



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIERÍA DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# TRABAJO DE FIN DE GRADO

---

Estudio para la mejora de la movilidad urbana en la ciudad de Valencia: aplicación de las Zonas Avanzadas de Motos (ZAM) en las vías más congestionadas.

---

*Presentado por*

DÍAZ PEDRO, VÍCTOR MANUEL

---

*Para la obtención del*

Grado en Ingeniería de Obras Públicas

*Curso: 2020/2021*

*Fecha: 21/06/2021*

*Tutor: Soriano Ferrer, Javier*



## Contenido

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	3
1.2 EXPOSICIÓN NECESIDADES A RESOLVER (ANTECEDENTES) .....	3
2.- ZONIFICACIÓN .....	4
3.- ALCANCE DEL ANÁLISIS .....	6
4.- ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD ACTUAL .....	6
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MOVILIDAD .....	6
4.2 OFERTA VIARIA .....	7
5.- ESTUDIO DEL TRÁFICO .....	9
5.1.- INTENSIDADES DE TRAFICO .....	9
5.2.- PROBLEMAS EXISTENTENTES. ....	10
6.- LA MOTO Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE .....	11
6.1 BENEFICIOS DE LAS MOTOS .....	12
6.1.2.- MEJORA DE LA MOVILIDAD .....	12
6.1.3.- MENORES COSTES PARA EL USUARIO.....	13
6.1.4.-REDUCCIÓN DEL COSTE DE MANTENIMIENTO VIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN ....	13
6.2.- MOTOSHARING .....	13
6.2.1.- MOTOSHARING EN VALENCIA .....	13
6.2.1.- FUNCIONAMIENTO .....	14
6.2.3.- VENTAJAS DEL MOTOSHARING.....	14
6.2.4.- NORMATIVA .....	15
7.- ZONAS ZAM .....	17
7.1.- EJEMPLOS OTRAS CIUDADES DEL MUNDO .....	17
7.2.- CONCEPTO EMPLEADO EN VALENCIA.....	24
7.2.1.- CONCEPTO ZAM .....	26
8.- ESTADO DEL ARTE .....	27
8.1.- SEMAFORIZACIÓN .....	27
8.2.- TIPOS DE MOVIMIENTO .....	29
8.3.- CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	30
8.3.2.- FACTORES.....	30
8.4.- NIVEL DE SERVICIO .....	32
8.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN UNA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA.....	33
8.5.1 INTRODUCCIÓN .....	33
8.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y EL NIVEL DE SERVICIO.....	33

9.- ESTUDIO DE SOLUCIONES .....	47
9.1.- SELECCIÓN DE TRAMOS DE TRÁFICO IMPORTANTES .....	47
9.1.- ESCENARIOS DE ESTUDIO.....	49
10.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD CON EL HCM 2016 DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA .....	59
10.1.- PARÁMETROS DE ENTRADA.....	59
10.1.1. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación.....	61
10.1.2. Determinación de la duración de fase de semáforo .....	61
10.1.3. Determinar la capacidad y la proporción volumen-capacidad .....	61
10.1.4. Determinación de la demora .....	63
10.1.5. Determinación del Nivel de Servicio .....	64
11. PRESENTACIÓN Y ELECCIÓN DE PROPUESTAS .....	66
11.1 INTRODUCCIÓN .....	66
12. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LAS PROPUESTAS.....	74
12.1 Determinación de la intensidad por grupo de carriles.....	74
12.2. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación.....	75
12.3. Determinación de la capacidad y proporción volumen-capacidad.....	75
12.4. Determinación de la demora .....	76
12.5. Determinación del nivel de servicio .....	77
13. COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS. ESCENARIOS EN LA ACTUALIDAD Y TRAS LA EJECUCIÓN DE LAS PROPUESTAS. ....	78
14.- RESULTADOS .....	80
15.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA .....	84
15.- CONCLUSIONES.....	87
16.- BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS .....	89
Anexo I: Tiempo semafórico .....	90
Anexo II: Cálculos del nivel de servicio de la intersección semaforizada de cada escenario.....	91
Anexo III: Cálculos del nivel de servicio de la intersección semaforizada de cada escenario. Tras la propuesta. ....	97
Anexo IV: Alineamiento del TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas.....	102

## 1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El título del proyecto es “Estudio para la mejora de la movilidad urbana en la ciudad de Valencia: aplicación de las Zonas Avanzadas de Motos (ZAM) en las vías más congestionadas.”

Como indica el título, el objetivo del proyecto será el estudio de soluciones para la mejora de la movilidad urbana en la ciudad de Valencia a partir de la aplicación de la Zonas Avanzadas de Motos, en adelante ZAM, en las vías con mayor tráfico del centro de la ciudad y en las entradas principales a ésta.

En el estudio se pretende analizar principalmente cuáles son las vías más congestionadas y sus motivos, para ello se llevará a cabo un análisis de la elección modal de transporte privado, de los parámetros geométricos de las vías, de las horas pico de congestión del tráfico, de la semaforización, entre otros, con el fin de encontrar la problemática existente para ofrecer alternativas que cumplan con nuestros objetivos de mejora. A partir de este análisis se pretende ofrecer una solución que cumpla con los parámetros geométricos y técnicos necesarios para asegurar al usuario unas condiciones óptimas de seguridad, comodidad y rapidez en sus desplazamientos.

### 1.2 EXPOSICIÓN NECESIDADES A RESOLVER (ANTECEDENTES)

Valencia es la octava ciudad más congestionada de España, ya que los viajeros pasaron de media un 20% de tiempo extra en atascos en cada viaje. Gran parte de la red vial de la ciudad de Valencia está operando muy cerca de su capacidad, implicando que pequeños aumentos en los flujos de tránsito, especialmente en las horas punta, agraven considerablemente la congestión. Entre los problemas que esto conlleva están:

- Pérdida de tiempo de los pasajeros. Alto coste de oportunidad, al tratarse de una actividad no productiva que puede llevar a problemas de salud provocados por el estrés.
- Retrasos. Llegar tarde al puesto de trabajo o institución puede provocar pérdida de negocio. No podemos predecir con exactitud el tiempo de viaje.
- Contaminación del aire y emisiones de dióxido de carbono. Provocado por un exceso de combustible gastado debido a las aceleraciones y frenados constantes.
- Desgaste de los vehículos. Esto supondrá mayores costes en reparaciones.
- Frustración al volante. Puede darse casos de ira en la carretera que provocarán mayor posibilidad de accidente.
- Colapso del sistema de emergencias. Ante una congestión los servicios de emergencias no pueden llegar a su destino de urgencia.

## 2.- ZONIFICACIÓN

A continuación se define el alcance geográfico del modelo de transporte. El estudio del presente proyecto está centrado en la ciudad de Valencia, capital de la provincia homónima y de la Comunidad Valenciana, e incluye los principales municipios del área metropolitana que presentan una fuerte conexión con dicha ciudad. Valencia cuenta con una población de 794.288 habitantes (INE, 2019), que asciende a 1.564.253 habitantes si se incluye el área metropolitana de Valencia. *(Se incluye el área metropolitana debido a que gran parte de la población de los municipios de L'Horta acude a la ciudad de Valencia a trabajar, estudiar o bien por ocio).*

El ámbito de estudio está delimitado al Norte por los municipios de El Puig y Llíria, al Oeste por el municipio de Sant Antonio de Benagéber y Torrent y al Sur por Picassent y Silla, estando los seis municipios incluidos en el mismo. En la siguiente imagen se observa el ámbito de estudio.



Ilustración 1. Ámbito de estudio (Área Metropolitana de Valencia con 45 municipios)

El mapa que se observa a continuación se ha completado con los datos disponibles por el Ayuntamiento de Valencia a través de su enlace web de “Mapas e Imágenes del Tráfico” en el apartado Movilidad.

“Sistema de Tráfico”

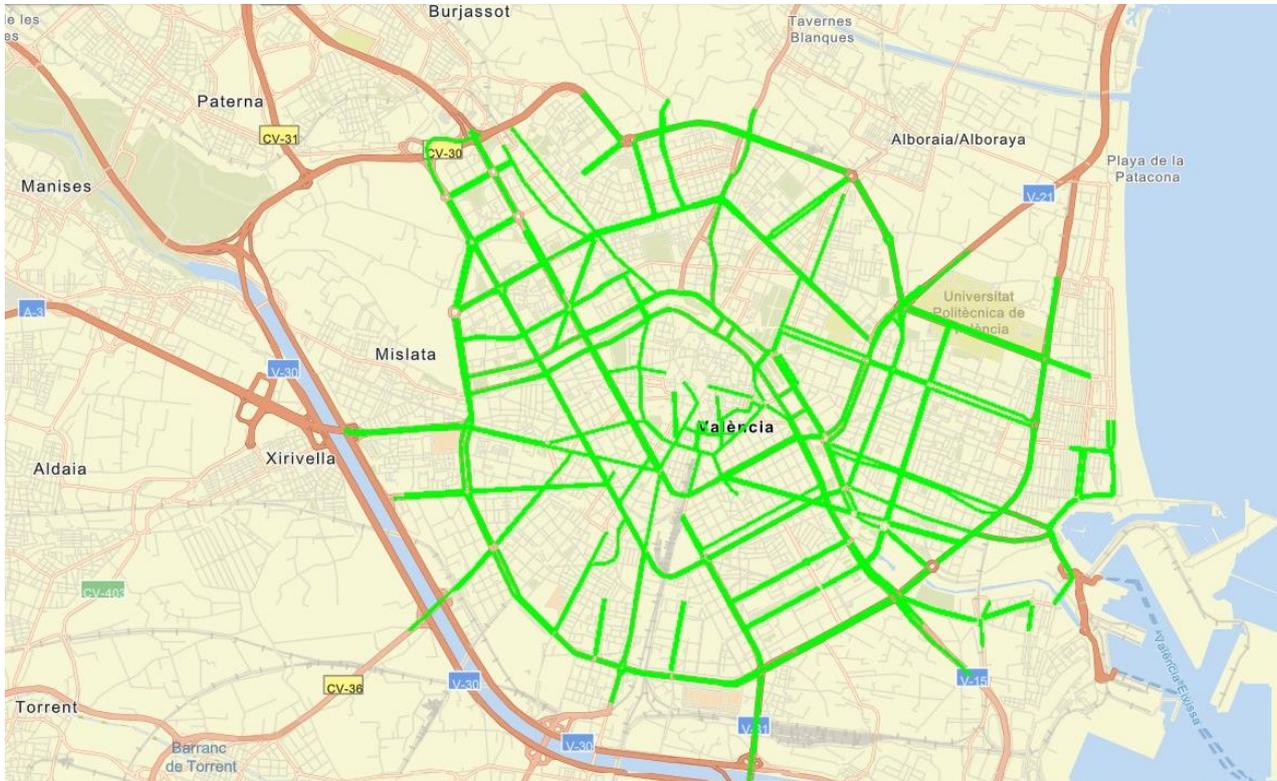


Ilustración 2. Sistema de tráfico de las principales vías ciudad de Valencia.

En el mapa se observa el sistema de tráfico con las principales arterías de la ciudad de Valencia y a continuación el mapa con las Intensidades de tráfico por tramos en tiempo real en la hora punta estudiada, de 7:00h a 8:00h.

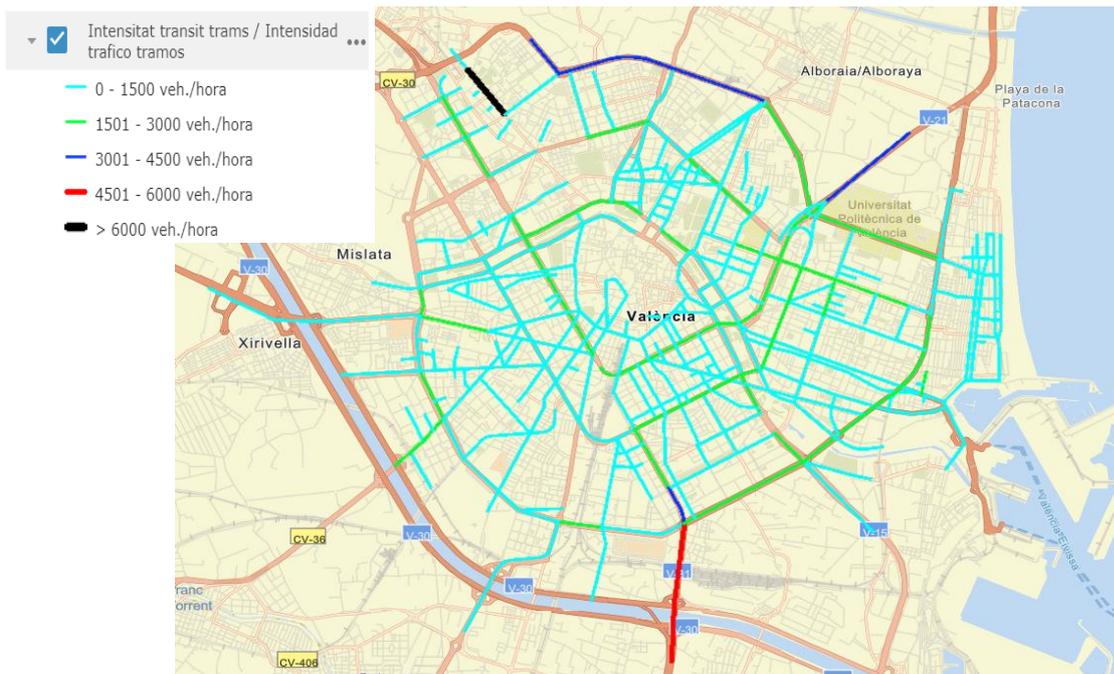


Ilustración 3. Sistema de tráfico de las principales vías ciudad de Valencia.

### 3.- ALCANCE DEL ANÁLISIS

Puesto que el objetivo principal de este estudio es mejorar la movilidad urbana en la ciudad de Valencia mediante la aplicación de las zonas ZAM (Zonas Avanzadas de Motos) se va a llevar a cabo los siguientes análisis.

- Estudio de las zonas con mayor tráfico en la ciudad de Valencia realizando trabajo de campo para conocer los puntos donde más congestión se genere apoyándonos también en las Intensidades de Tráfico ofrecidas por el Ayuntamiento de Valencia.
- Análisis del tiempo de demora con el uso del turismo frente al uso de la motocicleta.
- Analizar los puntos donde más congestión haya y proponer una solución implantando la zona ZAM, teniendo en cuenta el ancho de la vía y número de carriles.
- Estudio de la tendencia actual del “motosharing”

### 4.- ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD ACTUAL

En este apartado nos basaremos en el Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) de la ciudad de Valencia publicado en diciembre de 2013.

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA MOVILIDAD

Diariamente los ciudadanos de la ciudad de Valencia realizan 1.895.022 desplazamientos, de los que 1.575.973 tienen origen y destino dentro de la ciudad (83,1%) y 319.049 desplazamientos se generan con origen Valencia hacia el resto del Área Metropolitana. Del total de desplazamientos, 850.918 son viajes no mecanizados (44,9%) y 1.044.104 son viajes mecanizados (55,1%). Por otra parte, la ciudad atrae diariamente 569.133 desplazamientos desde otros municipios del Área Metropolitana en todos los modos de transporte.

La tasa de viajes por persona al día considerando la movilidad interna y externa de la ciudad es de 2,37 viajes por persona, mientras que si se tiene en cuenta únicamente los desplazamientos con origen y destino la ciudad de Valencia, este ratio disminuye a 1,98 viajes por persona.

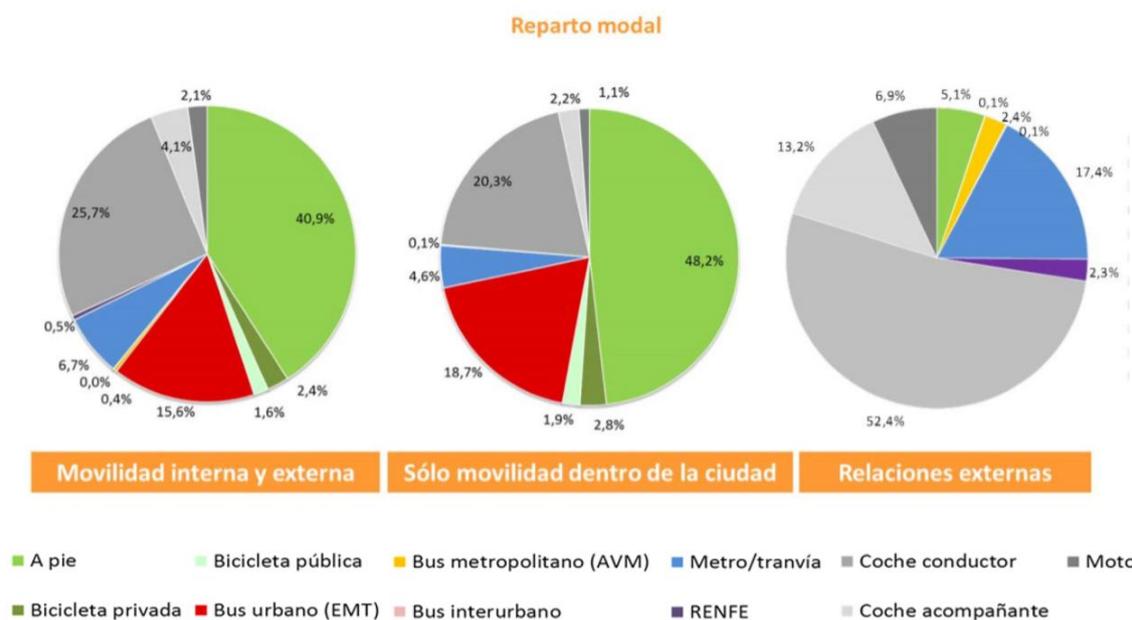


Ilustración 4. Reparto Modal del Área Metropolitana. (Fuente: PMUS Valencia 2013)

Si se tiene en cuenta que los datos que mostramos arriba corresponden a fechas de 2013, se ve que la moto ocupa un 2,1% para la movilidad interna y externa, mientras que para movilidad dentro de la ciudad representa tan solo un 1,1%. Sin embargo para los desplazamientos externos ocupa un 6,9%.

El parque de vehículos en Valencia en 2013 según información recopilada por la DGT, contaba con un total de 1.636.460 vehículos. En 2019, según datos de la oficina de estadística del Ayuntamiento de Valencia, el número total de vehículos asciende hasta 1.887.602 vehículos, un 15% más de vehículos.

Si se hace foco en las motocicletas este incremento se acentúa todavía más. De 167.476 motocicletas en 2013 a 201.452 en 2019, eso supone un incremento del 20%. Por lo que este dato indica el auge que está teniendo las motocicletas en Valencia.

Un aspecto importante a considerar, motivo por el cual ha habido un auge en los últimos años en el uso de las motocicletas en Valencia es el clima. Valencia cuenta con unos de los mejores climas de España durante todo el año, las escasas lluvias y la buena temperatura invita a que cada vez más ciudadanos escojan la motocicleta como medio de transporte.

Este proyecto se centrará en la movilidad con vehículos motorizados. Excluiremos tanto las bicicletas públicas como privadas del estudio debido a que en los últimos años, el Ayuntamiento de Valencia ha ofertado gran infraestructura para este medio de transporte, por lo que la bicicleta poco a poco ha dejado de lado el uso de la calzada.

#### **4.2 OFERTA VIARIA**

En cuanto a la accesibilidad exterior la comarca de l'Horta de Valencia cuenta con una amplia red viaria, conformada por las siguientes vías principales:

- La Autopista del Mediterráneo (AP-7), es el eje que comunica toda la costa mediterránea desde la frontera con Francia hasta Algeciras.
- La Autovía del Mediterráneo (A-7) perteneciente a la Red de Carreteras del Estado, va desde Algeciras a Barcelona. Circunvala por el oeste a la Comarca de l'Horta.
- La Autovía del Este (A-3), que enlaza Valencia con Madrid, es una de las seis autovías radiales de la red principal de carreteras de España.
- La Autovía V-21 es la autovía de acceso de la ciudad de Valencia por el norte, pertenece a la Red estatal de carreteras. Enlaza Puzol y Valencia.
- La autovía V-30 es la vía de circunvalación de la ciudad de Valencia, enlaza el Puerto de Valencia con la A-7, circunvala la capital por el sur, siguiendo el nuevo cauce del Río Turia.
- La V-31 es la autovía de acceso de la ciudad de Valencia por el sur, enlaza Valencia y Silla. Pertenece a la Red Estatal de Carreteras, siendo su titular el Ministerio de Fomento.
- La ronda norte o carretera CV-30, que circunvala la ciudad de Valencia por el norte, comunica la V-30 con la CV-35 y éstas con Valencia.
- La CV-35 comunica Valencia con el Rincón de Ademuz, pasando por Lliria, San Antonio de Benagéber y Paterna.

- La autovía CV-36 pertenece a la red autonómica de carreteras de la Comunidad Valenciana, une la ciudad con la Autovía del Mediterráneo por Torrente. Es la vía de acceso por el suroeste de la ciudad.
- La CV-500 es una carretera secundaria que comunica la ciudad de Valencia por el sur con Sueca, pasando por El Saler y El Perelló.

A un nivel de detalle más cercano la red viaria de Valencia capital se articula en cuatro coronas concéntricas en torno al Casco Histórico de la ciudad, las cuales se describen a continuación:

La primera corona la conforman: la calle de Cristóbal Colón, la calle Xàtiva, la calle Guillem de Castro, la calle Blanquerías, la calle Conde de Trenor y la calle del Pintor López.

La segunda corona está formada por las calles: Gran Vía Marques de Turia, Gran Vía Germanías, Gran Vía Ramón y Cajal, Gran Vía Fernando el Católico, Paseo de la Pechina, calle de Mauro Guillen, calle del Pla de la Saldia, calle de la Trinidad, calle San Pío V y el Paseo de la Alameda

La tercera corona está formada por la Avenida Peris y Valero, Avenida de Giorgeta César, la Avenida Pérez Galdós, la Avenida de Campanar, la Avenida del Doctor Peset Aleixandre, la Avenida Primado Reig, la Avenida de Cardenal Benlloch y la Avenida de Eduardo Boscá.

La cuarta corona está formada por la Avenida del Actor Antonio Ferrandis, la Avenida del Pianista Martínez Carrasco, el Bulevar sur, la avenida de Tres cruces, la avenida de Pío Baroja, la avenida de Maestro Rodrigo, la avenida de Juan XXIII, la avenida de los Hermanos Machado, el Bulevar periférico norte, la avenida de los Naranjos, la calle Luis Peixó, la calle de Serrería, la calle de Ibiza y la calle de Menorca.

