

**Anejo nº3:**  
**ESTUDIO DE TRÁFICO Y**  
**DIMENSIONAMIENTO DEL**  
**FIRME**



ANEJO Nº3. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

ÍNDICE

1. TRÁFICO EN EL VIARIO EXISTENTE.....	1	4.2.2.1. CÁLCULO DE $I_e$ .....	6
1.1. DATOS DE TRÁFICO DEL MINISTERIO DE FOMENTO.....	1	4.2.2.2. CÁLCULO DE $Q_e$ .....	7
1.2. DATOS DE AFOROS DE MARZO DE 2019.....	2	4.2.2.3. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOMÉTRICOS.....	8
1.2.1. ACCESO A/DESDE CAMÍ DE LA RATLLA DEL TERME Y A/DESDE N-340A CARRIL SENTIDO BARCELONA (ACCESO SUR).....	2	4.2.2.4. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD.....	9
1.2.2. ACCESO DESDE LA N-340A CARRIL SENTIDO VALENCIA (ACCESO NORTE).....	2	5. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.....	9
2. CÁLCULO DE IMD EN ACCESOS.....	3	5.1. APLICACIÓN DE DATOS DE TRÁFICO AL CÁLCULO DE FIRMES.....	9
2.1. ACCESO NORTE.....	3	5.1.1. SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL.....	9
2.2. ACCESO SUR.....	4	5.1.2. SOLUCIÓN DE GLORIETA A DISTINTO NIVEL.....	10
3. INCREMENTO DE TRÁFICO ASOCIADO A LA REVITALIZACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL A CAUSA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO ACCESO.....	4	5.1.3. SOLUCIÓN DE DIAMANTE DE PESAS.....	10
4. CAPACIDAD DE GLORIETAS.....	5	5.2. SECCIÓN ESTRUCTURAL.....	10
4.1. INTRODUCCIÓN.....	5	5.3. ESTUDIO DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE.....	10
4.1.1. MODELOS BASADOS EN LA GEOMETRÍA DE LA INTERSECCIÓN.....	5	5.3.1. TIPO DE MEZCLAS BITUMINOSAS UTILIZADAS.....	10
4.1.2. MODELOS BASADOS EN LA GEOMETRÍA Y EL COMPORTAMIENTO DEL CONDUCTOR (ACEPTACIÓN DEL HUECO).....	5	5.3.2. TIPO DE LIGANTE HIDROCARBONADO.....	11
4.2. CAPACIDAD DE GLORIETAS.....	5	5.3.3. LIGANTES.....	12
4.2.1. FORMULACIÓN.....	5	5.4. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	12
4.2.2. CÁLCULO DE CAPACIDAD EN LA SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL.....	6	6. FUENTES DE INFORMACIÓN EXTERNA CONSULTADAS.....	12



## 1. TRÁFICO EN EL VIARIO EXISTENTE

Para caracterizar el tráfico en el viario existente en la zona de actuación se cuenta con los siguientes datos:

- Datos de tráfico del Ministerio de Fomento. Fichas y tablas del Mapa de Tráfico 2017.
- Aforo realizado durante la realización de este Estudio a propósito del mismo. Este aforo se realizó un día festivo de la última semana del mes de marzo de 2019, con una duración de 1 hora en cada uno de los puntos considerados.

### 1.1. DATOS DE TRÁFICO DEL MINISTERIO DE FOMENTO

En las proximidades de la zona objeto de actuación se encuentran las estaciones de aforo cuyas características y localización se reflejan en la tabla y figura adjuntas.

Red	Estación	Carretera	PK	Localización	Tipo
Estatad	E-145-0	N-340	1038,42	Peñíscola	Permanente
Estatad	CS-224-2	N-340	1043,29		Secundaria
Municipal	CS-46-2	N-340a	1041,81	Benicarló	Secundaria

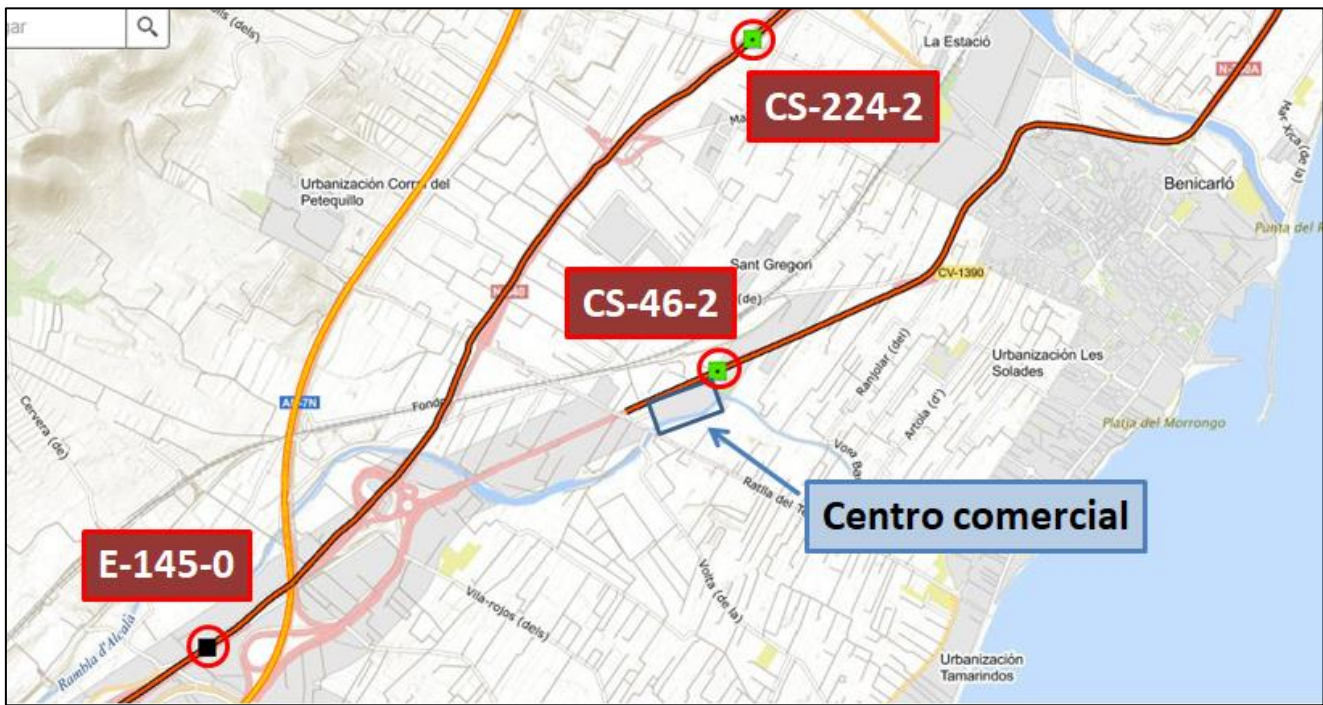


Figura 1.1.1. Estaciones de aforo más cercanas a la zona de actuación. Fuente: elaboración propia.

En esta otra tabla se resume la evolución del tráfico registrado por estas estaciones en los últimos años.

Estación	2014		2015		2016		2017	
	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P
E-145-0			13416	38,2	15219	34,1	15515	35
CS-224-2			10917	48,4	11027	45,9	11417	41,1
CS-46-2	17358	28,4	17518	28,6	8025	7,1	8078	6,5

Analizando los datos anteriores, quizá el más llamativo sea la caída brusca de IMD entre 2015 y 2016 en el tramo donde se encuentra la estación CS-46-2, que es, además, la más cercana a la zona de actuación. Esta variación de -54,19% viene acompañada de un descenso, incluso más destacado, del porcentaje de pesados.

Estos hechos se deben a la apertura al tráfico de la variante de la N-340 entre Benicarló y Vinaròs en octubre de 2015 que, entre otras consecuencias, desvió gran parte del tráfico, y en su mayoría tráfico pesado, del trazado original de la N-340 a la nueva variante.

Por consiguiente, el número de vehículos pesados que circulan por el actual tramo municipal de la N-340 es relativamente bajo, y esto afectará al diseño de cualquier actuación localizada en este tramo.

Por otro lado, se observa que, precisamente, la estación CS-46-2 es la única de las anteriores que dispone de datos para el período 2007-2014.

Estación	2007		2008		2009		2010	
	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P
CS-46-2	21552	28,12	18498	23,95	18151	25	18141	27
Estación	2011		2012		2013		2014	
	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P	IMD	% P
CS-46-2	17657	26,5	17736	26,4	17386	26,9	17358	28,4

Aunque se aprecia una disminución de la IMD de 2007 a 2008, a partir de este año, las intensidades no varían notablemente.

