



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESTUDIO DEL TRAZADO Y PROPUESTA DE ADECUACIÓN DE LA CARRETERA N-340, ENTRE EL PK 833+000 (T.M. DE BELLÚS)
Y EL PK 838+600 (T.M. DE XÀTIVA), EN LA PROVINCIA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



ANEJO Nº 1 ESTUDIO DE TRÁFICO

AUTOR: *ANTONI PRATS CERVERÓ*

TUTOR: *FRANCISCO JAVIER CAMACHO TORREGROSA*

ÍNDICE

| | | |
|---|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN- | 5 |
| 2. | DATOS DE TRÁFICO. | 5 |
| 2.1. | AFORO MANUAL DE COBERTURA | 5 |
| 2.2. | CARRETERA AFÍN | 5 |
| 2.3. | IMD | 6 |
| 2.3.1. | -Obtención de la intensidad de los laborables del més de noviembre de 2017. | 6 |
| 2.3.2. | Obtención de la intensidad 24 horas de los laborables del año de la carretera afín. | 6 |
| 2.3.3. | Factor de estacionalidad del mes de noviembre (Lnov). | 6 |
| 2.3.4. | Factor de festivos. | 6 |
| 2.3.5. | Intensidad Media Diaria de la N-340(IMD2017N – 340). | 6 |
| 2.4. | PORCENTAJE DE PESADOS (%P) | 6 |
| 3. | NIVEL DE SERVICIO. | 7 |
| 3.1. | DATOS DE PARTIDA. | 7 |
| 3.2. | AJUSTE DE LA DEMANDA PARA ESTIMAR EL % DE TIEMPO EN COLA (PTSF) | 7 |
| 3.3. | ESTIMACIÓN DEL % DE TIEMPO EN COLA: | 8 |
| 3.4. | NIVEL DE SERVICIO | 9 |
| 4. | NIVEL DE SERVICIO DEL AÑO HORIZONTE. | 9 |
| 4.1. | IMD AÑO HORIZONTE. | 9 |
| 4.2. | DATOS DE PARTIDA. | 9 |
| 4.3. | AJUSTE DE LA DEMANDA PARA ESTIMAR EL % DE TIEMPO EN COLA (PTSF) | 9 |
| 4.4. | ESTIMACIÓN DEL % DE TIEMPO EN COLA: | 10 |
| 4.5. | NIVEL DE SERVICIO | 11 |
| 5. | ESTUDIO DEL TRÁFICO EN LA GLORIETA. | 11 |
| 5.1. | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 5.2. | MÉTODO DE CÁLCULO. | 12 |
| 5.2.1. | Correcciones al método. | 12 |
| 5.2.2. | Capacidad de la glorieta. | 12 |
| 5.3. | TRAMO NORTE Y SUR. | 12 |
| 6. | CONCLUSIONES. | 13 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA. | 13 |
| APENDICE 1: FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN AFÍN. | | 14 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabla 1. | Aforo sentido creciente de los PKs | 5 |
| Tabla 2. | Aforo Sentido decreciente de los PKs | 5 |
| Tabla 3. | Vehículos totales del aforo de 2 horas. | 5 |
| Tabla 4. | Intensidad 24 horas laborables noviembre 2017 | 6 |
| Tabla 5. | Intesidad laborables 24 horas 2017 | 6 |
| Tabla 6. | Factor de estacionalidad del mes de noviembre | 6 |
| Tabla 7. | Factor de festivos del mes de noviembre | 6 |
| Tabla 8. | Intensidad media diaria carretera N-340 | 6 |
| Tabla 9. | Factor de pendiente para % tiempo en cola. | 7 |
| Tabla 10. | Factor de equivalencia de pesados. | 8 |
| Tabla 11. | Factor de pesados para porcentaje de tiempo en cola. | 8 |
| Tabla 12. | Intensidad de demanda para % tiempo en cola. | 8 |
| Tabla 13. | Valor coeficientes a y b en función de la demanda de tráfico en sentido opuesto | 8 |
| Tabla 14. | Resultado % tiempo en cola base. | 8 |
| Tabla 15. | % de zonas de adelantamiento prohibido en función de la demanda total en ambos sentidos. | 8 |
| Tabla 16. | Resultado % tiempo en cola. | 9 |
| Tabla 17. | Niveles de servicio | 9 |
| Tabla 18 | Incrementos de tráfico anuales | 9 |
| Tabla 19. | Factor de pendiente para % tiempo en cola. | 10 |
| Tabla 20. | Factor de equivalencia de pesados. | 10 |
| Tabla 21. | Factor de pesados para porcentaje de tiempo en cola. | 10 |
| Tabla 22. | Intensidad de demanda para % tiempo en cola. | 10 |
| Tabla 23. | Valor coeficientes a y b en función de la demanda de tráfico en sentido opuesto. | 11 |
| Tabla 24. | Resultado % de tiempo en cola base para año horizonte. | 11 |
| Tabla 25. | % de zonas de adelantamiento prohibido en función de la demanda total en ambos sentidos. | 11 |
| Tabla 26. | Resultado % de tempo en cola para año horizonte. | 11 |
| Tabla 27. | Niveles de servicio año horizonte | 11 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|----------------|---|---|
| Ilustración 1. | Detalle del tramo de la carretera afín. | 6 |
| Ilustración 2. | Distribuciones de intensidades horarias según el carácter de la carretera | 7 |

1. Introducción-

En el siguiente anejo se va a estudiar el tráfico actual del tramo de la carretera N-340, comprendido entre los puntos kilométricos (PKs) 833+000 y 838+600, con la finalidad de obtener el nivel de servicio. De esta manera, se podrá comprobar si dicho tramo cumple el nivel de servicio mínimo que contempla la Norma 3.1-IC de la Instrucción de Trazado del Ministerio para una clase de carretera y velocidad de proyecto dadas.

Además, se estimará el nivel de servicio para el año horizonte con el propósito de conocer las dimensiones mínimas de la sección transversal que deberá contemplar la propuesta de mejora del tramo objeto de estudio.

Para la obtención del nivel de servicio se utilizará el Manual de Capacidad del Transportation Research Board de los Estados Unidos de América (HCM 2010).

2. Datos de tráfico.

Para la obtención de la Intensidad Media Diaria (IMD) se han utilizado los datos procedentes de un aforo manual de cobertura de 2 horas de duración, realizado en el mes de noviembre (2017), y los datos de aforo de la carretera afín CV-610.