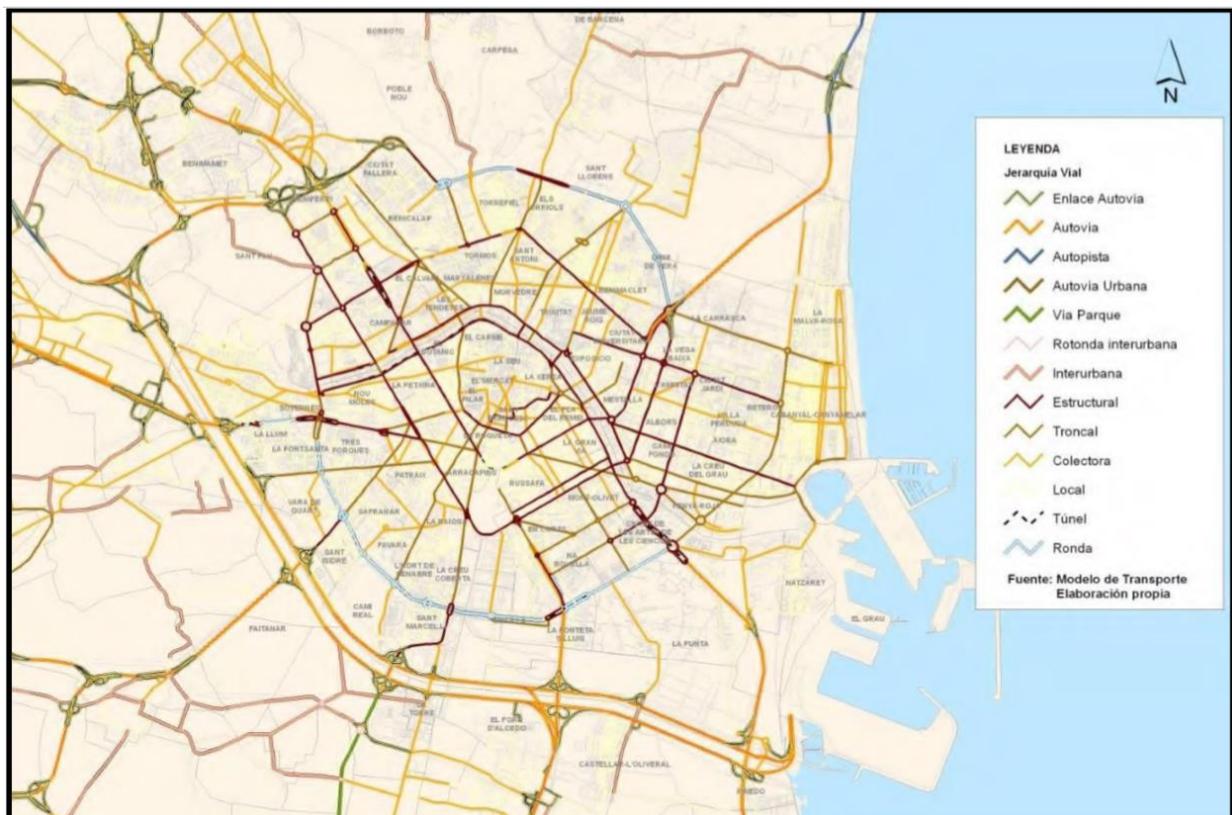


Ilustración 5. Red Viaria de Valencia y alrededores. (Fuente. PMUS Valencia 2013)

## 5.- ESTUDIO DEL TRÁFICO

### 5.1.- INTENSIDADES DE TRAFICO

En cuanto a cifras de tráfico, se ha obtenido a partir de los Mapas de Tráfico y través del Portal de Transparencia y Datos Abiertos del Ayuntamiento de Valencia. Gracias a estas herramientas se ha podido disponer de una gran cantidad de información sobre los aforos en las principales vías de la ciudad de Valencia y que nos ha ayudado finalmente a escoger los escenarios de trabajo donde plantearemos las zonas ZAM.

A partir de este análisis se está en disposición de conocer cuáles son aquellos puntos de la red viaria de Valencia en los que se están registrando situaciones conflictivas que precisan de la aplicación de medidas de movilidad encaminadas a mejorar la sostenibilidad del sistema.

A la hora de evaluar la conflictividad de las intersecciones no sólo se ha considerado el concepto de congestión, que sin duda es importante, sino que también se evalúan otra serie de intersecciones clave por otros aspectos como la importancia de los flujos peatonales o ciclistas, de cara a poder ofrecer una seguridad adecuada a todos y cada uno de los actores que coexisten en ella. Así mismo no se ha descuidado tampoco la valoración de aquellas intersecciones más importantes de cara a la priorización del transporte público.



Ilustración 6. Mapa de tráfico (IMD) de Valencia. (Fuente: Ayuntamiento de

## 5.2.- PROBLEMAS EXISTENTES.

Valencia es una de las ciudades con mayor congestión de España ocupando la octava posición. También ocupa el puesto número 178 en el ranking de Europa y el puesto número 292 en el ranking mundial según los indicadores internacionales de TomTom.

En los últimos años, se ha visto cómo la situación de la congestión en la ciudad de Valencia ha ido empeorando cada vez más. La construcción de grandes anillos ciclistas favoreciendo a éstos, la eliminación de plazas de aparcamiento y la poca oferta de transporte público son unas de las causas que ha llevado a este empeoramiento.

Algunos datos estudiados por TomTom de la ciudad de Valencia son: El mejor día para conducir en Valencia (menor tráfico) fue el 25 de agosto de 2019, en periodo de vacaciones, mientras que el peor día fue el 5 de diciembre de 2019.

Otros datos de interés:

- Mejor hora de la semana para desplazarse: 5 a.m.
- Peor hora de la semana para desplazarse: 8 a.m. y 6 p.m.
- Mejor día de la semana para desplazarse: sábados y domingos.
- Peor día de la semana para desplazarse: lunes y jueves.
  
- Viajar después de las 9 a.m. del lunes podría ahorrarle al conductor hasta 3 horas al año (por un viaje de 30 min).
- El tiempo adicional que se pasa retenido en las horas pico durante un año son 82 horas.

Posibles causas de la congestión en Valencia.

- Implantación de anillos ciclistas sin adopción del transporte público.
- Vehículos mal aparcados en segunda fila o en el carril bus.
- Crecimiento del parque móvil en el área metropolitana de Valencia.
- Horas punta en las principales arterias.
- Cambios en la regulación semafórica.
- Falta de parking disuasorios para coches que desincentivan el transporte público.
- Deficientes conexiones intermodales.
- Malas frecuencias en las líneas que van a los municipios, ya que esto provoca que las personas se desplacen en sus vehículos privados (mayoría coche) a la ciudad de Valencia.

## 6.- LA MOTO Y LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

En los últimos años la movilidad urbana, se ha convertido en el centro de preocupación social y política de nuestras ciudades y este concepto se incorpora a los planes de movilidad. Los medios de comunicación también muestran su preocupación por la movilidad en las ciudades, incluso se utiliza en lemas publicitarios para promover la venta de automóviles.

La movilidad es una preocupación en las ciudades de España y Europa, ya que se presentan inquietudes que surgen por un problema de congestión, por problemas medioambientales, con las emisiones de contaminantes y de gases efecto invernadero que suponen un reto para salud y la lucha contra el cambio climático.

Por el momento los trabajos y estudios que se realizan, aconsejan desincentivar el uso del automóvil en las ciudades y la potenciación del transporte público, la bicicleta y la movilidad del peatón.

Pero el transporte público no puede satisfacer todas las necesidades de movilidad de las personas y se necesitan ciudades con elevado número de ciudadanos, que realicen rutas fijas y horarios rígidos y las nuevas tendencias nos indican que las personas tienden a moverse hacia destinos variados, de manera menos regular y no todo es desplazamiento de trabajo y estudio.

La moto no es tenida en cuenta, al incorporarla en el grupo de vehículos motorizados y no se considera, como sucede en otras ciudades, su valor como vehículo de movilidad individual, que contamina poco y ocupa poco espacio.

La motocicleta tiene una evolución tanto desde el punto de vista tecnológico como de seguridad que ha conseguido modelos con características de motos urbanas, con unas cilindradas que permiten unos consumos de energía y una contaminación que no admiten comparación con los otros vehículos motorizados.

Las motos tienen otro factor de contribución a la calidad de vida urbana ya que el espacio que ocupan por persona transportada los equipara a los ciclos y bicicletas que tanto se promocionan en nuestras ciudades, jugando un papel importante ya que son un vehículo rápido, cómodo y que lleva de puerta a puerta.

La contaminación en las ciudades, las limitaciones en la circulación en centros urbanos y la estricta normativa de emisiones están provocando un cambio de tendencia en los modos de desplazamiento. Los usuarios necesitan desplazarse en las ciudades en un tiempo reducido y en la mayoría de ocasiones, el coche aumenta el tiempo del trayecto por atascos.

## 6.1 BENEFICIOS DE LAS MOTOS

### 6.1.1.- MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA

- Reducción de Emisiones

Según el MAGRAMA, la contribución de las motos a las emisiones de NOx y CO2 son mucho menores que en el resto de vehículos.

- Menor consumo.

Las motos consumen menos combustible por km recorrido. Con las últimas tecnologías hay motos que pueden recorrer 3.000km con menos de 100€ de gasolina, se trata de consumos que rondan los 2l/100Km.

En términos de consumo unitario de energía, en transporte urbano de personas, considerando factores como el índice de ocupación y la congestión de viario, la motocicleta presenta un consumo menor que los turismos y autobuses.

- Motos eléctricas

Las motos eléctricas no necesitan ningún tipo de combustible para funcionar, ya que incorporan una batería y son recargables, tampoco generan CO<sub>2</sub>.

Son silenciosas: los vehículos eléctricos no emiten ruidos, así que reducen la contaminación acústica.

Se estima que el consumo de electricidad de una motocicleta eléctrica cuesta menos de 1 euro cada 100 kilómetros.

### 6.1.2.- MEJORA DE LA MOVILIDAD

- Tiempos de desplazamiento

Reducen los tiempos de desplazamiento respecto de otros medios de transporte, entre un 50- 70% para un mismo recorrido urbano. Permiten recorridos “multi-destino” en el menor tiempo posible.

Sustituyendo un 10% de coches por motos, daría lugar a un 40% menos de tiempo perdido en los atascos, reduciéndose los tiempos de viaje de todos los vehículos.

- Alta ocupación

Son vehículos de alta ocupación: en circulación, al menos un ocupante por vehículo (50% plazas). En España los turismos en ciudad tienen 1,1 ocupantes por vehículos (25% plazas).

- Reducción de congestiones.

Ocupan tres veces menos espacio en circulación que un coche y se infiltran entre el tráfico congestionado.

- Reducción del espacio público ocupado

La moto permite desplazamientos puerta a puerta, ocupando cinco veces menos espacio en parado que un coche. En Valencia si se dejaran de usar las motos, serían necesarios un 32% más de aparcamientos para coches, y la ocupación de las calles por los vehículos aumentaría un 45%.

### 6.1.3.- MENORES COSTES PARA EL USUARIO

- Menor coste

Considerando sus cualidades, son el medio de transporte privado más económico en el precio de adquisición. Tienen un bajo coste de mantenimiento.

En España se pierden al año 5.500 millones de euros y 420 millones/horas en congestiones. El coste del tiempo perdido por usuario en España asciende a los 120€/año.

### 6.1.4.-REDUCCIÓN DEL COSTE DE MANTENIMIENTO VIAL PARA LA ADMINISTRACIÓN

- Menor desgaste de infraestructuras

Degradan menos las infraestructuras por su menor peso y superficie de contacto deterioran menos la superficie vial y elevan menos partículas en suspensión (contaminación por PM).

El peso del vehículo que corresponde a cada persona que viaja en motocicleta es 6,74 veces menor que si viaje en autobús urbano y 6 veces menor que si lo hace en automóvil.

## 6.2.- MOTOSHARING

El Motosharing es un servicio de alquiler de motocicletas y ciclomotores eléctricos por periodos de corta duración. Funciona dentro de un área de cobertura que podemos coger y dejar la moto en cualquier punto de la ciudad, de forma que cualquier otro usuario pueda utilizarla de nuevo.

El Motosharing es un sistema de movilidad sostenible, eficiente y respetuoso con el medio ambiente al ser un transporte eléctrico y no contaminante.

### 6.2.1.- MOTOSHARING EN VALENCIA

La tendencia de movilidad compartida ha provocado que los ayuntamientos de las ciudades donde está implantado este servicio se vean obligados a regular su uso y por eso a establecer una serie de normativas. El ayuntamiento de Valencia es el único de todas las ciudades de España que incluye en su Ordenanza de Movilidad un apartado específico para las empresas Motosharing. Lo que no han hecho todavía es adaptar este “boom” de movilidad compartida a las carreteras de la ciudad siendo que cada vez son más el número de motocicletas y ciclomotores en la ciudad de Valencia. En este apartado es donde se centrará el presente proyecto y por eso se ha considerado el Motosharing como un tema importante a tratar.

En la actualidad, Valencia dispone de una amplia variedad de empresas con diferentes modelos de motocicletas y ciclomotores y con gran variedad de tarifas. Operan 6 empresas de Motosharing. (Acciona, Muing, eCooltra, Blinkcity, Molo, Yego). Entre todas ellas hay una flota total de más de 2.000 ud disponibles las 24 horas del día. Entre las 3 primeras empresas poseen el 73% de las motos disponibles en el mercado.

Pero estas motos de alquiler no se pueden contar como moto de particulares. Se debe contar por desplazamientos/día. Un usuario particular con su propia moto se calcula que puede hacer desplazamientos de unos 20 minutos de media y hace 2-3 viajes al día con la moto. Teniendo en cuenta los tiempos de reposo (no hay viajeros siempre) y los tiempos de recambio (operarios se desplazan hasta las motos cuando éstas se les termina la batería), se calculan que al día, en Valencia, se realizan más de 35.000 desplazamientos

### 6.2.1.- FUNCIONAMIENTO

Todas las empresas de Motosharing disponen de su propia App móvil. Los usuarios deben elegir con que empresa quiere desplazarse en función de la tarifa, manejo o modelo que le convenga y descargar la App en su teléfono.

En estas App el usuario tiene que registrarse, insertar sus datos personales, una tarjeta bancaria y subir mediante fotografía el DNI y el permiso de conducir en vigor y todo se gestiona y comprueba a través del móvil en cuestión de unas horas. Una vez finalizado el registro y validado la documentación ya puedes utilizar el servicio.

En la aplicación aparece un mapa con la localización del cliente y las motos cercanas que están disponibles. Al hacer “click” sobre la moto puedes ver la matrícula, el nivel de batería y si tiene disponible uno o dos cascos. Cuando se hace la reserva el usuario dispone de 15 minutos hasta llegar a ella y dar inicio a la marcha. Todo se realiza a través de la App, reserva, abrir baúl, comenzar viaje, etc.

En algunos modelos puedes seleccionar el modo de conducción, la diferencia será la velocidad máxima y la aceleración. Según el modo el límite puede ser de 50km/h o de hasta 80km/h.

### 6.2.3.- VENTAJAS DEL MOTOSHARING

Como comentábamos anteriormente, la moto tiene numerosas ventajas sobre los turismos o el transporte público, pero el motosharing además tiene sus propias ventajas.

- 1.- No contaminan: las motos eléctricas no necesitan ningún tipo de combustible para funcionar, ya que incorporan una batería y son recargables, tampoco generan CO<sub>2</sub>.
- 2.- Son silenciosas: los vehículos eléctricos no emiten ruidos, así que reducen la contaminación acústica.
- 3.- Ahorro económico: se estima que el consumo de electricidad de una motocicleta eléctrica cuesta menos de 1 euro cada 100 kilómetros. Generalmente se paga solo por los minutos usados, aunque el precio en algunas empresas especializadas depende de la franja horaria o de la velocidad de la moto.
- 4.- Flexibilidad horaria: es posible personalizar el servicio de alquiler de motos a nuestros propios horarios y la duración que necesitemos.
- 5.- Mejor movilidad: utilizar motos en ciudades ayuda a descongestionar el tráfico gracias a su fluidez y rapidez. Además, da más libertad al conducir y aumenta la flexibilidad de desplazamientos interurbanos.
- 6.- Acceso al centro de las ciudades: como generan cero emisiones, las motocicletas eléctricas no tienen restricciones de desplazamiento.
- 7.- Aparcamiento fácil: las motos en general se pueden estacionar en cualquier lugar dentro del área de cobertura de las compañías que ofrezcan el servicio y dentro de la normativa de cada ciudad.

#### 6.2.4.- NORMATIVA

La Ordenanza de Movilidad de Valencia es la única que tiene un apartado específico para las empresas de Motosharing, y en su artículo 60 determina la necesidad de adquirir una autorización para operar que regula su actividad (es algo que también sucede en otros lugares, pero no lo recoge la normativa de movilidad). Así mismo también concreta que las normas de circulación son las que imperan en la ordenanza.

En el artículo 79 que regula el estacionamiento de motos y ciclomotores de dos ruedas tanto en las zonas de calzada se dice lo siguiente:

1. Las motocicletas y ciclomotores de dos ruedas estacionarán en los espacios reservados en la calzada para el estacionamiento de motos y ciclomotores. Estos se señalizarán principalmente con marcas viales.
2. En el supuesto de que no los hubiera, siempre que esté permitido el estacionamiento de automóviles en la calzada, podrán estacionar junto a la acera en forma oblicua a la misma y ocupando un máximo de 2 m con excepciones.
  - a. Cuando se produzcan cortes de circulación por festejos, actos o cualquier otro evento.
  - b. Los estacionamientos de motocicletas y ciclomotores de más de dos ruedas se regirán por las normas generales de estacionamiento.
  - c. Queda prohibido estacionar en las calles peatonales salvo señalización expresa que lo autorice.
3. En ningún caso se permitirá a los ciclomotores y motocicletas estacionar en aparcamientos específicos para bicicletas o sobre los carriles bici”.

El Artículo 80 regula el estacionamiento en la zona de acera.

Hay que decir de antemano que desde el Ayuntamiento tienen previstos planes de distrito que adecuen el estacionamiento de las motos en la calzada y en los aparcamientos públicos. En ese momento el aparcamiento en la acera no se permitirá.

De momento no existe ningún plan así reflejado en el Anexo de la normativa por lo que sí que se puede aparcar en la acera bajo las siguientes directrices:

1. Como criterio general, el aparcamiento libre de motos y ciclomotores sobre las aceras y otros espacios peatonales no está autorizado.
2. Se podrán señalar aparcamientos para motos y ciclomotores de dos ruedas en las aceras, que deberán utilizarse sin salirse del perímetro acotado.
4. En tanto se elaboran estos planes, en los distritos no recogidos en el Anexo V no será efectivo el criterio general establecido en los puntos 1 y 2 de este artículo, y se permitirá el estacionamiento de motos y ciclomotores de dos ruedas en las aceras en las siguientes condiciones:
  - a. En ningún caso estará permitido estacionar en las aceras de anchura inferior a 3 m
  - b. En las aceras de más de 3 m de ancho e inferior a 6 m en las que no está expresamente prohibido:
    - Paralelamente al bordillo, lo más próximo posible al mismo, a una distancia mínima de 0,50 m, y siempre a más de 3 m de los límites de un

- paso peatonal o de una parada de transporte público y a más de 1 m de un carril bici.
- En zonas señalizadas entre los alcorques, siempre y cuando el anclaje del vehículo no se realice en los árboles u otros elementos vegetales o de mobiliario urbano.
  - c. En las aceras que tengan una anchura de más de 6 m en las que no está expresamente prohibido, podrán estacionarse en semibatería, exclusivamente junto al bordillo, siempre a más de 3 m de los límites de un paso peatonal, de un carril bici sobre acera o de una parada de transporte público.

En todos estos casos, deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Sólo estará permitido estacionar cuando no existan plazas de estacionamiento para hacerlo en calzada, ocupadas o no, a una distancia menor de 50 m y en ningún caso si está expresamente prohibido mediante señalización.
- b. No está permitido estacionar si existe una reserva de carga y descarga en la calzada.
- c. El acceso a las aceras en las que esté permitido el estacionamiento de motocicletas y ciclomotores de dos ruedas, se realizará con el motor apagado, nunca con el motor en marcha. Circular en moto por las aceras está totalmente prohibido. La salida de las mismas se realizará también con el motor apagado y solo se podrá poner en marcha una vez se esté sobre la calzada.
- d. No está permitido obstruir o dificultar el paso de viandantes ni estacionar sobre el pavimento podotáctil.
- e. Está prohibido el estacionamiento junto a las fachadas, y en ningún caso se obstruirán puertas, ventanas, escaparates o espacios similares.
- f. Está prohibido encadenar o amarrar mediante dispositivos de seguridad el vehículo a farolas, árboles o cualquier otro elemento ornamental o mobiliario urbano que no sea el expresamente colocado para ese fin.
- g. La señalización de estacionamiento prohibido por la celebración de mercados extraordinarios afectará también a las motos y ciclomotores.

## 7.- ZONAS ZAM

Las zonas adelantadas de motos (ZAM), consiste en la creación de una zona de detección adelantada, que permite que las motos se posicionen en los semáforos ante el resto de vehículos motorizados, mejorando las condiciones de visibilidad y garantizándoles un inicio de marcha sin interferencias del tráfico. Esta medida separa la zona donde se detienen las motos de la zona de paso de los peatones, y por lo tanto los ofrece mejores condiciones de seguridad.

### 7.1.- EJEMPLOS OTRAS CIUDADES DEL MUNDO

Muchas ciudades ambiciosas alrededor de todo el mundo se disponen a implantar o están realmente interesadas en la implantación de políticas estratégicas de transporte urbano destinadas a impulsar una movilidad urbana sostenible con el fin de lograr un modelo más ecológico y sostenible para los distintos medios de transporte.

Algunas de las ciudades que han puesto en marcha este tipo de políticas son:

#### Taipéi (Taiwan) - (Motorcycle waiting area)

Taipei es la ciudad más poblada de Taiwan con 2.606.151 de habitantes y 8.535.000 habitantes si se tiene en cuenta el Área Metropolitana. Desde hace más de 20 años, el gobierno Taiwanés ha llevado a cabo interesantes políticas estratégicas con el fin de impulsar una movilidad urbana sostenible. Desde 1994, en esta ciudad ya se implantó sus denominados (“Motorcycle Waiting Area”), que son zonas de parada para motos ante una intersección semaforica. En los siguientes años se llevaron a cabo varios estudios y se observó que los tiempos de demora disminuían a la vez que se vio incrementado el uso de la motocicleta, pero la parte negativa fue, es que al crecer el parque de vehículos de dos ruedas en la ciudad de Taipei, crecieron los accidentes de moto. Las motos para acceder a las zonas de parada tenían que zigzaguear entre los vehículos. Por ello en 2003 se implantó en varios puntos de la ciudad, un carril exclusivo para motocicletas y ciclomotores de acceso directo a la zona de parada. A continuación se muestra unos ejemplos.



*Ilustración 7. Motorista circulando por carril exclusivo para motos*



Ilustración 8. Zona de parada para motos en Taipéi (Taiwán)

Queensland (Australia) (Bicycle storage areas)

Las “Bicycle storage areas” ubicadas en los semáforos permiten a los ciclistas esperar frente a los vehículos detenidos en la intersección. A menudo se pintan de verde con un símbolo de bicicleta blanco. Para llegar a estas áreas se ha creado un carril exclusivo para bicicletas de unos 50 metros de longitud para que puedan llegar con seguridad y se evite el zig-zagueo.

Los motociclistas pueden llegar a estas áreas siempre que cedan el paso a cualquier vehículo que ya esté en el área o que esté ingresando al área en un semáforo. A continuación se muestra un ejemplo:



Ilustración 9. Zona de parada para bicicletas y motos. Queensland (Australia)



Ilustración 10. Carril de acceso a la zona de parada. Queensland (Australia)



Ilustración 11. Carril de acceso y zona de parada. Queensland (Australia)

### Londres (Inglaterra)

Otra de las ciudades más importantes del mundo también cuenta con un sistema similar, empleado principalmente para bicicletas, pero que en la práctica muchos motoristas se aprovechan de esta implantación. Parecido a Queensland, dispone de zona de parada con carril de seguridad exclusivo de acceso. Véase los ejemplos.