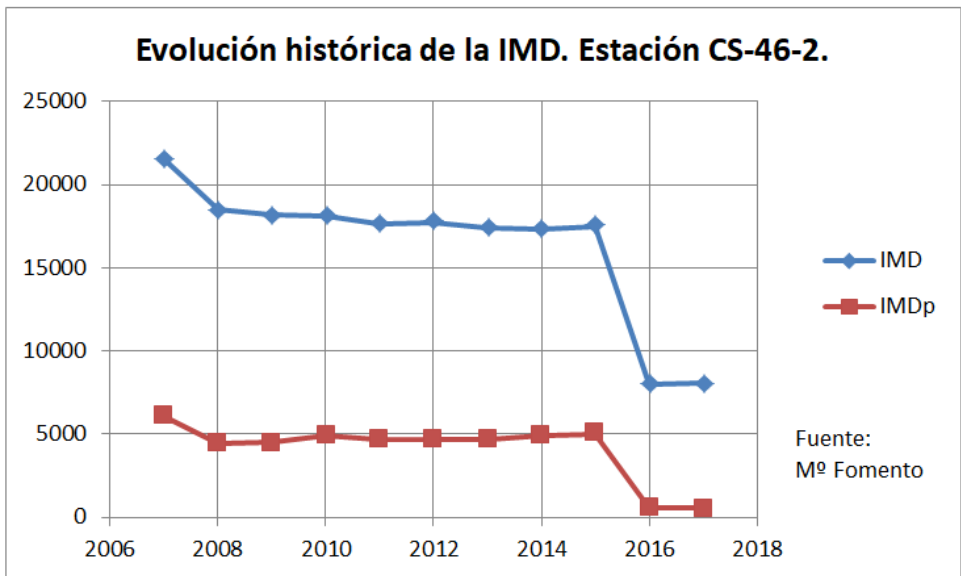


Figura 1.1.2. Evolución histórica de la IMD. Estación CS-46-2. Fuente: elaboración propia.

Para las otras dos estaciones se pueden sacar pocas conclusiones, pues solo contamos con datos para tres años, y estos no presentan variaciones bruscas entre ellos.

## 1.2. DATOS DE AFOROS DE MARZO DE 2019

Con el objetivo de obtener datos actuales en la zona concreta de actuación, se realizaron dos aforos con una duración de una hora cada uno en los dos accesos actuales al centro comercial.

Estos aforos fueron realizados el domingo 31 de marzo de 2019, durante la tarde-noche.



Figura 1.2.1. Conteo de vehículos en el acceso sur (izquierda), y en el norte (derecha). Fuente: elaboración propia

Se debe tener en cuenta que los resultados del aforo serán intensidades, seguramente, bastante superiores a la media. Esto se debe a que muchas personas aprovechan el día festivo y, especialmente, la franja horaria de la tarde-noche para cenar e ir al cine del centro comercial, que sigue siendo el único con varias salas en toda la comarca. Este factor se analizará con más detalle más adelante.

### 1.2.1. Acceso a/desde Camí de la ratlla del terme y a/desde N-340a carril sentido Barcelona (acceso Sur)

Datos del aforo	
Fecha	31/03/2019
Hora de inicio	19:18
Hora de finalización	20:18

Condiciones meteorológicas	Lluvia
----------------------------	--------

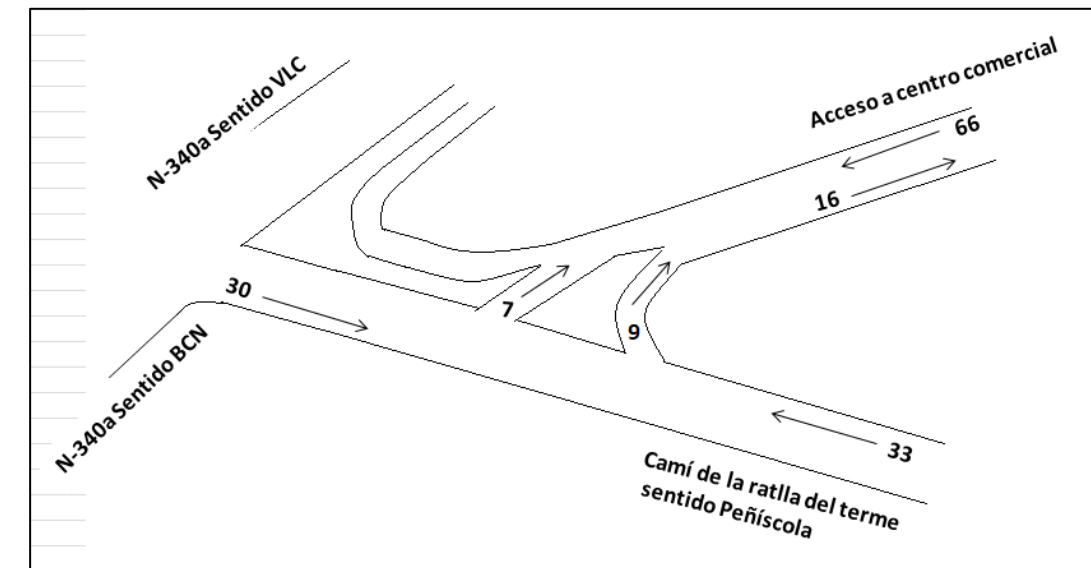


Figura 1.2.1.1. Aforo en el acceso Sur. Fuente: elaboración propia.

A partir de este aforo, se puede concluir:

- No se observó ningún vehículo pesado durante el período de aforo en ningún punto del nudo, por lo que el porcentaje de los mismos aquí es muy bajo.
- La intensidad de vehículos es baja, aun siendo un día y una franja horaria de mayor movimiento de tráfico que entra y sale del centro comercial que la media.
- En este acceso, salen muchos más vehículos de los que entran. Esto se debe a la existencia de otro acceso (se ve a continuación) solo de entrada para los vehículos que circulan sentido Valencia y que, por tanto, vienen de Benicarló o Vinaròs (la mayoría).
- De los vehículos que circulan por el Camí de la ratlla del terme en este tramo, aproximadamente un 25% lo hacen para acceder al centro comercial.

### 1.2.2. Acceso desde la N-340a carril sentido Valencia (acceso Norte)

Datos del aforo	
Fecha	31/03/2019
Hora de inicio	20:36
Hora de finalización	21:36
Condiciones meteorológicas	Lluvia



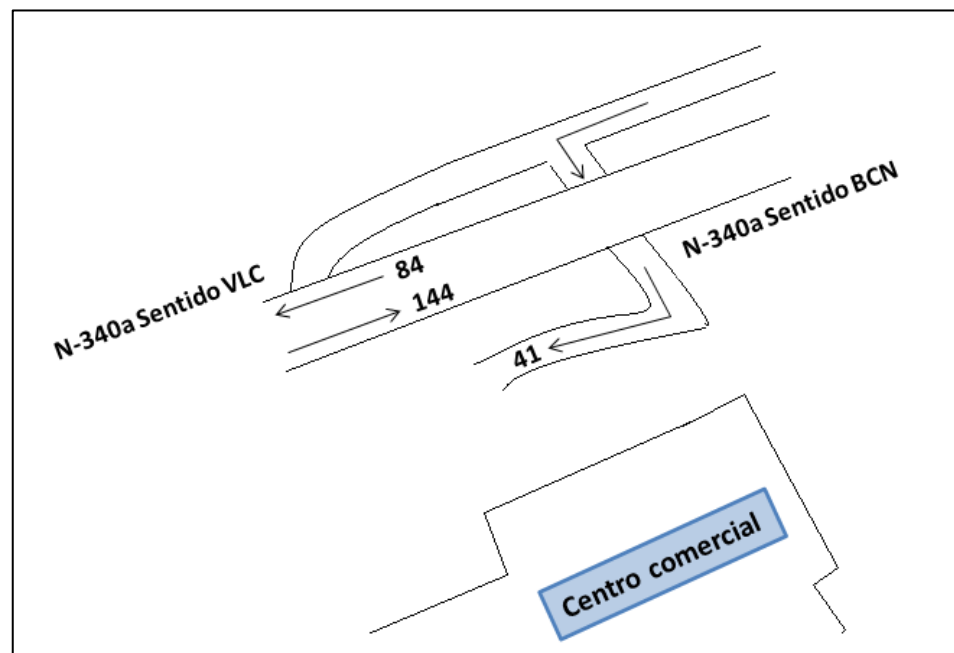


Figura 1.2.2.1. Aforo en el acceso Norte. Fuente: elaboración propia.

