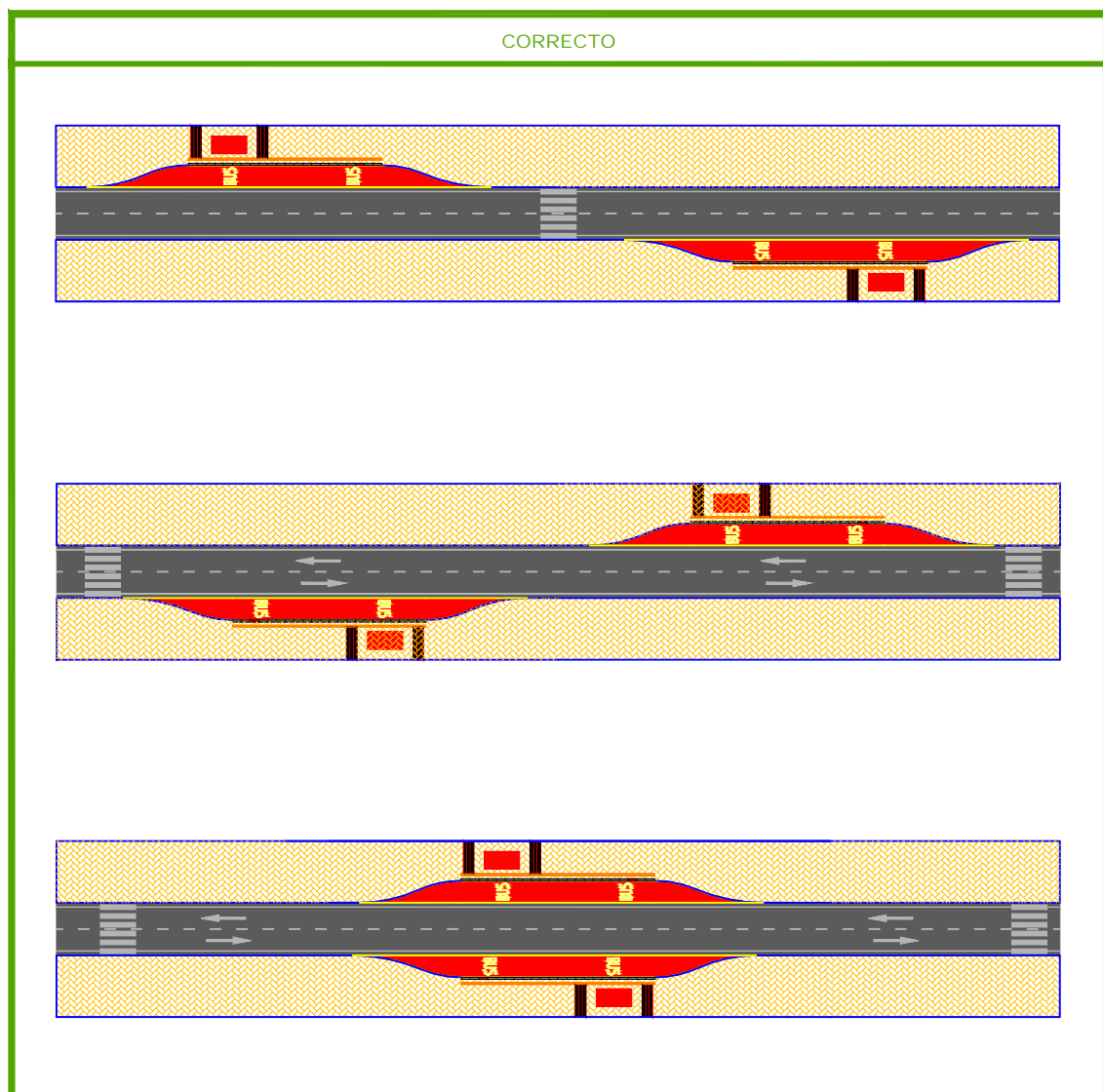


FIGURA 31: Ubicación adecuada de Pasos de Peatones.

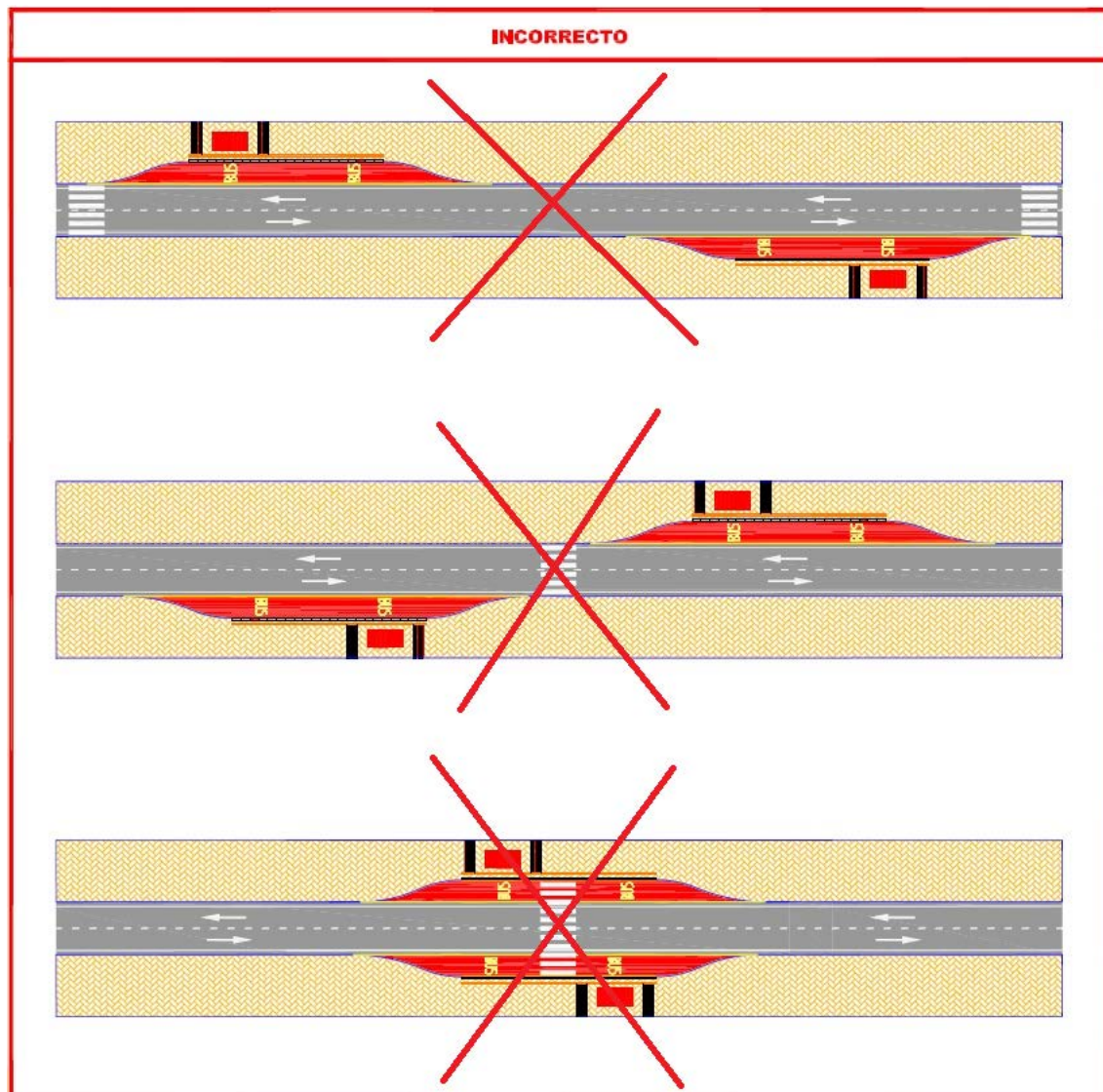


FIGURA 32: Ubicación inadecuada de Pasos de Peatones.