Ilustración 12. Carril de acceso y zona de parada para bicicletas. Londres

En la siguiente imagen se muestra otro ejemplo muy similar al de la ilustración 6. Se observa como el carril de acceso a la zona de parada (diferentes anchos según imagen) llega hasta la zona de parada para bicis, pero esta llega hasta el carril derecho del todo. Lo que no tiene mucho sentido, ya que como se observa, el carril de bicicletas aguas abajo de la vía continúa por el margen izquierdo, por lo que no tiene mucho sentido tanta amplitud.

También se observa que la zona de parada tiene la suficiente longitud como para que la bicicletas maniobren dentro de ella.



Ilustración 13. Carril de acceso y zona de parada para bicicletas. Londres

## Ciudades de España

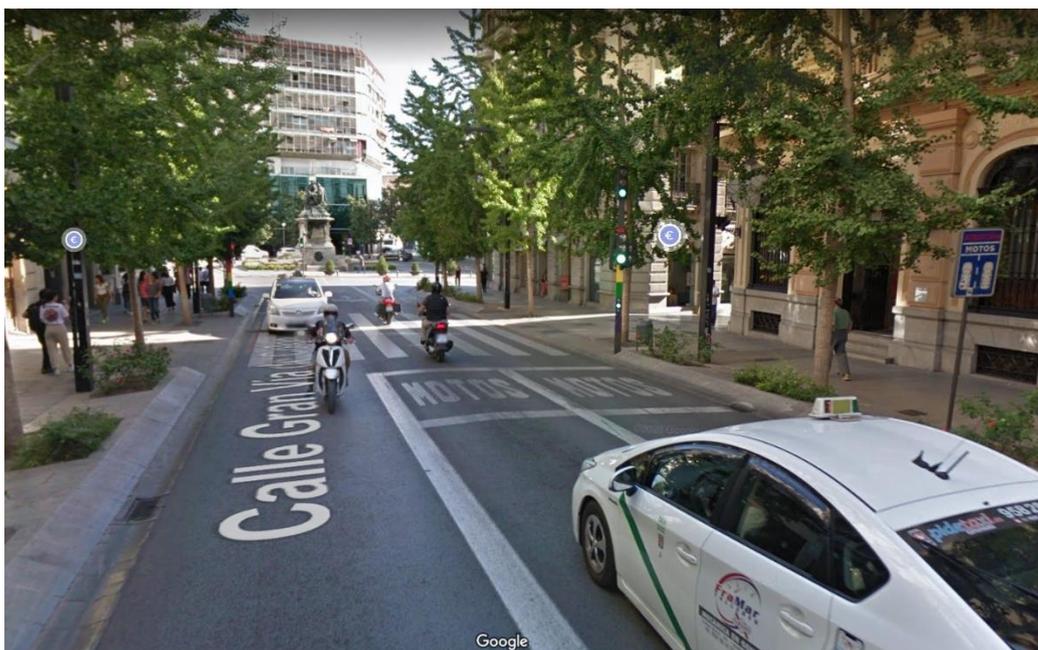
### Barcelona (Zona Adelantada para motos)

En Barcelona, desde el año 2010, el Ayuntamiento, implantó varias ZAM en algunas intersecciones semaforizadas de la ciudad, todas ellas sin adaptar un carril exclusivo para motocicletas, por lo que dificulta el acceso de las motos a ésta, poniendo en duda su eficacia. En los siguientes años plantearon implantar 60 nuevas ZAM pero a fecha de 2021 todavía no se han ejecutado. A continuación se ve un ejemplo.



*Ilustración 14. ZAM en intersección semaforizada. Barcelona*

### Granada (Zona Adelantada para motos)



*Ilustración 15. ZAM sin carril exclusivo para moto y sin espacios de acceso. Granada*

### Madrid (Zona Adelantada para motos)

En Madrid se encuentran en varias intersecciones las denominadas Zonas Adelantadas para Motos (ZAM). El problema detectado en Madrid es que se implantó en 2014-2016 la mayoría y las marcas viales están borradas. Otro problema que se observa como en la mayoría de las ciudades que tienen algo similar es que no tienen ningún acceso para que las motos se coloquen en la zona de espera. El Ayuntamiento de Madrid está realizando diversos estudios para comprobar su eficacia y de resultar efectivo y seguro, implantarán más zonas en la ciudad. Por eso en el presente proyecto se quiere implantar las zonas ZAM pero con un carril exclusivo para motos que den acceso a dicha zona. De forma que podrán acceder siempre sin poner en peligro la seguridad de los conductores y de esa forma se va a conseguir el objetivo principal de la implantación de estas zonas: agilizar el tráfico incentivando a los vehículos de dos ruedas.



*Ilustración 16. ZAM sin carril exclusivo para moto y sin espacios de acceso. Madrid*



*Ilustración 17. ZAM sin carril exclusivo para moto y sin espacios de acceso. Madrid*

## 7.2.- CONCEPTO EMPLEADO EN VALENCIA

Como se ha observado, para las zonas ZAM no hay una normativa concreta, por lo que cada gobierno implanta su propia sus propias medidas y su características. Algo que tiene en común todos los ejemplos visto es en la intención de mejorar la fluidez del tráfico incentivando el uso de vehículos sostenibles haciendo así una ciudad más limpia. Pero no todas las ciudades lo consiguen de la misma forma.

En el caso que se presenta, en la ciudad de Valencia, se recogen las ideas de distintas ciudades y se pretende establecer un concepto diferente. Además de mejorar el tráfico, reducir los tiempos de demora, incentivar el uso de vehículos de dos ruedas y hacer una ciudad más limpia también se pretende mejorar la seguridad de las motos.

Las características principales deseadas son:

### Dimensiones:

- Zona ZAM
  - Anchura = ancho de los carriles para vehículos privados (Si hay carril bus, la zona de parada no lo ocupa).
  - Longitud mínima = Longitud máxima motocicleta. Aprox. 2,6 m. (Se toma como referencia una moto Trail) + zona de maniobrabilidad de 1,5m para situarse en posición de salida en condiciones de seguridad. Total 4.3m
- CARRIL DE SEGURIDAD
  - Anchura 1,5m.
  - Longitud mínima 50 m.

Estas dimensiones pueden variar en función de las características de la vía.

- Para intersecciones semaforizadas con 1 o 2 carriles implantaremos 1 carril de seguridad.
- Para intersecciones semaforizadas con 3 o más carriles implantaremos siempre que sea posible 2 carriles de seguridad para garantizar a las motos que una vez llegan a la zona de parada van a poder posicionarse correctamente para la salida y no de esa forma no interfieren a los coches en el momento del inicio de la fase verde. Si las condiciones geométricas de las vía no permite implantar 2 carriles, se implantará 1, pudiendo acortar la zona ZAM de ancho.

### Señalización

Tanto la señalización vertical como las marcas viales que se emplearán para efectuar el plan de las ZAM irán marcadas por la Norma 8.1-IC "Señalización vertical" y Norma 8.2-IC "Marcas viales", respectivamente. Se señalizará verticalmente con una señal que indique el aviso de un carril para motos y de la ZAM, como en el siguiente ejemplo.



*Ilustración 18. Ejemplo Señalización Vertical. Granada*

En el suelo se señalará con elementos altamente visibles, tanto las marcas longitudinales, transversales, las flechas, como las inscripciones.

La pintura empleada será en todos los casos pintura antideslizante para garantizar la seguridad de los motoristas de que ante cualquier maniobra no van a deslizar.

El color que se empleará será de color Amarillo para identificar el carril de seguridad exclusivo para motos y la zona de maniobras. En blanco el resto.

Una alternativa al color amarillo, sería el color verde, con gran visibilidad también, “mimetizando” zonas verdes en el centro de la ciudad.

A continuación se expone un ejemplo del concepto que se quiere implantar en Valencia.

### 7.2.1.- CONCEPTO ZAM

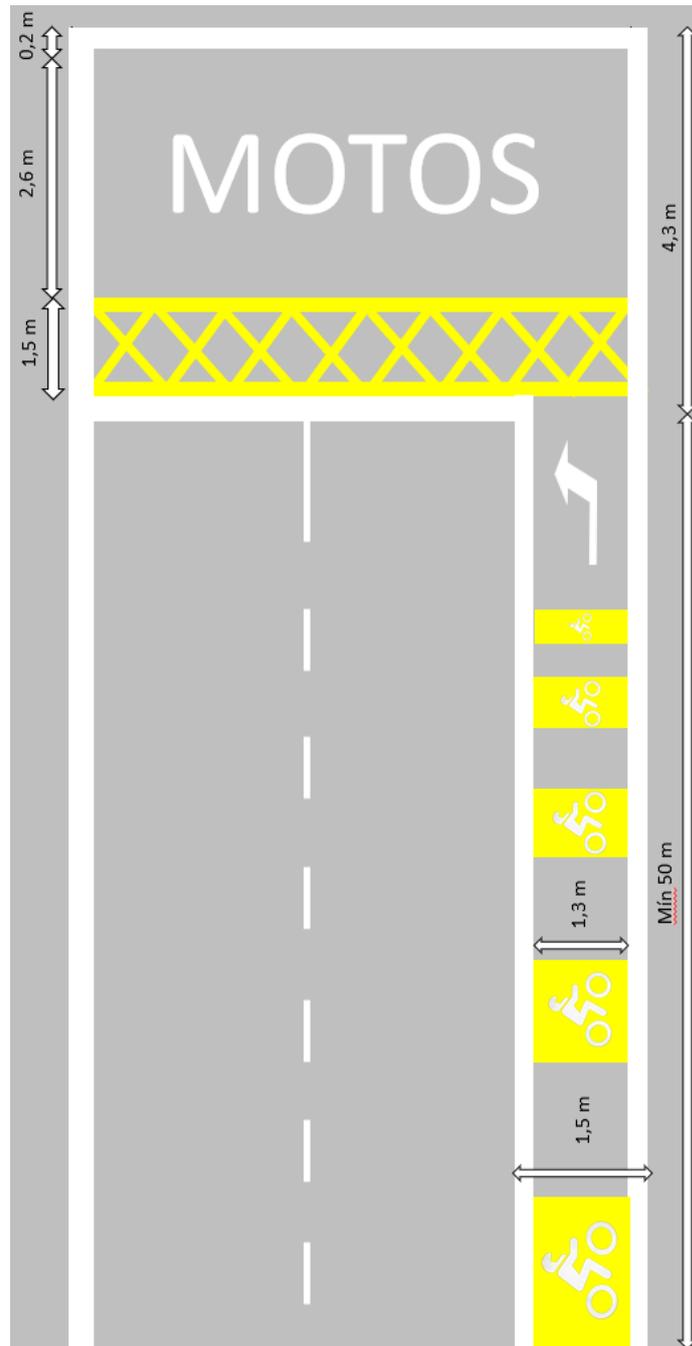


Ilustración 19. Concepto ZAM y carril de acceso a aplicar en Valencia. Elaboración propia.

## 8.- ESTADO DEL ARTE

Las intersecciones semaforizadas, son aquellas intersecciones que están reguladas permanente o mayoritariamente mediante sistemas semaforizados que establecen las prioridades de paso por la intersección.

Estas intersecciones, están establecidas determinadas condiciones que afectan la circulación del tráfico.

Están creadas de acuerdo a las circunstancias del tráfico, es decir, de acuerdo a unos tiempos específicos que son dados para mantener un nivel de servicio óptimo y evitar posibles congestiones.

Las intersecciones semaforizadas, como en nuestro caso, permiten varios movimientos en diferentes sentidos dentro de la intersección, que a su vez se establecen por una variedad de condiciones que afectan la circulación del tráfico, como son: la cantidad y distribución del tráfico, composición del mismo, diseños geométricos, manejo de la semaforización y señalización.

### 8.1.- SEMAFORIZACIÓN

En toda intersección semaforizada, los semáforos son los elementos más importantes para la regulación del tráfico.

El semáforo es la variable directa de las intersecciones semaforizadas, el cual distribuye el tiempo entre los movimientos conflictivos que se dan, para poder dar un correcto funcionamiento a la intersección, así como no saturar sus accesos.

Los semáforos tienen operaciones que afectan directamente a la circulación, tales como: el plan de fases, la asignación de tiempos en verde, la duración del ciclo, los distintos tipos de giros protegidos, permitidos o sin oposición, entre otros. A continuación, se definirán algunos de estos conceptos: Ciclo: es la secuencia completa de indicaciones de un semáforo, es decir el tiempo total que se suma de “verde”, “ámbar” y “rojo”.

- Duración de ciclo: es el tiempo total que necesita el semáforo para completar un ciclo, expresado en segundos.
- Intervalo: es el período de tiempo en el que todas las indicaciones semaforicas permanecen constantes.
- Fase: es el tiempo durante el cual no se produce ningún cambio de color en los semáforos.
- Tiempo de “ámbar”: es el tiempo que transcurre entre el cambio de verde a rojo, actualmente fijo con una duración de 3 a 4 segundos.
- Tiempo de cambio: intervalos de “ámbar” más el “todo rojo” con el fin de que la intersección quede totalmente despejada, para que se puedan poner en funcionamiento el tiempo de “verde”, el tiempo de “verde” efectivo, y el tiempo de “rojo” efectivo.

- Tiempo de “verde”: es el tiempo durante el cual la intersección no está utilizada por ningún movimiento. Estos tiempos ocurren durante el intervalo de cambio y al principio de cada fase cuando los primeros vehículos sufren retrasos en el arranque.
- Tiempo de “verde” efectivo: es el tiempo de verde más el intervalo de cambio menos el tiempo perdido de fase, expresado en segundos.
- Tiempo de rojo “efectivo”: es el tiempo durante el cual no se permite la circulación, algún movimiento específico o un conjunto de movimientos. Es la duración del ciclo menos el tiempo de verde efectivo para una fase específica, expresado en segundos.

Dentro de las señales de tráfico del manual de capacidad de carreteras, como se denomina en inglés Highway Capacity Manual (HCM), se contempla dos tipos de operaciones para la señalización semaforizada: la operación prefijada y la operación accionada.

- La operación prefijada es una acción que consiste en una secuencia de fases fijas, que están en un orden repetitivo, la duración de cada fase es precisa siempre con los mismos tiempos, es decir, todos los intervalos de cambio están prefijados, pero el intervalo de verde puede cambiar ya sea por el día de la semana o se acomoda a unas horas determinadas.
- La operación accionada se define como la fase de la secuencia en que la presentación de cada fase depende o está asociada a los movimientos del tráfico. Este tipo de operación se puede describir como: actuado, semi actuado y coordinado-actuado.

Semáforos actuados: se da cuando las fases están actuadas y todos los movimientos de tráfico de la intersección están controladas por detectores. Este tipo de control no está asociado con un ciclo constante y así las duraciones del ciclo y los tiempos de verde pueden variar según la demanda que se tenga.

Semáforos semi-actuados: se trata de un tipo de control que utiliza las fases actuadas para servir los menores movimientos (calles secundarias) de una intersección mientras que los mayores movimientos que se producen en la intersección están operados con fases no actuadas, tratando de estar siempre en fase verde, así cuando las calles secundarias detecten un flujo vehicular, se les dará paso con un intervalo determinado. La secuencia y duración de cada fase actuada está determinada por la demanda de tráfico. Este tipo de control no está asociado a un ciclo constante.

Semáforos coordinados-actuados: este tipo de control es similar al anterior y asocia la fase coordinada aquellos movimientos menores en la intersección.

## 8.2.- TIPOS DE MOVIMIENTO

En una intersección regulada por semáforos, dentro de las características significativas que influyen en su capacidad, además de la asignación del tiempo de verde, debe tenerse también en cuenta la disposición de los movimientos de giro dentro de la secuencia de fases.

Se pueden diferenciar cuatro tipos de movimientos:

- **Giro de paso:** es el giro en el que el vehículo continúa en la dirección que llevaba antes de atravesar la intersección. De todos los movimientos, es el menos demandado por el sistema.
- **Giro permitido:** es el giro en el que el vehículo que lo efectúa debe atravesar bien una corriente peatonal, bien un flujo vehicular en sentido opuesto. Por ejemplo, un movimiento de giro a la izquierda que se realice al mismo tiempo que el movimiento de tráfico en sentido opuesto se considera permitido. Asimismo, un movimiento de giro a la derecha simultáneo con un cruce de peatones también lo será. Este tipo de movimientos exigen un mayor consumo del tiempo en verde.
- **Giro protegido:** en este tipo de movimientos, el vehículo no presenta oposición vehicular o peatonal a la hora de realizar la maniobra. Se trataría del caso de giros a la izquierda realizados en una fase exclusiva para ellos, una flecha verde adicional en el semáforo, o de giros a la derecha con prohibición de cruce para los peatones durante esa fase.
- **Giro sin oposición:** a diferencia del caso anterior, esta clase de movimientos no necesita una regulación de fase exclusiva, ya que la configuración de la intersección hace imposible que se den conflictos o interferencias con el tráfico de paso. Se dan sobre todo en calles de sentido único o en intersecciones en T que operan con dos fases separadas para cada dirección.

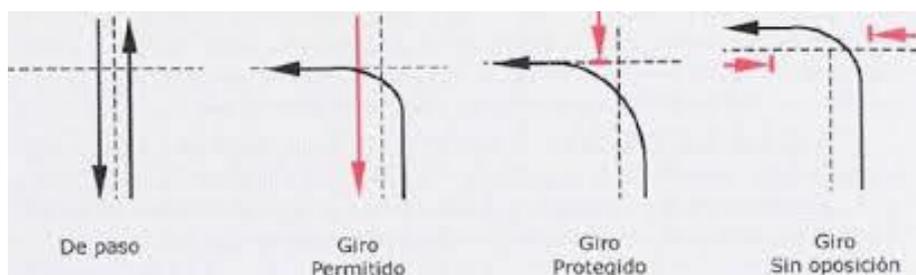


Ilustración 20. Tipos de movimiento en una intersección

### 8.3.- CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Un estudio de la capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema a los usuarios.

Según el Highway Capacity Manual la definición de la capacidad sería la siguiente: la capacidad de una infraestructura vial es el máximo número de vehículos que razonablemente pueden pasar por una intersección durante un intervalo de tiempo dado, normalmente una hora, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control.

Para determinar la capacidad de un sistema vial, rural o urbano, no sólo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones de operación sujetas a los dispositivos de control y al medio ambiente.

#### 8.3.2.- FACTORES

Entre los factores que determinan la capacidad de una intersección se encuentran los siguientes: la geometría de la intersección (la anchura, la inclinación de la rasante, etc.) el tráfico presente, el estacionamiento, las maniobras de giro, el factor de hora punto, etc.

##### Condiciones de la vía:

Las condiciones que afectan a la vía comprenden las condiciones geométricas y los elementos del proyecto. Entre los factores más relevantes se encuentran: el tipo de vía y el medio urbanístico en que está inmersa, la anchura del carril, el ancho de las bermas y los despejes laterales, la velocidad de proyecto, el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical, y la disponibilidad de espacio para esperar en cola en las intersecciones.

La anchura de la calle es el factor más significativo de cara a evaluar la capacidad de una intersección. La anchura del acceso no varía únicamente con la de la calle, sino que depende de otros factores como la disposición de las marcas viales o la presencia de isleta u otros obstáculos.

El número de filas en que se dispone el tráfico, además de ser las delineadas por la señalización, varían en función de las horas punta, ya que los vehículos se sitúan formando más filas que las definidas por las marcas viales. Sin embargo, una buena demarcación de los carriles contribuye normalmente a aumentar la capacidad de la intersección.

##### Condiciones del tráfico:

La capacidad individual de cada acceso y la intersección en su total, se ve afectada por la proporción de vehículos pesados existentes en la corriente de tráfico. Esto se debe a que, como ya sabemos el vehículo pesado es más lento y voluminoso, haciendo que sus maniobras en el ámbito urbano estén más restringidas.

Además de la composición vehicular, se tiene en cuenta el reparto por sentidos de circulación, el cual es especialmente crucial en vías de dos carriles, donde las condiciones ideales se producen cuando la distribución es del 50% en cada sentido de la circulación.

Por otro lado, el transporte público influye notablemente, ya que, además de poderse considerar como vehículos pesados, su frecuencia de parada en los puntos destinados a la subida y bajada de pasajeros modifica la capacidad del acceso donde existan este tipo de zonas.

#### **Estacionamiento:**

La existencia de vehículos parados, detenidos o estacionados en las proximidades de la intersección es un factor que afecta doblemente a la capacidad de la intersección, esto se debe a que disminuye la anchura eficaz del acceso y retarda la circulación de vehículos, en el caso de existir vehículos realizando maniobras de estacionamiento.

Así pues, la existencia de vehículos estacionados en las inmediaciones de la intersección reducirá en gran medida la capacidad de la misma. Por otro lado, si se destina una zona de la vía a este fin, pueden obtenerse mejoras notorias de la capacidad.

#### **Maniobras de giro:**

Al tratarse de una intersección semaforizada, en este caso con el cruce de dos grandes avenidas y dos calles, el conductor del vehículo tiene una serie de posibles trayectorias a elegir. El conductor podrá acceder a cualquier dirección de la intersección, es decir, continuar en la dirección que lleva, girar inmediatamente a su derecha, girar la segunda a la derecha, seguir su trayectoria, o bien, lo mismo, pero con giros a izquierda.

#### **Factor de hora punta:**

Sin duda, el momento más crítico para la intersección, en lo que a capacidad se refiere, se produce durante la hora punta, por lo que será necesario tener en cuenta el factor de hora punta, denominado con las siglas FHP, definido por el Highway Capacity Manual 2016 como “el cociente entre la intensidad de la hora punta y cuatro veces la intensidad de los quince minutos más cargados”.

$$FHP = \frac{I_{60}}{4 \cdot I_{15}}$$

El factor de hora punta, FHP, será de aplicación en intersecciones donde se afore la intensidad de la hora punta, IHP, y no la máxima de los quince minutos ( $I_{15}$ ), ya que los criterios de nivel de servicio que adopta el Highway Capacity Manual 2016 se refieren a ésta. En las zonas urbanas dicho factor se halla comprendido normalmente entre los valores de 0,75 y 0,90, utilizando como valor medio 0,85.

#### **Situación de la intersección:**

Análogamente a la influencia del tamaño de la ciudad en la fluidez del tráfico, también ejerce cierta influencia la localización de la intersección dentro de dicha ciudad. A efectos de cálculo se diferencian cuatro zonas:

- **Zona centro:** es la zona en la que el uso predominante del suelo es la actividad mercantil y de negocios. Se caracteriza por el gran número de peatones, por la frecuencia de vehículos que cargan y descargan mercancías, por la alta demanda de estacionamiento y por la alta rotación del mismo.

- Zona intermedia: es la zona contigua al centro, donde se mezcla la actividad mercantil con suelo residencial de alta densidad. La mayor parte del tráfico no tiene su origen ni su destino dentro de la zona, caracterizada por la presencia de un número moderado de peatones.
- Zona del centro periférico: es una zona con menor trascendencia que el centro, aunque con unas características similares, con la diferencia de que se observa una mezcla de tráfico de paso con el existente dentro de la propia zona.
- Zona residencial: es la zona en la que predomina el uso residencial, y se caracteriza por tener una baja densidad peatonal y una renovación de estacionamiento muy baja.

#### 8.4.- NIVEL DE SERVICIO

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo recorrido, la libertad de realizar maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos:

- Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento o direccionales, etc.
- Los externos se encuentran las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de las banquetas, las pendientes, etc.