A partir de este aforo, se puede concluir:

- Ningún vehículo pesado accedió al centro comercial. Esto resulta evidente, pues el paso inferior que da acceso tiene unas condiciones de gálibo muy restrictivas.
- La intensidad de vehículos que acceden al centro comercial es igualmente baja a pesar de ser claramente mayor a la media por lo comentado anteriormente.
- El número de vehículos que acceden por esta entrada es claramente mayor de los que lo hacen por la entrada del punto 1. Se puede deducir pues que los clientes potenciales del área comercial vienen en su mayoría de Benicarló y Vinaròs (ambos municipios situados al norte). Mientras que los que vienen o podrían venir del sur son clara minoría, ya que Peñíscola es el único núcleo de población considerable cercano desde el sur.
- Entre un 25% y un 30% de vehículos que circulan por la N-340a sentido Valencia en este tramo, lo hacen para acceder al centro comercial. Un porcentaje a priori alto, pero que no lo es tanto teniendo en cuenta la franja horaria y que es festivo, y que gran parte del tráfico ha sido absorbido por la nueva variante.

## 2. CÁLCULO DE IMD EN ACCESOS

A falta de más datos y partiendo de algunas hipótesis iniciales, se puede llegar a obtener distintas IMD aproximadas para cada uno de los puntos de acceso analizados anteriormente.

### 2.1. ACCESO NORTE

Tal como indica el capítulo 2.4 de la Noma 3.1-IC de trazado, el diseño de una carretera o cualquier elemento de la misma se establecerá en función de la intensidad y de la composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte, considerando como veinte años al de la fecha de entrada en servicio. Si consideramos el año de puesta en servicio 2021, el año horizonte es 2041.

Además, en este caso se considera que la proporción de vehículos sentido Valencia y sentido Barcelona en la N-340a es 55/45. Se da un mayor peso al carril sentido Valencia al ser en el que transitan los vehículos que usan este acceso.

Para prever el crecimiento del tráfico se utilizan los siguientes datos de la Orden FOM/3317/2010:

Incrementos de tráfico a utilizar en estudios	
Período	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08 %
2013 – 2016	1,12 %
2017 en adelante	1,44 %

Figura 2.1.1. Incrementos de tráfico a utilizar en estudios. Fuente: Orden FOM/3317/2010.

Considerando, por tanto, un crecimiento anual del tráfico del 1,44%, manteniendo constante el porcentaje de pesados, la IMD del año horizonte será la siguiente:

$$IMD_{2041}=IMD_{2017}*(1+0,0144)^n$$

Donde n es el número de años transcurridos entre los datos recogidos de la IMD y el año horizonte de la carretera.

Por tanto, la IMD en 2041 para la estación CS-46-2 es:

$$IMD_{2041}=IMD_{2017}*(1+0,0144)^n=8078*(1,0144)^{24}=11385 \text{ veh/día}$$

Y para pesados:

$$IMD_{p,2041}=IMD_{2041}*p_{2017}=11064*0,065=740 \text{ veh. pesados/día}$$

Ahora, particularizando para sentido Valencia:

$$IMD_{2041, Valencia}=11385*0,55=6262 \text{ veh/día}$$

$$IMD_{p,2041, Valencia}=740*0,55=407 \text{ veh. pesados/día}$$

Por otro lado, se necesita obtener un porcentaje de vehículos que circulan por la N-340a sentido Valencia que tengan intención de acceder al centro comercial. Anteriormente, y a partir de los datos de aforo, se cifraban entre un 25% y un 30% estos vehículos.

Teniendo en cuenta que este porcentaje se da en unas condiciones favorables en cuanto a demanda de usuarios (festivo, sesión de cine más concurrida...), parece claro que este será mayor al de la media. Además, hay que considerar que gran parte del día (durante la madrugada) el centro comercial está cerrado.

Siguiendo un criterio conservador se considera que un 15% de estos vehículos tienen intención de acceder al centro comercial y que en 2041 el porcentaje se mantendrá estable.

Por tanto, el número medio de vehículos diarios, teniendo en cuenta que los pesados no pueden pasar por el paso inferior, que accederán por el acceso 2 en 2041 es:

$$IMD_{\text{ACCESO NORTE}, 2041} = (6262 - 407) * 0,15 = 879 \text{ veh/día}$$

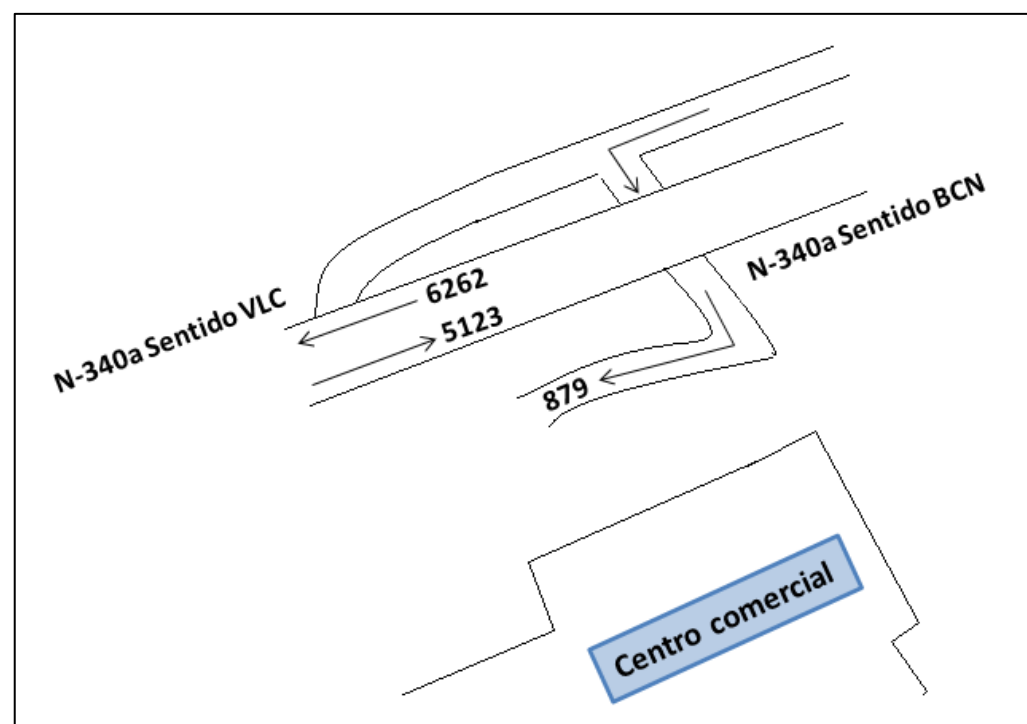


Figura 2.1.2. Intensidades medias diarias de vehículos en el acceso Norte en 2041. Fuente: elaboración propia.

## 2.2. ACCESO SUR

A partir de los datos para el acceso Norte, se puede hacer una estimación sobre la intensidad media diaria de vehículos en el acceso Sur.

Primeramente se obtiene la relación entre la  $IMD_{2041}$  en la estación CS-46-2 y el número de vehículos que circularon por la N-340a durante el aforo en ambos sentidos. Esto es:

$$\frac{IMD_{2041}}{\text{veh/h aforo}} = \frac{11385}{84+144} = 49,93$$

Considerando el una variación análoga en el flujo de vehículos que circulan por el *Camí de la ratlla del terme*, se pueden obtener las intensidades medias diarias de los vehículos en el acceso Sur.

$$30 * 49,93 = 1498 \text{ veh/día}$$

$$33 * 49,93 = 1648 \text{ veh/día}$$

Teniendo en cuenta que el porcentaje de los vehículos que decidieron entrar al centro comercial circulando por las dos vías principales (Nacional y camino) durante el aforo es similar, se vuelve a tomar la hipótesis planteada en el acceso Norte sobre el 15% de vehículos que tienen intención de acceder al recinto.

