

# ESTUDIO DE MEJORA DE LA CAPACIDAD Y FUNCIONALIDAD DE LA INTERSECCIÓN DE AV. CATALUÑA CON AV. PRIMADO REIG EN VALENCIA

---

Trabajo de Fin de Máster  
Máster en Transporte, Territorio y Urbanismo



Autor: Borja Santos Casanova

Tutor: Javier Soriano Ferriol

Curso: 2020/2021

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Antecedentes.....	11
2. Introducción .....	12
3. Objeto del estudio .....	13
4. Estado del arte.....	13
4.1. Semáforos.....	14
4.2. Tipos de movimientos .....	15
4.3. Capacidad de las intersecciones semaforizadas.....	16
4.3.1. Factores.....	17
4.4. Nivel de servicio .....	19
4.5. Método de la determinación de la capacidad y nivel de servicio en una intersección semaforizada .....	19
4.5.1. Determinación del grupo de movimientos y grupo de carriles .....	20
4.5.2. Determinación de la intensidad por grupo de movimientos .....	21
4.5.3. Determinación de la intensidad por grupo de carriles.....	22
4.5.4. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación.....	22
4.5.5. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde .....	30
4.5.6. Determinación de la duración de la fase .....	31
4.5.7. Determinación de la capacidad y la proporción volumen-capacidad .....	31
4.5.8. Determinación de la demora .....	32
4.5.9. Determinación del Nivel de Servicio.....	37
4. Definición e identificación del tramo y enlaces.....	38
5.1.- Características de la intersección semaforizada.....	38
5.1.1.- Caracterización del tramo .....	38
5.1.2.- Caracterización del transporte urbano .....	41
5.1.3.- Caracterización de la intersección semaforizada .....	43
5.2.- Toma de información .....	43
5.2.1.- Volumen y composición de los vehículos.....	44
5.2.2.- Volúmenes peatonales y ciclistas. ....	46
6.- Problemática de la intersección semaforizada .....	47
7. Definición del escenario futuro .....	48
7.1. Análisis socioeconómico .....	48
7.2.- Análisis de tráfico .....	52
7.3.- Crecimiento según Orden FOM/3317/2010 .....	55

---

7.4.- Conclusión.....	55
7. Análisis de la capacidad de la intersección en el escenario futuro mediante HCM 6.0 .....	56
7.1.- Parámetros de entrada.....	56
7.2.- Desarrollo de la metodología de HCM 6.0 .....	58
7.2.1. Determinación de los grupos de movimientos y grupo de carriles.....	58
7.2.2. Determinación de la intensidad por grupo de movimientos .....	58
7.2.3. Determinación de la intensidad por grupo de carriles.....	59
7.2.4. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación.....	59
7.2.5. Determinación de la duración de la fase del semáforo.....	59
7.2.6. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde .....	60
7.2.7. Determinación de la capacidad y la proporción volumen-capacidad .....	60
7.2.8. Determinación de la demora .....	61
7.2.9. Determinación del Nivel de Servicio.....	61
8. Determinación del problema de la intersección.....	63
9. Propuesta de alternativas para solucionar el problema.....	66
9.1. Alternativa 1: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Calle del Clariano.....	67
9.2. Alternativa 2: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña sentido norte (1 salida).....	69
9.3. Alternativa 3: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña en sentido norte (2 salidas).....	71
9.4. Alternativa 4: Glorieta.....	73
10. Selección de la alternativa optima y diseño.....	75
10.1. Análisis de capacidad .....	75
10.2. Análisis económico.....	78
10.2.1. Ahorro anual .....	78
10.2.2. Inversión .....	80
10.2.3. Amortización .....	80
10.3. Conclusión .....	80
11. Resultado de la alternativa seleccionada .....	82
11.1.- Desarrollo de la metodología de HCM 6.0.....	82
11.1.1. Determinación de los grupos de movimientos y grupo de carriles.....	82
11.1.2. Determinación de la intensidad por grupo de movimientos .....	83
11.1.2. Determinación de la intensidad por grupo de carriles.....	83
11.1.3. Determinación del ajuste de la intensidad de saturación.....	83
11.1.4. Determinación de la duración de la fase del semáforo.....	83