Aunque en las paradas totalmente entrantes, la parada del autobús no reduzca la visibilidad del peatón que pretende cruzar la calzada, se evitará diseñar la parada antes de los pasos de peatones, ya que esto penalizaría la reincorporación del autobús a la vía.

En los casos de paradas tipo en línea o salientes, se tendrá que dejar una distancia mínima entre la parada y los pasos de peatones para no reducir la visibilidad de los peatones que estén cruzando el vial respecto a los vehículos que vienen en el sentido contrario al del autobús parado.

En general se recomienda situar las paradas una vez superados los cruces ya que de este modo los viajeros que descienden tienden a cruzar la calle por detrás del autobús y se minimizan los riesgos de atropello por parte del propio autobús o de otro vehículo que lo adelanta.

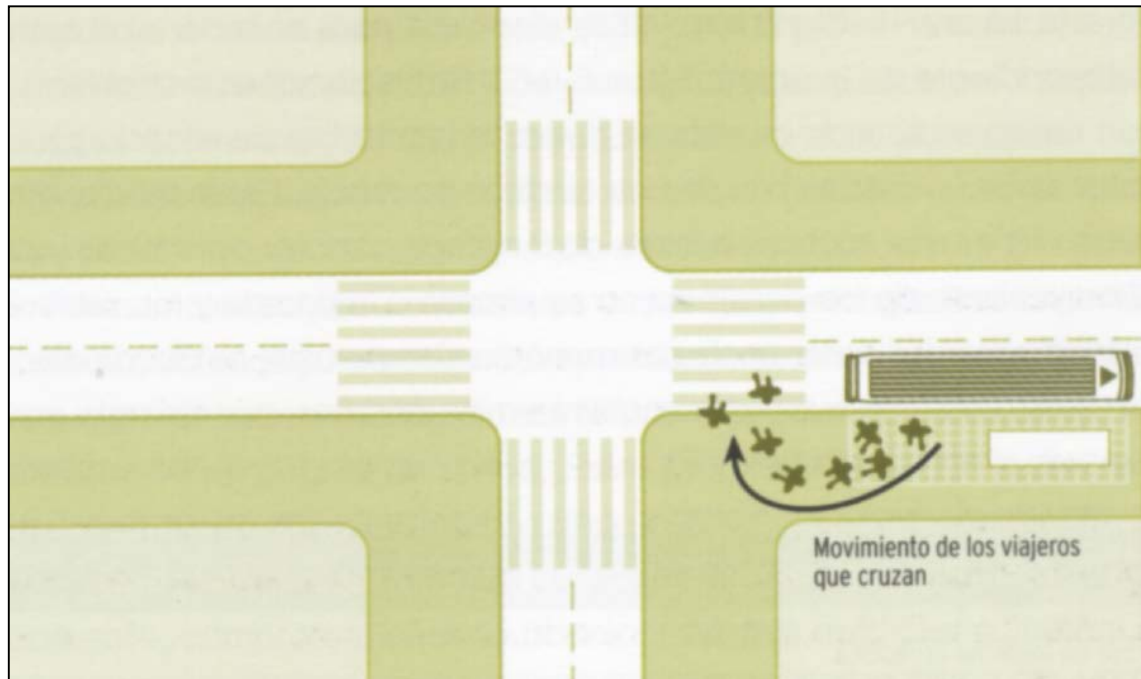
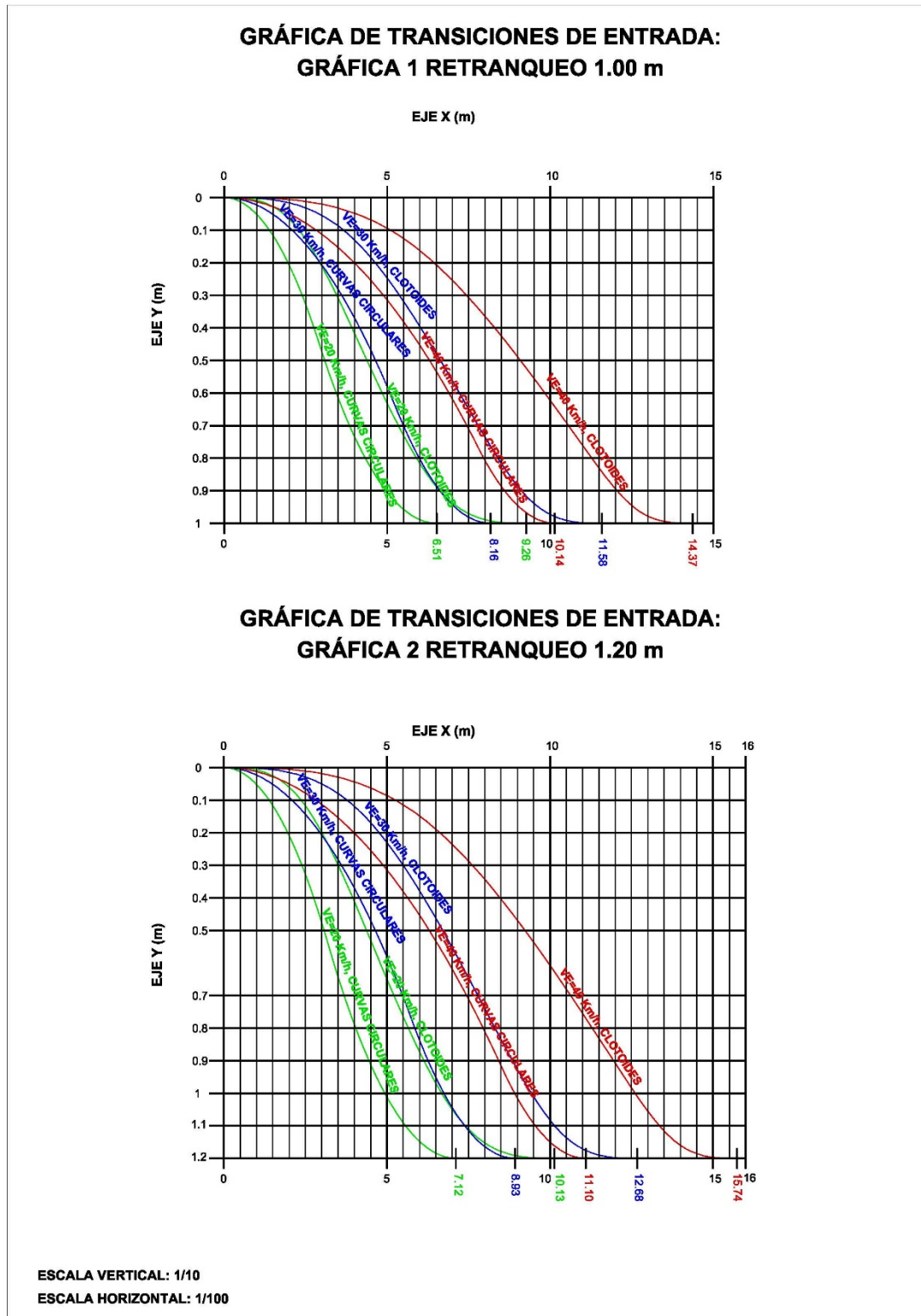


FIGURA 33: Parada de autobús en relación a los cruces.