2.1. Aforo manual de cobertura.

El aforo, de 2 horas de duración, se realizó de las 7:00 a las 9:00 horas, intervalo horario coincidente con el comienzo de la jornada laboral.

Se ha decidido llevar a cabo el aforo a la altura de la cantera (PK 835+600), de esta forma se puede apreciar la influencia de ésta en el tránsito de vehículos pesados.

En las tablas 1 y 2, se pueden apreciar los datos extraídos del aforo. Se divide en períodos de 15 minutos, en los que se contabilizan los vehículos en ambos sentidos de circulación y se puede apreciar en cada uno de los sentidos de circulación su interacción con la cantera (entran en ella, salen de ella o pasan de largo):

Tabla 1. Aforo sentido creciente de los PKs

| Intervalo Horario | | Vehículos ligeros | | | Vehículos pesados | | |
|-------------------|------|-------------------|------|-----------------|-------------------|------|-----------------|
| Inicio | Fin | Entra en Cantera | Pasa | Sale de Cantera | Entra en Cantera | Pasa | Sale de Cantera |
| 7:00 | 7:15 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 7:15 | 7:30 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 7:30 | 7:45 | 0 | 7 | 0 | 2 | 0 | 3 |
| 7:45 | 8:00 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 8:00 | 8:15 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 8:15 | 8:30 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8:30 | 8:45 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| 8:45 | 9:00 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total (vh) | | 2 | 35 | 0 | 3 | 3 | 14 |

Tabla 2. Aforo sentido decreciente de los PKs

| Intervalo Horario | | Vehículos ligeros | | | Vehículos pesados | | |
|-------------------|------|-------------------|------|-----------------|-------------------|------|-----------------|
| Inicio | Fin | Entra en Cantera | Pasa | Sale de Cantera | Entra en Cantera | Pasa | Sale de Cantera |
| 7:00 | 7:15 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 7:15 | 7:30 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| 7:30 | 7:45 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 7:45 | 8:00 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 8:00 | 8:15 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 8:15 | 8:30 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 8:30 | 8:45 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 8:45 | 9:00 | 0 | 9 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Total (vh) | | 0 | 46 | 1 | 12 | 0 | 3 |

Hay que aclarar, que los vehículos contabilizados en la columna *Sale de Cantera* siguen la marcha en el sentido de circulación de la tabla de aforo en la que se encuentren (PKs crecientes o decrecientes).

Al contabilizar los vehículos que entran en la cantera y los que salen, puede ocurrir que se contabilice un mismo vehículo dos veces, dado que es posible que haya entrado y salido de la cantera durante la realización del aforo. Pero en la práctica, para el cálculo de la IMD, este hecho no se tiene en cuenta puesto que lo importante es que generan tráfico.

Tabla 3. Vehículos totales del aforo de 2 horas.

| Pks Crecientes | | Pks Decrecientes | |
|---------------------------|---------|----------------------------|---------|
| Turismos | Pesados | Turismos | Pesados |
| 37 | 20 | 47 | 15 |
| Total PKs crecientes (vh) | | Total PKs decrecientes(vh) | |
| 62 | | 57 | |
| Total Tramo (vh) | | | |
| 119 | | | |

Aunque se trata de una muestra representativa, en la tabla 3 se puede observar que el tráfico en ambos sentidos de circulación es equilibrado. Hipótesis que utilizaremos para el cálculo del nivel de servicio.

2.2. Carretera Afín

Los datos de aforo de la carretera afín se han obtenido del Anexo II *Fichas de caracterización* del 2014, de la web de la Generalitat Valenciana. En el apéndice 1 asociado a este anejo se encuentran los datos aforados de esta carretera.

Se trata del tramo de la CV-610 que cruza el municipio de Genovés. Se ha utilizado como carretera afín por su cercanía al tramo objeto de estudio, hecho que se asocia a un comportamiento similar del tráfico, además de por la calidad y utilidad de los datos aforados. En el apéndice 1 se podrá encontrar la distribución horaria del tráfico de los días laborales, del sábado y del domingo. Además de un aforo, procedente de una estación de control primaria, de una semana cada seis meses.

En la siguiente ilustración se muestra de rojo el tramo perteneciente a la carretera afín CV-610:

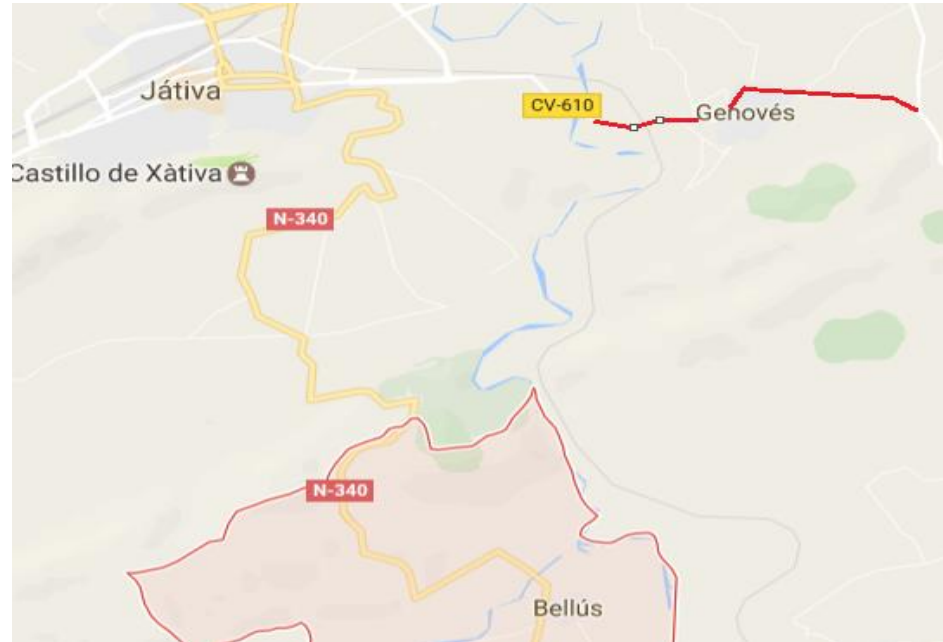


Ilustración 1. Detalle del tramo de la carretera afín.

2.3. IMD

A continuación, se llevará a cabo la obtención de la IMD del tramo de la carretera N-340 objeto de estudio:

2.3.1. -Obtención de la intensidad de los laborables del mes de noviembre de 2017.