Analizar los volúmenes de tráfico es útil para entender la naturaleza general del tráfico en un área, pero no nos indica la capacidad de la vía para absorber un flujo adicional, ni nos describe el funcionamiento de la vía o intersección. Para esto se ha desarrollado este concepto de nivel de servicio.

En el manual se han establecido seis niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según que las condiciones de operación sean de circulación continua o discontinua.

Los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas se obtienen a partir de la demora media obtenida, concepto que se atribuye a molestias, retrasos o tiempo de viaje perdido por el conductor. Los niveles de servicio A, B y C indican unas condiciones de tráfico en la que los vehículos no tienen demoras significativas en los periodos punta de demanda. Los niveles de servicio D y E indican un empeoramiento progresivo de las condiciones operacionales en los periodos punta mientras que el nivel de servicio F indica que la demanda excede la capacidad de la intersección.

Nivel de Servicio	Demora Media (s/vh)
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

Tabla 1: Demora de tráfico según el nivel de servicio

## 8.5. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN UNA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

### 8.5.1 INTRODUCCIÓN

Para determinar el nivel óptimo del flujo de vehículos en una intersección, se hará uso del Highway Capacity Manual 2016. Para ello se utiliza como base, la metodología definida en el capítulo 18 “Intersecciones señalizadas” del Volumen 3 del HCM, en donde se evalúa la capacidad y el nivel del servicio proporcionado a los usuarios a través de la intersección semaforizada.

Tanto la capacidad como el nivel de servicio son análisis que se realizan por separado, a partir de un proceso que se inicia con la recaudación de la información (aforos), a partir de los cuales se realiza un análisis para obtener la capacidad y por consiguiente, el nivel de servicio en el que se encuentra.

Para hallar la capacidad o el nivel de servicio, es imprescindible entender en primer lugar la forma en que se agrupan los carriles, identificado como: movimientos por carriles o movimientos por grupos de carril (GC), definiendo el “GC” como el mismo movimiento que se lleva a cabo en uno o más carriles. En segunda medida para hallar la capacidad y el NS, se debe analizar por grupos de carriles los cuales acceden a una intersección, e identificar la demora media en parada por GC de la intersección, para este factor se encuentra que es alterado por la calidad de progresión, de duración de la fase verde, del ciclo y de la capacidad.

### 8.5.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD Y EL NIVEL DE SERVICIO

Como se ha comentado anteriormente, para la determinación de la capacidad en una intersección semaforizada, el Highway Capacity Manual 2016, en su capítulo de intersecciones semaforizadas, describe una metodología para la evaluación de la capacidad y nivel de servicio. Además, incluye una serie de medidas de actuación que describen el funcionamiento de la intersección para modos de viajes múltiples. Estas medidas sirven como clave para identificar el origen de los problemas y proporcionar información sobre el desarrollo de estrategias de mejora.

## NIVEL DE ANÁLISIS

Cuando se aplica esta metodología, el nivel de análisis puede describirse en tres niveles:

- Nivel operacional; es la aplicación más detallada y requiere información sobre el tráfico, tanto condiciones geométricas como de señalización.
- Nivel en base al diseño; también requiere información detallada sobre las condiciones de tráfico y niveles de servicio, así como sobre las condiciones geométricas y de señalización. Este análisis busca determinar unos valores razonables para las condiciones no previstas.
- Nivel analítico en base a la planificación e ingeniería preliminar; requiere solamente de información proporcionada por el analista. Para los otros datos de entrada se toman unos valores por defecto.

## PERIODO DE ESTUDIO

El período de estudio es el intervalo de tiempo representado por la evaluación de actuación. Se compone de uno o más períodos de análisis consecutivos. Un periodo de análisis es el intervalo de tiempo evaluado por una sola aplicación de la metodología.

La metodología se basa en la suposición de que las condiciones de tráfico son constantes durante el período de análisis, es decir, el cambio sistemático en el tiempo es despreciable. Por esta razón, el período de análisis varía desde 0,25 hasta 1 hora. Hay que tener especial precaución con los períodos de análisis que exceden de 1 h, ya que las condiciones de circulación generalmente no son estables durante largos períodos de tiempo.

Uno de los enfoques que más se utilizan se basa en la evaluación del número de vehículos en los 15 minutos más cargados del período de estudio. El período de análisis es de 0,25 h. Por tanto, describiremos como el factor de hora punta a la relación entre la intensidad horaria de la hora punta y cuatro veces la intensidad del cuarto de hora más cargado de esa hora punta.

La estructura de la metodología para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio en intersecciones semaforizadas presenta una secuencia de cálculos necesarios para estimar las medidas de actuación. Estos cálculos se describen a continuación.

### 1. Determinación grupos de movimientos y grupos de carriles

La designación de un grupo de movimiento, es útil para especificar los datos de entrada mientras que el grupo de carril, es útil para la descripción de los cálculos asociados con la metodología.

Las siguientes reglas son utilizadas para determinar grupos de movimientos en una intersección:

- Se designa como grupo de maniobras de giro, al conjunto de movimientos realizado desde uno o más carriles exclusivos y carriles no compartidos.
- Otro grupo de maniobras formaría parte del conjunto de carriles no asignado en el grupo anterior.

El concepto de grupo de carriles es útil cuando un carril compartido está presente en un enfoque que tiene dos o más carriles.

Las siguientes reglas son utilizadas para determinar los grupos de carriles en una intersección:

- Uno o más carriles exclusivos de giro a la izquierda deben ser asignados como un grupo de carriles separado. Del mismo modo ocurre en carriles exclusivos de giro a derechas.
- Cualquier carril compartido debe ser designado como un grupo de carriles separado.
- Aquellos carriles que no sean carriles de giro exclusivos o carriles compartidos debe combinarse en un grupo de carriles.

Estas reglas son el resultado de la asignación de una o más de las siguientes posibilidades de grupos de carriles en una intersección:

- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la izquierda.
- Carril (o carriles) exclusivo de movimiento de frente.
- Carril (o carriles) exclusivo de giro a la derecha.
- Carril compartido directo y giro a la izquierda.
- Carril compartido giro a la derecha y giro a la izquierda.
- Carril compartido de movimiento de frente y giro a la derecha.
- Carril compartido giro a la derecha, movimiento de frente y giro a la izquierda

Es por ello que la metodología que se describe en el HCM puede aplicarse a cualquier posible combinación lógica de los grupos de carriles que se han mencionado con anterioridad. Los posibles grupos de movimiento y de carriles más habituales que se usan en el análisis se muestran a continuación:

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, thru., & right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left & thru.: Thru. & right:	MG 1:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Thru. & right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Ilustración 21: Grupo de carriles para el análisis. (Fuente: HCM 2016).

## 2. Determinación de la intensidad por grupo de movimientos

En este paso se determina la intensidad para cada grupo de movimientos. Si el movimiento de giro es atendido por uno o más carriles exclusivos o no compartidos, entonces la intensidad de los movimientos es asignada a un grupo de movimientos.

La intensidad de giros a la derecha en rojo es sustraída de la intensidad de giros a la derecha, independientemente si el giro a la derecha ocurre de un carril compartido o exclusivo.

En una intersección existente, el número de giros a la derecha en rojo debe ser determinado mediante observación en campo.

### 3. Determinación de la intensidad por grupo de carriles

En este paso se determina la intensidad por grupo de carriles.

Si no hay carriles compartidos en la intersección o sólo tiene un carril, hay una correspondencia exacta entre grupo de carriles y grupo de movimiento, por lo que la intensidad de los grupos de carriles será igual que la intensidad de los grupos de movimientos.

Si hay uno o más carriles compartidos en la actuación y dos o más carriles, entonces la intensidad por grupo de carriles se basa en el deseo que asumen los conductores al elegir el carril que minimice su tiempo de servicio en la intersección, donde la intensidad de saturación es utilizada para estimar las diferencias relativas en ese momento entre los diferentes carriles.

### 4. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación

El ajuste de la intensidad de saturación para cada carril de cada grupo de carril se calcula en base a la siguiente ecuación. Esta intensidad se ve afectada por varios factores que se ajustan a la intensidad de saturación base ( $s_0$ ) con unas condiciones específicas que se presentan en la intersección. La siguiente ecuación se utiliza para carriles exclusivos con modo protegido sin interacción de peatones ni ciclistas.

$$s = s_0 \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_g \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb}$$

Donde,

$s_0$  = intensidad de saturación base (1900 veh/h/carril).

$f_w$  = factor de ajuste por ancho de carril.

$f_{HV}$  = factor de ajuste por vehículos pesados en el flujo vehicular.

$f_g$  = factor de ajuste por inclinación del acceso.

$f_p$  = factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento.

$f_{bb}$  = factor de ajuste por efecto de los autobuses locales que paran dentro de la zona.

$f_a$  = factor de ajuste por tipo de área.

$f_{LU}$  = factor de ajuste por utilización de carril.

$f_{LT}$  = factor de ajuste por giros a la izquierda en un grupo de carriles.

$f_{RT}$  = factor de ajuste por giros a la derecha en un grupo de carriles.

$f_{Lpb}$  = factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones y ciclistas.

$f_{Rpb}$  = factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas

### Intensidad de saturación base ( $s_0$ )

Con este término se representa el valor promedio de intensidad para un tráfico que tenga unas condiciones evaluadas de 1 para cada valor de ajuste. Dicho valor es de 1900 vehículos/carril/hora según determina el HCM de 2016.

### Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )

El factor de ajuste por ancho de carril tiene en cuenta el impacto que pueden ejercer los carriles estrechos en la intensidad de saturación, así como el incremento de intensidad producidos por carriles anchos. El ancho estándar es de 3,65 metros. En el caso de que el carril fuese superior a los 4,8 metros de ancho, debería analizarse considerándose dos carriles estrechos. El uso de dos carriles siempre conllevará una mayor intensidad de saturación que con un único carril, pero en ningún caso se ha de calcular este factor para anchuras inferiores a los 2,4 metros. A continuación, se muestra la tabla con los valores de estos factores.

$f_w$	Ancho de carril (m)
0,96	$\leq 3$
1	3-3,9
1,04	$\geq 3,9$

Tabla 2: Valores factor de ajuste por ancho de carril. (Fuente: HCM 2016)

### Factor por vehículos pesados ( $f_{HV}$ )

Este factor tiene en cuenta el espacio adicional que ocupan los vehículos pesados y sus diferentes paradas en relación con los vehículos ligeros.

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} \cdot (E_t - 1)}$$

Donde,

$P_{HV}$  = Porcentaje de vehículos pesados correspondiente a los grupos de movimientos.

$E_t$  = Equivalente en vehículos ligeros por cada vehículo pesados (igual a 2).

### Factor de ajuste por inclinación del acceso ( $f_g$ )

El pertinente factor tiene en cuenta el efecto de la inclinación en cualquier operación de todos los vehículos.

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$$

Donde,

$P_g$  = efecto de la inclinación para un grupo de movimiento correspondiente (%).

Tiene un rango de -0.6% y +10.0%.

### Factor de ajuste por maniobras de estacionamiento ( $f_p$ )

El factor de ajuste de estacionamiento tiene en cuenta el efecto de fricción que el carril de estacionamiento ejerce sobre el grupo de carriles en conjunto, así como el bloqueo ocasional de estos carriles por los vehículos que entran y salen de los aparcamientos. Si no presenta aparcamiento, este factor será equivalente a 1, pero si presenta, se debe tener en cuenta que las maniobras duran un promedio de 18 segundos, y debe ser evaluado con la siguiente ecuación:

$$f_p = \frac{N - 0,1 - (18 \cdot \frac{N_m}{3600})}{N} \geq 0,050$$

Donde,

$N$  = es el número de carriles en el grupo de carriles

$N_m$  = es el número de maniobras por hora en 75 metros aguas arriba, y con límite de 180.

$f_p = 1$  (Si no hay aparcamiento).

$f_p \geq 0,05$  (Se entiende que cada maniobra estorba 18 segundos).

### Factor de ajuste por bloqueo de autobuses locales en la zona de estudio ( $f_{bb}$ )

Este factor tiene en cuenta el impacto de los autobuses de circulación local al recoger o descargar pasajeros en la zona anterior o posterior de la intersección, en una distancia comprometida entre 75 metros y la línea de parada. Para hallar el valor de este factor, se utiliza la siguiente ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 \cdot N_b}{3600}}{N} \geq 0,050$$

Donde,

$N$  = es el número de carriles en el grupo de carriles

$N_b$  = Es el número de buses parando en 75 metros aguas arriba o aguas abajo y con un límite de 250.

$f_{bb} \geq 0,05$

Si se presentan más de 250 autobuses a la hora, debe ajustarse este número como límite práctico. El factor que se utiliza asume un tiempo medio de bloqueo de 14,4 segundos durante la fase verde.

### Factor de ajuste por tipo de área ( $f_a$ )

Este factor tiene en cuenta la ineficiencia relativa de las intersecciones en las zonas comerciales en comparación con aquellas zonas situadas en otros lugares, y se debe fundamentalmente a la

complejidad y congestión general en el entorno de las zonas comerciales. Cuando ocurre esta situación este factor adopta el valor de 0,90.

#### Factor de ajuste por utilización de carril ( $fLU$ )

Este factor se utiliza para estimar la intensidad de saturación para un grupo de carriles con más de un carril exclusivo. Si el grupo de carriles tiene un carril compartido o un carril exclusivo, entonces este factor es 1,0.

#### Factor de ajuste por giros a la izquierda en un grupo de carriles ( $fLT$ )

Este factor de ajuste intenta reflejar el efecto de la geometría. Para calcular su valor se utiliza la expresión que se muestra a continuación:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$$

Donde,

$E_L$  = equivalente de vehículos que giran a la izquierda en modo protegido. Será igual a 1,05. Para carril compartido o único equivale a 0,85 y para doble carril su valor será de 0,75.

#### Factor de ajuste por giros a la derecha en un grupo de carriles ( $fRT$ )

Este factor intenta reflejar el efecto de la geometría. Para calcularlo se utiliza la siguiente ecuación:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R}$$

Donde,

$E_R$  = equivalente de vehículos que giran a la derecha en modo protegido. Será igual a 1,18. Sin embargo, para carril compartido o único equivale a 0,95 y, para doble carril su valor será de 0,92. Para una calle en intersección en T se usa 0,85 para un carril y 0,75 para dos carriles.

#### Factor de ajuste en los giros por cruce de peatones y ciclistas ( $fLpb$ , $fRpb$ )

Para determinar estos factores se determinará el promedio de ocupación por los peatones y por los ciclistas, la ocupación de la zona relevante en conflicto (tanto para peatones como para ciclistas) y, por último, proceder a calcular el factor de ajuste.

- Promedio de ocupación de los peatones

Para determinar el flujo de peatones durante un tiempo de servicio de los mismos ( $V_{pedg}$ ) se utilizará la siguiente ecuación:

$$V_{pedg} = V_{ped} \cdot \left(\frac{c}{g_p}\right) \leq 5.000$$

Donde,

$V_{pedg}$  = flujo de peatones durante el tiempo de servicio (p/h)

$V_{ped}$  = flujo de peatones en el cruce (en ambas direcciones) (p/h)

$c$  = ciclo (s)

$g_p$  = tiempo de servicio de peatones (s)

Si el flujo de peatones durante el tiempo de servicio es menor o igual a 1000 p/h, la ocupación de peatones se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$OCC_{pedg} = \frac{V_{pedg}}{2000}$$

Sin embargo, si el flujo de peatones es superior a 1000 p/h, entonces se sigue la siguiente ecuación:

$$OCC_{pedg} = 0,4 + \frac{V_{pedg}}{2000} \leq 0,90$$

#### -Promedio de ocupación por los ciclistas

Este promedio se realiza de la misma forma que para la determinación de la ocupación promedio de peatones. A continuación se muestra la fórmula para calcular el flujo de ciclistas durante la fase verde:

$$V_{bicg} = V_{bic} \cdot \frac{c}{g} \leq 1.900$$

En donde:

$V_{bicg}$  = flujo de ciclistas durante la fase de verde (ciclistas/h)

$V_{bic}$  = flujo de ciclistas (ciclistas/h)

$c$  = Ciclo (s)

$g$  = tiempo efectivo de verde (s)

Obtenido el flujo de ciclistas/h, se calcula el promedio de ocupación de ciclistas con la siguiente ecuación:

$$OCC_{bicg} = 0,02 + \frac{V_{bicg}}{2700}$$

Donde,

$OCC_{bicg}$  = ocupación de ciclistas (ciclistas/h).

- Zonas de conflictos ocupacional relevantes.

Con las ecuaciones que se muestran a continuación (14 y 15), se determina la zona de conflicto de la zona de ocupación utilizado para los movimientos de giros a la derecha sin interferencia de ciclistas o para movimientos de giro a la izquierda para una calle de un sentido ( $OCC_r$ ).

$$OCC_r = \frac{g_{ped}}{g} \cdot OCC_{pedg}$$

Esta ecuación nos ofrece la zona de conflicto ocupacional relevante y se basa en dos factores:

- El cruce de peatones se lleva a cabo durante el período de tiempo asociado con  $g_{ped}$ .
- El no cruzar ocurre durante el período de fase en verde  $g - g_{ped}$ , cuando existe este período de tiempo.

Además, esta ecuación se utiliza para movimientos de giro a la derecha implicando el movimiento de peatones y ciclistas, con todas las variables ya definidas anteriormente.

$$OCC_r = \frac{g_{ped}}{g} \cdot OCC_{pedg} + OCC_{bicg} - \left( \frac{g_{ped}}{g} \cdot OCC_{pedg} \cdot OCC_{bicg} \right)$$

- Factor de ajuste

Por último, para determinar el factor de ajuste ( $fLpb$  y  $fRpb$ ), tanto para el movimiento de giro a la derecha como para el giro a la izquierda, se ha de determinar previamente los factores de ajuste para movimientos de giro en la fase permitida de peatones y ciclistas ( $ApbT$ ).

El número de carriles de cruce ( $N_{turn}$ ) y de carriles receptores ( $N_{rec}$ ) debe ser determinado por medio de observaciones de campo, ya que algunos vehículos pueden realizar giros ilegales desde un carril exterior o debido a que los movimientos de giro apropiados se encuentran obstaculizados por el estacionamiento de vehículos en doble fila. Por tanto, se consideran dos condiciones:

- Si el número de carriles receptores es igual al número de carriles de giro, los vehículos que giren tendrán la posibilidad de maniobrar esquivando ciclistas y peatones; el factor

de ajuste entonces es la proporción del tiempo que la zona de conflicto está desocupada. Esto se muestra en la ecuación:

$$A_{pbT} = 1 - OCC_T$$

- Si el número de carriles receptores excede del número de carriles de giro, los vehículos que giran pueden maniobrar para esquivar los peatones y ciclistas, reduciendo los efectos de la intensidad de saturación de peatones y ciclistas. Este caso se utilizar la siguiente ecuación:

$$A_{pbT} = 1 - 0,6 \cdot OCC_T$$

Una vez determinados estos factores de ajuste, los factores de ajuste de intensidad de saturación tienen en cuenta los efectos de peatones y los ciclistas en la intensidad de saturación de vehículos que giran, y dependen de la proporción de tráfico de giro que utilizan las fases protegidas. Para operaciones de giros a la derecha permitidos en un carril exclusivo, la ecuación que se muestra a continuación calcula el factor de ajuste por movimientos a la derecha de peatones y ciclistas.

$$f_{Rpb} = A_{pbT}$$

Para operaciones protegidas y permitidas en un carril exclusivo, el factor de la ecuación anterior es utilizada para calcular el ajuste de intensidad de saturación durante el período permitido. El factor tiene un valor de 1,0 cuando es utilizado para calcular el ajuste de intensidad de saturación durante el período protegido.

Y, finalmente, para operaciones de giros a la izquierda en calles de un solo carril, la ecuación siguiente, es utilizada para calcular el factor de ajuste por movimientos a la izquierda de peatones.

$$f_{Lpb} = A_{pbT}$$

## 5. Determinación de la duración de fase de semáforo

La duración de fase de semáforo depende del tipo de control utilizado en la intersección. Si la intersección tiene un control prefijado entonces la duración de fase es una entrada y este paso se omite.

## 6. Determinación de la capacidad y la proporción volumen-capacidad.

La capacidad de las intersecciones está basada en el concepto de intensidad de saturación, proporción de verde efectivo del grupo de carriles y número de carriles. La capacidad está dada

para los grupos de carriles de un movimiento de tráfico y está definida por la ecuación que se muestra a continuación:

$$c = N \cdot s \cdot \frac{g}{C}$$

Donde,

C = capacidad de grupo de carriles (veh/h)

N = número de carriles

s = intensidad de saturación (veh/h)

$g/C$  = proporción de verde efectivo del grupo de carriles

Por otro lado, la proporción volumen-capacidad ( $v/c$ ) para un grupo de carriles está definida como la proporción del volumen del grupo de carriles y su capacidad. Con ello, se tiene:

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde,

X = proporción volumen-capacidad

V = flujo de demanda (veh/h)

c = capacidad (veh/h)

## 7. Determinación de la demora

La demora es una medida compleja y depende de una serie de valores que incluyen la calidad de la progresión, la duración del ciclo, la relación de verde y la relación intensidad-capacidad para el grupo de carriles en cuestión.

La demora calculada en este apartado representa la demora media experimentada por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. La demora de control para un grupo de carril dado se calcula con la siguiente expresión:

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

En donde:

d = demora de control (s/veh)

$d_1$ = demora uniforme (s/veh)

PF= Factor de ajuste de progresión que considera los efectos de la progresión de la señal sobre la demora.

$d_2$ = demora incremental (s/veh)

$d_3$ = demora por cola inicial (s/veh)

La demora uniforme ( $d_1$ ) se calcula asumiendo llegadas uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo del ciclo. Si la intersección se encuentra en capacidad, la demora media será igual a la mitad del tiempo de rojo.

Si las llegadas se dieran solamente en el tiempo de verde, la demora sería nula. Este es el efecto que pretende tomar el factor de progresión, cuya influencia resulta superior al de todos los otros juntos para el término de demora uniforme.

Si la progresión es buena, una gran cantidad de los vehículos llega a la intersección en verde y la demora uniforme tendrá poca incidencia en la demora total, mientras que una mala progresión hace que una gran proporción de vehículos lleguen en rojo y, por lo tanto, la demora uniforme es importante.

El factor de ajuste de progresión PF se obtiene a partir de la siguiente tabla:

Tipo de Llegada	Factor de ajuste de progresión PF como una función de la proporción de verde					
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
No coordinado	1	1	1	1	1	1
Coordinado *	0,92	0,86	0,78	0,67	0,5	0,22
*PF=(1-[1,33·g/C])/(1g/C)						

Tabla 3. Valores para el factor de ajuste de progresión

Los valores por defecto sugeridos por el HCM 2016 para identificar el tipo de llegada, para luego calcular el factor de progresión, están basados en el espaciamiento entre semáforos y en consideraciones generales que pueden no ser correctamente interpretadas para determinados casos particulares.

Retomando el concepto de la demora uniforme, se hallará utilizando la siguiente ecuación:

$$d_1 = \frac{0,5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{C}\right]}$$

En donde:

$d_1$  = demora uniforme (s/veh)

$C$  = Duración del ciclo (s)

$g$  = tiempo efectivo de verde para el grupo de carriles (s)

$x$  = relación v/c del grupo de carriles

En referente a la demanda incremental ( $d_2$ ), se estima por las llegadas no uniformes y los fallos temporales de ciclo así como las causadas por períodos de sobresaturación. Esto depende de la relación v/c del grupo de carriles ( $X$ ), de la duración del período de análisis ( $T$ ) y la capacidad del grupo de vías ( $c$ ). La siguiente ecuación asume que no hay demanda sin servicio causada por filas residuales en el comienzo del período de análisis ( $T$ ).