---

11.1.5. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde .....	84
11.1.6. Determinación de la capacidad y la proporción volumen-capacidad .....	84
11.1.7. Determinación de la demora .....	85
11.1.8. Determinación del Nivel de Servicio .....	85
12. Conclusiones .....	87
13. Bibliografía.....	88
ANEXO Nº1: CALCULOS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO .....	89
Estado actual.....	89
Alternativa 1: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Calle del Clariano.....	92
Alternativa 2: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña sentido norte (1 salida) .....	95
Alternativa 3: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña en sentido norte (2 salidas).....	98
Alternativa 4: Glorieta .....	101
ANEXO Nº2: ODS.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intensidades mínimas durante más de 8 horas para considerar la instalación de semáforos. Fuente: HCM 2016 .....	14
Tabla 2. Intensidades mínimas para que las demoras justifiquen la instalación de semáforos. Fuente: HCM 2016 .....	14
Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril. Fuente: HCM 2016 .....	23
Tabla 4. Niveles de Servicio para intersecciones semaforizadas. Fuente: HCM 2016.	37
Tabla 5. Evolución población del municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	48
Tabla 6. Evolución población de la provincia de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	49
Tabla 7. Paro registrado en el municipio de Valencia. Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal.....	50
Tabla 8. Número de empresas registradas en el municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	50
Tabla 9. Total de vehículos de motor del municipio de Valencia. Fuente: Dirección General de Tráfico. ....	51
Tabla 10. Parque de vehículos automóviles del municipio de Valencia 2015. Fuente: Dirección General de Tráfico. ....	51
Tabla 11. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - AV. CATALUÑA (De Rotonda a Primado Reig). Fuente: Elaboración propia. ....	53
Tabla 12. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - ACCESO BARCELONA (Entre Primado Reig y Blasco Ibáñez) Fuente: Elaboración propia.....	54
Tabla 13. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - PRIMADO REIG (Entre Doctor Gómez Ferrer y Av. Cataluña). Fuente: Elaboración propia. ....	54
Tabla 14. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - ACCESO BARCELONA (Entre V-21 y Av. Cataluña). Fuente: Elaboración propia. ....	54
Tabla 15. Incremento anual acumulativo. Fuente: Orden FOM/3317/2010 .....	55
Tabla 16. Parámetros de entrada. Fuente: Elaboración Propia. ....	57
Tabla 17. Proporción que llega durante la fase en verde para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia. ....	60
Tabla 18. Capacidad para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia. ....	60

---

Tabla 19. Proporción volumen-capacidad para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.....	60
Tabla 20. Demoras para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.....	61
Tabla 21. Niveles de Servicio para intersecciones semaforizadas. Fuente: HCM 2016. ....	62
Tabla 22. Nivel de servicio para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia. ....	62
Tabla 23. Ahorro anual Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 24. Ahorro anual Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 25. Ahorro anual Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.....	79
Tabla 26. Intensidad de saturación (s) para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia. ....	83
Tabla 27. Proporción que llega durante la fase en verde para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia. ....	84
Tabla 28. Capacidad para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	84
Tabla 29. Proporción volumen-capacidad para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia. ....	85
Tabla 30. Demoras para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	85
Tabla 31. Nivel de servicio para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia. ....	86