Por tanto:

$$IMD_{\text{ENTRADA ACCESO SUR}, 2041} = (1498 + 1648) * 0,15 = 472 \text{ veh/día}$$

La  $IMD_{\text{SALIDA ACCESO SUR}, 2041}$  será igual a los vehículos que entran por los dos accesos.

$$IMD_{\text{SALIDA ACCESO SUR}, 2041} = 472 + 879 = 1351 \text{ veh/día}$$

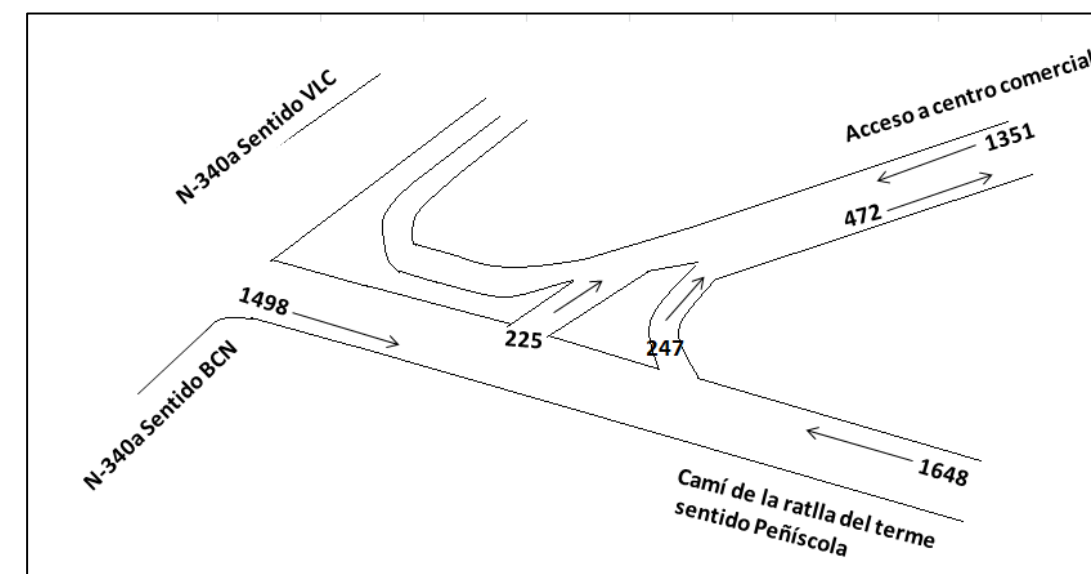


Figura 2.2.1. Intensidades medias diarias de vehículos en el acceso Sur en 2041. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a tráfico de pesados, no se observó ningún vehículo pesado circulando por el *Camí de la ratlla del terme*. Sin embargo, este dato no es representativo, pues el aforo no se realizó en día laborable.

A falta de más datos, se considera que el porcentaje de pesados por esta vía es igual al de la estación CS-46-2 en el año 2017. Además, este porcentaje se aplica también a los vehículos que entran al recinto.

$$IMD_{\text{pCAMINO}, 2041} = (1498 + 1648) * 0,065 = 205 \text{ veh. pesados/día}$$

$$IMD_{\text{pENTRADA ACCESO SUR}, 2041} = IMD_{\text{ENTRADA ACCESO SUR}, 2041} * \%p = 472 * 0,065 = 31 \text{ veh. pesados/día}$$

$$IMD_{\text{pSALIDA ACCESO SUR}, 2041} = IMD_{\text{pENTRADA ACCESO SUR}, 2041} = 31 \text{ veh. pesados/día}$$

## 3. INCREMENTO DE TRÁFICO ASOCIADO A LA REVITALIZACIÓN DEL CENTRO COMERCIAL A CAUSA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO ACCESO

En la actualidad, el centro comercial *Costa Azahar* presenta un estado de abandono en el que solo unos pocos establecimientos siguen aún abiertos. Los pocos atractivos que siguen atrayendo a algunas personas a visitar el centro comercial, especialmente en festivos, son el cine, la bolera y un restaurante.



El hecho de construir un nuevo acceso que facilite el acceso de vehículos, así como el impulso de otras medidas revitalizadoras de la zona podría provocar un aumento del tráfico con intención de acceder al recinto comercial.

Es difícil cifrar un incremento tráfico respecto del actual, que se cifró, bajo unos criterios conservadores, en algo más de 1000 vehículos que entran y salen diariamente del centro comercial.

Si se considera que tras la revitalización del área y al cabo de un tiempo vuelven a abrir los más de 70 establecimientos que existen en el centro comercial, incluido el espacio de un gran hipermercado, se puede esperar un incremento de 3 veces la demanda de usuarios actual.

Por tanto, en el mejor de los casos, se estima que unos 3000 vehículos podrían entrar y salir diariamente de la zona comercial. Una intensidad similar a la que existía en los primeros años de actividad del centro comercial. Hay que tener en cuenta que este dispone de más de 1000 plazas de aparcamiento (hoy en día muy infrautilizadas) y una gran superficie comercial, actualmente muy desaprovechada.

#### 4. ESTUDIO DE CAPACIDAD EN GLORIETAS

##### 4.1. INTRODUCCIÓN

A la hora de calcular la capacidad de las glorietas, debemos tener en cuenta algunos planteamientos básicos iniciales.

El término de capacidad hace referencia a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que atraviesan un carril o una sección de la vía en un período de tiempo y bajo unas condiciones preestablecidas de tráfico (HCM, 2010).

En el caso de las glorietas o intersecciones circulares, la calzada anular no se comporta como una serie de tramos de trenzado sino que los vehículos entran directamente a ella cuando consideran que existe un hueco suficiente. Existe por tanto una interrupción del flujo en las entradas que significa pérdida de tiempo debido a la forma de la regulación de la prioridad. Por consiguiente, el objetivo de los métodos de capacidad en glorietas es buscar expresiones que relacionen el tráfico en la calzada anular y el máximo que podría incorporarse en una entrada. El dato de partida básico de todas ellas será la intensidad del tráfico.

##### 4.1.1. Modelos basados en la geometría de la intersección

Se agrupan en este grupo los modelos en los que los parámetros geométricos estadísticamente significativos para el estudio de la capacidad son:

- La anchura de la entrada
- La anchura de la aproximación
- La longitud del abocinamiento en la entrada
- El diámetro exterior
- El ángulo de entrada
- El radio de aproximación

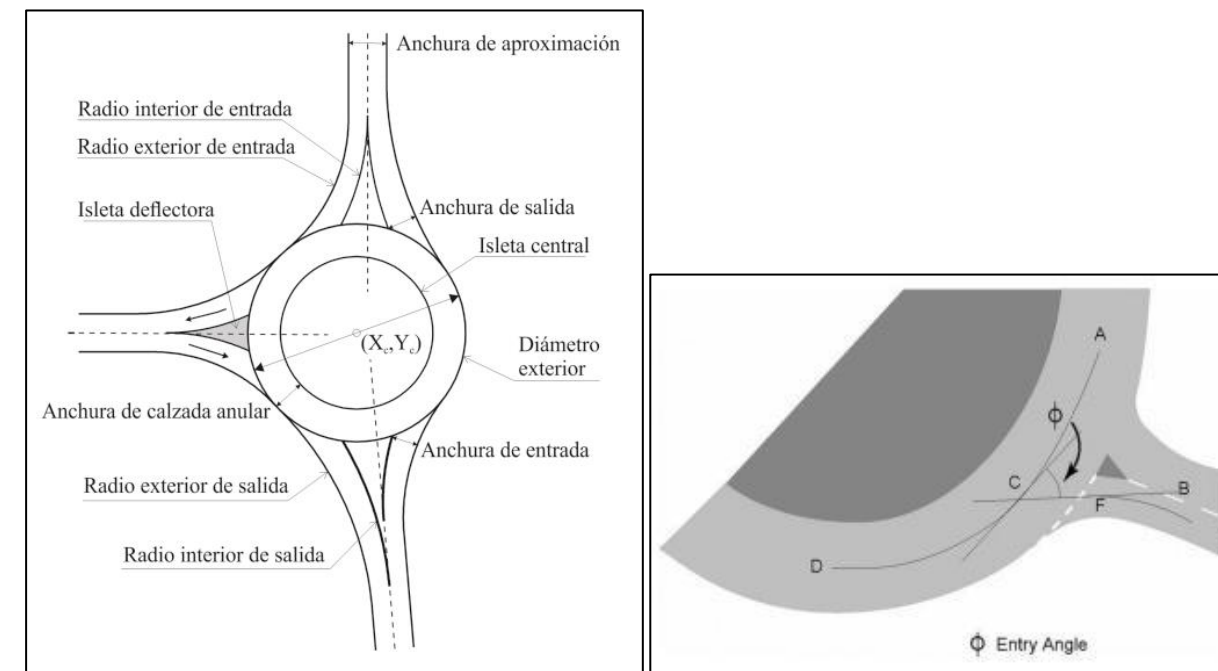


Figura 4.1.1.1. Parámetros geométricos con mayor incidencia en la capacidad. Fuente: Kimber, 1980.

Dentro de esta clasificación, se han desarrollado varios modelos a nivel mundial. El procedimiento más contrastado fue elaborado por el británico Kimber (1980), profesional perteneciente a la administración del *Transportation Research Laboratory* (TRL) de Londres.

##### 4.1.2. Modelos basados en la geometría y el comportamiento del conductor (aceptación del hueco)

Este tipo de modelos están basados en la teoría de aceptación del hueco: un usuario situado en una entrada accederá a la calzada anular si considera que existe un hueco suficiente.