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{4X}{c \cdot T}} \right]$$

Donde,

$d_2$  = demora incremental (s/veh)

$T$  = 0,25 (h)

$x$  = relación v/c del grupo de carriles

$c$  = capacidad (veh/h)

En último lugar, la demora por cola inicial ( $d_3$ ) representa la demora experimentada por todos los vehículos que llegan durante el período de análisis, incluyendo la demora que es experimentada en los períodos de tiempo subsecuentes. Por tanto, esta demora debe agregarse en caso de que exista cola inicial. De no ser así, la demora por cola inicial es igual a 0. La expresión que se utilizará para su cálculo es la siguiente:

$$d_3 = \frac{1.800 \cdot Q_b \cdot (1 + u) \cdot t}{c \cdot T}$$

Donde,

$d_3$  = demora por cola inicial (s/veh)

$Q_b$  = cola inicial al comienzo del período  $T$  (veh)

$c$  = capacidad del grupo de carriles ajustada (veh/h)

$T$  = duración del período de análisis (h)

$t$  = duración de la demanda insatisfecha en  $T$  (h)

$u$  = parámetro de demora

Esta demora debe agregarse en caso de existencia de cola inicial. En este caso no existe cola inicial por lo que la demora por cola inicial es igual a 0.

## 8. Determinación el nivel de servicio

Se utiliza la tabla 1, anteriormente mencionada, para determinar el nivel de servicio de cada grupo de carriles, cada planteamiento y cada intersección como un conjunto. El nivel de servicio es una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora de vehículos en la intersección. También puede indicar una operatividad inaceptable por un grupo de carriles individual.

La demora cuantifica el aumento del tiempo de viaje debido al control de las señales de tráfico, además, indirectamente sirve de medida para conocer la disconformidad del usuario y el consumo de gasolina. Por otro lado, el índice de capacidad calculado cuantifica el grado de un Grupo de Carril en cuanto a capacidad se refiere.

Nivel de Servicio A: este nivel de servicio describe operaciones en donde la demora no supera los 10 segundos por vehículo. Este nivel se asigna habitualmente cuando la relación entre la capacidad y el volumen es baja, debido a una progresión favorable, la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y cruzan la intersección sin hacer paradas. Sin demoras. Condiciones de circulación libre y fluida.

Nivel de Servicio B: describe operaciones con una demora entre 10 y 20 segundos por vehículo. Suele establecerse, al igual que en el tipo A, cuando la relación entre la capacidad y el volumen de vehículos es baja. Sin embargo, en este tipo de nivel de servicio hay más paradas que el primer tipo. Pequeñas demoras sin formarse colas. Circulación estable.

Nivel de servicio C: comprende las operaciones con una demora entre 20 y 35 segundos por vehículo y una relación entre el volumen y la capacidad no mayor que 1,0. Normalmente, este nivel se asigna cuando la progresión es favorable o la duración del ciclo es moderada. Por otro lado, el número de vehículos que se detienen es significativo, aunque muchos de ellos siguen pasando a través de la intersección sin parar. Formación de colas poco consistentes. Circulación menos estable.

Nivel de servicio D: describe las operaciones con una demora entre 35 y 55 segundos por vehículo y una relación de volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se suele asignar cuando la relación entre el volumen y la capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es larga. Muchos vehículos se detienen. Formación de cortas colas.

Nivel de servicio E: este nivel define las operaciones con una demora entre 55 y 80 segundos por vehículo y una relación entre el volumen y la capacidad no superior a 1,0. Este nivel de servicio aparece cuando la relación entre el volumen y la capacidad es alta, la progresión es desfavorable y la duración del ciclo es larga, además, los fallos en los ciclos individuales empiezan a ser frecuentes. Formación de largas colas.

Nivel de servicio F: describe operaciones con una demora superior a los 80 segundos por vehículo o un radio entre el volumen y la capacidad mayor a 1,0. En este tipo de servicio la progresión de los vehículos es muy deficiente, y la duración del ciclo es larga. Formación de largas y densas colas.

## 9.- ESTUDIO DE SOLUCIONES

### 9.1.- SELECCIÓN DE TRAMOS DE TRÁFICO IMPORTANTES

En base a los datos obtenidos a través del Plan Director de Seguridad Vial del Ayuntamiento de Valencia hemos podido localizar los tramos con mayor Intensidad Media Diaria en Valencia.

Los principales movimientos que se realizan en la ciudad de Valencia y que se realizarán en un futuro son los correspondientes a los accesos a la misma desde la A-3 (entrada y salida por Av. Del Cid), la CV-35(entrada y salida por Cortes Valencianas), la CV-21 (entrada y salida por Av. Cataluña), por la CV-36 (entrada y salida por Camino Nuevo de Picaña), por la V-31 (entrada y salida por la rotonda de los anzuelos) y por la CV-30 (entrada y salida por Av. de los Hermanos Machado). También hay que tener en cuenta la calle Nueve de Octubre con uno de los IMDs más altos de la ciudad siendo una calle y también la Av Pio XII.

Por orden de número total de vehículos que circulan por una sección de la vía durante un año (IMD) tenemos:

Acceso/Tramo	IMD
V-31	107.511
CV-30 (entrada y salida Av. de los Hermanos Machado)	101.546
Calle Nueve de Octubre	92.042
A-3	89.692
Av de los Hermanos Machado cruce con Camino Moncada	87.029
CV-35	86.072
Av Pio XII	82.568
CV-36	81.053
CV-21	77.544

Tabla 4. IMD, vías con mayor volumen de vehículos.

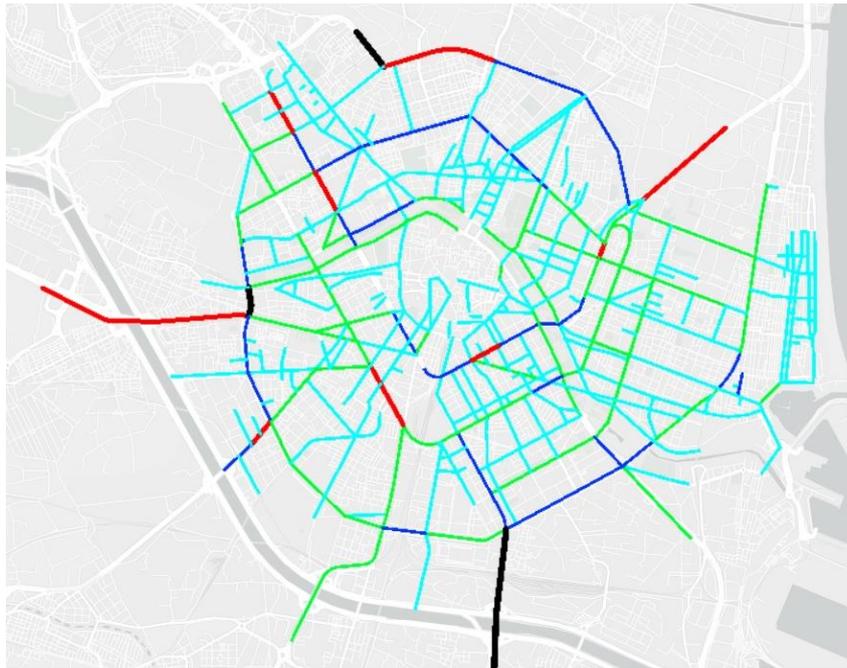


Ilustración 22. Mapa de tráfico con intensidades de vehículos.

Atendiendo a estos datos y teniendo en cuenta el tipo de vía de los principales accesos vamos a asignar los puntos donde implantaremos nuestras zonas ZAM.

Hay que considerar varios aspectos con anterioridad:

- Ancho de vía
- Nº de Carriles
- Capacidad
- Nivel de Servicio
- IMD
- Paso de ciclomotores y motocicletas.

El ancho de vía y el número de carriles no será determinante porque siempre que se cumpla la capacidad de una vía si necesitamos reducir o ampliar el ancho, incrementar o reducir el número de carriles lo haremos para poder implantar nuestra zona ZAM.

El IMD lo tendremos en cuenta porque aplicaremos las zonas ZAM en aquellas vías con mayor tráfico.

Tomaremos vías centrales de la ciudad porque consideramos que el paso de ciclomotores (49cc) y motocicletas se desplazan con mayor dificultad en el centro de la ciudad ya que es dónde más tráfico se genera. Los tramos de Av del Cid, Blasco Ibañez y Ausias March se han escogido también debido a la alta accidentabilidad en estas calles.

### 9.1.- ESCENARIOS DE ESTUDIO

Se han escogido 6 escenarios dónde se implantarán la zona ZAM en la ciudad de Valencia. En estos 6 escenarios estudiaremos las intersecciones objeto de estudio y analizaremos el Nivel de Servicio de cada una de ellas, antes y después de la propuesta.

Los escenarios que se estudian en el presente estudio son los siguientes:

Escenario 1. – Av. del Cid con cruce Calle Hermanos Rivas. (Sentido centro Valencia)

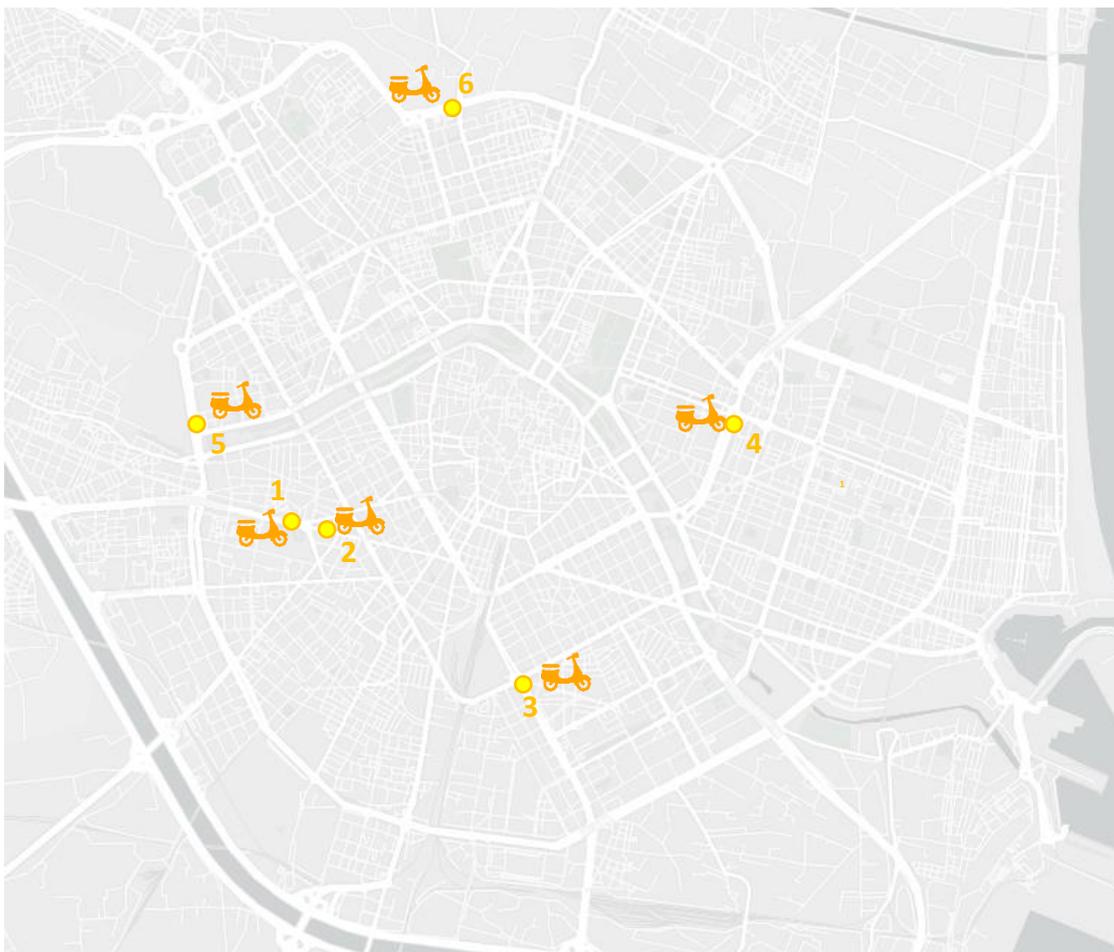
Escenario 2. – Av. del Cid con cruce Calle Lorca (Sentido centro Valencia)

Escenario 3. – Av. Ausiás March con Plaza Manuel Sanchis Guarner (Entrada glorieta)

Escenario 4. – Av. Aragón cruce con Av. Blasco Ibañez (sentido universidades)

Escenario 5. – Av. Pio Baroja cruce con Av. Manuel de Falla

Escenario 6.- Av. de los Hermanos Machado cruce con Camino de Moncada (sentido universidades)



*Ilustración 23. Mapa de situación escenarios*

A continuación describiremos cada una de las intersecciones:

Escenario 1. – Av. del Cid con cruce Calle Hermanos Rivas. (Sentido centro Valencia)

Este tramo de estudio está situado al este de la ciudad de Valencia atravesando por completo el distrito 7 L'Olivereta. Limita al norte con Campanar y el municipio de Mislata (El municipio más densamente poblado de España), al este con Extramurs, al sur con Patraix y al oeste con el municipio de Chirivella.

Este tramo enlaza el final de la Autovía A-3 con el centro de la ciudad y es uno de lo más transitados en Valencia.



*Ilustración 24. Fotografía intersección semaforizada Av. del Cid 1. Elaboración propia*

Intersección de estudio

Como se comentaba anteriormente, los vehículos proceden principalmente de la Autovía A-3, pero también un gran número de vehículos llegan desde el barrio de la Luz (Xirivella), el barrio de Tres Forques (Valencia) y Mislata. Dispone de 5 carriles en total, uno de ellos es para bus y el otro es un carril de salida proveniente de la Central de la Policía Local de Valencia. El tramo con el que interseca contiene vehículos de la intersección con la calle Hermanos Rivas. Por otro lado, esta intersección da servicio tanto a peatones como a vehículos.

Características de la vía:

- Nº de Carriles: 3 + carril bus + carril incorporación comisaria policial
- Ancho de calzada: 16,1 m
- Carril Bus/Taxi: Sí

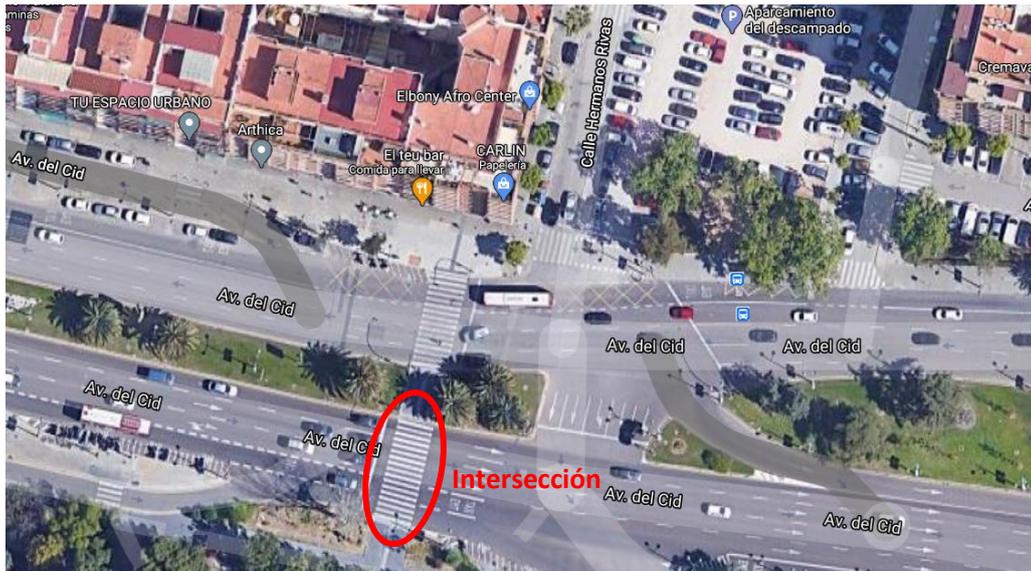


Ilustración 25. Intersección semafórica Av. del Cid 1.

Escenario 2. – Av. del Cid con cruce Calle Lorca (Sentido centro Valencia)

Este tramo de estudio está situado al centro-este de la ciudad de Valencia, el eje que delimita el distrito 7 L’Olivereta con el distrito 8 Patraix. Este tramo es continuación del anterior tramo por lo que también enlaza el final de la Autovía A-3 con el centro de la ciudad y es uno de lo más transitados en Valencia.



Ilustración 26. Fotografía intersección semaforizada Av. del Cid 2. Elaboración propia.

### Intersección de estudio

En la intersección que se estudia la mayoría de los vehículos proviene de la misma Av. del Cid, pero una parte también lo hace desde la calle Enguera. Dispone de 6 carriles en total, uno de ellos es carril-bus y el otro es un carril con giro a derechas. El tramo con el que interseca contiene vehículos de la intersección con la calle Lorca, que es una calle con 4 carriles que pasen gran cantidad de vehículos. Por otro lado, esta intersección da servicio tanto a peatones como a vehículos.

Características de vía:

- Nº de Carriles: 4 + carril bus + carril desvío a derechas
- Ancho de calzada: 21,65 m aprox.
- Carril Bus/Taxi: Sí



*Ilustración 27. Intersección semaforizada Av. del Cid 2.*

### Escenario 3. – Av. Ausiàs March con Plaza Manuel Sanchis Guarner (Entrada glorieta)

Este tramo de estudio está situado en el centro de la ciudad., en el distrito 10 Quatre Carrers. La Av. Ausiàs hace de eje delimitante entre los barrios de Malilla, En Corts y Na Rovella. Limita al norte con Campanar y el municipio de Mislata (El municipio más densamente poblado de España), al este con Extramurs, al sur con Patraix y al oeste con el municipio de Chirivella.

Esta vía enlaza una de las entradas a la ciudad de Valencia (Rotonda de los Anzuelos) proveniente de la autovía V-31, con el centro de la ciudad. Es una de las vías con mayor tráfico de Valencia.



Il·lustració 28. Fotografia intersecció semaforitzada Av. Ausiàs March. Elaboració pròpia.

### Intersecció de estudi

La intersecció que se estudia es una de les principals vies de accés al centre de la ciutat sent una de les més transitades, per això disposa de 6 carrils. El tram amb el que interseca conté vehicles de la glorieta partida Plaça Manuel Sanchis Guarner. Per un altre costat, aquesta intersecció presta servei tant a peatons, bicicletes com a vehicles.

Característiques de via:

- Nº de Carrils: 6
- Ancho de calzada: 19,85 m
- Carril Bus/Taxi: No



Il·lustració 29. Intersecció semaforitzada Av. Ausiàs March

#### Escenario 4. – Av. Aragón cruce con Av. Blasco Ibañez (sentido universidades)

Este tramo de estudio está situado al noreste de la ciudad., en el distrito 6 Pla del Reial junto al campo de futbol del Valencia C.F, el Mestalla. La Av. Aragón es una vía de doble sentido, teniendo el sentido norte (objeto de estudio) 3 carriles, salvo en algunos tramos.

Esta avenida es otra de las grandes vías de Valencia y enlaza el antiguo cauce del río Turia con la Av Blasco Ibañez (otra de las principales), la V-21 dirección Barcelona y las universidades.



*Ilustración 30. Fotografía intersección semaforizada Av. Aragón. Elaboración propia.*

#### Intersección de estudio

La intersección que se estudia tiene unas características especiales. Es uno de los cruces de Valencia con mayor tráfico por las conexiones que se ha comentado anteriormente, pero los días en el que el Valencia C.F. juega en su campo de Mestalla, el tráfico en este punto se multiplica por 10 en la hora previa y posterior al partido. El tramo estudiado tiene 5 carriles disponibles para todos los vehículos. El tramo con el que interseca contiene gran volumen de vehículos provenientes de la Av Blasco Ibañez. Por otro lado, esta intersección da servicio tanto a peatones, bicicletas como a vehículos.

Características de vía:

- Nº de Carriles: 5
- Ancho de calzada: 15 m
- Carril Bus/Taxi: No



Ilustración 31. Intersección semaforizada Av. Aragón.

#### Escenario 5. - Av. Pio Baroja cruce con Av. Manuel de Falla

Este escenario se encuentra en la Av. Pio Baroja, perteneciente al distrito 4 de Campanar. Limita al norte con Poblados del Oeste y Benicalap, al este con La Zaidía, al sur con Ciutat Vella, Extramurs y L'Olivereta y al oeste con los municipios de Paterna, Mislata y Quart de Poblet.



Ilustración 32. Fotografía Intersección semaforizada Av. Pio Baroja

### Intersección de estudio

La intersección estudiada une la Avenida Pio Baroja con el Port del Nou d' Octubre. Está formado por 5 carriles en total, pero uno de ellos es un carril bus que va en una vía separada por una mediana. Ahí llegan vehículos procedentes de la Calle Manuel de Falla y de la Avenida Pio Baroja. Es una vía que une principalmente con el municipio de Mislata (alta densidad de población), Av del Cid dirección Autovía A-3 o V-30 y también el Bulevar Sur. Por otro lado, esta intersección da servicio tanto a peatones como a vehículos.

A horas punta los vehículos que circulan por la calle Manuel de Falla, dirección Puente de Octubre colapsan la intersección y cuando el semáforo de la Avenida Pio Baroja se pone verde la intersección todavía está ocupada. Además, después de comprobar cómo se comportan los vehículos en la intersección de estudio, hay que destacar que los vehículos parados en el semáforo de la Avenida Pio Baroja, salen cuando todavía la luz del semáforo es rojo, impidiendo que la intersección quede despejada.

También hay que destacar que el carril derecho, al final, en la intersección, tiene un ceda al paso para acceder al puente Nueve de Octubre, por lo que muchos conductores no respetan esta marca vial y los vehículos del carril contiguo tienen que frenar provocando grandes atascos. Este carril lo consideraremos útil para implantar nuestra zona ZAM.

Características de vía:

- Nº de Carriles: 4
- Ancho de calzada: 12 m
- Carril Bus/Taxi: Sí pero separado por una mediana, no está en la misma calzada.



Ilustración 33. Intersección semaforizada Av. Pio Baroja

Escenario 6. – Av. de los Hermanos Machado cruce con Camino de Moncada (sentido universidades)

La Av. de los Hermanos Machado se corresponde con el Bulevar Norte de Valencia, perteneciente al distrito 16 de Benicalap. Es una de las vías más transitadas de la ciudad cuyos vehículos proceden de la CV-30, que es la ronda que une con la V-30, CV-31 y CV-35. La mayoría de los conductores utilizan esta vía para ir a las universidades de Valencia (UPV y UV) y al centro de la ciudad sin tener que atravesarla. Uno de los problemas que nos encontramos en esta vía es el carril Bus/Taxi separado del resto de carriles por una mediana. Este carril bus/taxi no se utiliza ya que no existen líneas de la EMT con un itinerario por esta vía.

En otros tramos del Bulevar Norte, el Ayuntamiento de Valencia ha transformado este carril bus/taxi en un carril para bicicletas de doble sentido. Pero el tramo que ocupa este estudio (entre Av. de Juan XXIII y Camino de Moncada) ya existe un carril bici que está en la acera, por lo que no tiene sentido bajar el carril bici a la calzada. Este carril es lo que está provocando que se genere grandes atascos en horas punta y en este estudio se pretenderá darle utilidad, creando el carril de seguridad para motos.