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos de movimientos permitidos en una intersección. Fuente: HCM 2016	16
Ilustración 2. Grupo de movimiento y grupo de carriles típicos. Fuente: HMC 2016....	21
Ilustración 3. Distritos de la ciudad de Valencia. Fuente: ValenciaBonita.....	38
Ilustración 4. Acceso a la ciudad de Valencia por el norte, V-21, y Av. Cataluña. Fuente: Propia.....	39
Ilustración 5. Vía principal de la Avenida Cataluña. Fuente: Google Maps.....	40
Ilustración 6. Vía de servicio de la Avenida Cataluña. Fuente: Google Maps.....	40
Ilustración 7. Avenida Primado Reig (sentido de entrada a la intersección). Fuente: Google Maps.....	41
Ilustración 8. Avenida Primado Reig (sentido de salida de la intersección). Fuente: Google Maps.....	41
Ilustración 9. Autobús de la línea 90 en la Avenida Primado Reig. Fuente: Google Maps.....	42
Ilustración 10. Recorrido de las líneas de autobuses EMT que circulan por la intersección. Fuente: EMT Valencia.....	42
Ilustración 11. Movimientos permitidos en la intersección semaforizada. Fuente: Google Maps.....	43
Ilustración 12. Volumen de vehículos, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.....	45
Ilustración 13. Ilustración 12. Volumen de bicis, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.....	47
Ilustración 14. Volumen de peatones, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.....	46
Ilustración 15. Congestión en Avenida Cataluña. Fuente: Propia.....	48
Ilustración 16. Volumen de tráfico para el año 2031. Fuente: Elaboración propia.....	56
Ilustración 17. Grupo de movimientos y grupo de carriles de la intersección semaforizada. Fuente: Elaboración propia.....	58
Ilustración 18. Intensidad de saturación (s) para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.....	59

---

Ilustración 19. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles. Fuente: Elaboración propia.....	62
Ilustración 20. Grupo de carriles 2. Fuente Propia.....	64
Ilustración 21. Grupo de carriles 1 y 2. Fuente: Propia.....	65
Ilustración 22. Grupo de carriles 5. Fuente: Propia.....	66
Ilustración 23. Entrada y salida del paso inferior de la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.....	68
Ilustración 24. Diseño de la intersección de la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 25. Diseño de la intersección de la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 26. Diseño de la intersección de la Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.....	72
Ilustración 27. Diseño de la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.....	74
Ilustración 28. Niveles de servicio de la alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 29. Niveles de servicio de la alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 30. Niveles de servicio de la alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.....	77
Ilustración 31. Niveles de servicio de la alternativa 4. Fuente: Elaboración propia.....	77
Ilustración 32. Diseño de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	81
Ilustración 33. Grupo de movimientos y grupo de carriles de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	82
Ilustración 34. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.....	86



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolución población del municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	49
Gráfico 2. Evolución población de la provincia de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	49
Gráfico 3. Paro registrado en el municipio de Valencia. Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal.....	50
Gráfico 4. Evolución del número de empresas registradas en el municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística. ....	51
Gráfico 5. PIB España. Fuente: Banco Mundial. ....	52

## RESUMEN

El presente estudio “Estudio de mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección de Av. Cataluña con Av. Primado Reig en Valencia” tiene por objeto solucionar la problemática existente en la intersección semaforizada entre la Avenida Cataluña y la Avenida Primado Reig.

En el estudio se parte de la toma de datos realizada en campo de forma manual en las franjas horarias de mayor tráfico de 08:00 a 09:00 de la mañana y por la tarde de 18:00 a 19:00 horas. Tras aplicar de la tasa de crecimiento correspondiente se define los datos de tráfico del escenario futuro para poder realizar el análisis de la intersección. Por medio del Highway Capacity Manual del año 2016 (HCM 6.0) se elabora el análisis de la capacidad y de los niveles de servicio de la intersección semaforizada, y se concluye el análisis identificando la problemática en vistas al futuro.

Para solucionar los problemas detectados se plantean diferentes actuaciones que mejoran la capacidad y funcionalidad de la intersección, proponiendo medidas con pasos inferiores, cambios en el diseño de la intersección y la ejecución de una glorieta. Con el fin de seleccionar la alternativa más óptima, se lleva a cabo un análisis de capacidad, mediante el HCM 6.0, y un análisis económico, para determinar la amortización de la inversión. De estos análisis se determina la propuesta más óptima y más viable a implantar, dando por concluido el estudio.