Del aforo realizado disponemos de la intensidad de vehículos entre las 7:00 y 9:00 de un día laborable del mes de noviembre ($I_{7-9, l, Nov, 2017}^{N-340}$). De la gráfica de intensidad horaria de un día laborable del mes de noviembre del 2014, situada en el apéndice 1, se obtiene los siguientes datos sobre la carretera afín:

- Intensidad entre las 7:00 y 9:00 horas de un día laborable del mes de noviembre del 2014 ($I_{7-9, l, Nov, 2014}^{CV-610}$)
- Intensidad 24 horas de un día laborable del mes de noviembre del 2014 ($I_{24, l, Nov, 2014}^{CV-610}$).

A pesar de que los datos de la estación afín son del 2014, mientras que los del aforo han sido realizados en 2017, no es necesario obtener los datos de la carretera CV-610 para el 2017 a través de los factores de crecimiento facilitados por el Ministerio de Fomento. Dado que en los siguientes apartados se obtendrán los factores de conversión de estacionalidad y festivos de la carretera afín que permitirán ajustar las medidas de intensidad efectuadas.

Tabla 4. Intensidad 24 horas laborables noviembre 2017

| $I_{7-9, l, Nov, 2017}^{N-340}$ | $I_{7-9, l, Nov, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, Nov, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, Nov, 2017}^{N-340}$ |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 119 | 1018 | 8042 | 940 |

2.3.2. Obtención de la intensidad 24 horas de los laborables del año de la carretera afín.

Se extraen los datos de la estación de control primaria, donde se encuentran la intensidad de los laborables de seis meses del año 2014. Calculando la media aritmética se obtiene la intensidad de los laborables de la estación afín en el 2014.

Tabla 5. Intesidad laborables 24 horas 2017

| $I_{24, l, en, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, mar, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, may, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, jul, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, sep, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, nov, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, 2014}^{CV-610}$ | $I_{24, l, 2014}^{CV-610}$ |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 7776 | 7931 | 8108 | 8159 | 7896 | 8042 | 7985 | 7985 |

2.3.3. Factor de estacionalidad del mes de noviembre (Lnov).

Este factor se obtiene como cociente de la intensidad de los laborables de 24 horas ($I_{24, l, 2014}^{CV-610}$), entre los laborables de 24 horas del mes de noviembre ($I_{24, l, Nov, 2014}^{N-610}$).

Tabla 6. Factor de estacionalidad del mes de noviembre

| Lnov | 0.9929 |
|------|--------|
|------|--------|

2.3.4. Factor de festivos.

Este factor se obtiene como cociente de la IMD de la carretera afín (IMD_{2014}^{CV-610}) entre la intensidad de los laborables de 24 horas ($I_{24, l, 2017}^{CV-610}$). Los datos de la IMD se recogen del apéndice 1 .

Tabla 7. Factor de festivos del mes de noviembre

| Snov | 0.9339 |
|------|--------|
|------|--------|

2.3.5. Intensidad Media Diaria de la N-340 (IMD_{2017}^{N-340}).

Es el resultado del producto de los factores de estacionalidad y festivo por la intensidad de 24 horas de los laborables del mes de noviembre.

$$IMD_{2017}^{N-340} = Lnov * Snov * I_{24, l, Nov, 2017}^{N-340} \quad ec. 2$$

Tabla 8. Intensidad media diaria carretera N-340

| IMD_{2017}^{N-340} (vh/dia) | 872 |
|-------------------------------|-----|
|-------------------------------|-----|

2.4. Porcentaje de pesados (%P)

Como se puede observar en la tabla 3, la localización de una cantera en el tramo objeto de estudio pone de evidencia una proporción de vehículos pesados sobre el total elevada. El control de la circulación de pesados obtenido a través de la realización del aforo manual nos permite estimar el porcentaje de pesados del tramo objeto de estudio.

Por consiguiente, según la tabla 3 de los 119 vehículos aforados 35 son vehículos pesados. Resultando una proporción de vehículos pesados respecto del total de **29.4 %**.

3. Nivel de servicio.

3.1. Datos de partida.

Para la evaluación del tráfico se tomará la hora de proyecto 30 , siendo ésta la mínima permitida por la Norma 3.1-IC.

En la siguiente ilustración se muestran las intensidades horarias en función del tipo de carretera:

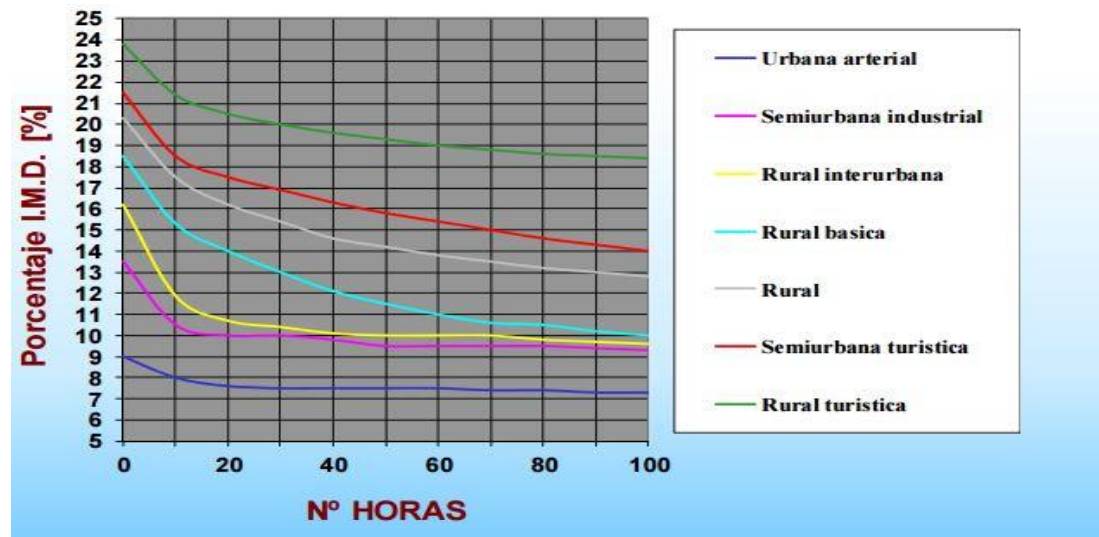


Ilustración 2. Distribuciones de intensidades horarias según el carácter de la carretera

- La carretera del tramo de estudio se considera rural interurbana. De esta manera, se adoptará para el cálculo del nivel de servicio un porcentaje del 10,5 % de la IMD. La Intensidad horaria de Proyecto (IHP) resultante será de **92 v/h**.
- Al tratarse de un tramo que atraviesa una zona montañosa, la sinuosidad del trazado unido a una sección transversal compuesta únicamente por dos carriles coartados por barreras de hormigón, los usuarios no esperan viajar a velocidades elevadas. Por tanto, se define como carretera de clase II.
- Como se ha comentado en el apartado 2.1 se entiende el tráfico en ambos sentidos equilibrado
- El Factor de Hora Punta (FHP) es de 0.9, por ser una carretera rural.
- No se consideran vehículos recreativos.