La teoría de aceptación del hueco contempla dos conceptos básicos: el tamaño de los huecos en la corriente prioritaria y su distribución, y la utilidad de los huecos por los conductores.

Estos modelos captan en mayor o menor grado la geometría de la intersección, por ejemplo, los modelos de EEUU y Alemania incluyen como datos de partida el número de carriles y las dimensiones de las calzadas en los accesos y en el anillo.

#### 4.2. CAPACIDAD DE GLORIETAS

##### 4.2.1. Formulación

Para el cálculo de la capacidad de glorietas, se aplica la fórmula de Kimber, en la que se basa el método TRRL (*Transport Road and Research Laboratory*) de Reino Unido. Esta formulación permite calcular la capacidad de una entrada utilizando tanto la geometría de la intersección circular como el tráfico circulante en frente de dicha entrada.

Se parte de la hipótesis de que la relación entre los dos tráficos, el que circula por el anillo y el entrante es una relación lineal o cuasi-lineal del tipo:  $Q_e = k (F - f_c Q_c)$  donde:

- $Q_c$  es el tráfico circulante en el anillo y viene determinado por los conteos de tráfico (veh/h).
- $F$  y  $f_c$  son constantes dependientes de la geometría.
- $K$  un factor de corrección para tener en cuenta los valores del radio y del ángulo de entrada  $\phi$ .

$$K = 1 - 0,00347(\phi - 30^\circ) - 0,978\left(\frac{1}{r} - 0,05\right)$$

$$F = 303x$$

$$f_c = 0,21 t_D (1 + 0,2 x_s)$$

A su vez:

$$t_D = 1 + \frac{0,5}{1 + e^{\frac{D-60}{10}}}$$

$$x_2 = v + \frac{e - v}{1 + 2S}$$

$$S = 1,6 \frac{e - v}{l'}$$

Donde:

$e$  = ancho de la entrada (m)

$v$  = semiancho de la vía de aproximación (m)

$l'$  = longitud del abocinamiento (m)

$D$  = diámetro del círculo inscrito (m)

$\phi$  = ángulo de entrada ( $^\circ$ , grados sexagesimales)

$r$  = radio de entrada (m)

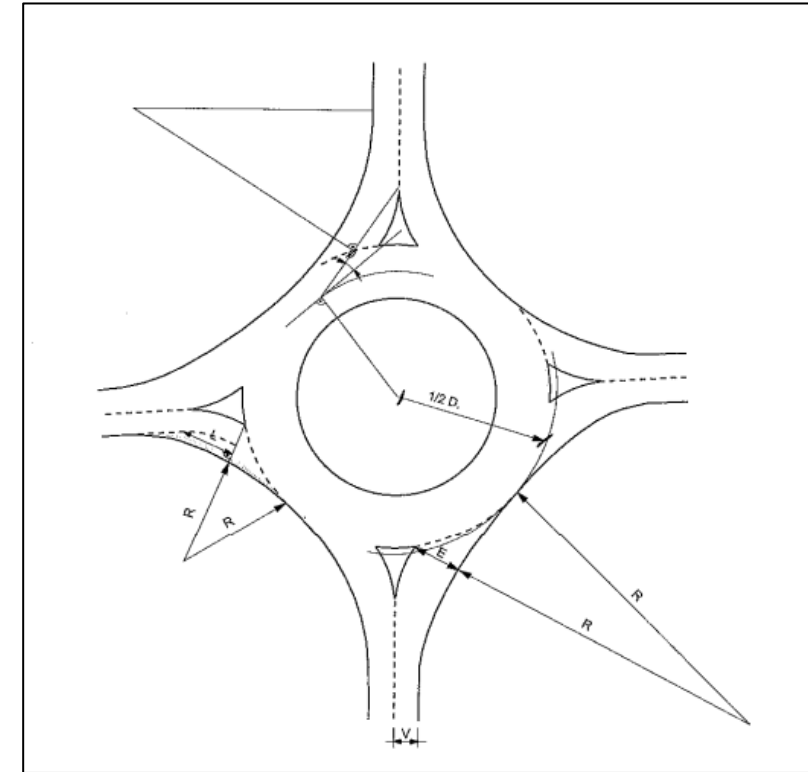


Figura 4.2.1.1. Representación gráfica de los parámetros descritos anteriormente. Fuente: Kimber, 1980.

Por otro lado, también se calcula el grado de saturación de la rotonda según el siguiente criterio:

$0 < l_e / Q_e < 0,85$	Fluido
$0,85 < l_e / Q_e < 1$	Saturado
$l_e / Q_e > 1$	Congestionado

#### 4.2.2. Cálculo de capacidad en la solución de glorieta a nivel

Se procede a calcular la capacidad de la glorieta que estará sometida a más tráfico y que, por tanto, es la que puede tener más problemas de capacidad. Se trata de la que se plantea en la solución de glorieta a nivel, que se desarrolla posteriormente.

##### 4.2.2.1. Cálculo de $l_e$

Se nombran cada una de las entradas de la glorieta cuyo centro geométrico se encuentra en el tronco de la N-340a, en el PK 1041+200.

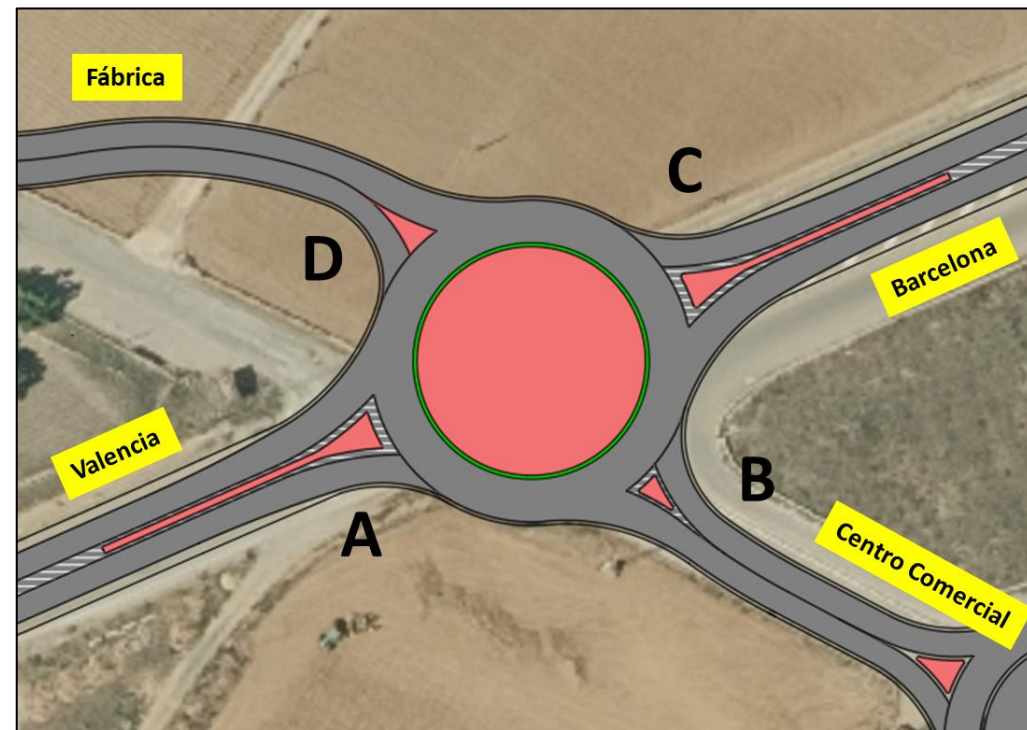


Figura 4.2.2.1.1. Entradas de la glorieta principal de la solución de glorieta a nivel. Fuente: elaboración propia.

A continuación, es necesario establecer las intensidades de vehículos para cada acceso de la futura glorieta redistribuyendo los principales movimientos que han sido aforados y de los que se tienen datos. Para pasar de IMD a intensidades en vehículos hora se tiene en cuenta la definición de Intensidad de Hora 30 (IH30), que es el valor de la intensidad horaria únicamente superada durante 30 horas a lo largo de un año. Normalmente se corresponde con volúmenes horarios que van del 7,5% IMD para carreteras urbanas (normalmente congestionadas) al 20% IMD para carreteras en zonas turísticas. En este caso, consideraremos que  $IH30=0,10 \cdot IMD$ , o sea, un 10%.

Los vehículos pesados contarán como dos vehículos equivalentes, siendo un vehículo equivalente igual a uno ligero. Al no contar con datos de aforo de motocicletas, se considerará conservadoramente que todos los vehículos ligeros son vehículos de cuatro ruedas.

- **Entrada A:** Tomarán esta entrada los vehículos que circulan en sentido Barcelona en el tronco de la N-340a.