## 1. ANTECEDENTES

El presente estudio “Estudio de mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección de Av. Cataluña con Av. Primado Reig en Valencia” se presenta como Trabajo de Fin de Máster elaborado por el alumno Borja Santos Casanova y tutelado por Javier Soriano Ferriol, profesor del departamento de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos.

Este Trabajo de Fin de Máster se engloba dentro de la tipología trabajo de orientación profesional.

## 2. INTRODUCCIÓN

El estudio se centra en el análisis de la intersección semaforizada que se encuentra localizada en la Avenida de Cataluña con la Avenida Primado Reig.

En general se consideran intersecciones semaforizadas a aquellas que están reguladas permanente o mayoritariamente por sistemas de luces que establecen las prioridades de paso por la intersección.

La semaforización puede suponer un instrumento primordial para la reducción de la congestión y la mejora de la seguridad, así como una medida que, de apoyo a las diferentes estrategias de transporte dentro de la ciudad, como puede ser la promoción del transporte público, el reforzamiento de la jerarquía viaria y la potenciación de los peatones y ciclistas.

Este tipo de intersección son las más empleadas en el ámbito urbano, ya que proporcionan al usuario unas pautas simples y universales a seguir. Son zonas donde se produce un mayor conflicto entre los diferentes usuarios y es por ello, que es necesario llevar a cabo la regulación por medio de los semáforos. Se aconsejan a partir de ciertos umbrales de intensidad donde ya las intersecciones sin regulación muestran incapacidad.

A modo de referencia se recomienda el uso de la semaforización en las intersecciones cuando las intensidades de las vías que se interseccionan son del orden de 300 vehículos por hora en cada una, o de 500 vehículos en la vía principal y 100 en la secundaria.

La semaforización se emplea fundamentalmente en aquellas intersecciones donde existe mala visibilidad y con la que se pretende conseguir una buena fluidez del tráfico. Además, también se emplea como un elemento que es capaz de contener la velocidad de los vehículos.

Este sistema de regulación está especialmente indicado a su vez para redes donde existe una alta frecuentación peatonal y ciclista, y se le quiere otorgar prioridad de paso. A su vez estos sistemas dotan prioridad al transporte colectivo, cuando estos tienen reservado una banda de espacio para su circulación, como puede ser los carriles bus u otros tipos de sistemas de transporte urbano como el tranvía o el metro ligero.

### Problemática de congestión

La capacidad y los niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas dependen de diversos factores, de los que cabe destacar el propio diseño geométrico de la intersección, el comportamiento de los conductores, las características del tráfico y la interacción de los diferentes usuarios.

Las intersecciones son eficientes cuando la distribución de los orígenes y destinos están uniformemente repartida por las diferentes patas que componen la intersección, es decir, la demanda de tráfico es similar. El problema se origina cuando los flujos de tráfico se descompensan provocando que el funcionamiento de la intersección semaforizada sea admisible cuando la demanda en general sea baja. Si la demanda es intermedia se puede llegar incluso a la congestión, al presentar una importante descompensación en las entradas, sin alcanzar grandes volúmenes de tráfico.

Por lo tanto, nos podemos encontrar con intersecciones en servicio que llegan a la saturación ya sea por la descompensación del tráfico o por la alta demanda existente.

## **3. OBJETO DEL ESTUDIO**

El presente estudio tiene por objeto el análisis de la capacidad de la intersección de la Av. Cataluña con la Av. Primado Reig localizada en la ciudad de Valencia, para poder implementar una alternativa que optimice y mejore la circulación cumpliendo con las exigencias del escenario futuro. A su vez, se pretende mejorar la seguridad vial en la intersección y reducir los tiempos de viaje para los usuarios.

El análisis se realiza mediante la aplicación del Highway Capacity Manual del año 2016 (HCM 6.0).

## **4. ESTADO DEL ARTE**

Una intersección es un nudo en el que todos los movimientos que se realizan se llevan a cabo al mismo nivel. La intersección que se procede a analizar es semaforizada, es decir, que los movimientos que se realizan están regulados, como ya se ha dicho anteriormente, por un sistema de luces que establecen las prioridades de paso.

