

INFLUENCIA DE LA GEOMETRÍA EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONFLICTO EN UNA INTERSECCIÓN DE VIALES

M.^a del Carmen Díaz Ivorra (1), José Félix Díaz Ivorra (2), J. Ignacio Ferreiro Prieto (1),
M.^a Teresa Pérez Carrión (1), Manuel Serrano Cardona (1), Roberto Tomás Jover (1),
Irene Sentana Gadea (1), Eloy Sentana Cremades (1) .

⁽¹⁾Universidad de Alicante, España
Departamento de Expresión Gráfica y Cartografía
Correo electrónico: Diaz.Ivorra@ua.es

⁽²⁾Alitrafic, S.L, Alicante, España
Departamento Técnico
Correo electrónico: felix-diaz@alitrafic.com

RESUMEN

En una intersección todos los cruces de trayectorias, tanto de los vehículos como de los peatones que la utilizan, se realizan a nivel, produciéndose, por lo tanto, una coincidencia de movimientos en el tiempo y en el espacio.

La geometría de la intersección condiciona las trayectorias que describen los vehículos y peatones. El análisis de estas trayectorias es el que permitirá la determinación de los puntos de conflicto y su clasificación en primarios, secundarios o terciarios. Este análisis es imprescindible para la toma de decisiones sobre las posibles mejoras de la intersección, tanto en lo concerniente a su geometría como al tipo de regulación necesaria.

Palabras clave: Geometría de una intersección, trayectorias, puntos de conflicto.

ABSTRACT

In a crossing all the trajectories of both vehicles and pedestrians that use it are made at level, producing a coincidence of movements in time and space.

The intersection geometry determines the paths that vehicles and pedestrians describe. The analysis of these trajectories will lead to the determination of the points in conflict and its classification in primary, secondary and tertiary, this analysis is essential to make a decision about the possible improvements of the intersection, concerning both geometry and the type of necessary regulation.

Key words: Geometry of intersection, trajectories, points in conflict.

1 Introducción

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un método para la determinación de los puntos de conflicto en una intersección. El procedimiento que se suele emplear es la realización de un dibujo esquemático de la intersección y sobre él se representan los ejes de las trayectorias de vehículos y peatones. Esta representación tan concisa puede ser suficiente cuando se trata de cruces cuyas dimensiones son tales que las maniobras de los vehículos se realizan sin necesidad de invadir ningún carril contrario.

Cuando la geometría de la intersección está muy ajustada o deseamos obtener una información exacta sobre las áreas ocupadas por los diferentes tipos de vehículos en sus recorridos debemos realizar un estudio pormenorizado de cada caso particular. Para ello, y partiendo de un plano de planta de la intersección, dibujaremos las áreas de barrido ocupadas por los vehículos al describir las diferentes trayectorias y hallaremos los puntos de conflicto. Este estudio exhaustivo es indispensable si se desea realizar alguna mejora de la intersección, bien modificando su geometría o bien planeando su regulación mediante semáforos.

En el presente trabajo también se ha cuidado especialmente la representación simbólica de las interacciones entre trayectorias y de los diferentes tipos de puntos de conflicto.

2 Desarrollo del Trabajo

Un punto de conflicto es el lugar donde coinciden dos o más trayectorias de vehículos y peatones. Las trayectorias que describen los vehículos están determinadas por la geometría de la intersección. Por lo tanto, para determinar los puntos de conflicto de una intersección, debemos en primer lugar conocer las características geométricas de los vehículos que circulan por la intersección; en segundo lugar, y sobre un plano de planta de la intersección, representar las áreas ocupadas por los vehículos en los diferentes movimientos posibles; y, en último lugar, hallar los puntos de conflicto, aunque en realidad se trata de áreas de conflicto.

2.1 Tipos de vehículos que utilizan la intersección

Los vehículos se agrupan en varias categorías en función de sus características. Los criterios de clasificación pueden variar según la finalidad perseguida [1]. Así, es posible diferenciarlos atendiendo al sistema de propulsión, a la finalidad del transporte realizado, a su tamaño, peso y movilidad, etc.