La IMD en 2041 para la estación CS-46-2 es  $IMD_{2041} = 11385$  veh/día y para pesados  $IMD_{p,2041} = 740$  veh. pesados/día.

Particularizando para un sentido con una distribución 55/45:  $IMD_{2041, Barcelona} = 11385 \cdot 0,55 = 6262$  veh/día e  $IMD_{p,2041, Barcelona} = 740 \cdot 0,55 = 407$  veh/día.

Convirtiendo estos datos en vehículos equivalentes diarios:

$$(6262 - 407) \cdot 1 + 407 \cdot 2 = 6669 \text{ veh. eq./día}$$

La intensidad horaria a considerar en esta entrada será, por tanto:

$$\text{Intensidad horaria, acceso A} = 6669 \cdot 0,10 = 667 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada B:** Los vehículos que toman esta entrada son los que circulan por el tramo este del camino y acaban incorporándose al tronco de la Nacional en cualquiera de los dos sentidos o continúan por el tramo oeste del camino, más todos los vehículos que salen del centro comercial. Nos basaremos en los datos representados en la figura 2.2.1. del presente Anejo. Por tanto:

$$IMD_{\text{acceso B}, 2041} = (1648 - 247) + 1351 = 2752 \text{ veh/día}$$

$$IMD_{p, \text{acceso B}, 2041} = 2752 \cdot 0,065 = 179 \text{ veh. pes./día}$$

$$\text{Vehículos equivalentes diarios} = (2752 - 179) \cdot 1 + 179 \cdot 2 = 2931 \text{ veh. eq./día}$$

$$\text{Intensidad horaria, acceso B} = 2931 \cdot 0,10 = 294 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada C:** Tomarán esta entrada los vehículos que circulan en sentido Valencia en el tronco de la N-340a.

Se toman los mismos planteamientos que para la pata A de la glorieta, por lo que el resultado es el mismo:

$$\text{Intensidad horaria, acceso C} = 667 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada D:** Contabilizaremos los vehículos que acceden por esta entrada desde el tramo oeste del camino.

Al no tener datos de aforo deberemos estimar el número de vehículos en este caso. Teniendo en cuenta que a este tramo del camino acceden mayoritariamente vehículos que acceden a la fábrica de pinturas, y que es bastante menos concurrido que el tramo este, consideraremos que:

$$\text{Int. horaria, acceso D} = 0,20 \cdot \text{Int. horaria, acceso B} = 0,20 \cdot 294 = 59 \text{ veh. eq./hora}$$

#### 4.2.2.2. Cálculo de $Q_c$

Por otro lado, para poder desarrollar los cálculos, es necesario calcular  $Q_c$  para cada entrada, que es la intensidad prioritaria que corta la circulación de entrada en cada uno de los puntos de entrada a la glorieta. Deberemos, por tanto, estimar las trayectorias de los vehículos en la glorieta.

- **Entrada A:** El número de vehículos equivalentes horarios que circularán en frente de la entrada será la suma de:

a) Vehículos que accedan a la glorieta por B y vuelvan a salir por B. Se desprecia este valor, pues no es habitual que se realice un cambio de sentido en ese punto.

b) Vehículos desde C que salgan por B (accediendo al camino o al centro comercial) o que vuelvan a salir por C (cambio de sentido). Se estima como valor conservador un 25% de los vehículos equivalentes que acceden desde C.

c) Vehículos desde D que salgan por B, por C o que vuelvan a salir por D (esto último, poco habitual). Se estima un 65% de los vehículos que entran desde D.

Sumando las intensidades para los 3 supuestos:

$$Q_{c,A} = 0,25 * 667 + 0,65 * 59 = 205 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada B:** El número de vehículos equivalentes horarios que circularán en frente de la entrada será la suma de:

a) Vehículos que accedan a la glorieta por A y tomen cualquier trayectoria excepto salir por B, es decir, todos los vehículos excepto los que se incorporan a B para acceder al centro comercial o incorporarse al tramo este del camino. Se estima conservadoramente un 85%.

b) Vehículos desde C que realicen un cambio de sentido. Puede considerarse un 5%, aunque en la práctica es más que probable que sea un porcentaje menor.

c) Vehículos desde D que salgan por C o por D (cambio de sentido). Se considera un 40%.

Sumando las intensidades para los 3 supuestos:

$$Q_{c,B} = 0,85 * 667 + 0,05 * 667 + 0,40 * 59 = 624 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada C:** El número de vehículos equivalentes horarios que circularán en frente de la entrada será la suma de:

a) Vehículos que accedan a la glorieta por A y salgan por C (camino tramo oeste) o realicen un cambio de sentido. Al no ser esas trayectorias muy habituales, se estima en un 10%.

b) Vehículos desde B que realicen cualquier trayectoria excepto tomar la salida C. Se estima un valor de no más de un 60%, pues muchos vehículos toman esa salida para incorporarse al tronco de la Nacional sentido Barcelona.

c) Vehículos que realicen un cambio de sentido desde D. Se desprecia este valor, pues no es habitual que se realice un cambio de sentido en ese punto.

Sumando las intensidades para los 3 supuestos:

$$Q_{c,C} = 0,10 * 667 + 0,60 * 294 = 243 \text{ veh. eq./hora}$$

- **Entrada D:** El número de vehículos equivalentes horarios que circularán en frente de la entrada será la suma de:

a) Vehículos que accedan a la glorieta por A y realicen un cambio de sentido. Conservadoramente, un 5%.

b) Vehículos desde B que realicen cualquier trayectoria excepto tomar la salida A. Se estima un valor de no más de un 60%, siguiendo el razonamiento dado anteriormente.

c) Vehículos desde C que tomen cualquier trayectoria excepto tomar la salida D. No son muchos los que lo hacen, por lo que se estima un 95%.

Sumando las intensidades para los 3 supuestos:

$$Q_{c,D} = 0,05 * 667 + 0,60 * 294 + 0,95 * 667 = 843 \text{ veh. eq./hora}$$

Por otro lado, y a partir de los razonamientos anteriores, es posible estimar la siguiente matriz de trayectorias en la glorieta:

Vehículos que salen por →	A	B	C	D	TOTAL
Vehículos que entran por ↓					
A	5	20	70	5	100
B	45	0	50	5	100
C	70	20	5	5	100
D	45	10	45	0	100

Figura 4.2.2.2.1. Matriz de trayectorias de la glorieta. Valores expresados en %. Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.2.3. Definición de parámetros geométricos

En las siguientes figuras se muestran el diseño de la glorieta en planta y sus parámetros básicos acotados.

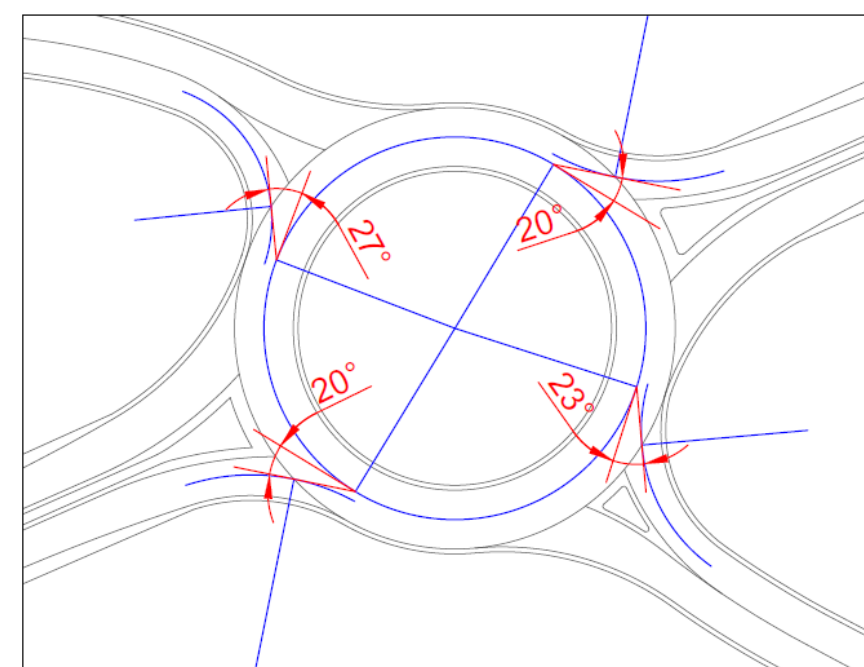
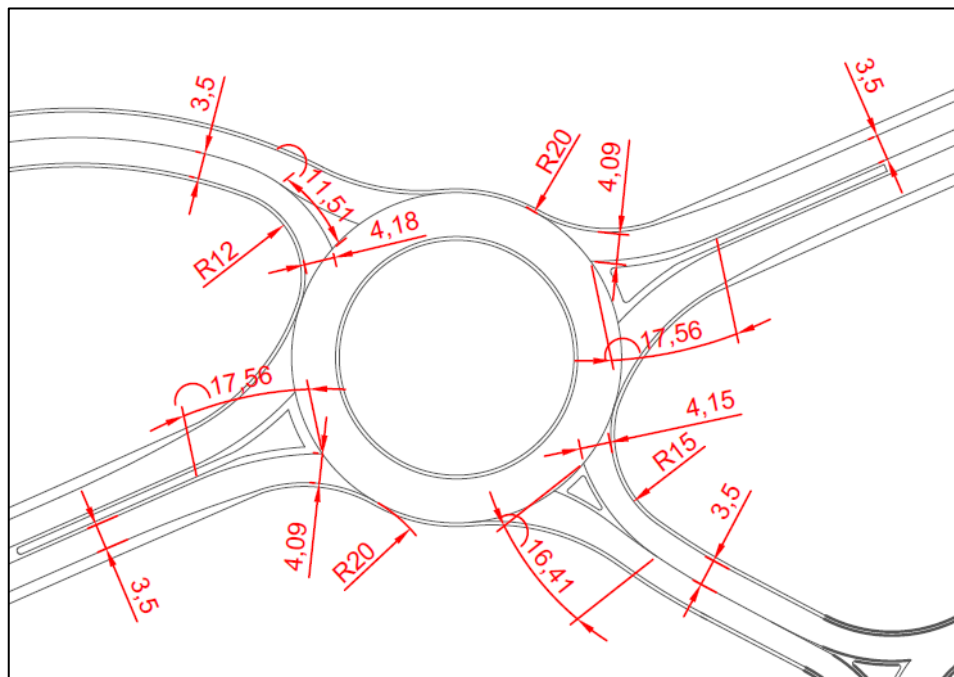