3.2. Ajuste de la demanda para estimar el % de tiempo en cola (PTSF)

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}} \quad ec. 3$$

Siendo:

- $v_{i,PTSF}$ = Intensidad de demanda para % tiempo en cola en la dirección de análisis (pc/h), donde i=D si es sentido directo , i=O si es sentido opuesto. Tiene el mismo valor en ambos sentidos de circulación debido a que el tráfico es equilibrado.

- V_i = Intensidad de demanda en la dirección de análisis (veh/h), donde i=D si es sentido directo , i=O si es sentido opuesto. Como el tráfico está compensado es el mismo valor para ambos sentidos:

$$V_i = 92 * 0.5 = 46 \text{ vh/h} \quad ec. 4$$

- $f_{g,PTSF}$ = Factor de pendiente para % tiempo en cola: al aumentar la pendiente, se incrementa el número de vehículos equivalentes.

Se obtiene a partir de la tabla 10:

Tabla 9. Factor de pendiente para % tiempo en cola.

| Flujo de demanda en una dirección (vh/h) | Terreno llano y pendientes específicas | Terreno ondulado |
|--|--|------------------|
| ≤100 | 1.00 | 0.73 |
| 200 | 1.00 | 0.80 |
| 300 | 1.00 | 0.85 |
| 400 | 1.00 | 0.90 |
| 500 | 1.00 | 0.96 |
| 600 | 1.00 | 0.97 |
| 700 | 1.00 | 0.99 |
| 800 | 1.00 | 1.00 |
| ≥900 | 1.00 | 1.00 |

Puesto que la demanada direccional es de 52 vh/h (V_i/FHP) y se considera terreno ondulado, el factor de pendiente para % tiempo en cola es de **0.73**.

- $f_{HV,PTSF}$ = Factor de pesados para % tiempo en cola: al aumentar los pesados, se incrementa el número de vehículos equivalentes.

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad ec. 5$$

Siendo:

P_T = Porcentaje de pesados en tanto por 1. En el apartado 2.4 % de Pesados se obtiene un 29,4 %.

E_T = Factor de equivalencia de pesados. Se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Tabla 10. Factor de equivalencia de pesados.

| Tipo de vehículo | Demanda direccional (vh/h) | Terreno llano y pendientes específicas | Terreno ondulado |
|------------------|----------------------------|--|------------------|
| Pesados, E_T | ≤100 | 1.1 | 1.9 |
| | 200 | 1.1 | 1.8 |
| | 300 | 1.1 | 1.7 |
| | 400 | 1.1 | 1.6 |
| | 500 | 1.0 | 1.4 |
| | 600 | 1.0 | 1.2 |
| | 700 | 1.0 | 1.0 |
| | 800 | 1.0 | 1.0 |
| | ≥900 | 1.0 | 1.0 |

Para una demanda direccional de 52 vh/h y considerando terreno ondulado, el valor del factor de equivalencia de pesados es de **1.9**.

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos en tanto por 1.

E_R = Factor de equivalencia de vehículos recreativos.

Puesto que se asume la inexistencia de vehículos recreativos, los factores anteriores son cero.

Resultando:

Tabla 11. Factor de pesados para porcentaje de tiempo en cola.

| E_T | P_T | $f_{HV,PTSF}$ |
|-------|-------|---------------|
| 1.9 | 0.294 | 0.790 |

Finalmente, Intensidad de demanda para % tiempo en cola en ambas direcciones tiene el siguiente valor:

Tabla 12. Intensidad de demanda para % tiempo en cola.

| V_i (vh/h) | PHF | $f_{g,PTSF}$ | $f_{HV,PTSF}$ | $v_{i,PTSF}$ (Vlig/h) |
|--------------|-------|--------------|---------------|-----------------------|
| 46 | 0.9 | 0.73 | 0.790 | 89 |

3.3. Estimación del % de Tiempo en Cola:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} * \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) \quad ec. 6$$

Siendo:

$PTSF_d$ = % de Tiempo en Cola

$BPTSF_d$ = % de Tiempo en Cola de Base (2 decimales):

$$BPTSF_d = 100[1 - e^{av_d^b}] \quad ec. 7$$

Los Coeficientes a y b dependen de la demanda de tráfico en el sentido contrario de circulación. Al aumentar la demanda en sentido opuesto, el % Tc será mayor. Se obtienen a través de la siguiente la tabla 13.

Tabla 13. Valor coeficientes a y b en función de la demanda de tráfico en sentido opuesto

| Demanda de tráfico en sentido opuesto | Coeficiente a | Coeficiente b |
|---------------------------------------|---------------|---------------|
| ≤200 | -0.0014 | 0.973 |
| 400 | -0.0022 | 0.923 |
| 600 | -0.0033 | 0.870 |
| 800 | -0.0045 | 0.833 |
| 1000 | -0.0049 | 0.829 |
| 1200 | -0.0054 | 0.825 |
| 1400 | -0.0058 | 0.821 |
| ≥1600 | -0.0062 | 0817 |

Dando como resultado:

Tabla 14. Resultado % tiempo en cola base.

| Vd (vh/h) | a | b | $BPTSF_d$ (%) |
|-----------|---------|-------|---------------|
| 46 | -0.0014 | 0.973 | 5.64 |

- $f_{np,PTSF}$ = -Factor de tramos prohibidos de adelantamiento y descompensación de sentidos (2 decimales):
 - Depende del reparto del tráfico: al aumentar la descompensación de sentidos, aumenta el %Tc.
 - %zona de no adelantamiento: al aumentar el %NA, incrementa el %Tc
 - Demanda de tráfico en sentido opuesto: al aumentar la demanada en sentido opuesto, incrementa el %Tc.