En España para la realización de los aforos y estudios de tráfico se utiliza la siguiente clasificación:

- A. Carros
- B. Bicicletas y ciclomotores
- C. Vehículos de tracción mecánica:
 - I. Motos
 - II. Vehículos ligeros
 - Coches
 - Camionetas
 - Tractores
 - III. Vehículos pesados
 - Camiones sin remolque
 - Camiones con remolque
 - Autocares

Los vehículos de tracción animal han desaparecido prácticamente de las carreteras y calles, y las bicicletas sólo se utilizan ocasionalmente en zonas urbanas o suburbanas. Entre los vehículos de tracción mecánica, los de dos ruedas (ciclomotores y motocicletas) constituyen una proporción reducida del tráfico total; el principal problema que plantean estos vehículos es el de la seguridad, especialmente por la escasa protección que tienen los ocupantes.

Los vehículos más numerosos son los coches destinados al transporte de viajeros. Les siguen en importancia los vehículos destinados al transporte de mercancías y los autobuses y autocares, entre los que existen muy diferentes tipos, desde las pequeñas furgonetas semejantes a coches, hasta los grandes camiones y autobuses. Estos grandes vehículos tienen mucha importancia debido a sus dimensiones.

Para el estudio de una intersección debemos saber cuales son los tipos de vehículos que más comúnmente utilizan la intersección y cual es el tipo de vehículo de mayor tamaño que está autorizado a circular por ella, pues las dimensiones de los vehículos que circulan por una intersección hacen necesarias unas características geométricas mínimas.

También es importante saber la composición del tráfico y los porcentajes de cada tipo de vehículo, concediendo una especial atención los vehículos agrícolas y bicicletas.

Dada la gran diversidad de vehículos existente, es necesario elegir determinados "vehículos tipo" a los que se considera representativos del conjunto de usuarios de la vía. Se eligen estos vehículos tipo de modo que sus dimensiones, radios de giro, etc., son superados únicamente por un pequeño porcentaje de vehículos de su grupo; por lo tanto si los elementos de la vía son adecuados para ellos, lo serán también para la inmensa mayoría de los de su clase.

Habitualmente suelen elegirse como vehículos tipo un coche de tamaño grande, un camión rígido o autobús y un vehículo articulado. Sus características se indican en las figuras 1 y 2.

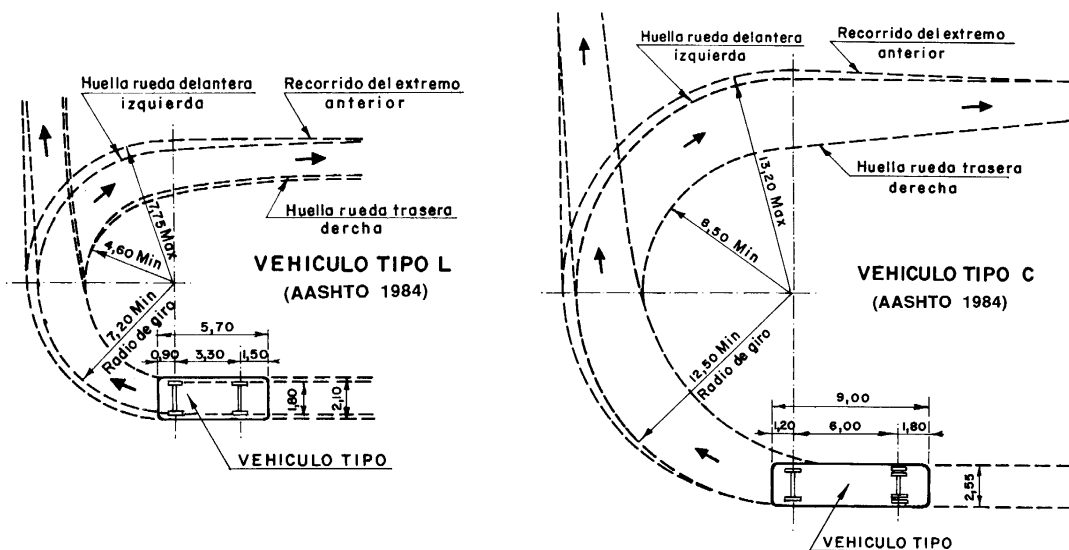


Figura 1: Trayectorias de vehículo ligero y camión rígido. Fuente: American Association of State Highway (A.A.S.H.O.).