*Ilustración 34. Fotografía intersección semaforizada Av. de los Hermanos Machado*

Intersección de estudio

La intersección estudiada está formada por 4 carriles en total, pero uno de ellos es un carril bus. Ahí llegan vehículos procedentes principalmente de la CV-30, de la Av. Levante UD y en menor medida de la Av de Juan XXIII. Es la primera intersección que nos encontramos en el Bulevar Norte después de abandonar la glorieta. Por otro lado, esta intersección da servicio tanto a peatones como a vehículos.

Tras haber analizado la capacidad de esta intersección, se ha comprobado como en momentos puntuales, las retenciones y paradas realizadas en esta intersección, son capaces de trasladarse aguas arriba de la intersección, afectando a la intersección entre la Av. de Juan XXIII y la Av. Hermanos Machado.

Características de vía:

- Nº de Carriles: 4 (3 + Carril Bus/Taxi)
- Ancho de calzada: 13,7 m
- Carril Bus/Taxi: Sí



Ilustración 35. Intersección semaforizada Av. de los Hermanos Machado

## 10.- ANÁLISIS DE CAPACIDAD CON EL HCM 2016 DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

En este apartado se muestra el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio actual de la intersección semaforizada, utilizando la metodología definida previamente, para mejorar la capacidad de la zona de estudio.

### 10.1.- PARÁMETROS DE ENTRADA

Para realizar el análisis de los datos se necesitan unos parámetros de entrada, los cuales se definen en la tabla 5 para poder así seguir todos los pasos de la metodología descrita.

<b>Condiciones geométricas</b>	Número de carriles (N)
	Ancho de carril (W)
<b>Condiciones de tráfico</b>	Volumen (veh/h)
	FHP
	Parada de autobuses (buses/h)
	Número de aparcamientos (Maniobras/h)
<b>Condiciones de señalización</b>	Volumen de peatones (Vped/h)
	Volumen de ciclistas (Vbic/h)
	Tiempo de ciclo (s)
	Tiempo efectivo de verde (s)
	Tiempo mínimo de peatones (s)

Tabla 5. Parámetros requeridos para el análisis operacional

Estos parámetros de entrada se obtienen en las horas punta descritas en capítulos anteriores, de 8:00 a 9:00 y de 19:00 a 20:00, ya que son las horas que presentan mayores flujos vehiculares.

Los parámetros de entradas requeridos para el cálculo de la capacidad y de la intersección semaforizada se describen a continuación:

- Condiciones de tráfico:
  - Grupo de carriles Escenario 1: 2.373 veh/h (10,5 % motos y 2,6 % pesados)
  - Grupo de carriles Escenario 2: 2.921 veh/h (10,5 % motos y 2,5 % pesados)
  - Grupo de carriles Escenario 3: 2.515 veh/h (9,6 % motos y 2 % pesados)
  - Grupo de carriles Escenario 4: 2.539 veh/h (11 % motos y 1,7 % pesados)
  - Grupo de carriles Escenario 5: 2.367 veh/h (9 % motos y 0,9 % pesados)
  - Grupo de carriles Escenario 6: 4.352 veh/h (10,6 % motos y 1,1 % pesados)



Ilustración 36. Grupo de carriles E1



Ilustración 37. Grupo de carriles E2



Ilustración 38. Grupo de carriles E3



Ilustración 39. Grupo de carriles E4

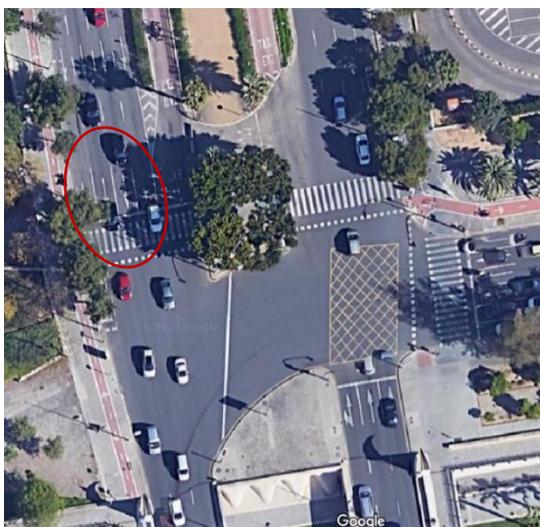


Ilustración 40. Grupo de carriles E5



Ilustración 41. Grupo de carriles E6

### 10.1.1. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación

Tras determinar el grupo de movimientos y el grupo de carriles, junto con su intensidad, se procede a ajustar la intensidad de saturación mediante la siguiente ecuación ya descrita en apartados anteriores. Esta intensidad se ve afectada por numerosos factores que reducen la intensidad de saturación base ( $s_0$ ), teniendo un valor de 1.900 vehículos/hora/carril.

$$s = s_0 \cdot fW \cdot fHV \cdot fg \cdot fp \cdot fbb \cdot fa \cdot fLU \cdot fLT \cdot fRT \cdot fLpb \cdot fRpb$$

Con ello, se tiene que para cada grupo de carril existirá una intensidad de saturación individual.

Intensidad saturación (s) en veh/h	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
	1778	1701	1788	1793	1807	1804
N = Nº de carriles	3	4	6	5	4	3
<b>(s) teniendo en cuenta N</b>	<b>5333</b>	<b>6805</b>	<b>10730</b>	<b>8965</b>	<b>7229</b>	<b>5413</b>

Tabla 6. Intensidad de saturación de los grupos de carriles de cada escenario. (Fuente: elaboración propia)

### 10.1.2. Determinación de la duración de fase de semáforo

Para determinar la duración de fase de semáforo es necesario saber qué tipo de control se utiliza en la intersección, ya que como se comentó anteriormente, si la intersección tiene un control prefijado entonces la duración de fase es una entrada y este paso se omite, y si la duración de fase es desconocida, entonces se ha de considerar la duración de fase prefijada según un procedimiento de cálculo.

En nuestro estudio, al tratarse de una intersección con un control prefijado, se omitirá este paso en el procedimiento.

### 10.1.3. Determinar la capacidad y la proporción volumen-capacidad

La capacidad de las intersecciones está basada en el concepto de intensidad de saturación, proporción de verde efectivo del grupo de carriles y número de carriles.

Por tanto, para hallar la capacidad de cada grupo de carriles se utilizará la siguiente expresión.

$$c = \frac{N \cdot s \cdot g}{C}$$

Donde,

$c$  = capacidad de grupo de carriles (veh/h)

$N$  = número de carriles

$s$  = intensidad de saturación (veh/h)

$g/C$ = proporción de verde efectivo del grupo de carriles

Como resultado, se han obtenido los siguientes valores:

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
(s) teniendo en cuenta N	5333	6805	10730	8965	7229	5413
g	86	60	45	47	63	80
C	120	120	120	120	120	120
$g/C$	0,717	0,500	0,375	0,392	0,525	0,667
<b>c (capacidad)</b>	<b>3822</b>	<b>3403</b>	<b>4024</b>	<b>3512</b>	<b>3796</b>	<b>3609</b>

Tabla 7. Valores de la capacidad del grupo de carriles de cada escenario. Elaboración propia.

Tras haberse determinado la capacidad de la intersección, se procede a calcular la proporción volumen-capacidad de los diferentes grupos de carriles, mediante la siguiente ecuación ya explicada con anterioridad:

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde,

X = proporción volumen-capacidad

V = flujo de demanda (veh/h)

c = capacidad (veh/h)

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
c (capacidad)	3822	3403	4024	3512	3796	3609
V	2373	2921	2515	2539	2367	4352
<b>X</b>	<b>0,62</b>	<b>0,86</b>	<b>0,63</b>	<b>0,72</b>	<b>0,62</b>	<b>1,21</b>

Tabla 8. Proporción volumen-capacidad de los grupos de carril de cada escenario. Elaboración propia.

#### 10.1.4. Determinación de la demora

Una vez calculadas la capacidad y la proporción volumen-capacidad se procede a determinar la demora. Como se ha comentado previamente, para el cálculo de la demora se ha de tener en cuenta tres conceptos: la demora uniforme ( $d_1$ ), la demora incremental ( $d_2$ ) y la demora por cola inicial ( $d_3$ ). Además hay que aplicarle un factor de ajuste de la progresión a la demanda uniforme ( $PF$ ).

$$d = d_1 \cdot PF + d_2 + d_3$$

La demora uniforme ( $d_1$ ) se calcula asumiendo llegadas uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo del ciclo. En base a la duración del ciclo, el tiempo efectivo de verde y la relación volumen-capacidad se obtiene dicha demanda.

$$d_1 = \frac{0,5 \cdot C \cdot \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\min(1, X) \cdot \frac{g}{C}\right]}$$

En segundo lugar, la demanda incremental ( $d_2$ ) se halla a través de las llegadas no uniformes y a los fallos temporales de ciclo, así como las llegadas causadas por períodos de sobresaturación. Por tanto, en base a la duración del ciclo en horas, la relación volumen-capacidad y la capacidad de los grupos de carriles calculamos la demora incremental.

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (x - 1) + \sqrt{(x - 1)^2 + \frac{4X}{c \cdot T}} \right]$$

Para finalizar, la demora por cola inicial ( $d_3$ ) representa la demora experimental de todos los vehículos que llegan durante el período de análisis. Por tanto, esta demora debe agregarse en caso de existencia de cola inicial. En el caso que nos ocupa no existe cola inicial por lo que este valor será igual a 0.

Una vez se calculan la demora uniforme, la demora incremental y el factor de ajuste por progresión se puede determinar la demora para cada grupo de carriles de cada intersección:

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
d1 (s/veh)	8,687	26,268	30,612	30,975	20,126	20
PF	0,165	0,67	0,802	0,788	0,635	0,34
d1 (s/veh)	0,768	3,058	0,742	1,323	0,781	95,478
d (s/veh)	<b>2,20</b>	<b>20,66</b>	<b>25,29</b>	<b>25,73</b>	<b>13,56</b>	<b>102,28</b>

Tabla 9. Cálculo de demoras por grupo de carriles de cada escenario. Elaboración propia.

### 10.1.5. Determinación del Nivel de Servicio

Una vez calculado la demora de los distintos grupos de carriles de las distintas intersecciones semaforizada, se puede determinar el nivel de servicio de cada grupo de carril, de modo que es ésta, la demora, la que determina el nivel de servicio.

Por otro lado, el manual HCM 2016 utiliza para la designación de los distintos niveles de servicios en intersecciones semaforizadas:

Nivel de Servicio	Demora Media (s/vh)
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

Tabla 11. Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas según HCM 2010. Fuente HCM 2016.

Finalmente, se muestra el nivel de servicio de cada grupo de carril de los escenarios estudiados:

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
d (s/veh)	<b>2,20</b>	<b>20,66</b>	<b>25,29</b>	<b>25,73</b>	<b>13,56</b>	<b>102,28</b>
Nivel de Servicio	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>F</b>

Tabla 12. Niveles de servicio en la actualidad. Elaboración propia.

Una vez obtenidos todos los resultados, se puede apreciar que en las intersecciones de los escenarios 1 y 5 el nivel de servicio se encuentra entre los niveles A y B. Esto representa unas condiciones de tráfico en las que los vehículos no tienen demoras a considerar; la circulación es fluida en el caso del escenario 1 y estable en el caso del escenario 5. Implantar las zonas ZAM, a priori, no debería alterar el Nivel de Servicio siempre y cuando no se elimine ningún carril. Esta comprobación la estudiaremos en los siguientes apartados, donde se plantean propuestas óptimas en cada escenario, teniendo en cuenta también el impacto económico.

Las intersecciones en los escenarios 2,3 y 4 el nivel de servicio es C, por lo que la circulación ya no es tan estable como los escenarios 1 y 5, se van a producir colas con poca demora. En estos

escenarios hay que tener cuidado con la propuesta planteada, ya que una medida inapropiada podría suponer unas demoras más altas, cambiando incluso de Nivel de Servicio y por lo tanto dejando de ser adecuado implantar las zonas ZAM.

En el caso de la intersección del escenario 6, el nivel de servicio se encuentra en un nivel F en hora punta, esto significa que se van a generar largas colas de demora, pudiendo afectar aguas arriba, en la glorieta cruce con Av. San Juan XXIII y otras vías. La realidad en esta vía se ve claro. Muchos días en la hora punta se producen grandes atascos en la intersección de estudio afectando claramente aguas arriba, por lo que la Policía Local de Valencia se ve obligada a dirigir el tráfico.

En el siguiente apartado se verán las propuestas planteadas y su posterior estudio; luego analizaremos la viabilidad de la implantación de las zonas ZAM en cada escenario.

## 11. PRESENTACIÓN Y ELECCIÓN DE PROPUESTAS

### 11.1 INTRODUCCIÓN

Las intersecciones semaforizadas cuentan con movimientos protegidos o permitidos para que la circulación de los vehículos sea más agradable, permitiendo, a su vez una mayor fluidez en todas las direcciones de la intersección. Además, también se facilita un espacio suficiente de tiempo para que los movimientos de peatones y ciclistas se produzcan con normalidad, pero en ciertas ocasiones, las intersecciones presentan ciertos puntos de conflicto que suelen llegar a crear un problema o riesgo vial en el momento que se realizan.

El movimiento que produce mayor conflicto es el giro a izquierda en las intersecciones.

Según Wang y Abdel-Aty, el giro es la causa que provoca mayor número de accidentes en las intersecciones semaforizadas y son propensas a ser accidentes graves debido a las velocidades que pueden llegar a ser relativamente altas, además del ángulo de impacto.

En este caso se proponen alternativas para cada escenario, se analizan sus ventajas e inconvenientes, y se comprueba si son adecuadas para su implementación en la intersección, con el objetivo de reducir la congestión que se produce en cada escenario.

#### Escenario 1

Propuesta 1: Carril de seguridad en la zona ajardinada. Carril de 1,50 m de ancho y longitud de 50 metros.



Ilustración 36. Propuesta 1 ZAM Escenario 1

#### Ventajas:

- No se modifica la calzada actual ni los aparcamientos.
- Mayor fluidez del tráfico, especialmente de las motocicletas y ciclomotores.

#### Inconvenientes:

- Coste. Habría que realizar obras en la mediana eliminando algunos elementos que tal vez obstaculicen el paso.
- Afección Zonas Verdes.

Propuesta 2: Eliminación de la zona de aparcamiento para motos y desplazamiento de los carriles hacia la derecha de 1,5 metros. 1 Carril moto de 1,5 metros de ancho y 50 metros de longitud.

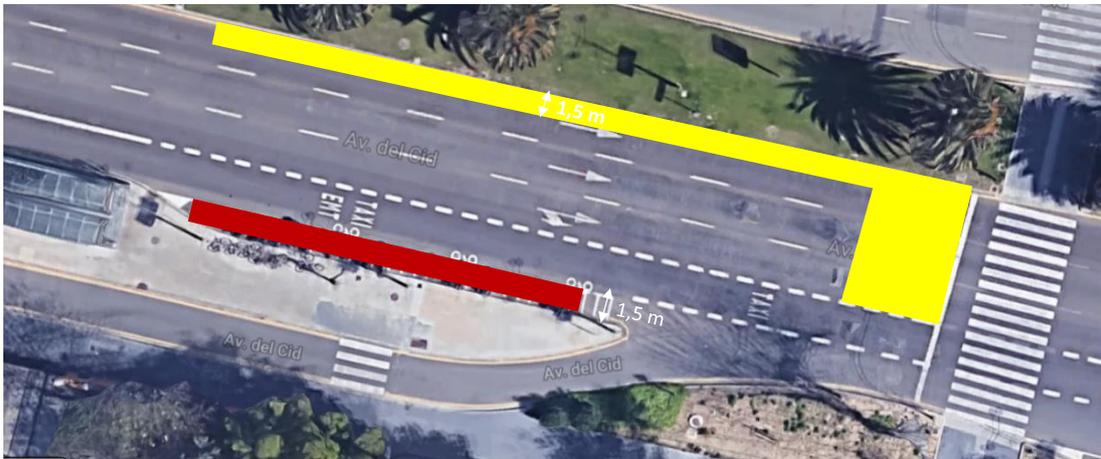


Ilustración 37. Propuesta 2 ZAM. Escenario 1. Proyecto



Ilustración 38. Propuesta 2 ZAM. Escenario 1. Estado final

Al eliminar el aparcamiento de motos, éstas tendrán que ubicarse en un nuevo lugar. La opción que se encuentra es:

- Aguas abajo de la Av. del Cid existe aparcamiento de motocicleta que raramente se completa, al igual que en el otro sentido de la vía. Reubicamos las motocicletas en estas plazas.
- Eliminar 2/3 plazas de coches aguas abajo y ubicar el de motocicletas.

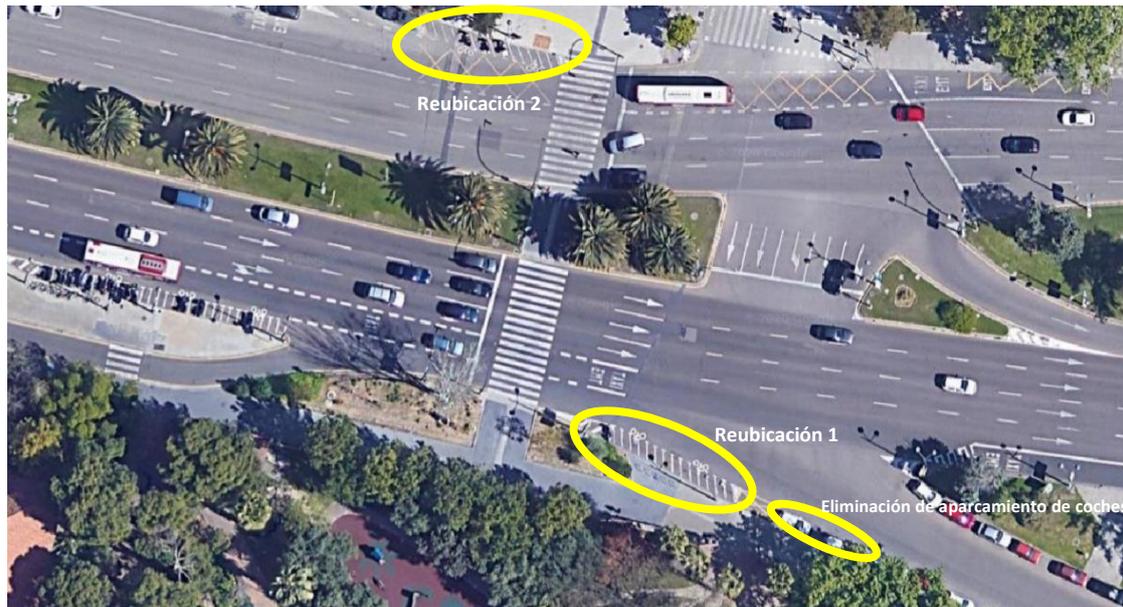


Ilustración 39. Propuesta 2 ZAM. Escenario 1. Solución aparcamiento motos

#### Ventajas:

- Bajo coste (Pintura) no se realizan obras de levantamiento de calzada.
- Mayor fluidez del tráfico, especialmente de las motocicletas y ciclomotores.
- No se elimina ningún carril

#### Inconvenientes:

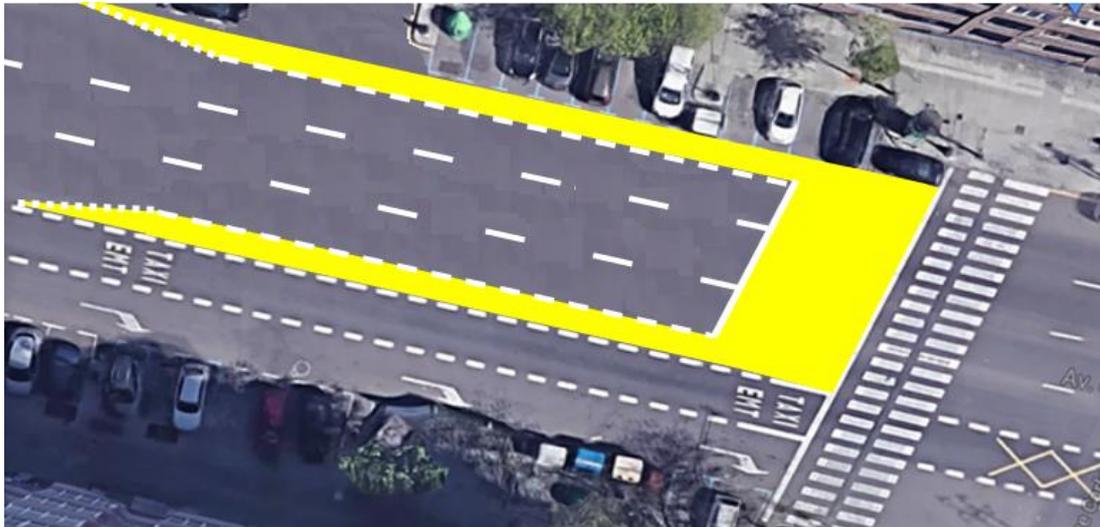
- Reubicación de las plazas de aparcamiento para motos que se eliminan. Por su reubicación, el inconveniente es el desplazamiento de los conductores de estas motos, que la mayoría son de la Policía Local, hasta la Comisaria (20-30 metros más)

Valorando las dos propuestas y teniendo en cuenta que ninguno de los casos se elimina algún carril, tomaremos en estudio la propuesta número 2, ya que el coste es mucho mayor si comparamos, un repintado de la vía con una obra de levantamiento de la mediana y repintado. Como se mencionaba, al inconveniente de la reubicación del aparcamiento para motos se plantea una solución eficaz, por lo que tomaremos finalmente la propuesta 2, como objeto de estudio.

## Escenario 2

Propuesta: Eliminación de un carril e incorporación de dos carriles de seguridad para motocicletas. De 4 carriles se pasa a 3 carriles desplazándolos hacia el interior de la calzada.

Se disponen de dos carriles de seguridad para motocicletas para tener un mayor acceso a la zona de parada para motos (ZAM).



*Ilustración 40. Propuesta ZAM. Escenario 2.*

### Ventajas:

- No se realizan obras ni levantamientos de la calzada.
- La modificación es únicamente de señales viales.
- Bajo coste
- Fluidez en la intersección semaforizada.
- Seguridad en los motocicletas y ciclomotores.

### Inconvenientes:

- Se elimina un carril. A priori mayor demora.

En este caso deberemos analizar minuciosamente los datos obtenidos ante esta propuesta, pues esta intersección ya contaba con una demora de 20,66 s y un Nivel de Servicio C.

### Escenario 3

Propuesta: Eliminación de un carril e incorporación de dos carriles de seguridad para motocicletas de 1,5m cada uno y 53 metros de longitud. De 6 carriles se pasa a 5 carriles. El carril de seguridad de motocicletas que se encuentra a la derecha se ubica en el segundo carril porqué a la derecha existe una parada de autobuses a menos de 75 metros aguas arriba, concretamente la línea 8, que pasa cada 26 minutos. En la fase semafórica verde se añade un 1 segundo, teniendo en cuenta los beneficios de las ZAM frente a los otros grupos de carriles de la intersección en estudio, principalmente procedentes de la Av. Peris y Valero.

Se disponen de dos carriles de seguridad para motocicletas para tener mejor acceso a la zona de parada para motos (ZAM).