Se obtiene a partir de la tabla 15:

Tabla 15. % de zonas de adelantamiento prohibido en función de la demanda total en ambos sentidos.

| Demanda total en ambos sentidos | Porcentaje de zonas de adelantamiento prohibido | | | | | |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Reparto direccional = 50/50 | | | | | | |
| ≤200 | 9 | 29.2 | 43.4 | 49.4 | 51 | 52.6 |
| 400 | 16.2 | 41 | 54.2 | 61.6 | 63.8 | 65.8 |
| 600 | 15.8 | 38.2 | 47.8 | 53.2 | 55.2 | 56.8 |
| 800 | 15.8 | 33.8 | 40.4 | 44 | 44.8 | 46.6 |
| 1400 | 12.8 | 20 | 23.8 | 26.2 | 27.4 | 28.6 |
| 2000 | 10 | 13.6 | 15.8 | 17.4 | 18.2 | 18.8 |
| 2600 | 5.5 | 7.7 | 8.7 | 9.5 | 10.1 | 10.3 |
| 3200 | 3.3 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 5.7 | 6.1 |

Dado que la demanda total es inferior a los 200 Vlig/h y el porcentaje de zona de prohibido adelantamiento es del 100 % el factor de prohibido adelantar y descompansación por sentidos es de **52.6**.

- $v_{d,PTSF}$ = Intensidad de demanda para el porcentaje de tiempo en cola en sentido directo, calculada en el apartado anterior: **89 Vlig/h**
- $v_{o,PTSF}$ = Intensidad de demanda para el porcentaje de tiempo en cola en sentido opuesto, calculada en el apartado anterior: **89 Vlig/h**

Finalmente, el % de tiempo en cola da como resultado:

Tabla 16. Resultado % tiempo en cola.

| $BPTSF_d$ | $f_{np,PTSF}$ | $v_{d,PTSF}$ | $v_{o,PTSF}$ | $PTSF_d$ (%) |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 5.64 | 52.6 | 89 | 89 | 31.94 |

3.4. Nivel de servicio

El nivel de servicio se define mediante la siguiente tabla:

Tabla 17. Niveles de servicio

| Nivel de servicio | Carreteras clase I | | Carreteras clase II | Carreteras clase III |
|-------------------|---|----------|---------------------|----------------------|
| | ATS(mi/h) | PTSF (%) | PTSF (%) | PFFS (%) |
| A | >55 | ≤35 | ≤40 | >91.7 |
| B | >50-55 | >35-50 | >40-55 | >83.3-91.7 |
| C | >45-50 | >50-65 | >55-70 | >75-83.3 |
| D | >40-45 | >65-80 | >70-85 | >66.7-75 |
| E | ≤40 | >80 | >85 | ≤66.7 |
| F | La demanda de tráfico excede la capacidad | | | |

Al tratarse de una carretera de Clase II y con un porcentaje de tiempo en cola menor a 40 %, el nivel de servicio del tramo de carretera de la N-340 objeto de estudio tiene un **nivel de servicio A**.

El nivel de servicio A se asocia a una circulación libre y fluida.

La normal 3.1-IC especifica en la tabla 7.1 un nivel de servicio mínimo, para una carretera convencional con velocidad de proyecto de 40 km/h, E. Por tanto, la carretera cumple el nivel de servicio.

No es habitual que una carretera convencional con una velocidad de proyecto de 40 km/h posea un nivel de servicio A. Esto puede deberse a la baja IMD que se ha estimado que tiene.

Asimismo, la tabla 7.1, estipula las siguientes dimensiones para una carretera convencional de 40 km/h de velocidad proyecto:

- Carriles: 3 a 3.5 metros.
- Arcenes: 0.5 a 1 metro.

La sección transversal del tramo objeto de estudio no cumple estas especificaciones. Por tanto, esta deficiencia justifica una propuesta de mejora de la carretera actual.

4. Nivel de servicio del año horizonte.

La finalidad de este apartado es conocer la evolución del tráfico para el año horizonte y obtener el nivel de servicio con la finalidad de poder adecuar el diseño de la propuesta de mejora a la demanda del tráfico.

4.1. IMD año horizonte.

Se considera año horizonte 20 años de la puesta en servicio tras la mejora de la carretera. Por tanto, se calculará la IMD para el año 2037 a través de los factores de crecimiento facilitados por el Ministerio de Fomento en el Boletín Oficial del Estado <<Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de obras de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos>>:

Tabla 18 Incrementos de tráfico anuales

| Periodo | Incremento anual acumulativo (%) |
|-------------------------|----------------------------------|
| 2013-2016 | 1,22 |
| 2017 en adelante | 1,44 |

El incremento anual acumulativo se calcula aplicando la siguiente expresión a la intensidad:

$$(1 + p)^n \quad ec. 1$$

Siendo:

n = el número de años

p= el incremento anual acumulativo en tanto por 1.

$$IMD_{2037}^{N-340} = 872 * 1.0144^{20} = 1161 \text{ } vh/día$$

4.2. Datos de partida.

Son los mismos que los utilizados para la obtención del nivel de servicio actual. Únicamente, se modifica la IHP:

$$IHP = 0.105 * 1161 = 122 \text{ } vh/h$$

4.3. Ajuste de la demanda para estimar el % de tiempo en cola (PTSF)

$$v_{i,PTSF} = \frac{V_i}{PHF * f_{g,PTSF} * f_{HV,PTSF}} \quad ec. 3$$

Siendo:

- $v_{i,PTSF}$ = Intensidad de demanda para % tiempo en cola en la dirección de análisis (pc/h), donde i=D si es sentido directo, i=O si es sentido opuesto. Tiene el mismo valor en ambos sentidos de circulación debido a que el tráfico es equilibrado.

- V_i = Intensidad de demanda en la dirección de análisis (veh/h), donde i=D si es sentido directo, i=O si es sentido opuesto. Como el tráfico está compensado es el mismo valor para ambos sentidos:

$$V_i = 122 * 0.5 = 61 \text{ veh/h} \quad \text{ec. 4}$$

- $f_{g,PTSF}$ = Factor de pendiente para % tiempo en cola: al aumentar la pendiente, se incrementa el número de vehículos equivalentes.