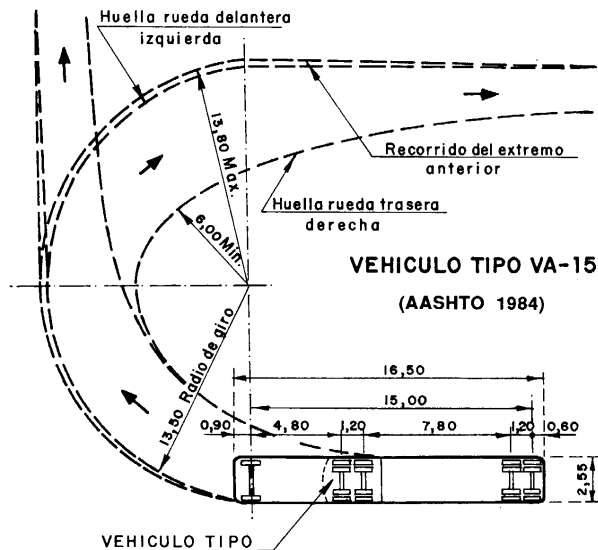


Figura 2: Trayectoria de vehículo articulado. Fuente: American Association of State Highway (A.A.S.H.O.).

El vehículo tipo mas desfavorable que tiene permitido circular por la intersección nos servirá para determinar sus dimensiones mínimas.

El vehículo tipo que más comúnmente utilice la intersección nos servirá para determinar las dimensiones recomendables de la intersección para que éstos circulen con comodidad.

Para determinar las zonas de visibilidad, los radios de giro, etc., debe considerarse la existencia de vehículos especiales, tales como tractores, etc., ya que suelen tener dimensiones elevadas, sobre todo cuando van cargados, y circular a unas velocidades muy reducidas.

Las bicicletas transitan a escasa velocidad, por lo que en las intersecciones giratorias hay que considerar las zonas en las que pueden no ser vistas por otros vehículos.

En cuanto a los peatones, conviene determinar el número de personas que suele utilizar la intersección y cuáles son los lugares que emplean habitualmente para cruzar.

2.2 Análisis de trayectorias

Veamos las interacciones posibles entre las trayectorias de vehículos y/o peatones en una intersección y su representación simbólica.

- 1 Divergencia.- Una trayectoria común se separa en dos o tres para tomar distintas direcciones (figura 3).
- 2 Convergencia.- Dos o más trayectorias se unen para formar una común (figura 3).



Figura 3: Convergencia y divergencia de trayectorias de vehículos.

- 3 Cruce.- Dos trayectorias ocupan temporalmente el mismo lugar (figura 4)



Figura 4: Cruce de trayectorias de vehículos, y de vehículos y peatones.

2.3 Clasificación de los puntos de conflicto

Cada tipo de interacción entre trayectorias no produce siempre un mismo tipo de conflicto, sino que depende de cada caso particular, influyendo de manera especial la velocidad y la geometría de la intersección.

La clasificación de los puntos de conflicto en primarios secundarios o terciarios tiene sentido cuando se ha decidido, en función de los datos de que disponemos, que debido a las intensidades que soporta una intersección o a las características geométricas de la misma es conveniente su regulación mediante semáforos.

- 1 Primarios.- Son los que deben eliminarse siempre mediante la descomposición en fases. Tienen su origen en la coincidencia de dos trayectorias secantes (que se cortan) (figura 5).



Figura 5: Conflictos primarios.

Representación: los conflictos primarios se representan con un círculo negro o con un cuadrado negro según se trate de cruce de trayectorias de vehículos entre sí o de vehículos con peatones. El símbolo se sitúa en la intersección de las trayectorias.

- 2 Secundarios.- Tienen su origen en la intersección de dos trayectorias o en su convergencia o divergencia. Pueden permitirse bajo ciertas condiciones que garanticen la seguridad. En cualquier caso estos puntos de conflicto pueden clasificarse como primarios o secundarios según se privilegien las razones de seguridad o de fluidez del tráfico (figura 6).



Figura 6: Conflictos secundarios: giro a la izquierda aprovechando huecos en la corriente de tráfico antagonista y giro a la derecha con el paso protegido por ámbar intermitente.

Representación: los conflictos secundarios se representan con una circunferencia o con un cuadrado según se trate de interacción de vehículos entre sí o de vehículos con peatones. El símbolo se sitúa en la intersección de las trayectorias.