*Ilustración 41. Propuesta ZAM. Escenario 3.*

#### Ventajas:

- No se realizan obras ni levantamientos de la calzada.
- La modificación es únicamente de señales viales.
- Bajo coste
- Fluidez en la intersección semaforizada.
- Seguridad en los motocicletas y ciclomotores.

#### Inconvenientes:

- Se elimina un carril. A priori mayor demora.

#### Escenario 4

Propuesta: Eliminación de un carril e incorporación de dos carriles de seguridad para motocicletas de 1,5m cada uno. De 5 carriles se pasa a 4 carriles. El carril de seguridad tendrá una longitud de 50 metros. Se añade un segundo en la fase semafórica verde, teniendo en cuenta los beneficios de las ZAM frente a los otros grupos de carriles de la intersección en estudio, principalmente procedentes de la Av. Blasco Ibañez.

Se disponen de dos carriles de seguridad para motocicletas para tener mejor acceso a la zona de parada para motos (ZAM).

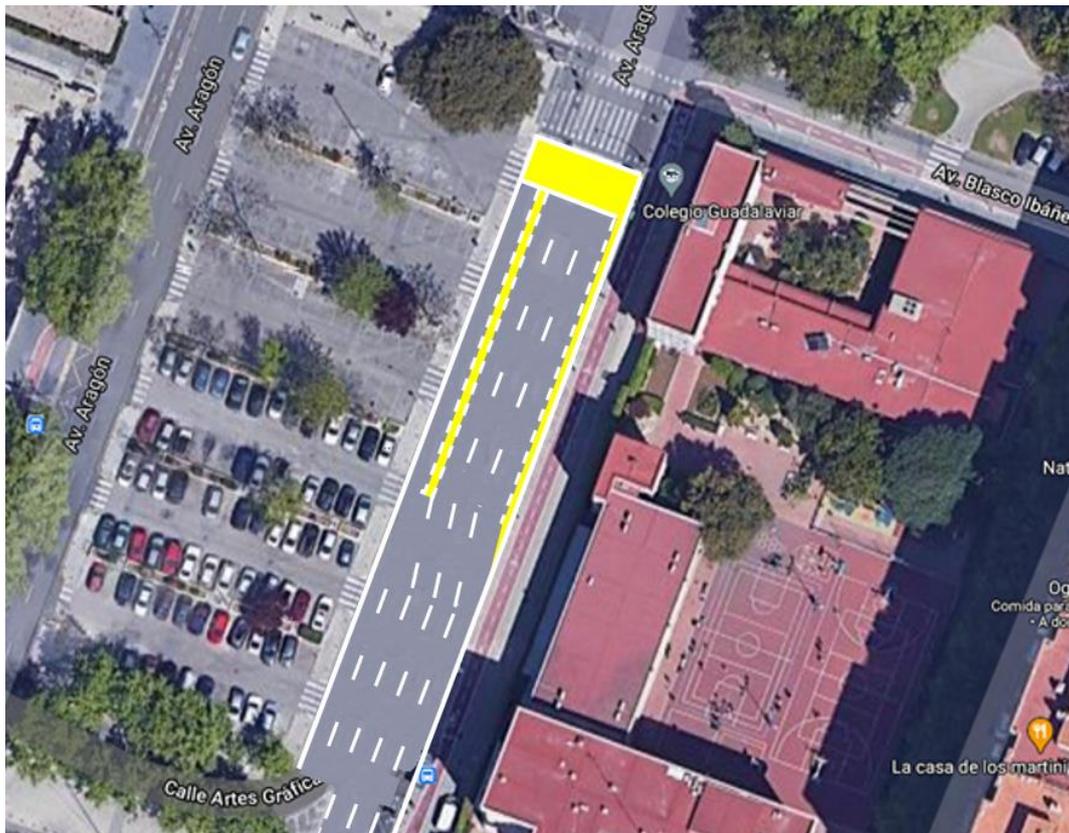


Ilustración 42. Propuesta ZAM. Escenario 4.

#### Ventajas:

- No se realizan obras ni levantamientos de la calzada.
- La modificación es únicamente de señales viales.
- Bajo coste
- Fluidez en la intersección semaforizada.
- Seguridad en los motocicletas y ciclomotores.

#### Inconvenientes:

- Se elimina un carril. A priori mayor demora.

### Escenario 5

Propuesta: Eliminación de la mediana de la izquierda que separa el carril bus/taxi e incorporación de un carril de seguridad para motocicletas de 1,5 metros de ancho

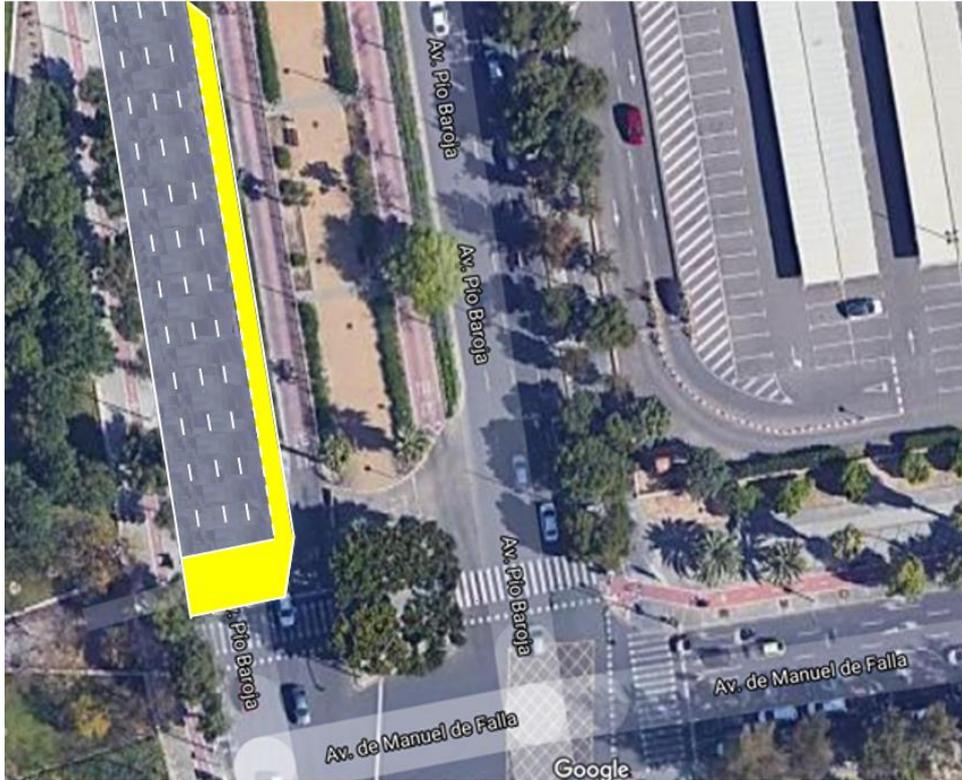


Ilustración 43. Propuesta ZAM. Escenario 5.

#### Ventajas:

- La modificación es sencilla, eliminación mediana, reasfaltado y nuevas marcas viales.
- Fluidez en la intersección semaforizada.
- Seguridad en los motocicletas y ciclomotores.

#### Inconvenientes:

- Coste medio (obras para eliminar la mediana)
- Afección zona verde ajardinada.

### Escenario 6

Propuesta: Aprovechamiento del carril bus/taxi inutilizado para la implantación de un carril para motos. No se modifica ningún elemento de los 3 carriles principales, salvo la zona ZAM. Carril de 3,5 metros de ancho y 242 metros de longitud.



*Ilustración 44. Propuesta ZAM. Escenario 4.*

#### Ventajas:

- No se realizan obras ni levantamientos de la calzada.
- La modificación es únicamente de señales viales.
- Aprovechamiento de carril bus/taxi existente y no utilizado.
- Bajo coste.
- Fluidez en la intersección semaforizada.
- Seguridad en los motocicletas y ciclomotores.

#### Inconvenientes:

- No se detecta.

## 12. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LAS PROPUESTAS

En este apartado se analiza el comportamiento que presentan diferentes propuestas planteadas para cada escenario sobre la intersección semaforizada, con el objetivo de poder resolver el conflicto que se presenta en la zona de estudio.

Para empezar, se analizará las intersecciones en estudio con la misma metodología descrita con anterioridad, estableciendo el mismo procedimiento que se ha llevado con el HCM 2016, para evaluar así la mejora de la capacidad y de la funcionalidad en el mismo periodo de análisis y los problemas provenientes con las hora pico de cada zona.

En algunos escenarios tanto el grupo de carriles como la geometría de la vía han cambiado. En el presente estudio se establece la hipótesis de qué con la incorporación de las zonas ZAM, las motos pasarán a través de los carriles de seguridad hasta justo la línea de detención de la intersección y por lo tanto no afectarán en el cálculo de las intensidades de saturación. Además de eso, uno de las razones por las que se desean implantar la ZAM es para incentivar el uso de los vehículos de dos ruedas, que son mucho más sostenibles que el resto de vehículos motorizados. Por ello, la hipótesis que se utiliza en cada escenario es que va a haber un crecimiento considerable en el uso de las motos en estos escenarios, atendiendo a su ubicación y servicios próximos (hospitales, universidad, centro de ocio, etc.). En el próximo apartado se observan el % de motos.

Las motos pasarán desapercibidas en este estudio ya que queda demostrado que las motocicletas y ciclomotores tendrán una ventaja asombrosa y una reducción de la demora muy considerable, pues serán las primeras en salir en cuanto el semáforo se ponga en verde.

### 12.1 Determinación de la intensidad por grupo de carriles

- Condiciones de tráfico:
  - *Grupo de carriles Escenario 1: 2.035 veh/h (14,2 % motos y 2,6 % pesados)*
  - *Grupo de carriles Escenario 2: 2.506 veh/h (14,2 % motos y 2,5 % pesados)*
  - *Grupo de carriles Escenario 3: 2.168 veh/h (13,8 % motos y 2 % pesados)*
  - *Grupo de carriles Escenario 4: 2.118 veh/h (16,6 % motos y 1,7 % pesados)*
  - *Grupo de carriles Escenario 5: 2.048 veh/h (13,5 % motos y 0,9 % pesados)*
  - *Grupo de carriles Escenario 6: 3.717 veh/h (14,6 % motos y 1,1% pesados)*

### 12.2. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación

Una vez obtenidos los cambios en los volúmenes de los grupos de carriles afectados, se analiza la propuesta elegida con la metodología del HCM 2016. En primer lugar, se muestra las intensidades de saturación, las cuales no se han visto modificadas.

Intensidad saturación (s) en veh/h	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
	1770	1669	1780	1787	1805	1801
N = Nº de carriles	3	3	5	4	4	3
<b>(s) teniendo en cuenta N</b>	5310	5006	8898	7147	7218	5402

Tabla 10. Intensidad de saturación tras la propuesta de cada escenario. Elaboración propia.

### 12.3. Determinación de la capacidad y proporción volumen-capacidad

La capacidad de las intersecciones está basada en el concepto de intensidad de saturación, proporción de verde efectivo del grupo de carriles y número de carriles.

Por tanto, para hallar la capacidad de cada grupo de carriles se utilizará la siguiente expresión.

$$c = \frac{N \cdot s \cdot g}{C}$$

Donde,

c = capacidad de grupo de carriles (veh/h)

N = número de carriles

s = intensidad de saturación (veh/h)

g/C = proporción de verde efectivo del grupo de carriles

Como resultado, se han obtenido los siguientes valores:

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
(s) teniendo en cuenta N	5310	5006	8898	7147	7218	5402
g	86	65	46	48	63	80
C	120	120	120	120	120	120
g/C	0,717	0,542	0,383	0,400	0,525	0,667
<b>c (capacidad)</b>	<b>3806</b>	<b>2503</b>	<b>3411</b>	<b>2859</b>	<b>3790</b>	<b>3601</b>

Tabla 11. Capacidad del grupo de carriles de la intersección de cada escenario. Elaboración propia.

Como se ha comentado con anterioridad, en la propuesta del Escenario 3, se amplía la fase semafórica en verde para desaguar el gran volumen de vehículos.

Tras haberse determinado la capacidad de la intersección, se procede a calcular la proporción volumen-capacidad de los diferentes grupos de carriles, mediante la siguiente ecuación ya explicada con anterioridad:

$$X = \frac{v}{c}$$

Donde,

X = proporción volumen-capacidad

V = flujo de demanda (veh/h)

c = capacidad (veh/h)

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
c (capacidad)	3806	2503	3411	2859	3790	3601
V	2035	2506	2168	2118	2048	3717
<b>X</b>	<b>0,53</b>	<b>1,00</b>	<b>0,64</b>	<b>0,74</b>	<b>0,54</b>	<b>1,03</b>

Tabla 12. Proporción volumen-capacidad del grupo de carriles de la intersección de cada escenario. Elaboración propia

#### 12.4. Determinación de la demora

A continuación, se procede a determinar las distintas demoras existentes en la zona siguiendo lo indicado en el HCM 2016, mediante la siguiente fórmula:

$$d = d_1 \cdot PF \cdot + d_2 + d_3$$

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
d1 (s/veh)	7,810	30,040	30,167	30,694	18,898	20,000
PF	0,165	0,670	0,795	0,780	0,635	0,340
d1 (s/veh)	0,542	18,304	0,915	1,771	0,556	24,046
<b>d (s/veh)</b>	<b>1,83</b>	<b>38,43</b>	<b>24,88</b>	<b>25,71</b>	<b>12,56</b>	<b>30,85</b>

Tabla 13. Demoras del grupo de carriles de la intersección de cada escenario. Elaboración propia.

### 12.5. Determinación del nivel de servicio

Para finalizar con el análisis de la propuesta elegida, se procede a mostrar los distintos niveles de servicio de la intersección en estudio según los valores hallados y en función de los valores del HCM 2016:

	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
d (s/veh)	1,83	38,43	24,88	25,71	12,56	30,85
Nivel de Servicio	A	D	C	C	B	C

Tabla 14. Nivel de servicio de los grupos de carriles de la intersección en estudio tras la propuesta. Elaboración propia.

### 13. COMPARATIVA DE LOS RESULTADOS. ESCENARIOS EN LA ACTUALIDAD Y TRAS LA EJECUCIÓN DE LAS PROPUESTAS.

A continuación se comparan los distintos resultados obtenidos en cada escenario tras la ejecución de las propuestas. En algunos casos hemos mejorado considerablemente la demora y hemos mejorado el Nivel de Servicio. Además de eso, el objetivo final del presente estudio es incentivar el uso de la motocicleta y ciclomotores, a poder ser eléctricos.

**En el escenario 1**, hay una mejora en los tiempos de demora de 0,37 segundos. Sin cambios en el Nivel de Servicio. Por lo que en este escenario vamos a obtener numerosos beneficios como la reducción de tiempo, reducción de emisiones CO<sub>2</sub>, contribuyendo así, hacia una ciudad sostenible, etc.

**En el escenario 2**, no hay mejora en los tiempos de demora, se alarga la demora 17,77 segundos, incluso cambia el Nivel de Servicio de C a D. No es adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada. Habría que estudiar otra alternativa.

**En el escenario 3**, hay mejora en los tiempos de demora, se reduce en 0,38 segundos. Sin cambios en el Nivel de Servicio. Es adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada.

**En el escenario 4**, apenas hay mejora en los tiempos de demora, se reduce en 0,02 segundos. Sin cambios en el Nivel de Servicio. Grandes beneficios en otros temas que ya se han visto con las ventajas de la motocicleta. Es adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada.

**En el escenario 5**, hay mejora en los tiempos de demora, se reduce en 1 segundo. Sin cambios en el Nivel de Servicio. Es adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada.

**En el escenario 6**, gran mejora en los tiempos de demora, se reduce en 71,43 segundos. Con grandes cambios en el Nivel de Servicio de F a C. Es muy adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada.

Queda demostrado que aplicando las zonas ZAM, las motos no van a tener demoras en las intersecciones de los escenarios que se desean implantar, pero también se observa como aplicando las zonas ZAM con sus correspondientes carriles de acceso para garantizar la seguridad de los motoristas, a penas afecta a la capacidad de la vía y al Nivel de Servicio, como el caso del Escenario 3 en la Av. Ausiás March o el Escenario 4 en la Av. Aragón . Los beneficios del uso del vehículo de las 2 ruedas son numerosos y con estos resultados se espera que sea todo un éxito su aplicación en la vida real.

	d (s/veh)	Nivel de Servicio
<b>GC E1</b>		
Situación Actual	2,20	<b>A</b>
Propuesta	1,83	<b>A</b>
<b>GC E2</b>		
Situación Actual	20,66	<b>C</b>
Propuesta	38,43	<b>D</b>
<b>GC E3</b>		
Situación Actual	25,29	<b>C</b>
Propuesta	24,88	<b>C</b>
<b>GC E4</b>		
Situación Actual	25,73	<b>C</b>
Propuesta	25,71	<b>C</b>
<b>GC E5</b>		
Situación Actual	13,56	<b>B</b>
Propuesta	12,56	<b>B</b>
<b>GC E6</b>		
Situación Actual	102,28	<b>F</b>
Propuesta	30,85	<b>C</b>

Tabla 15. Comparativa de los niveles de Servicio

## 14.- RESULTADOS

Una vez comparado los resultados de demora y de nivel de servicio, teniendo en cuenta el bajo coste que supone implantar las ZAM y sus correspondientes carriles de seguridad vamos a analizar los otros beneficios que se van a obtener:

**En el escenario 1**, hay una mejora en los tiempos de demora de 0,37 segundos.

Si se considera que se ahorrarán 0,37 segundos al día por vehículo y hora en un año se tendrá el siguiente ahorro de tiempo:

- Ahorro de tiempo en un año =  $0,37s * 20350 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 2.748.267,5 \text{ segundos}$ .
- Este dato traducido a horas son 763,4 horas, que en días equivale a 31 días y 19 horas.

Si se tiene en cuenta que el coste de vida por hora es de 5 €/h. Son 3.817 € que se ahorrarían, en una intersección.

Por otro lado, también se ahorrará en el combustible.

Teniendo en cuenta que actualmente se consumen 0,7 litros/hora al ralentí, con 0,37 s de demora, esto supone: 0,00007194 litros consumidos en 0,37 segundos.

- Ahorro de combustible en un año =  $0,00007194 * 20350 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 534,38 \text{ litros}$ .
- Este dato traducido a euros, considerando el precio del litro de gasoil a 1,029€/l son 553,99€

Por otro lado, también se ahorrará en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Considerando que un coche de gasolina consume 2,38 kg de CO<sub>2</sub>/l, se tiene:

- Ahorro consumo CO<sub>2</sub> =  $2,38 \text{ kg/l} * 0,00007194 \text{ litros en } 0,37 \text{ segundos} * 20350 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 1.266,41 \text{ kg de CO}_2$ .
- Con este ahorro se contribuirá con el medio ambiente y las políticas ambientales.

En la siguiente tabla se observa el ahorro total, en una intersección. Si este planteamiento se llevara a cabo en más intersecciones de la ciudad el ahorro sería todavía mucho mayor.

Ahorro total	€
Tiempo	3.817 €
Combustible	553,99 €
<b>TOTAL</b>	<b>4.370 €</b>
	Kg
<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	<b>1.266,41 kg</b>

Tabla 16. Ahorro económico y ambiental Escenario 1

Todo esto sumado a los beneficios de las motos y de la aplicación de las ZAM y que se comentaban en el apartado 6.1 y 7, respectivamente, del presente proyecto.

**En el escenario 2**, no hay mejora en los tiempos de demora, se alarga la demora 17,77 segundos, incluso cambia el Nivel de Servicio de C a D. No es adecuado implantar la zona ZAM con la propuesta planteada. Habría que estudiar otra alternativa. No se ha podido establecer una mejora en la intersección en este estudio, por lo que no obtendremos ningún beneficio.

**En el escenario 3**, hay mejora en los tiempos de demora, se reduce en 0,38 segundos.

Si se considera que se ahorrarán 0,38 segundos al día por vehículo y hora en un año se tendrá el siguiente ahorro de tiempo:

- Ahorro de tiempo en un año =  $0,38s * 25060 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 3.475.822 \text{ segundos}$ .
- Este dato traducido a horas son 965,5 horas, que en días equivale a 40 días y 5 horas.

Si se tiene en cuenta que el coste de vida por hora es de 5 €/h. Son 4.827,5 € que se ahorrarían, en una intersección.

Por otro lado, también se ahorrará en el combustible.

Teniendo en cuenta que actualmente se consumen 0,7 litros/hora al ralentí, con 0,38 s de demora, esto supone: 0,00007388 litros consumidos en 0,38 segundos.

- Ahorro de combustible en un año =  $0,00007388 * 25060 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 675,85 \text{ litros}$ .
- Este dato traducido a euros, considerando el precio del litro de gasoil a 1,029€/l son 693,42€

Por otro lado, también se ahorrará en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Considerando que un coche de gasolina consume 2,38 kg de CO<sub>2</sub>/l, se tiene:

- Ahorro consumo CO<sub>2</sub> =  $2,38 \text{ kg/l} * 0,00007388 \text{ litros en } 0,38 \text{ segundos} * 25060 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 1.608,34 \text{ kg de CO}_2$ .
- Con este ahorro se contribuirá con el medio ambiente y las políticas ambientales.

En la siguiente tabla se observa el ahorro total, en una intersección. Si este planteamiento se llevara a cabo en más intersecciones de la ciudad el ahorro sería todavía mucho mayor.

Ahorro total	€
Tiempo	4.827,5 €
Combustible	693,42 €
<b>TOTAL</b>	<b>5.520,92 €</b>
	Kg
<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	<b>1.608,34 kg</b>

Tabla 17. Ahorro económico y ambiental Escenario 3

Todo esto sumado a los beneficios de las motos y de la aplicación de las ZAM y que se comentaban en el apartado 6.1 y 7, respectivamente, del presente proyecto.

**En el escenario 4**, dado que la reducción de demora es de 0,02 segundos no se van a calcular el ahorro de tiempo y combustible, pues sería algo muy simbólico. Los beneficios que se encuentran en este escenario está dirigido principalmente a los motoristas reduciendo su tiempo de tráfico en un trayecto dado, ya que al tener un carril disponible para ellos no tienen demora por colas en los semáforos. Esta es una de las ideas que se pretenden conseguir. Incentivar el uso del vehículo de dos ruedas y por tanto reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

**En el escenario 5**, hay mejora en los tiempos de demora, se reduce en 1 segundo.

Si se considera que se ahorrarán 1 segundos al día por vehículo y hora en un año se tendrá el siguiente ahorro de tiempo:

- Ahorro de tiempo en un año = 1s \* 21680 veh/d \* 365 días = 7.913.200 segundos.
- Este dato traducido a horas son 2.198,1 horas, que en días equivale a 91 días y 13 horas.

Si se tiene en cuenta que el coste de vida por hora es de 5 €/h. Son 10.990 € que se ahorrarían, en una intersección.

Por otro lado, también se ahorrará en el combustible.

Teniendo en cuenta que actualmente se consumen 0,7 litros/hora al ralentí, con 1 s de demora, esto supone: 0,0001944 litros consumidos en 1 segundo.

- Ahorro de combustible en un año = 0,0001944 \* 21680 veh/d \* 365 días = 1538,67 litros.
- Este dato traducido a euros, considerando el precio del litro de gasoil a 1,029€/l son 1.583,29€

Por otro lado, también se ahorrará en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Considerando que un coche de gasolina consume 2,38 kg de CO<sub>2</sub>/l, se tiene:

- Ahorro consumo CO<sub>2</sub> = 2,38 kg/l \* 0,0001944 litros en 1 segundo \* 21680 veh/d \* 365 días = 3.661,21 kg de CO<sub>2</sub>.
- Con este ahorro se contribuirá con el medio ambiente y las políticas ambientales.