Se obtiene a partir de la tabla 19:

Tabla 19. Factor de pendiente para % tiempo en cola.

| Flujo de demanda en una dirección (vh/h) | Terreno llano y pendientes específicas | Terreno ondulado |
|--|--|------------------|
| ≤100 | 1.00 | 0.73 |
| 200 | 1.00 | 0.80 |
| 300 | 1.00 | 0.85 |
| 400 | 1.00 | 0.90 |
| 500 | 1.00 | 0.96 |
| 600 | 1.00 | 0.97 |
| 700 | 1.00 | 0.99 |
| 800 | 1.00 | 1.00 |
| ≥900 | 1.00 | 1.00 |

Puesto que la demanda direccional es de 68 vh/h (V_i /FHP) y se considera terreno ondulado, el factor de pendiente para % tiempo en cola es de **0.73**.

- $f_{HV,PTSF}$ = Factor de pesados para % tiempo en cola: al aumentar los pesados, se incrementa el número de vehículos equivalentes.

$$f_{HV,PTSF} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1) + P_R(E_R - 1)} \quad \text{ec. 5}$$

Siendo:

P_T = Porcentaje de pesados en tanto por 1. En el apartado 2.4 % de Pesados se obtiene un 29,4 %.

E_T = Factor de equivalencia de pesados. Se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Tabla 20. Factor de equivalencia de pesados.

| Tipo de vehículo | Demanda direccional (vh/h) | Terreno llano y pendientes específicas | Terreno ondulado |
|------------------|----------------------------|--|------------------|
| Pesados, E_T | ≤100 | 1.1 | 1.9 |
| | 200 | 1.1 | 1.8 |
| | 300 | 1.1 | 1.7 |
| | 400 | 1.1 | 1.6 |
| | 500 | 1.0 | 1.4 |
| | 600 | 1.0 | 1.2 |
| | 700 | 1.0 | 1.0 |
| | 800 | 1.0 | 1.0 |
| | ≥900 | 1.0 | 1.0 |

Para una demanda direccional de 68 vh/h y considerando terreno ondulado, el valor del factor de equivalencia de pesados es de **1.9**.

P_R = Porcentaje de vehículos recreativos en tanto por 1.

E_R = Factor de equivalencia de vehículos recreativos.

Puesto que se asume la inexistencia de vehículos recreativos, los factores anteriores son cero.

Resultando:

Tabla 21. Factor de pesados para porcentaje de tiempo en cola.

| E_T | P_T | $f_{HV,PTSF}$ |
|-------|-------|---------------|
| 1.9 | 0.294 | 0.790 |

Finalmente, la Intensidad de demanda para % tiempo en cola en ambas direcciones tiene el siguiente valor:

Tabla 22. Intensidad de demanda para % tiempo en cola.

| V_i (vh/h) | PHF | $f_{g,PTSF}$ | $f_{HV,PTSF}$ | $v_{i,PTSF}$ (Vlig/h) |
|--------------|-------|--------------|---------------|-----------------------|
| 61 | 0.9 | 0.73 | 0.790 | 118 |

4.4. Estimación del % de Tiempo en Cola:

$$PTSF_d = BPTSF_d + f_{np,PTSF} * \left(\frac{v_{d,PTSF}}{v_{d,PTSF} + v_{o,PTSF}} \right) \quad \text{ec. 6}$$

Siendo:

- $PTSF_d$ = % de Tiempo en Cola
- $BPTSF_d$ = % de Tiempo en Cola de Base (2 decimales):

$$BPTSF_d = 100[1 - e^{av_d^b}] \quad \text{ec. 7}$$

Los coeficientes a y b dependen de la demanda de tráfico en sentido contrario. Al aumentar la demanda en sentido opuesto, el % Tc será mayor. Se obtienen a través de la siguiente la tabla:

Tabla 23. Valor coeficientes a y b en función de la demanda de tráfico en sentido opuesto.

| Demanda de tráfico en sentido opuesto | Coefficiente a | Coefficiente b |
|---------------------------------------|----------------|----------------|
| ≤200 | -0.0014 | 0.973 |
| 400 | -0.0022 | 0.923 |
| 600 | -0.0033 | 0.870 |
| 800 | -0.0045 | 0.833 |
| 1000 | -0.0049 | 0.829 |
| 1200 | -0.0054 | 0.825 |
| 1400 | -0.0058 | 0.821 |
| ≥1600 | -0.0062 | 0.817 |

Dando como resultado:

Tabla 24. Resultado % de tiempo en cola base para año horizonte.

| Vd (vh/h) | a | b | $BPTSF_d$ (%) |
|-----------|---------|-------|---------------|
| 61 | -0.0014 | 0.973 | 7.69 |

- $f_{np,PTSF}$ = -Factor de tramos prohibidos de adelantamiento y descompensación de sentidos (2 decimales):
 - Depende del reparto del tráfico: al aumentar la descompensación de sentidos, aumenta el %Tc.
 - %zona de no adelantamiento: al aumentar el %NA, incrementa el %Tc
 - Demanda de tráfico en sentido opuesto: al aumentar la demanada en sentido opuesto, incrementa el %Tc.

Se obtiene a partir de la tabla 25:

Tabla 25. % de zonas de adelantamiento prohibido en función de la demanda total en ambos sentidos.

| Demanda total en ambos sentidos | Porcentaje de zonas de adelantamiento prohibido | | | | | |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| | Reparto direccional = 50/50 | | | | | |
| ≤200 | 9 | 29.2 | 43.4 | 49.4 | 51 | 52.6 |
| 400 | 16.2 | 41 | 54.2 | 61.6 | 63.8 | 65.8 |
| 600 | 15.8 | 38.2 | 47.8 | 53.2 | 55.2 | 56.8 |
| 800 | 15.8 | 33.8 | 40.4 | 44 | 44.8 | 46.6 |
| 1400 | 12.8 | 20 | 23.8 | 26.2 | 27.4 | 28.6 |
| 2000 | 10 | 13.6 | 15.8 | 17.4 | 18.2 | 18.8 |
| 2600 | 5.5 | 7.7 | 8.7 | 9.5 | 10.1 | 10.3 |
| 3200 | 3.3 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 5.7 | 6.1 |

Dado que la demanda total es inferior a los 200 Vlig/h y el porcentaje de zona de prohibido adelantamiento es del 100 % el factor de prohibido adelantar y descompensación por sentidos es de **52.6**.