- 3 Terciarios.- Las trayectorias no se cortan, pero las superficies ocupadas se superponen y puede ser conveniente separar los movimientos en fases distintas. Para saber si hay que eliminarlos o no hay que dibujar no solo las trayectorias sino también las zonas de barrido y de solape sobre un plano a escala, y además estudiar a fondo cada caso concreto. Es el tipo de conflictos que requiere un estudio más exhaustivo, y en el que influye en mayor medida la geometría de la intersección. Veamos dos ejemplos en las figuras 7 y 8:

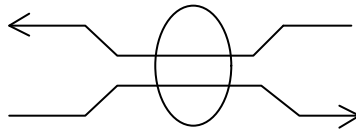


Figura 7: Conflicto terciario: el estrechamiento de la calzada hace imposible o muy peligrosa la circulación simultánea de dos vehículos, sobre todo si hay un alto porcentaje de pesados.

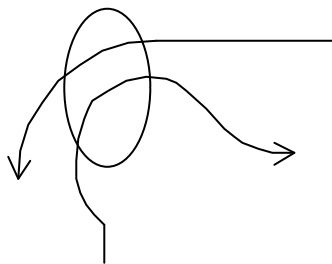


Figura 8: Conflicto terciario: el escaso radio de giro disponible, desaconseja que los giros representados se realicen simultáneamente en la misma fase.

Representación: los conflictos terciarios se representan con una elipse sobre la zona en la que se produce el conflicto.

2.4 Determinación de los puntos de conflicto en una intersección.

Tal y como hemos dicho anteriormente los puntos de conflicto se originan en el lugar donde coinciden dos o más trayectorias de vehículos y peatones.

Cuando la geometría de la intersección es tal que las maniobras de los vehículos se pueden realizar con holgura, para determinar los puntos de conflicto puede ser suficiente con el método simplificado que se describe a continuación:

Sobre un plano de planta se dibujan los ejes de las trayectorias de los vehículos y peatones (eligiendo el vehículo tipo mas desfavorable que va a circular por la intersección) y se numeran: dentro de un círculo las de vehículos, y dentro de un cuadrado las de peatones. En los encuentros entre trayectorias quedan definidos los puntos de conflicto. (figura 9).