Figura 4.2.2.3.1. Dibujo en planta de la glorieta con los valores de los ángulos de entrada indicados para cada entrada. Fuente: elaboración propia.





#### 4.2.2.4. Cálculo de la capacidad

Características geométricas de la glorieta p.k. 1041+200								
Acceso	v	e	l'	r	D	φ		
A	3,5	4,09	17,56	20	45	20		
B	3,5	4,15	16,41	15	45	23		
C	3,5	4,09	17,56	20	45	20		
D	3,5	4,18	11,51	12	45	27		
Parámetros de cálculo								
Acceso	le	Qc	F	f	x	k	t	S
A	667	205	1221,91	0,53446	4,03272	1,0347	1,40879	0,05376
B	294	624	1235,29	0,53707	4,07688	1,008	1,40879	0,06338
C	667	243	1221,91	0,53446	4,03272	1,0347	1,40879	0,05376
D	59	843	1233,78	0,53678	4,07188	0,9778	1,40879	0,09453
Resultados TRRL								
Acceso	Capacidad ( $Q_e = k \cdot (F - f \cdot Q_c)$ )				Saturación ( $l_e / Q_e$ )			
A	1150,94				0,58			
B	907,36				0,32			
C	1129,93				0,59			
D	763,93				0,08			

## 5. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

### 5.1. APLICACIÓN DE DATOS DE TRÁFICO AL CÁLCULO DE FIRMES

Partimos, entonces, con el dato de la IMD de pesados de la estación CS-46-2 para el 2021, año de puesta en servicio.

### 5.1.1. Solución de glorieta a nivel

$$\text{IMD}_{2021} = \text{IMD}_{2017} * (1 + 0,0144)^n = 8078 * (1,0144)^4 = 8554 \text{ veh/día}$$

$$\text{IMDp}_{2021} = \text{IMD}_{2021} * \%p_{2017} = 8554 * 0,065 = 556 \text{ veh. pesados/día}$$

Se calculan los vehículos pesados que circularán cada día por el *camí de la ratlla del terme* en ambos sentidos en 2021, pues ambos son los que acceden a la glorieta.

$$\text{IMDp}_{\text{CAMINO},2021} = \text{IMDp}_{\text{CAMINO},2041} / (1+0,0144)^{20} = 205/1,331 = 154 \text{ veh. pesados/día}$$

La glorieta a nivel de un carril absorberá todo el tráfico pesado de la Nacional más el del camino, por lo que:

$$\text{IMDp}_{\text{GLORIETANIVEL},2021}=556+154=710 \text{ veh. pesados/día}$$

Por tanto, con este dato, y de acuerdo a las prescripciones que marca la Norma 6.1-IC Secciones de Firme, se tienen las siguientes categorías de tráfico:

TABLA 1.A. CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2				
CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

Figura 5.1.1. Categorías de tráfico pesado. Fuente: Norma 6.1-IC: "Secciones de firme".

De acuerdo al apartado 4 *Categorías de tráfico pesado*, de la Instrucción de Carreteras 6.1-IC: "Secciones de firme", se tiene una categoría de tráfico pesado T2, dado que el número de vehículos pesados se encuentra en el intervalo entre 200 y 800 vehículos.



### 5.1.2. Solución de glorieta a distinto nivel

La glorieta a distinto nivel absorbe el tráfico del camino más el que accede a ella por los 2 ramales unidireccionales que dan acceso de la Nacional a la glorieta. Se entiende que los otros 2 sirven de incorporación a la Nacional a vehículos que circulaban por el camino y que ya han sido contados.

En este caso, se puede considerar como criterio conservador que un 25% de vehículos pesados tomarán los ramales unidireccionales en cada uno de los sentidos. Esto es:

$$\text{IMDp}_{2021, \text{CS-46-2}} * 0,25 = 556 * 0,25 = 139 \text{ veh. pesados/día}$$

Sumando a este valor el tráfico pesado del camino también absorbido por la glorieta se obtiene:

$$\text{IMDp}_{\text{GLORIETA\_DISTINTONIVEL}, 2021} = 139 + 154 = 293 \text{ veh. pesados/día}$$

Por lo que en este caso también se tiene una categoría de tráfico pesado T2, pues 293 está comprendido entre 200 y 800 vehículos pesados/día.

### 5.1.3. Solución de diamante de pesas

A pesar de no tratarse exactamente de la misma situación, se considera que por el enlace circulará, aproximadamente, el mismo número de vehículos pesados que en la glorieta a distinto nivel. Tomando esta hipótesis, la categoría de tráfico pesado vuelve a ser T2.

## 5.2. SECCIÓN ESTRUCTURAL

Para el dimensionamiento de la sección estructural del acceso se tendrán en cuenta la categoría del tráfico y la categoría de la explanada. La categoría se determinó anteriormente y es T2 en todas las alternativas.

En cuanto a la categoría de explanada, para la categoría de tráfico del proyecto, T2, de acuerdo con la Figura 2.2 del catálogo de secciones de firme, se podría disponer de cualquier tipo de explanada. La explanada E-3 es la más exigente de las catalogadas, por lo que requiere mayores espesores o materiales de mejor calidad, principalmente tratados mediante estabilización, por lo que se descarta. Por su parte, las explanadas E-1 generan espesores mayores que las invalidan por su mayor coste de mezcla bituminosa, por la necesidad de aportación de materiales de préstamo, así como generan mayores problemas y costes de conservación y de restitución medio ambiental. Es por ello que se decide adoptar una categoría de explanada E-2.

Por motivos de continuidad y simplificación, se decide mantener el mismo paquete de firme existente tanto en intersecciones como viales, sin diferenciar distintas secciones, excepto en caminos asfaltados y tramos en estructuras. Los detalles se pueden apreciar en los correspondientes planos de secciones tipo.

La sección de firme adoptada según la Norma 6.1-IC "Secciones de Firme" del Ministerio de Fomento sería la 221, a conseguir mediante la disposición de:

- 25 cm de Zahorra Artificial
- 25 cm de Mezclas Bituminosas.

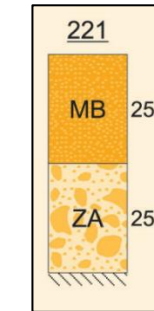


Figura 5.2.1. Sección de firme 221. Fuente: Norma 6.1-IC: "Secciones de firme".

No se consideran los pavimentos de hormigón vibrado por las razones siguientes:

- Se busca mantener la máxima continuidad y homogeneidad con la sección del tronco principal de la N-340a.
- Es un pavimento más ruidoso que el de mezcla bituminosa, algo a considerar especialmente en un entorno urbano.
- La disposición de un pavimento de hormigón encarece más la solución que la mezcla bituminosa.
- Aunque el mantenimiento de un pavimento de hormigón es más económico que el de la mezcla bituminosa, este hecho no compensa su coste de construcción.
- No es una opción que se suele utilizar en casos como el que abarca este Estudio.