- $v_{d,PTSF}$ = Intensidad de demanda para el porcentaje de tiempo en cola en sentido directo, calculada en el apartado anterior: **118 Vlig/h**
- $v_{o,PTSF}$ = Intensidad de demanda para el porcentaje de tiempo en cola en sentido opuesto, calculada en el apartado anterior: **118 Vlig/h**

Finalmente, el % de tiempo en cola da como resultado:

Tabla 26. Resultado % de tempo en cola para año horizonte.

| $BPTSF_d$ | $f_{np,PTSF}$ | $v_{d,PTSF}$ | $v_{o,PTSF}$ | $PTSF_d$ (%) |
|-----------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 7.69 | 52.6 | 118 | 118 | 33.99 |

4.5. Nivel de servicio

El nivel de servicio se define mediante la siguiente tabla:

Tabla 27. Niveles de servicio año horizonte

| Nivel de servicio | Carreteras clase I | | Carreteras clase II | Carreteras clase III |
|-------------------|---|----------|---------------------|----------------------|
| | ATS(mi/h) | PTSF (%) | PTSF (%) | PFFS (%) |
| A | >55 | ≤35 | ≤40 | >91.7 |
| B | >50-55 | >35-50 | >40-55 | >83.3-91.7 |
| C | >45-50 | >50-65 | >55-70 | >75-83.3 |
| D | >40-45 | >65-80 | >70-85 | >66.7-75 |
| E | ≤40 | >80 | >85 | ≤66.7 |
| F | La demanda de tráfico excede la capacidad | | | |

El % de tiempo en cola es menor a 40. Por tanto, para el año horizonte el nivel de servicio de la carretera seguirá siendo A.

De acuerdo a la tabla 7.1 de la Norma 3.1-IC, será necesario modificar la sección transversal a las dimensiones especificadas en el apartado 3.4 del presente anejo.

5. Estudio del tráfico en la glorieta.

5.1. Introducción

En el anejo Propuesta de Trazado se ha diseñado una glorieta para que aporte una mayor consistencia a la carretera. En el siguiente apartado se comprobará si la capacidad de ésta es suficiente para la intensidad de tráfico que circula por el tramo.

La capacidad de una glorieta depende de los diferentes flujos de tráfico en las entradas y sus direcciones de salida.

La calzada anular no se comporta como una sucesión de tramos de trenzado, sino que se considera como una suma de intersecciones en T en las que los vehículos entrantes se insertan directamente en el flujo circular cuando se produce un hueco necesario para ello.

Por tanto, no se trata de calcular la capacidad global de una glorieta sino la capacidad en cada una de las intersecciones en T en que puede descomponerse.

En cada una de las intersecciones en T existen dos magnitudes de tráfico interrelacionadas: el tráfico que circula por el anillo y el tráfico entrante. Estas magnitudes son inversas ya que a mayor tráfico circulante por el anillo menor es el tráfico que puede acceder al mismo.

De esta manera, se sustituye el concepto de capacidad global de una glorieta por el de capacidad de cada una de las entradas.

5.2. Método de cálculo.

El método utilizado para obtener la capacidad de la glorieta es el CETUR-86. Consistente en la siguiente expresión:

$$Q_e = 1500 - \frac{6}{5} * (Q_c + 0.2 * Q_s) \quad ec. 8$$

Siendo:

Q_e = Capacidad de una entrada

Q_s = Tráfico que sale por el mismo brazo.

Q_c = Tráfico que circula por delante de la entrada, en la calzada anular.

5.2.1. Correcciones al método.

- Vehículos pesados: 2 vehículos ligeros equivalentes por cada vehículo pesado.
- Glorietas de pequeño diámetro (10 a 30 m) con anchura media de la calzada anular de más de 8 metros no engendra circulación en dos filas pero permite una entrada forzada de los vehículos que simplemente giren a la derecha. Se debe disminuir el tráfico molesto en un 10 % multiplicando el sumando por 0.9:

$$Q_e = 1500 - \frac{6}{5} * (Q_c + 0.2 * Q_s) * 0.9 \quad ec. 9$$

- Si la calzada anular está compuesta por más de un carril se debe multiplicar la expresión correspondiente por 1.4.

De esta manera, la expresión de cálculo de la capacidad queda:

$$Q_e = 1500 - \frac{6}{5} * (Q_c + 0.2 * Q_s) * 0.9 * 1.4 \quad ec. 10$$

5.2.2. Capacidad de la glorieta.

La glorieta se sitúa a la salida de la población de Bellús. Se le han añadido dos alineaciones, una al oeste y otra al este para dar acceso a la zona rural que rodea el municipio. Como se explica en el anejo 4 *Propuesta de Trazado* se trata de un elemento que funciona como medida de consistencia. Por tanto, el cálculo de la capacidad de la glorieta no es funcional, ya que no se conoce el tráfico que circulará por las alineaciones este y oeste.

5.3. Tramo norte y sur.

- Capacidad de la entrada Q_e :
 - IHP = 122v/h (se utiliza la IHP del año horizonte)
 - Obtención de vehículos ligeros equivalentes.

Para $Q = 122$ v/h y un 29.4% de vehículos pesados:

$$Q_p = 0,294 \times 122 = 36 \text{ Vlig/h}$$

$$Q_e = 122 + 36 = 158 \text{ Vlig/h}$$

- Tráfico que sale por el mismo brazo Q_s

Es la misma capacidad que la anterior, dado que es el mismo tráfico.

- Tráfico que circula por delante de la entrada, en la calzada anular Q_c :
 - $Q = 244$ v/h
 - Obtención de vehículos ligeros equivalentes

Para $Q = 244$ v/h y un 29.4% de vehículos pesados:

$$Q_p = 0,294 \times 244 = 72 \text{ Vlig/h}$$

$$Q_c = 244 + 72 = 316 \text{ Vlig/h}$$

Resultando una capacidad de la glorieta de:

$$Q_e = 158 < \left(1500 - \frac{6}{5} * (316 + 0.2 * 158) * 0.9 * 1.4 \right) = 974 \text{ Vlig/h}$$

La capacidad de la glorieta es superior a la capacidad de entrada, por tanto, cumple la condición.

6. CONCLUSIONES.

El tramo de la N-340 entre los PKS 833+00 y 838+600 no presenta problemas de capacidad, obteniéndose un nivel de servicio A, tanto para el momento actual como para el año horizonte, que se corresponde con una circulación libre y fluida en la que la velocidad de los vehículos es la que elige libremente cada conductor.