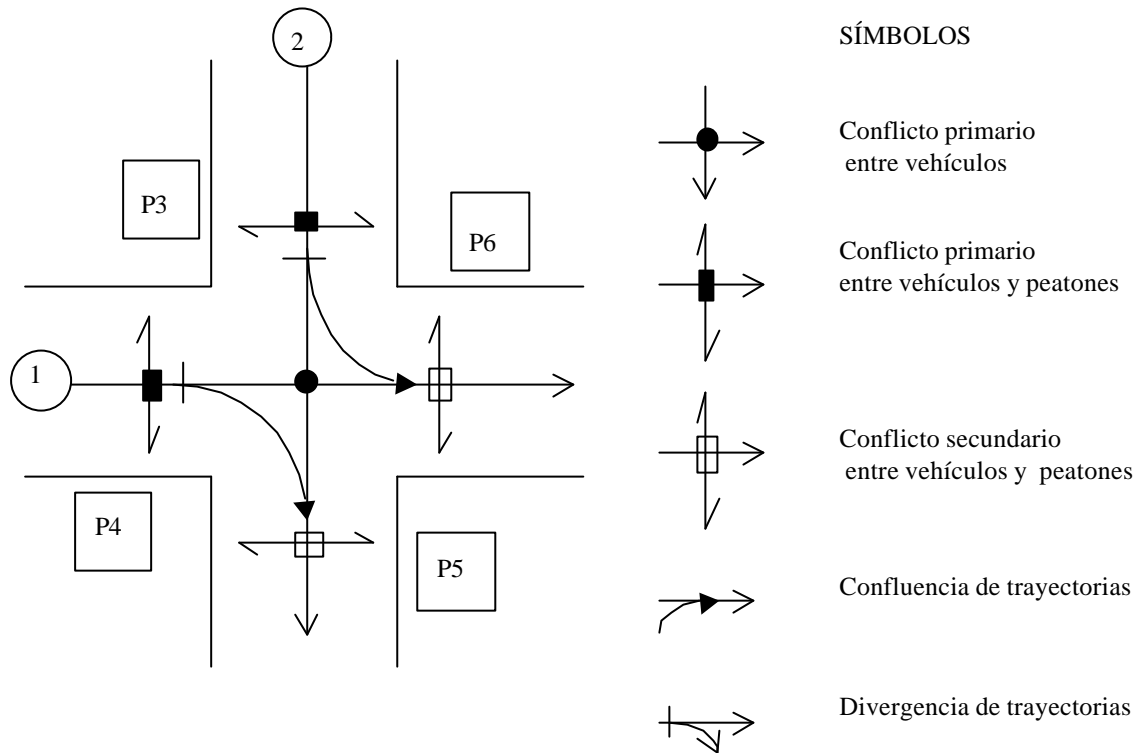


Figura 9: Planta con ejes de trayectorias y puntos de conflicto.

Cuando la geometría de la intersección es muy ajustada (accesos estrechos o que inciden en ángulo –sin chaflanes- y con radios de giro insuficientes) o bien deseamos obtener una información exacta sobre las áreas ocupadas por los vehículos en su recorrido, es necesario definir no sólo las trayectorias, sino las superficies ocupadas – áreas de barrido- por los vehículos. Estas superficies pueden llegar a solaparse en zonas en las que al dibujar los ejes de las trayectorias no aparecía ningún conflicto. En las zonas de solape de áreas de barrido se produce un conflicto terciario que impide la simultaneidad de unos movimientos que parecían posibles en el dibujo en el que tan solo se representaban los ejes de las trayectorias.

Para ilustrar este método ampliado, en la figura 10 podemos observar el estudio de trayectorias de una intersección en Benejuzar (Alicante). Se trata de una intersección con una geometría muy irregular, por la que circulan desde bicicletas hasta vehículos articulados pasando por tractores de uso agrícola.

Sus dimensiones y las trayectorias que describen los vehículos condicionan la situación de las marcas viales y de los pasos de peatones, y la decisión de regularla mediante semáforos.



Figura 10: Planta de trayectorias en una intersección en Benejuzar (Alicante)

En la figura 11 se observa el plano de planta en el que se señala la situación de las líneas de detención, pasos de peatones y zonas excluidas del tráfico. En la carretera de Algorfa, con una calzada de 5'5 m por la que se circula en ambos sentidos, la línea de detención se ha situado de modo que los vehículos que se detienen junto a ella, esperando que el semáforo pase a verde, dejen suficiente espacio a los vehículos acceden a dicha calle.

En la Avda. de Juan Carlos I las líneas de detención –para ambos sentidos de circulación- también se han situado de forma que los vehículos en ellas detenidos no interfieran el flujo del tráfico.

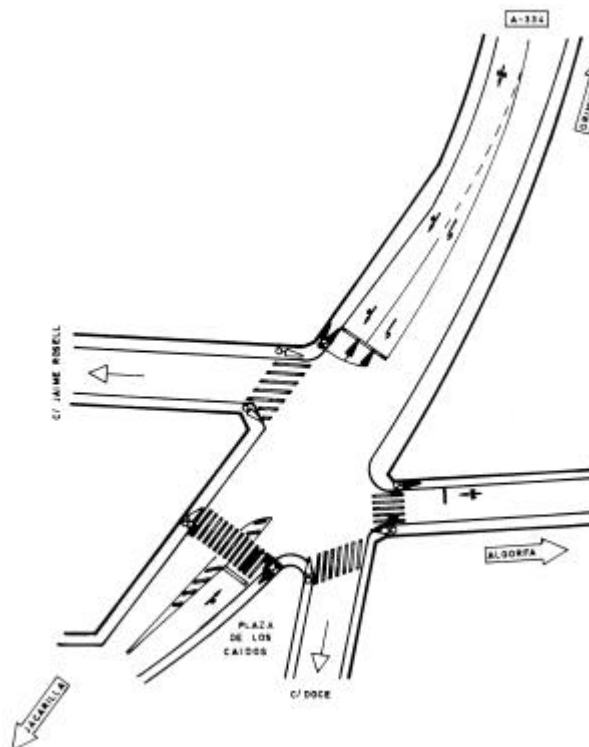


Figura 11: Planta de la intersección con la regulación adoptada.

La división en fases que observamos en la figura 12 también es consecuencia de la geometría de la intersección, ya que el objetivo de la descomposición en fases es suprimir los puntos de conflicto, separando en el tiempo aquellos movimientos que de realizarse de forma simultánea entrarían en conflicto.