En cuanto a las secciones con que incluyen una capa de grava cemento, se descartan fundamentalmente por su dificultad de ejecución.

Los firmes con base de zahorra artificial garantizan un mejor drenaje de la calzada, algo especialmente interesante teniendo en cuenta la situación del futuro acceso; una zona inundable justo al lado de la rambla de Alcalà, que, precisamente, tiene problemas de inundabilidad durante períodos de gota fría. Además, el mayor espesor de material granular de las secciones de firme con zahorras frente a las de suelo-cemento posibilita una mejor adaptación a los asientos del terreno.

Por otro lado, el firme de los arcenes será, por razones constructivas, prolongación del firme de la calzada adyacente. Su ejecución será simultánea, sin junta longitudinal entre la calzada y el arcén, según lo dispuesto en el punto 7 de la Norma 6.1-IC.

### 5.3. ESTUDIO DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

#### 5.3.1. Tipo de mezclas bituminosas utilizadas

Siguiendo la tabla 6 del apartado 6.2.1.1. de la Norma 6.1-IC, se propone que la capa de mezclas bituminosas de 25 cm de espesor esté formada por:

- Capa de base: AC32 base G, con un espesor de 12 cm.
- Capa intermedia: AC22 bin S, con un espesor de 8 cm.
- Capa de rodadura: AC16 surf S, con un espesor de 5 cm.

TABLA 6. ESPESOR DE CAPAS DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE				
TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

(\*) Ver definiciones en tabla 5 o artículos 542 y 543 del PG-3.  
(\*\*) Salvo en arcenes, para los que se seguirá lo indicado en el apartado 7.

Figura 5.3.1.1. Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente. Fuente: Norma 6.1-IC: “Secciones de firme”.

#### 5.3.2. Tipo de ligante hidrocarbonado

Para el ligante hidrocarbonado a utilizar en cada una de las capas de la mezcla bituminosa se siguen las tablas 542.1.a y 542.1.b recogidas en el PG-3.

Previamente, se requiere conocer la zona térmica estival en la que se localiza el proyecto. En este caso, se trata de la media.

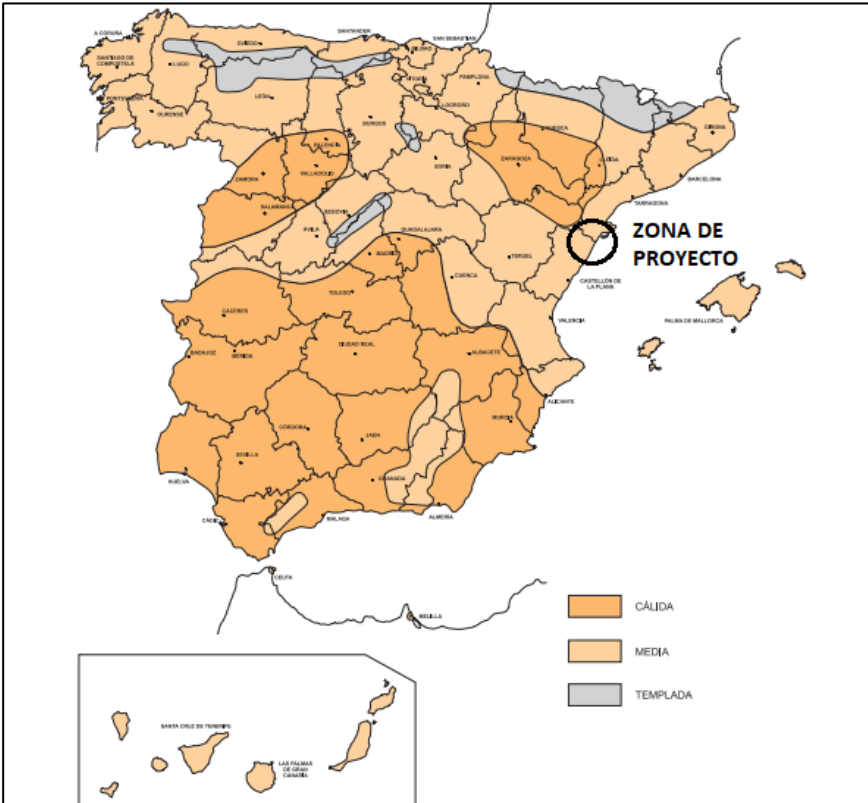


Figura 5.3.2.1. Zonas térmicas estacionales. Fuente: Norma 6.1-IC: “Secciones de firme”.

Por tanto, para categoría T2 y zona térmica estival media, se considera la selección de los siguientes ligantes:

- Capa de base: betún 50/70.
- Capa intermedia: betún 50/70.
- Capa de rodadura: betún 50/70.

Los betunes modificados con caucho se descartan porque la IMD no es superior a 5000 vehículos por día y carril ni en el tronco ni en los accesos, tal como se especifica en la tabla 543.1 del PG-3.

La dotación mínima de ligante en % sobre el peso seco de los áridos (incluido el polvo mineral) será la indicada en la tabla 542.10 del PG-3.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	DOTACIÓN MÍNIMA (%)
RODADURA	densa y semidensa	4,50
INTERMEDIA	densa y semidensa	4,00
	alto módulo	4,50
BASE	semidensa y gruesa	4,00
	alto módulo	4,75

(\*) Incluidas las tolerancias especificadas en el epígrafe 542.9.3.1. Si son necesarias, se tendrán en cuenta las correcciones por peso específico y absorción de los áridos.

Figura 5.3.2.2. Dotación mínima de ligante hidrocarbonado. Fuente: PG-3.

Por lo que será del 4,5% en la capa de rodadura y del 4% en capas intermedia y base.

5.3.3. Riegos

- Riego de imprimación

La norma 6.1-IC especifica que sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial debemos efectuar previamente la extensión de un riego de imprimación.

Según lo dispuesto en el artículo 530 del PG-3, se podrá emplear una emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP. La dotación de emulsión bituminosa no deberá ser menor de 500 g/m2. Así pues parece adecuado establecer 1,00 kg/m2 con objeto de obtener una superficie impermeable y sin partículas minerales sueltas.

- Riego de adherencia

El apartado 6.2.1.5 de la Norma 6.1-IC, establece que entre dos capas sucesivas de mezcla bituminosa se ejecute un riego de adherencia acorde con lo indicado en el artículo 531 del PG-3, con una dotación mínima de ligante hidrocarbonado de 0,250 kg/m2 cuando la capa superior sea una mezcla discontinua en caliente o drenante, o bien una capa tipo hormigón bituminoso, siendo este último nuestro caso.

En consecuencia, se considera idóneo una dotación de 0,50 kg/m2 de emulsión asfáltica tipo C60B3 ADH, con objeto de asegurar la adherencia entre las capas de mezcla bituminosa base e intermedia, y entre intermedia y rodadura, respectivamente.

- Riego de curado

No procede proyectar un riego de curado puesto que en nuestro firme no se encuentran capas tratadas con un conglomerante hidráulico.

5.4. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se resume en la siguiente tabla las distintas capas que componen la sección de firme considerada.

SECCIÓN 221		
Calzada y arcenes		
Capas	Espesor	Descripción
Rodadura	5 cm	- Mezcla bituminosa continua en caliente, AC16 surf S. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,50 % en masa respecto al total del árido seco.
Riego adherencia	-	- Emulsión asfáltica catiónica C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m2.
Intermedia	8 cm	- Mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC22 bin S. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,00% en masa respecto al total del árido seco.
Riego adherencia	-	- Emulsión asfáltica catiónica C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m2.
Base	12 cm	- Mezcla bituminosa continua en caliente tipo AC32 base G. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,00% en masa respecto al total del árido seco.
Riego imprimación	-	- Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP, dotación 1,00 kg/m2.
Subbase	25 cm	- Zahorra artificial.

Figura 5.4.1. Esquema de las capas que componen la sección de firme considerada. Fuente: elaboración propia.

6. FUENTES DE INFORMACIÓN EXTERNA CONSULTADAS

1. **Ministerio de Fomento** (2017). *Mapa de Tráfico de la DGC*. Disponible en: <https://www.fomento.es/carreteras/trafico-velocidades-y-accidentes-mapa-estimacion-y-evolucion/mapas-de-trafico/2017>

2. **Glorietas.com** *Capacidad de glorietas*. Disponible en: <https://glorietas.com/glorietas/capacidad/>

3. **Vectio** (2017). *Cómo cuantificar el tráfico en las carreteras*. Disponible en: <http://www.vectio.es/blog/como-cuantificar-el-trafico-en-las-carreteras/>