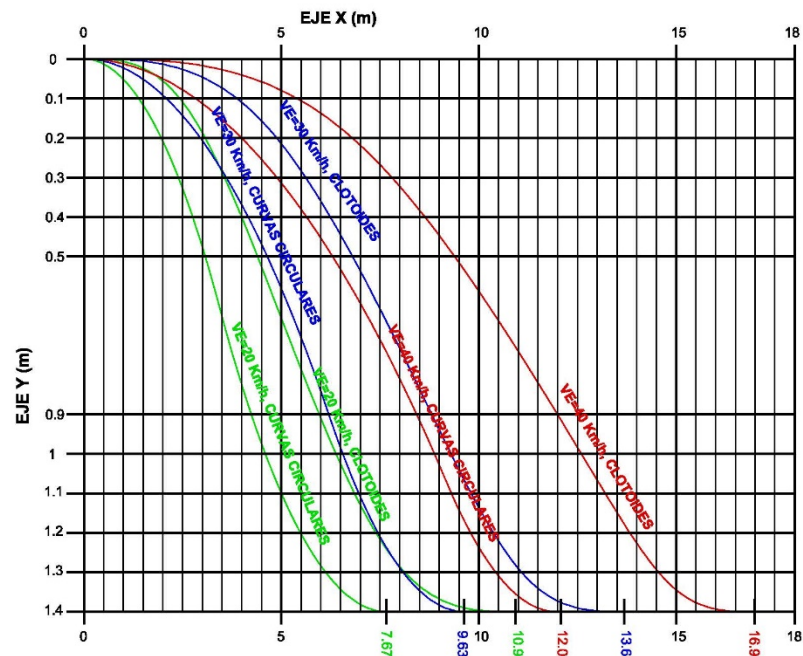
En zona urbana, esta disposición posterior a los cruces (figura 33) tiene también la ventaja que no impide la visión de los semáforos para los vehículos que circulan en el mismo sentido, como sí puede suceder si la parada se coloca antes del cruce; tampoco impide los giros a la derecha de estos mismos vehículos. Finalmente, esta disposición puede permitir aprovechar mejor la fase semafórica, ya que el estacionamiento se produce una vez superada la misma. En todo caso, la parada debe alejarse unos 20 m del final del cruce, para permitir el giro correcto de los vehículos posteriores.

3.- GRÁFICAS DE TRANSICIONES.

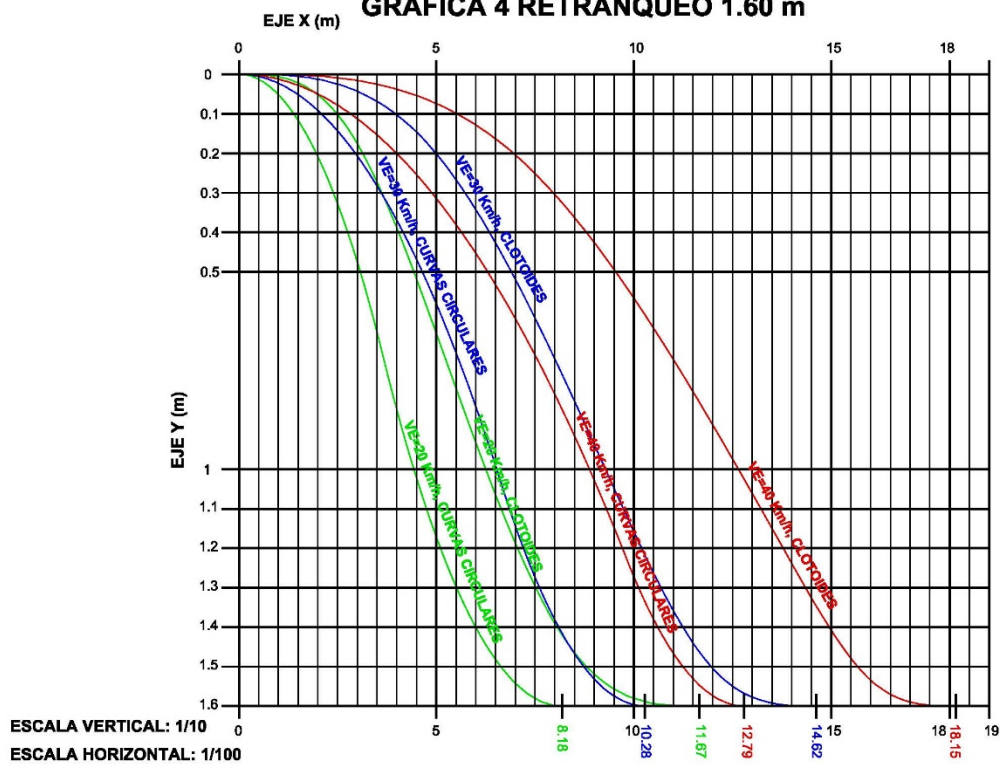
3.1.- Transiciones de entrada.



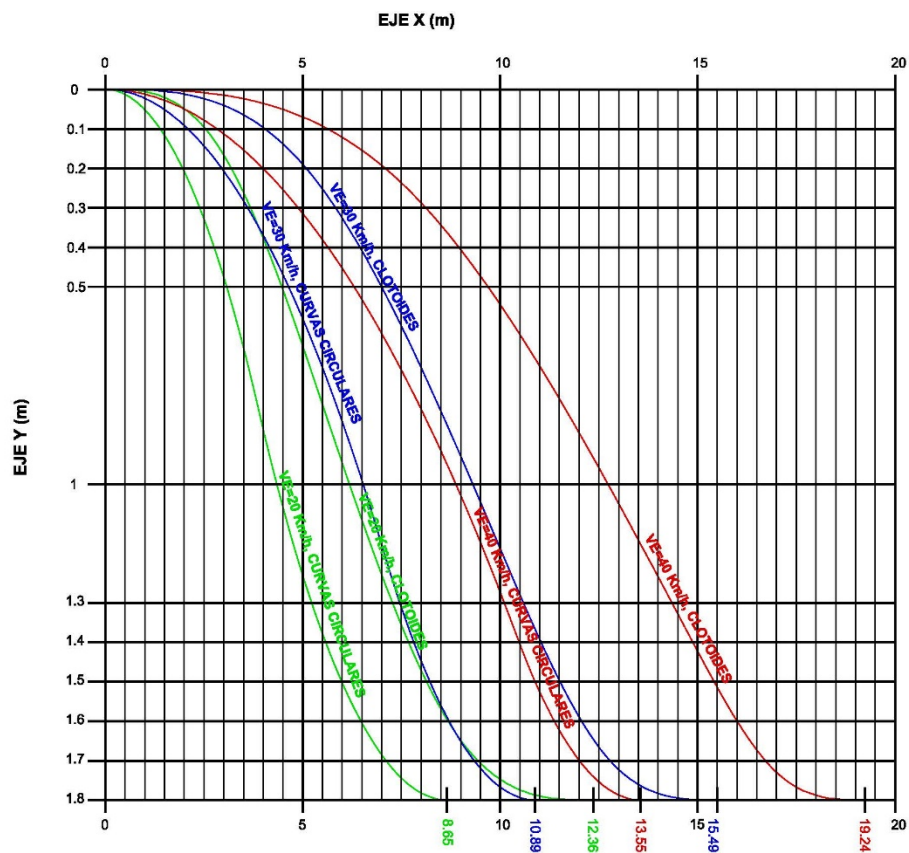
GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 3 RETRANQUEO 1.40 m



GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 4 RETRANQUEO 1.60 m

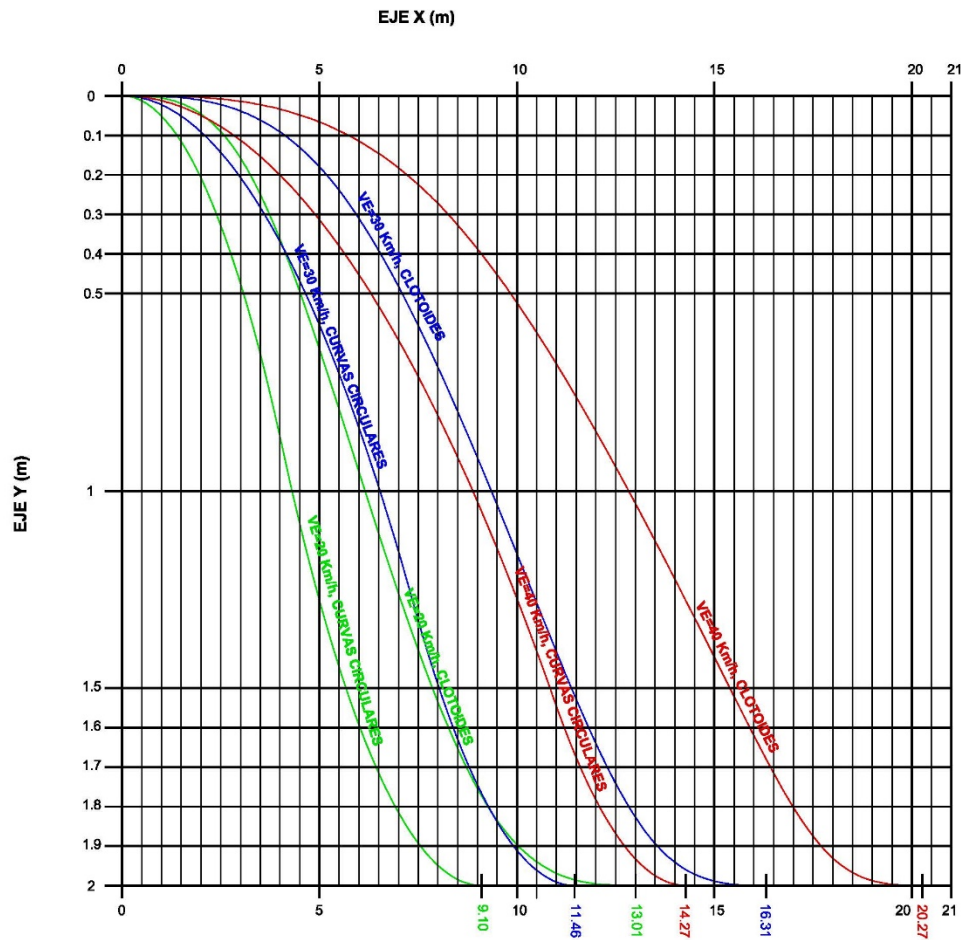


GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 5 RETRANQUEO 1.80 m



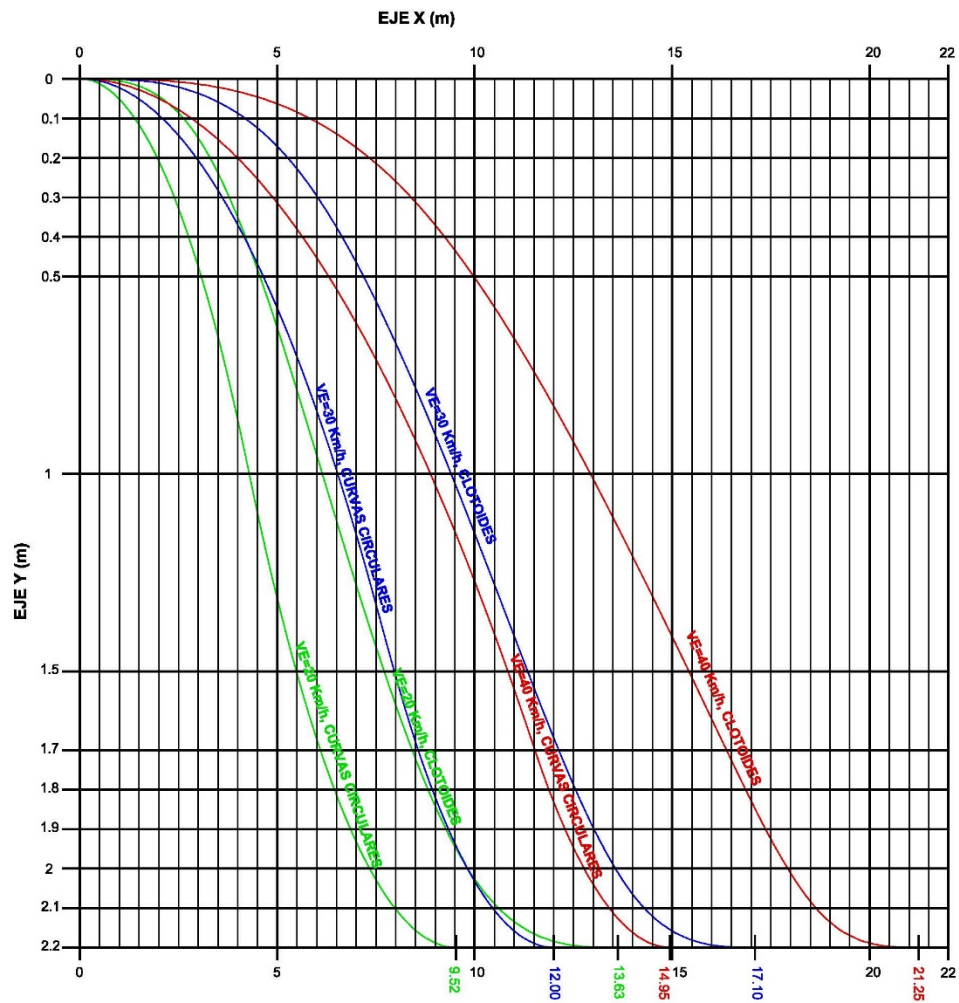
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 6 RETRANQUEO 2.00 m