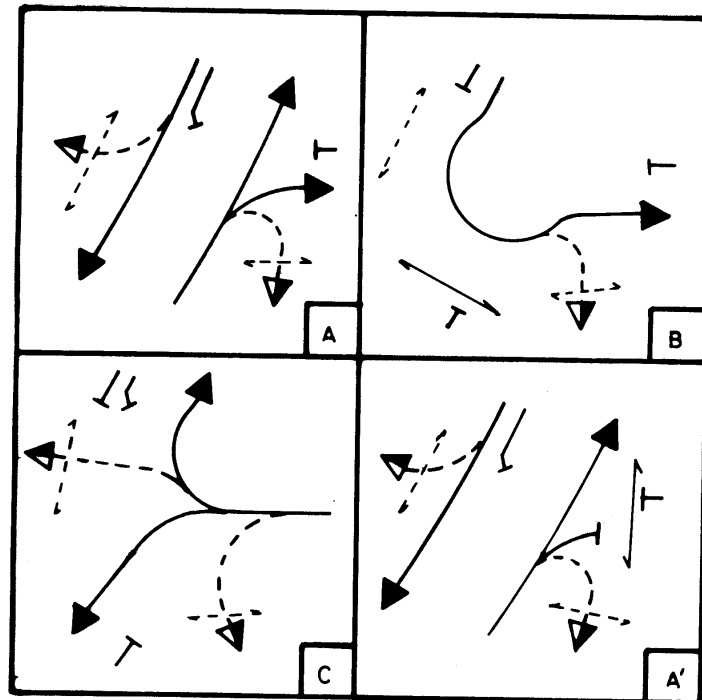


Figura 12: Descomposición en fases.

3 Conclusiones

Para la determinación de los puntos de conflicto en una intersección de viales es necesario dibujar, sobre un plano de planta de la misma, las superficies ocupadas por los vehículos en sus trayectorias; para ello se tendrá en cuenta el vehículo tipo más desfavorable que circula por la misma.

Un correcto planeamiento debe organizar la posición de los puntos de conflicto, y eliminar los que no sean necesarios, prohibiendo giros por ejemplo.

Agradecimientos

Especialmente a José Díaz Lloret que con su profundo conocimiento, dedicación y amor a la ingeniería de tráfico ha sido una guía indispensable para la elaboración de este trabajo.

A Concha Monllor, Filóloga por su paciente corrección del texto y sugerencias para su mejor comprensión.

Referencias

- 1) Kraemer, C. ; Sánchez, V.; Gardeta, J.; Rocci, S.; "Carreteras I. Tráfico y Trazado". Madrid (España): Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid y Valencia, 1997. ISBN: 84-380-0134-3.

Bibliografía

“Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. Documento resumen”. Madrid (España): Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1993. ISBN: 84-7433-890-5.

“Recomendaciones para el proyecto de intersecciones”. Madrid (España): Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento, 1967.

“Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano”. Madrid (España): Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Ministerio de Fomento, 1996.

Aldape, R.; Jalle, J.; García Ramón, J.; Domínguez Pommerencke, L.; Martínez Márquez, A.; Ramírez Camacho, J. L.; “Los semáforos y el control dinámico del tránsito”. México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., 1976.

Balaguer, E.; Kraemer, C; Puente, A.; Sánchez, V; “Elementos de ingeniería de tráfico”. Madrid (España): Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica Madrid, 1988. ISBN: 84-7493-091-X.

Bañón, L.; Beviá, J.; “Manual de carreteras”. Alicante (España): Enrique Ortiz e Hijos, S.A., 2000. ISBN: 84-607-0123-9.

Puig-Pey, P.; Arroyo, J.; “Carreteras Urbanas: Recomendaciones para su planeamiento y proyecto”. Madrid (España): Ministerio de Obras Públicas y Transportes, 1992. ISBN: 84-7433-803-4.

Valdés, A.; “Ingeniería de tráfico”. Madrid (España): Edit. Bellisco, 1988. ISBN: 84-85.198-22-0.

Díaz Ivorra, M^a C.; “Tratamiento de intersecciones mediante regulación semafórica”. Trabajo Fin de Carrera Ingeniería Civil. Alicante (España). 2001.