En la siguiente tabla se observa el ahorro total, en una intersección. Si este planteamiento se llevara a cabo en más intersecciones de la ciudad el ahorro sería todavía mucho mayor.

Ahorro total	€
Tiempo	10.990 €
Combustible	1.583,29 €
<b>TOTAL</b>	<b>12.573,29 €</b>
	Kg
<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	<b>3.661,21 kg</b>

Tabla 18. Ahorro económico y ambiental Escenario 5

Todo esto sumado a los beneficios de las motos y de la aplicación de las ZAM y que se comentaban en el apartado 6.1 y 7, respectivamente, del presente proyecto.

En el escenario 6, gran mejora en los tiempos de demora, se reduce en 71,43 segundos.

Si se considera que se ahorrarán 71,43 segundos al día por vehículo y hora en un año se tendrá el siguiente ahorro de tiempo:

- Ahorro de tiempo en un año =  $71,43s * 37170 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 969.094.381 \text{ segundos}$ .
- Este dato traducido a horas son 269.192,88 horas.

Si se tiene en cuenta que el coste de vida por hora es de 5 €/h. Son 1.345.964,4 € que se ahorrarían, en una intersección.

Por otro lado, también se ahorrará en el combustible.

Teniendo en cuenta que actualmente se consumen 0,7 litros/hora al ralentí, con 71,43 s de demora, esto supone: 0,0138 litros consumidos en 71,43 segundo.

- Ahorro de combustible en un año =  $0,0138 * 37170 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 187.225,29 \text{ litros}$ .
- Este dato traducido a euros, considerando el precio del litro de gasoil a 1,029€/l son 192.654,82 €

Por otro lado, también se ahorrará en emisiones de CO<sub>2</sub>.

Considerando que un coche de gasolina consume 2,38 kg de CO<sub>2</sub>/l, se tiene:

- Ahorro consumo CO<sub>2</sub> =  $2,38 \text{ kg/l} * 0,0138 \text{ litros en } 71,43 \text{ segundo} * 37170 \text{ veh/d} * 365 \text{ días} = 445.596,19 \text{ kg de CO}_2$ .
- Con este ahorro se contribuirá con el medio ambiente y las políticas ambientales.

En la siguiente tabla se observa el ahorro total, en una intersección. Si este planteamiento se llevara a cabo en más intersecciones de la ciudad el ahorro sería todavía mucho mayor.

Ahorro total	€
Tiempo	1.345.964,4 €
Combustible	192.654,82 €
<b>TOTAL</b>	<b>1.538.619,22 €</b>
	Kg
<b>Emisiones CO<sub>2</sub></b>	445.596,19 kg

Tabla 19. Ahorro económico y ambiental Escenario 6

Todo esto sumado a los beneficios de las motos y de la aplicación de las ZAM y que se comentaban en el apartado 6.1 y 7, respectivamente, del presente proyecto.

## 15.- ESTIMACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se va a estimar el coste que supondría cada propuesta según escenario. Como se ha comentado en otros apartados, una de las ventajas de implantar las zonas ZAM es que tiene un coste bajo, pues la mayoría de acciones se basan en la modificación de las marcas viales. El algún caso, como en el escenario 5, se va a eliminar la mediana de zona verde que separa el carril bus, sin tener que hacer grandes obras de acondicionamiento. Por lo que la relación coste/beneficio es muy baja teniendo en cuenta que se tendrá un gran beneficio en este escenario.

Se ha obtenido un presupuesto de una empresa con ofertas reales de dónde se puede estimar los costes.

Escenario 1			
Descripción	Unidades	Precio/unidad	Total
ML LINEA 0,10 CM AMARILLA REFLECTANTE	48,5	0,31 €	15,04 €
ML LINEA 0,15 CM BLANCA REFLECTANTE	350	0,36 €	126,00 €
SEÑAL CIRCULAR CON POSTE 90CM CON POSTE	2	134,50 €	269,00 €
M2 FRESADO DE MARCAS VIALES EXISTENTES	45	22,88 €	1.029,60 €
		IVA	TOTAL PRESUPUESTO
		21%	1.741,96 €

Tabla 20. Estimación económica Escenario 1

Escenario 3			
Descripción	Unidades	Precio/unidad	Total
ML LINEA 0,10 CM AMARILLA REFLECTANTE	108,75	0,31 €	33,71 €
ML LINEA 0,15 CM BLANCA REFLECTANTE	424	0,36 €	152,64 €
SEÑAL CIRCULAR CON POSTE 90CM CON POSTE	2	134,50 €	269,00 €
M2 FRESADO DE MARCAS VIALES EXISTENTES	95	22,88 €	2.173,60 €
		IVA	TOTAL PRESUPUESTO
		21%	3.181,03 €

Tabla 21. Estimación económica Escenario 3

Escenario 4			
Descripción	Unidades	Precio/unidad	Total
ML LINEA 0,10 CM AMARILLA REFLECTANTE	94,25	0,31 €	29,22 €
ML LINEA 0,15 CM BLANCA REFLECTANTE	450	0,36 €	162,00 €
SEÑAL CIRCULAR CON POSTE 90CM CON POSTE	3	134,50 €	403,50 €
M2 FRESADO DE MARCAS VIALES EXISTENTES	87	22,88 €	1.990,56 €
		IVA	TOTAL PRESUPUESTO
		21%	3.128,19 €

Tabla 22. Estimación económica Escenario 4

Escenario 5			
Descripción	Unidades	Precio/unidad	Total
ML LINEA 0,10 CM AMARILLA REFLECTANTE	72,5	0,31 €	22,48 €
ML LINEA 0,15 CM BLANCA REFLECTANTE	315	0,36 €	113,40 €
SEÑAL CIRCULAR CON POSTE 90CM CON POSTE	2	134,50 €	269,00 €
M2 FRESADO DE MARCAS VIALES EXISTENTES	66	22,88 €	1.510,08 €
m2 Desbroce y limpieza superficial de terreno desarbolado por medios mecánicos hasta una profundidad de 10 cm., con carga y transporte de la tierra vegetal y productos resultantes a vertedero o lugar de empleo.	105	0,18 €	18,90 €
u Desmonte de árbol. Parte aérea y tocón, incluso tala de ramas y troceado con medios mecánicos, carga y transporte de restos con camión.	2	29,45 €	58,90 €
m2 Arranque de pavimento asfáltico, con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor.	105	58 €	6.048,00 €
m2 Demolición de pavimento de hormigón, de hasta 10 cm de espesor y hasta 2 m de ancho, con compresor y carga sobre camión	105	53,56 €	5.623,80 €
m2 Demolición de pavimentos de baldosa hidráulica. incluida p.p. de bordillo de hormigón, realizada con martillo neumático, retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero, según NTE/ADD-10.	5	11,45 €	57,25 €
m Demolición de bordillo colocado sobre hormigón, con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor	140	35,12 €	4.916,80 €
m Demolición de rigola colocada sobre hormigón, con compresor y carga manual y mecánica de escombros sobre camión o contenedor	140	35,76 €	5.006,40 €
m2 Repicado de 10 cm de espesor medio para la regularización de superficies de pavimento asfáltico con medios mecánicos y carga mecánica de escombros sobre camión o contenedor	105	23,20 €	2.436,00 €
		IVA	TOTAL PRESUPUESTO
		21%	31.558,02 €

Tabla 23. Estimación económica Escenario 5

Escenario 6			
Descripción	Unidades	Precio/unidad	Total
ML LINEA 0,10 CM AMARILLA REFLECTANTE	217,5	0,31 €	67,43 €
ML LINEA 0,15 CM BLANCA REFLECTANTE	744	0,36 €	267,84 €
SEÑAL CIRCULAR CON POSTE 90CM CON POSTE	2	134,50 €	269,00 €
M2 FRESADO DE MARCAS VIALES EXISTENTES	38	22,88 €	869,44 €
		IVA	TOTAL PRESUPUESTO
		21%	1.783,18 €

Tabla 24. Estimación económica Escenario 6

## 15.- CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha presentado una propuesta real para la ciudad de Valencia, estableciendo las ya conocidas Zonas Adelantadas de Motos (ZAM). En él se ha pretendido seguir la políticas estratégicas relacionadas con la Movilidad Urbana Sostenible que llevan a cabo numerosas ciudades y países de todo el mundo con el fin de convertir las ciudades más limpias. Se ha introducido en primer lugar el estado de tráfico actual con los problemas existentes y la red viaria existente de la ciudad.

En el estudio se ha centrado en el uso de los vehículos motorizados de dos ruedas y se ha explicado cuales son los beneficios de este modo de transporte frente a otros. Se ha explicado el motosharing como un sistema de movilidad compartida que cada vez está más en auge y que contribuye plenamente con la Movilidad Urbana Sostenible.

Considerando lo ya comentado, se ha propuesto establecer las ZAM con carril de seguridad exclusivo para moto con el fin de garantizar la seguridad de los motoristas y de que la zona de parada (ZAM) realmente sea utilizada para su fin, ya que como se ha visto en otras ciudades, las ZAM carecen de carril y las motos no pueden acceder a la zona.

Se han propuesto 6 escenarios de los cuales 5 de ellos se han demostrado que son beneficiosos para la ciudad y además con esta medida se incentiva el uso de las motocicletas y ciclomotores. Por la simplicidad de las obras, como se ha visto en el apartado anterior, sería viable económicamente la implantación de cada propuesta en el escenario de estudio correspondiente.

¿Veremos pronto las ZAM en la ciudad de Valencia?

## 16.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ayuntamiento de Valencia, PMUS. Plan de Movilidad Urbana Sostenible de Valencia (2013)
- [2] A. Perona (11/2016), Plan de Movilidad Urbana de Vehículos Dos Ruedas Edición 2 (2016)
- [3] Ayuntamiento de Valencia (4/2019), Ordenanza de Movilidad (2019)
- [4] TomTom Traffic Index Ranking (2019). Obtenido de:  
[https://www.tomtom.com/es\\_es/](https://www.tomtom.com/es_es/)
- [5] Oficina Catalana de Canvi Climàtic (3/2011) Guía Práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (2011)
- [6] Serrano A. (4 de junio de 2019) Las Provincias. Obtenido de:  
<https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/atascos-crecen-valencia-20190605235105-ntvo.html>
- [7] Transportation Research Board (2016), Highway Capacity Manual 2016, National Research Council, Washington D.C.
- [8] Luttinen, R., y Nevala, R (2002), Capacity and Level of Service of Finnish Signalized Intersections, Finnra Repots 25/2002.
- [9] Ministerio de Fomento, Noma de carreteras 8.2-IC Marcas Viales, Gobierno de España. Orden de 16 de Julio de 1987.
- [10] American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO.
- [11] Stevens, C. Signals and Meters at Roundabouts. Texas Transportation Institute. Proceedings of the 2005 Mid-Continent Transportation Research Symposium, Aes, Iowa, August, 2005.
- [12] Bared, J., Edara, P. Simulated Capacity of Roundabouts and Impact or Roundabout Within a Progressed signalized Road. Transportation Research Board, National Research Council, 2010.
- [13] Darder Gallardo, V., Herce Vallejo, M. Funciones de las rotondas urbanas y requerimientos urbanísticos de organización. Universitat Politècnica de Catalunya. Departamento de Infraestructura del Transporte y del Territorio, abril 2005.
- [14] Hummer, J.E (1998). Unconventional left-turn alternatives for urban and suburban arterials – part one. ITE Journal (Institute of Transportaton Engineers).
- [15] Wang, X., y Abdel-Aty, M (2008). Modeling left-turn crash occurrence at signalized intersections by conflicting patterns. Accident Analysis and Prevention. 40(1). 76-88.

# ANEXOS

## Anexo I: Tiempo semafórico

Datos	GC E1	GC E2	GC E3	GC E4	GC E5	GC E6
Tiempo efectivo en verde (s)	86	60	45	47	63	80
Tiempo verde para peatones/ Fase roja vehículos (s)	34	60	75	73	57	40
C (s)	120	120	120	120	120	120

## Anexo II: Cálculos del nivel de servicio de la intersección semaforizada de cada escenario.

### Escenario 1. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	5333
So (vh/c)	1900
N (carriles)	3
Fw	0,96
Fhv	0,974538
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 62

%Vehiculos Pesados 2,6

% Motocicletas y ciclomotores 10,5

Capacidad	
c	3822
IMD (veh/día)	23723,35
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2373
g (s)	86
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,620879

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	2,20226
d1 demora uniforme (s/veh)	8,67811
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,16529
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,76782

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 2. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	6805
So (vh/c)	1900
N (carriles)	4
Fw	0,96
Fhv	0,975292
Fg	1
Fp	0,95625
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 74

%Vehiculos Pesados 2,5

% Motocicletas y ciclomotores 10,5

Distancia para calculo Nm 75

Longitud aparcamiento 1 coche (m) 5

Nm (Nº maniobras por hora) 15

Tiempo medio aparcados (60min)

Capacidad	
c (veh/h)	3403
IMD (veh/día)	29201
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2921
g (s)	60
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,85836

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	20,66497
d1 demora uniforme (s/veh)	26,27799
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,67
d2 (demora incremental) (s/veh)	3,058711

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
<b>C</b>	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 3. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	10730
So (vh/c)	1900
N (carriles)	6
Fw	0,96
Fhv	0,98039
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 50

%Vehiculos Pesados 2

% Motocicletas y ciclomotores 9,6

Capacidad	
c	4024
IMD (veh/día)	25147,5
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2515
g (s)	45
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,625

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	25,29328
d1 demora uniforme (s/veh)	30,61224
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,802
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,742262

Nivel De Servicio	
A	d<=10
B	10<dz=20
<b>C</b>	20<d<=35
D	35<d<=55
E	55<d<=80
F	d>80

## Escenario 4. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	8965
So (vh/c)	1900
N (carriles)	5
Fw	0,96
Fhv	0,982966
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 44

%Vehiculos Pesados 1,7

% Motocicletas y ciclomotores 11

Capacidad	
c	3512
IMD (veh/día)	25380,5
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2539
g (s)	47
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,72295

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	25,71714
d1 demora uniforme (s/veh)	30,97487
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,787534
d2 (demora incremental) (s/veh)	1,323373

Nivel De Servicio	
A	d<=10
B	10<d<=20
<b>C</b>	20<d<=35
D	35<d<=55
E	55<d<=80
F	d>80

## Escenario 5. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	7229
So (vh/c)	1900
N (carriles)	4
Fw	0,96
Fhv	0,990791
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 22

%Vehiculos Pesados 0,9

% Motocicletas y ciclomotores 9

Capacidad	
c	3796
IMD (veh/día)	23661,5
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2367
g (s)	63
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,623551

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	13,56717
d1 demora uniforme (s/veh)	20,12605
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,635263
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,78183

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
<b>B</b>	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 6. Estado actual

Intensidad de saturación	
s (v/h)	5413
So (vh/c)	1900
N (carriles)	3
Fw	0,96
Fhv	0,989091
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados	48
%Vehiculos Pesados	1,1
% Motocicletas y ciclomotores	10,6

Capacidad	
c	3609
IMD (veh/día)	43514,5
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	4352
g (s)	80
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	1,205874
x mín	1

Como  $X > 1$ , para el calculo de d usaremos 1

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	102,278
d1 demora uniforme (s/veh)	20
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,34
d2 (demora incremental) (s/veh)	95,47802

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Anexo III: Cálculos del nivel de servicio de la intersección semaforizada de cada escenario. Tras la propuesta.

### Escenario 1. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	5310
So (vh/c)	1900
N (carriles)	3
Fw	0,96
Fhv	0,97044
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 62

%Vehiculos Pesados 2,6

% Motocicletas y ciclomotores 14,2

Motos 337

Capacidad	
c	3806
IMD (veh/día)	23723
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2035
g (s)	86
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,534849

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	1,833
d1 demora uniforme (s/veh)	7,810
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,165
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,542

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 2. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	5006
So (vh/c)	1900
N (carriles)	3
Fw	0,96
Fhv	0,971322
Fg	1
Fp	0,941667
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 74

%Vehiculos Pesados 2,5

% Motocicletas y ciclomotores 14,2

Motos 414

Distancia para calculo Nm 75

Longitud aparcamiento 1 coche (m) 5

Nm (Nº maniobras por hora) 15

Tiempo medio aparcados (60min)

Capacidad	
c	2503
IMD (veh/día)	29201
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2506
g (s)	60
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	1,001337

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	38,43141
d1 demora uniforme (s/veh)	30,04016
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,67
d2 (demora incremental) (s/veh)	18,3045

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
<b>D</b>	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 3. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	8898
So (vh/c)	1900
N (carriles)	5
Fw	0,96
Fhv	0,977457
Fg	1
Fp	1
Fbb	0,998154
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 50

%Vehiculos Pesados 2

% Motocicletas y ciclomotores 13,8

Motos 347

Nb (Nº buses parando en 1h) 2,307692

Frecuencia de paso (min) 26

Capacidad	
c	3411
IMD (veh/día)	25148
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2168
g (s)	46
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,635603

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	24,89384
d1 demora uniforme (s/veh)	30,16672
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,794865
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,915375

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
<b>C</b>	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 4. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	7147
So (vh/c)	1900
N (carriles)	4
Fw	0,96
Fhv	0,979645
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados 44

%Vehiculos Pesados 1,7

% Motocicletas y ciclomotores 16,6

Motos 420

Capacidad	
c	2859
IMD (veh/día)	25381
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2118
g (s)	48
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,740709

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	25,71309
d1 demora uniforme (s/veh)	30,69417
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,78
d2 (demora incremental) (s/veh)	1,771631

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
<b>C</b>	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 5. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	7218
So (vh/c)	1900
N (carriles)	4
Fw	0,96
Fhv	0,98937
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados	22
%Vehiculos Pesados	0,9

% Motocicletas y ciclomotores	13,5
Motos	319

Capacidad	
c	3790
IMD (veh/día)	23662
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	2048
g (s)	63
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	0,540301

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	12,56202
d1 demora uniforme (s/veh)	18,8981
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,635263
d2 (demora incremental) (s/veh)	0,556756

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
<b>B</b>	$10 < d \leq 20$
C	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Escenario 6. Propuesta

Intensidad de saturación	
s (v/h)	5402
So (vh/c)	1900
N (carriles)	3
Fw	0,96
Fhv	0,98725
Fg	1
Fp	1
Fbb	1
Fa	1
Fw	1
FLT	1
FRT	1
FLpb	1
FRpb	1

Vehículos Pesados	48
%Vehiculos Pesados	1,1
% Motocicletas y ciclomotores	14,6
Motos	635

Capacidad	
c	3601
IMD (veh/día)	43515
Vaforo(flujo de demanda) (veh/h)	3717
g (s)	80
C (s)	120

Ciclo en horas	
T (h)	0,25

Proporción Volumen-Capacidad	
x	1,031987
x mín	1

Como  $X > 1$ , para el calculo de d usaremos 1

Demora	
d (demora de control) (s/veh)	30,84635
d1 demora uniforme (s/veh)	20
PF (Factor de ajuste de progresión)	0,34
d2 (demora incremental) (s/veh)	24,04635

Nivel De Servicio	
A	$d \leq 10$
B	$10 < d \leq 20$
<b>C</b>	$20 < d \leq 35$
D	$35 < d \leq 55$
E	$55 < d \leq 80$
F	$d > 80$

## Anexo IV. Alineamiento del TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de Naciones Unidas

**Relación del TFG “ESTUDIO PARA LA MEJORA DE LA MOVILIDAD URBANA EN LA CIUDAD DE VALENCIA: APLICACIÓN DE LAS ZONAS AVANZADAS DE MOTOS (ZAM) EN LAS VÍAS MÁS CONGESTIONADAS” con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030.**

Grado de relación del trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. <b>Fin de la pobreza.</b>				<b>X</b>
ODS 2. <b>Hambre cero.</b>				<b>X</b>
ODS 3. <b>Salud y bienestar.</b>				<b>X</b>
ODS 4. <b>Educación de calidad.</b>				<b>X</b>
ODS 5. <b>Igualdad de género.</b>				<b>X</b>
ODS 6. <b>Agua limpia y saneamiento.</b>				<b>X</b>
ODS 7. <b>Energía asequible y no contaminante.</b>		<b>X</b>		
ODS 8. <b>Trabajo decente y crecimiento económico.</b>			<b>X</b>	
ODS 9. <b>Industria, innovación e infraestructuras.</b>		<b>X</b>		
ODS 10. <b>Reducción de las desigualdades.</b>				<b>X</b>
ODS 11. <b>Ciudades y comunidades sostenibles.</b>	<b>X</b>			
ODS 12. <b>Producción y consumo responsables.</b>				<b>X</b>
ODS 13. <b>Acción por el clima.</b>		<b>X</b>		
ODS 14. <b>Vida submarina.</b>				<b>X</b>
ODS 15. <b>Vida de ecosistemas terrestres.</b>				<b>X</b>
ODS 16. <b>Paz, justicia e instituciones sólidas.</b>				<b>X</b>
ODS 17. <b>Alianzas para lograr objetivos.</b>				<b>X</b>

Descripción de la alineación del TFG/M con los ODS con un grado de relación más alto.

De acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, el presente trabajo de fin de grado tiene relación con 5 de los 17 objetivos marcados.

En primer lugar, el ODS 7. Energía asequible y no contaminante.

En el TFG que se presenta, se abarcan varias soluciones para llevar a cabo un sistema de transporte ecológico, impulsando el uso de vehículos de dos ruedas eléctricos. Este tipo de transporte no necesita ningún tipo de combustible para funcionar, ya que incorpora una batería y es recargable, tampoco genera CO<sub>2</sub>. También, el uso de vehículos de dos ruedas convencionales contribuyen a reducir las emisiones de óxido de nitrógeno y CO<sub>2</sub>.

El uso de ciclomotores y motocicletas también reduce las congestiones por lo que disminuye la contaminación en el aire y reduce el uso de combustibles y por tanto de energía.

El ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.

El tema que aborda el TFG no afecta directamente al crecimiento económico pero sí se contempla que con el uso de las motos compartidas “Motosharing” se promuevan políticas de desarrollo productivas favoreciendo la creación de empleo (nuevas empresas, con más motos compartidas y por lo tanto mayor personal de gestión de las mismas), el emprendimiento y la innovación.

El ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.

Con la creación de nuevo carriles exclusivos para motos se desarrollan infraestructuras fiables, sostenibles y que da lugar a mejoras de las técnicas de construcción de la calzada y su innovación para hacer que el carril se construya con materiales reciclables y no deslizantes.

ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.

De acuerdo con que el uso de las motocicletas favorecen la reducción de emisiones contaminantes y que el presente trabajo se intenta incentivar el uso de las motocicletas y ciclomotores, se pretende que la ciudad de Valencia sea una ciudad mucho más sostenible en la cual no se produzcan aglomeraciones y los tiempos de desplazamiento disminuyan considerablemente en las horas punta. De forma indirecta también se pretende que el uso de las motocicletas se haga de manera segura dedicando exclusivamente para ellas un carril moto. También se contribuye a reducir el impacto ambiental negativo y el número de accidentes.

ODS 13. Acción por el clima.

En relación al incremento del uso de motocicletas y ciclomotores en la ciudad de Valencia favorece a una economía verde, con un uso eficiente de los recursos, disminuyendo las emisiones de carbono y contribuyendo a una responsabilidad social que afectará positivamente al cambio climático.