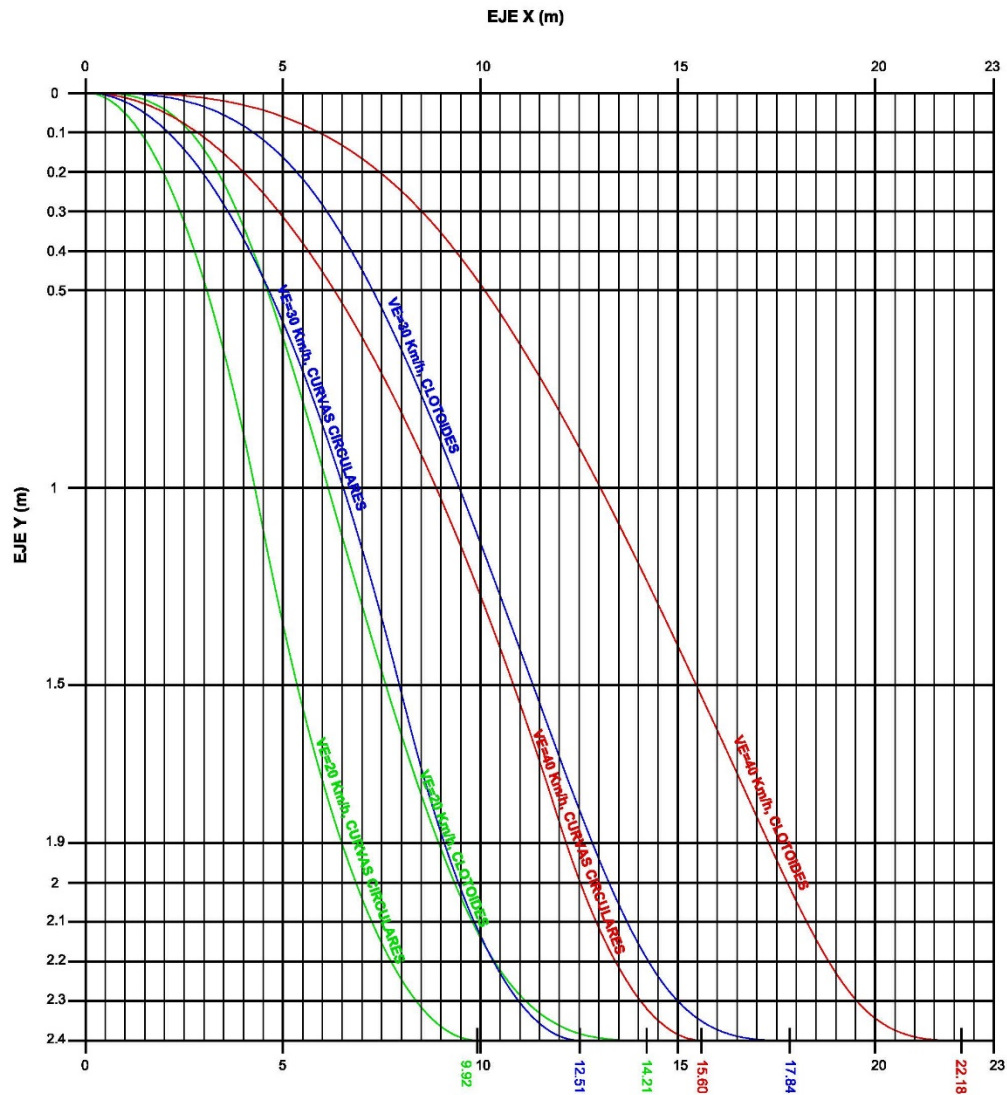
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 7 RETRANQUEO 2.20 m



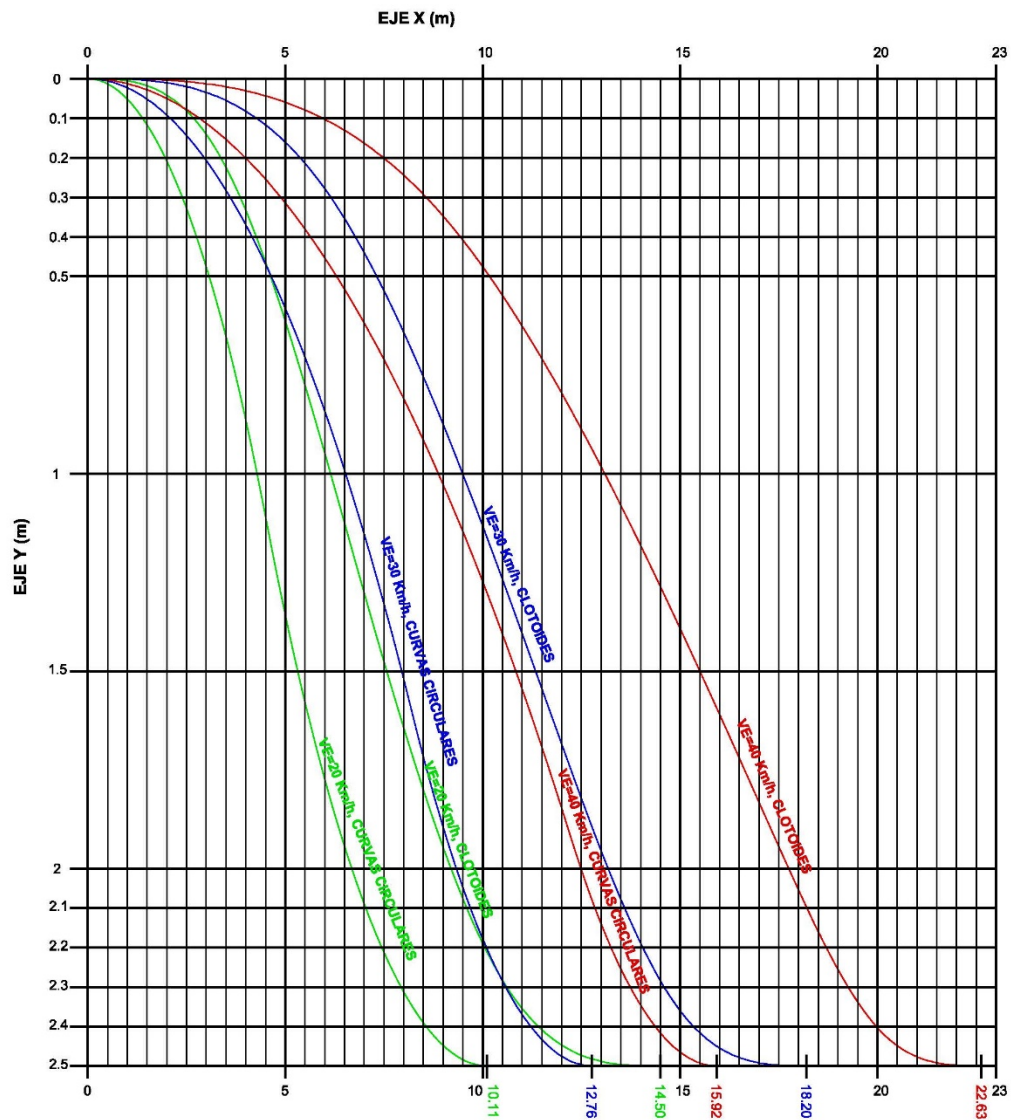
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA: GRÁFICA 8 RETRANQUEO 2.40 m



ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

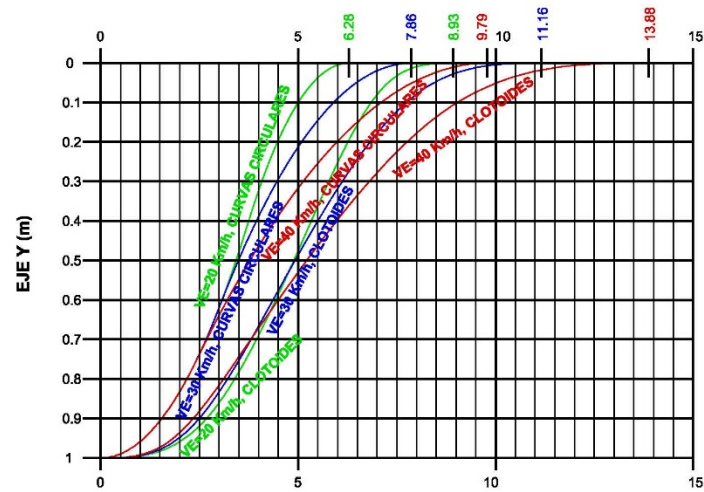
GRÁFICA DE TRANSICIONES DE ENTRADA : GRÁFICA 9 RETRANQUEO 2.50 m



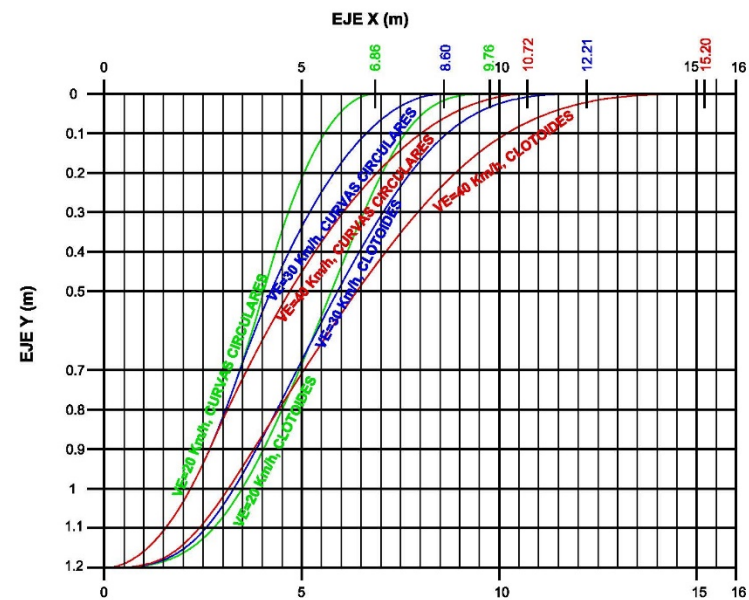
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

3.2.- Transiciones de salida.

**GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA:
GRÁFICA 1 RETRANQUEO 1.00 m**

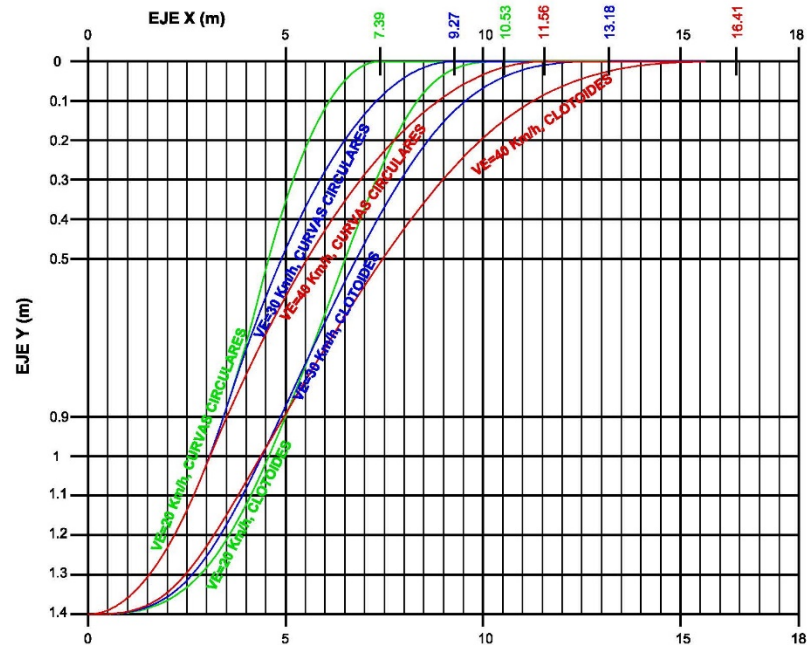


**GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA:
GRÁFICA 2 RETRANQUEO 1.20 m**

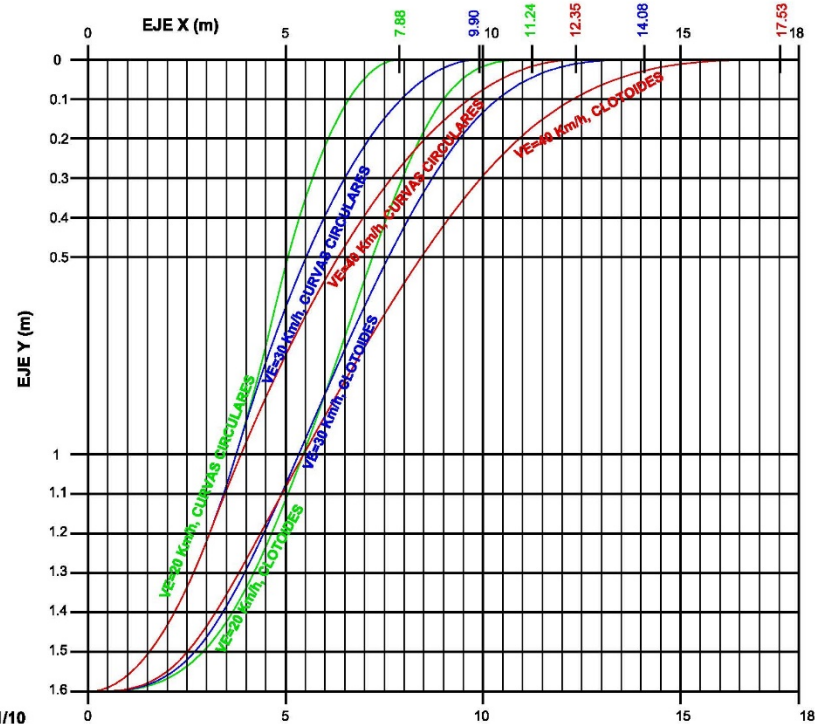


ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

**GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA:
GRÁFICA 3 RETRANQUEO 1.40 m**

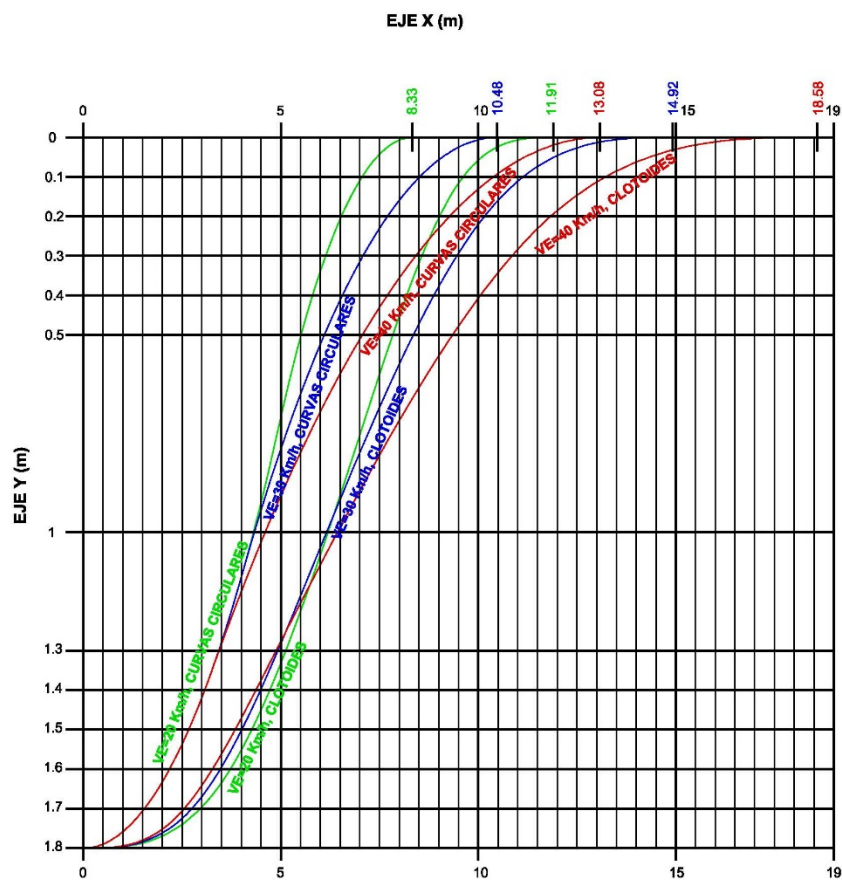


**GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA:
GRÁFICA 4 RETRANQUEO 1.60 m**



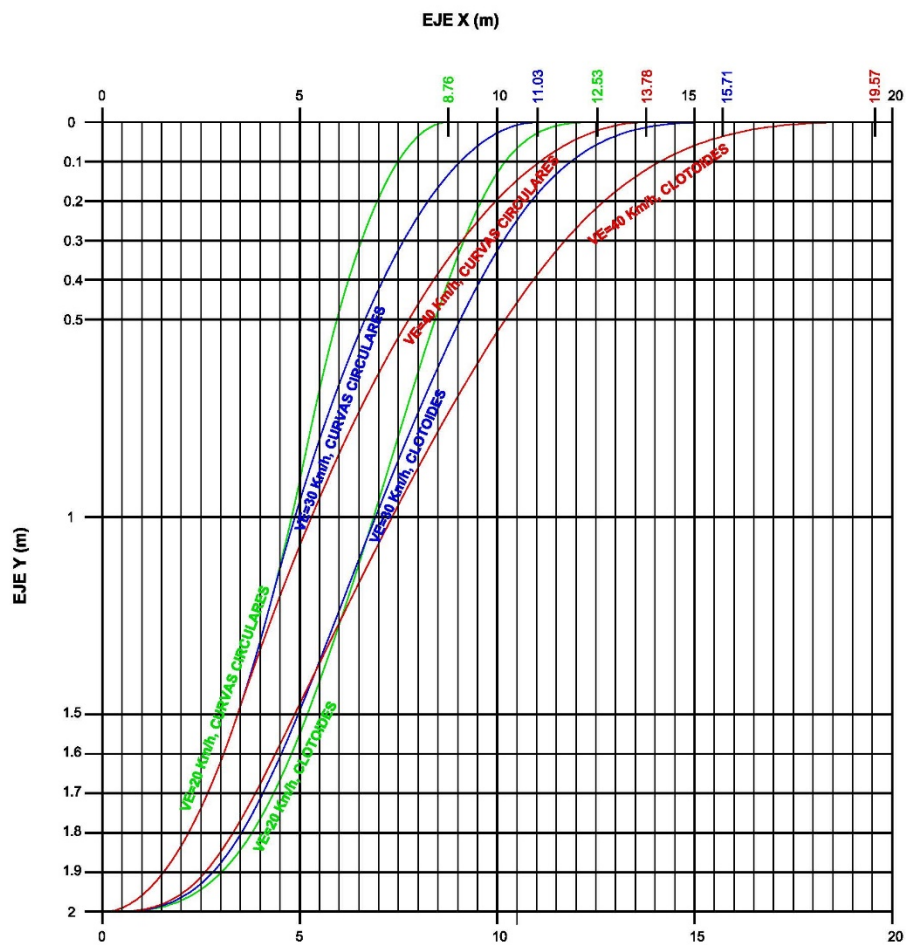
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA: GRÁFICA 5 RETRANQUEO 1.80 m



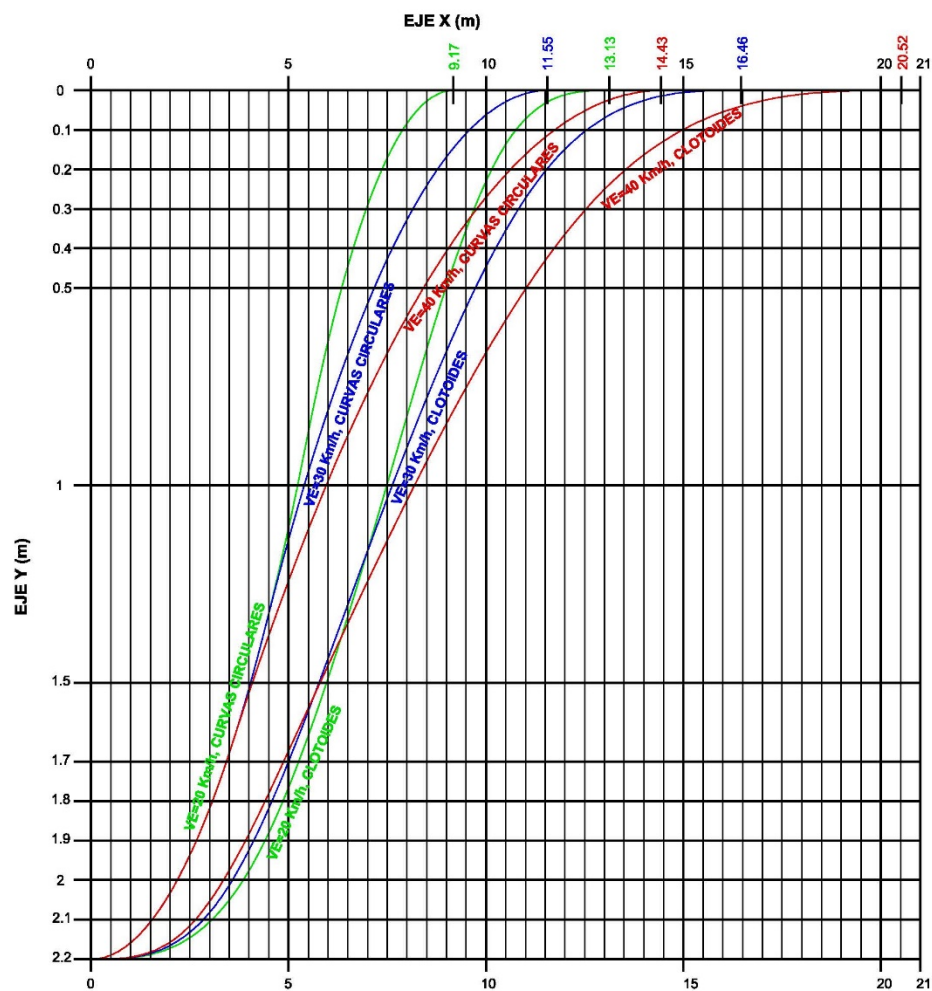
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA: GRÁFICA 6 RETRANQUEO 2.00 m



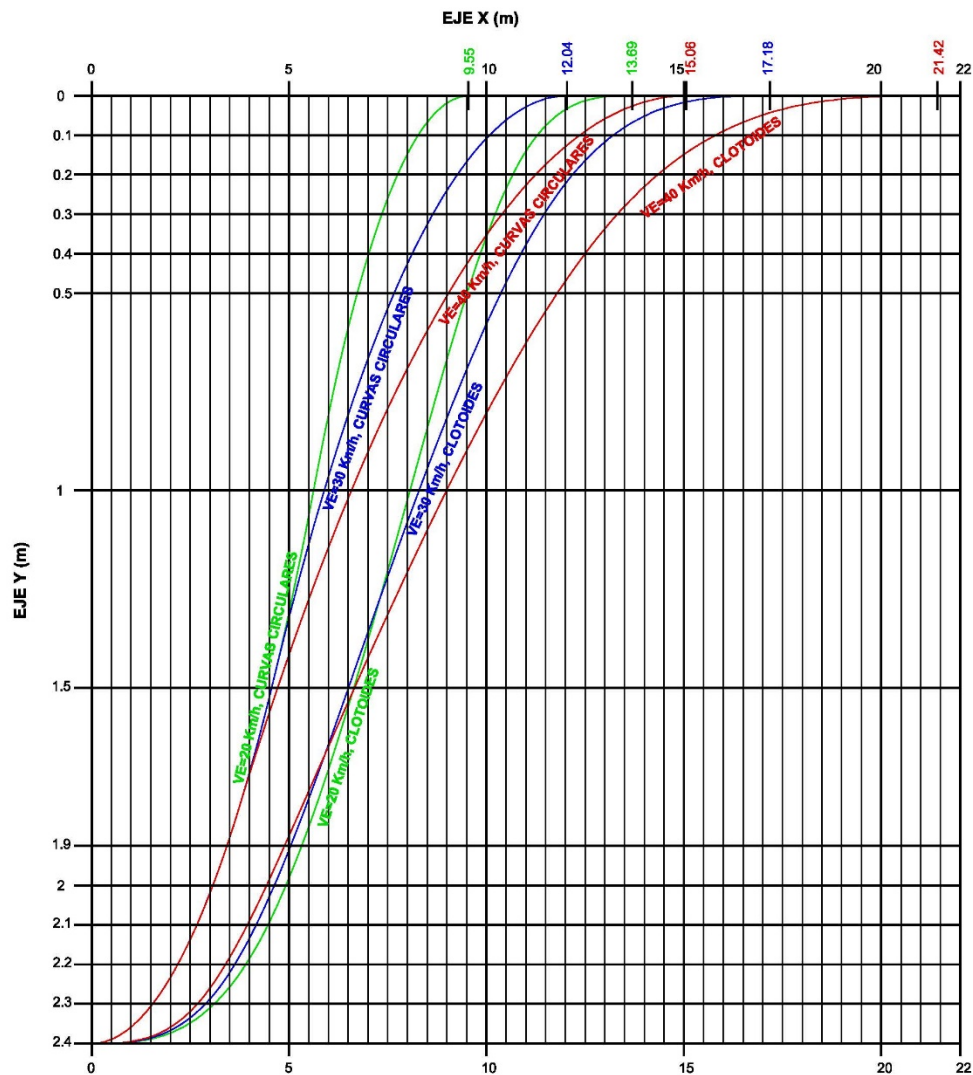
ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA: GRÁFICA 7 RETRANQUEO 2.20 m



ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

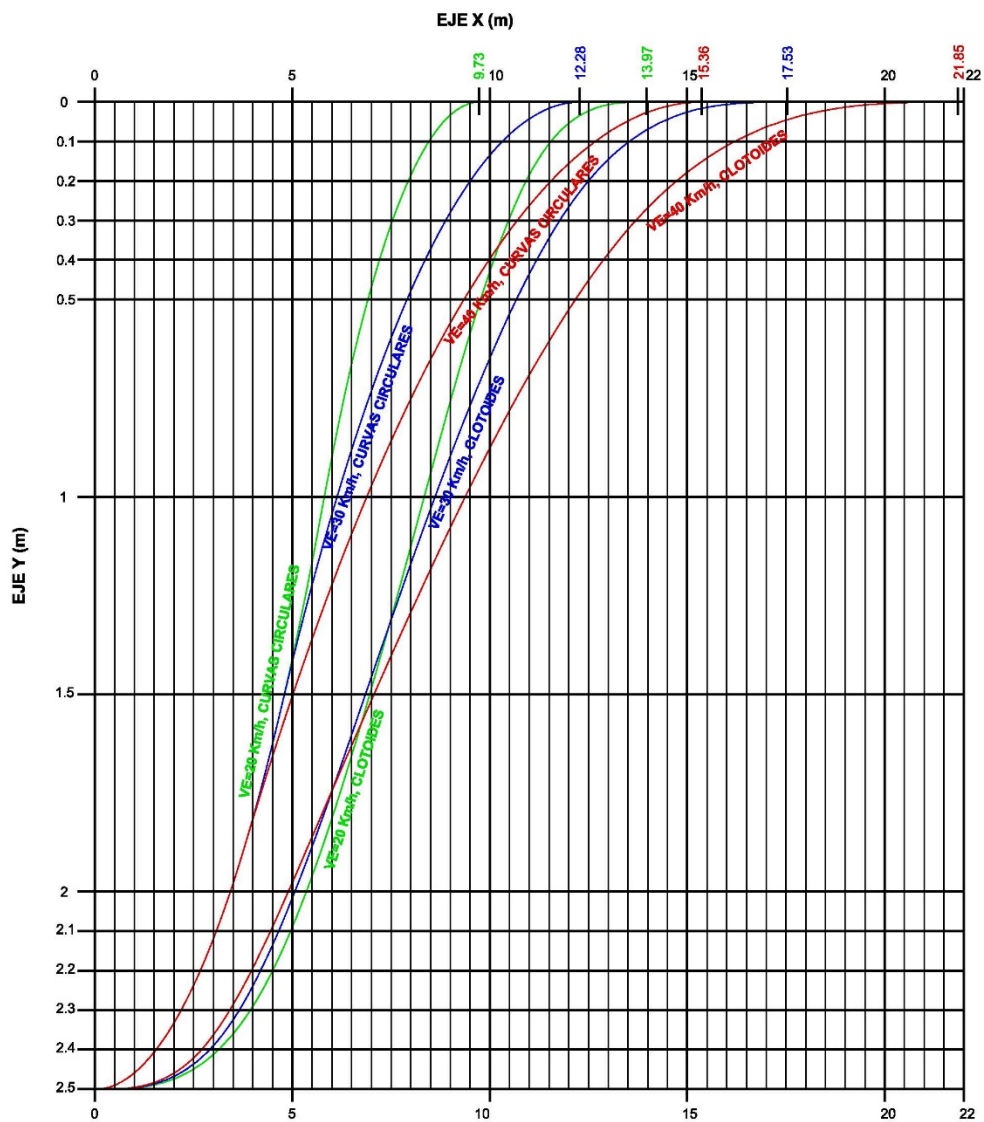
GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA: GRÁFICA 8 RETRANQUEO 2.40 m



ESCALA VERTICAL: 1/10

ESCALA HORIZONTAL: 1/100

GRÁFICA DE TRANSICIONES DE SALIDA: GRÁFICA 9 RETRANQUEO 2.50 m



ESCALA VERTICAL: 1/10
ESCALA HORIZONTAL: 1/100

4.- CONCLUSIONES.

En cuanto al diseño de las paradas, resulta fundamental la definición de la geometría del bordillo que separa el ámbito peatonal del vehicular, tanto en planta como en alzado. La geometría en planta debe permitir el acercamiento del autobús al andén y facilitar la maniobra de reincorporación del vehículo al tráfico de la vía. Por otra parte, la altura del bordillo debe ser la adecuada para permitir la carga y descarga de pasajeros desde al andén al vehículo en unas óptimas condiciones de seguridad y comodidad, estimándose como optima una altura de 17 cm sobre la calzada, con una inclinación de la cara exterior del bordillo que permita al autobús aproximarse al máximo tanteando suavemente la ubicación del mismo con la rueda delantera derecha.

De entre todas las alternativas de tipos de parada estudiados, la solución a adoptar preferentemente es la "semientrante", en la que se "estrangula" el carril anexo a la zona de parada, estableciendo un ancho del mismo de 2,50 metros, con lo que se pretende conseguir que los vehículos que se aproximen al autobús situado en la zona de parada aminoren la velocidad facilitando la maniobra de reincorporación del autobús a la vía. Con esta solución también se consigue mayor amplitud en la zona del andén de la parada, mejor visibilidad de la aproximación del autobús y menor longitud total de la zona de parada frente a paradas "totalmente entrantes", lo que contribuye tanto a reducir la posible afección de las zonas peatonales como a facilitar el establecimiento de las nuevas paradas en zonas urbanas más restrictivas en cuanto a disponibilidad de espacio. Como norma general, la zona de detención del autobús se limita a un ancho de 2,50 metros para evitar que el autobús se separe del bordillo durante la parada, lo cual dificultaría su accesibilidad.

Con objeto de que los autobuses realicen unas transiciones progresivas durante las maniobras de parada y reincorporación a la vía, estas se resuelven mediante clotoideas y curvas circulares, adoptando unas u otras, incluso soluciones intermedias, dependiendo del espacio disponible, todo ello con el fin de facilitar la maniobra de aproximación del autobús al andén y de aprovechar al máximo las superficies del ámbito peatonal y vehicular de la parada.

Otros factores a tener en cuenta en el diseño de paradas de autobús son: el tipo de vehículos, la accesibilidad, el mobiliario urbano, el drenaje, la señalización, la seguridad, etc.