7. Bibliografía.

Manual de Capacidad del Transportation Research Board de los Estado Unidos de América (HCM 2010)

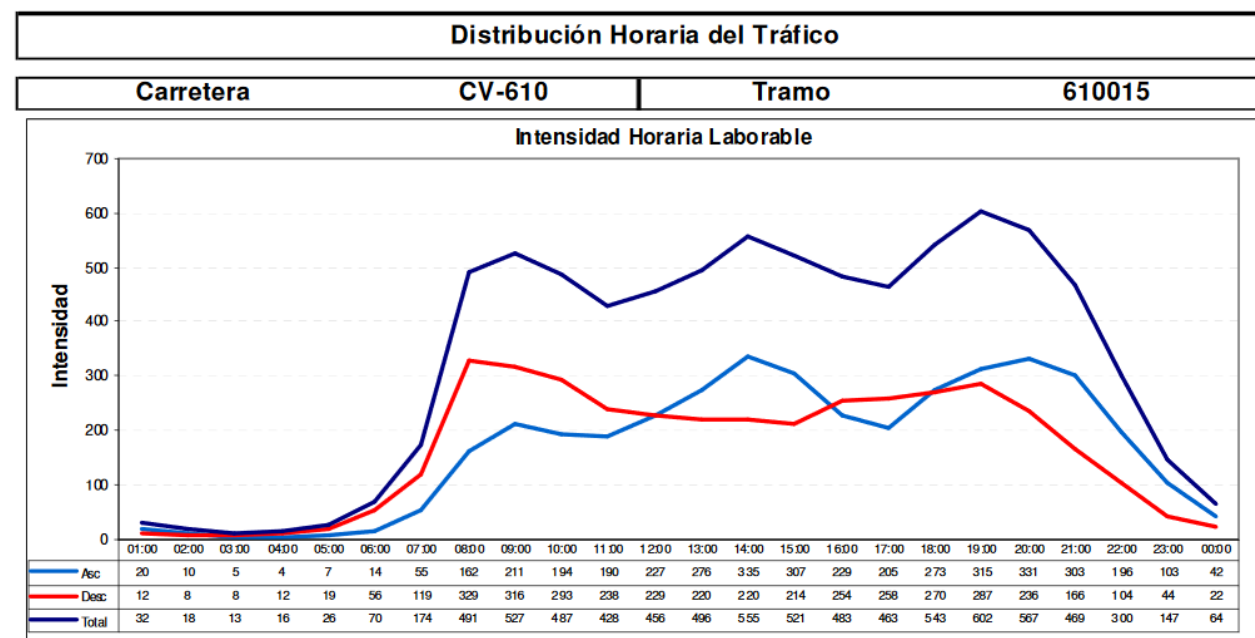
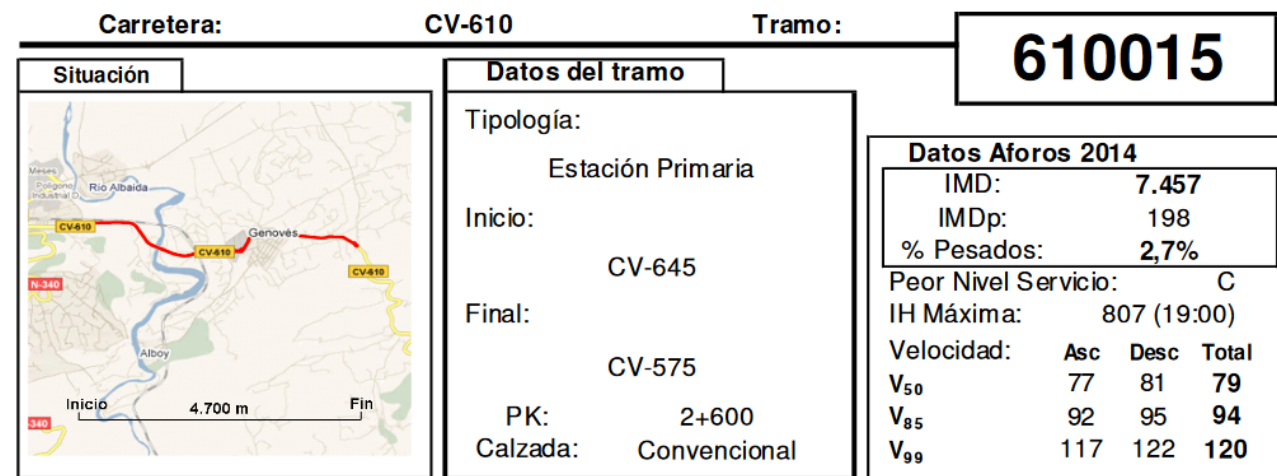
<http://www.habitatge.gva.es/web/carreteras/aforos-car/informes-anuales-car>

CETUR-86 (Centre d'Etudes des Transports Urbains)



APÉNDICE 1

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN AFÍN



| Mes | Día Medio | | | Día Laborable | | | Día Sábado | | | Día Domingo | | |
|-----|------------|-----------|--------|---------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|-------------|-----------|--------|
| | Int. Total | Int. Pes. | % Pes. | Int. Total | Int. Pes. | % Pes. | Int. Total | Int. Pes. | % Pes. | Int. Total | Int. Pes. | % Pes. |
| Ene | 7.145 | 184 | 2,6% | 7.776 | 235 | 3,0% | 6.576 | 83 | 1,3% | 4.554 | 28 | 0,6% |
| Mar | 7.461 | 199 | 2,7% | 7.931 | 239 | 3,0% | 7.102 | 123 | 1,7% | 5.466 | 75 | 1,4% |
| May | 7.656 | 211 | 2,8% | 8.108 | 256 | 3,2% | 7.676 | 120 | 1,6% | 5.377 | 75 | 1,4% |
| Jul | 7.560 | 179 | 2,4% | 8.159 | 211 | 2,6% | 6.680 | 97 | 1,5% | 5.445 | 105 | 1,9% |
| Sep | 7.390 | 185 | 2,5% | 7.896 | 221 | 2,8% | 6.928 | 106 | 1,5% | 5.321 | 83 | 1,6% |
| Nov | 7.532 | 230 | 3,1% | 8.042 | 288 | 3,6% | 7.438 | 133 | 1,8% | 5.076 | 36 | 0,7% |