## 4.1. SEMÁFOROS

El elemento fundamental para llevar a cabo la regulación del tráfico en toda intersección semaforizada es el semáforo. Estos dispositivos controlan el tráfico y asignan de forma secuencial el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en una intersección.

Se recomienda la instalación de semáforos cuando se exceden simultáneamente y durante al menos 8 horas en un día medio de las intensidades indicadas en la siguiente tabla.

N.º de carriles en cada acceso		Intensidad horaria en la calle principal (Total ambos sentidos) (v/h)	Intensidad horaria en el acceso más cargado de la vía secundaria (un sentido) (v/h)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Tabla 1. Intensidades mínimas durante más de 8 horas para considerar la instalación de semáforos. Fuente: HCM 2016

Si la calle secundaria no alcanza las intensidades indicadas puede que se produzcan demoras o incluso se vea obligado a cruzar con peligro. Es por ello por lo que, si no se altera gravemente el tráfico en la vía principal, se recomienda la instalación de semáforos si se exceden los valores de intensidad indicados en la tabla siguiente.

N.º de carriles en cada acceso		Intensidad horaria en la calle principal (Total ambos sentidos) (v/h)	Intensidad horaria en el acceso más cargado de la vía secundaria (un sentido) (v/h)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Tabla 2. Intensidades mínimas para que las demoras justifiquen la instalación de semáforos. Fuente: HCM 2016

Atendiendo a los peatones los semáforos deben instalarse cuando se superen las siguientes condiciones durante 8 horas cualesquiera de un día normal.

- a) 600 vehículos por hora en total en ambos sentidos.
- b) 150 peatones por hora.

Otros aspectos para tener en cuenta y que afectan a la circulación son el plan de fases, la asignación de tiempos en verde, la duración del ciclo, los tipos de movimientos permitidos, etc.

A continuación, se definen una serie de conceptos básicos de la semaforización.

- **Ciclo:** Tiempo transcurrido desde el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de dicha situación después de realizarse una secuencia de maniobra completa en los semáforos conectados al mismo regulador.
- **Fase:** Cada una de las divisiones del ciclo durante la cual la configuración de colores de todos los grupos semafóricos permanece invariable.
- **Despeje:** Tiempo necesario para que los vehículos que han accedido a la intersección salgan de esta zona y la dejen libre.
- **Reparto de ciclo:** La división del tiempo del ciclo entre cada una de las fases que integran la estructura de regulación propia del plan de tráfico operativo.

## 4.2. TIPOS DE MOVIMIENTOS

Para determinar la capacidad de la intersección semaforizada, no solo hay que tener en cuenta la asignación de la fase en verde, se debe considerar los movimientos permitidos en cada una de las fases.

Por tanto, es imprescindible conocer los tipos de movimientos que se posibilitan dentro de una intersección.

- **Giros de paso:** en este tipo de movimiento no se genera ningún tipo de conflictos, el vehículo se incorpora a la intersección y continua con su movimiento inicial.
- **Giros permitidos:** el vehículo se incorpora a la intersección y atraviesa un flujo vehicular en sentido contrario, un ejemplo son los giros a izquierdas permitidos. Otro ejemplo es en los giros a derechas cuando el vehículo se dispone a cruzar un flujo peatonal o ciclista.
- **Giros protegidos:** los vehículos no presentan ningún tipo de impedimento vehicular, peatonal o ciclista a la hora de realizar la maniobra. Debido a que, el vehículo tiene una fase exclusiva para realizar el movimiento, como puede ser en los giros a izquierda cuando se dispone de una flecha verde para la realización del movimiento, o en el caso de giros a derecha cuando se prohíbe el cruce de peatones y ciclistas.

- Giros sin oposición: en este tipo de movimiento no es necesario que el vehículo tenga una fase exclusiva para realizar la maniobra, debido a la propia configuración de la intersección o a la interferencia con el tráfico de paso. Esto se puede ver en calles de un único sentido o en intersecciones en T que operan con dos fases separadas para cada dirección.

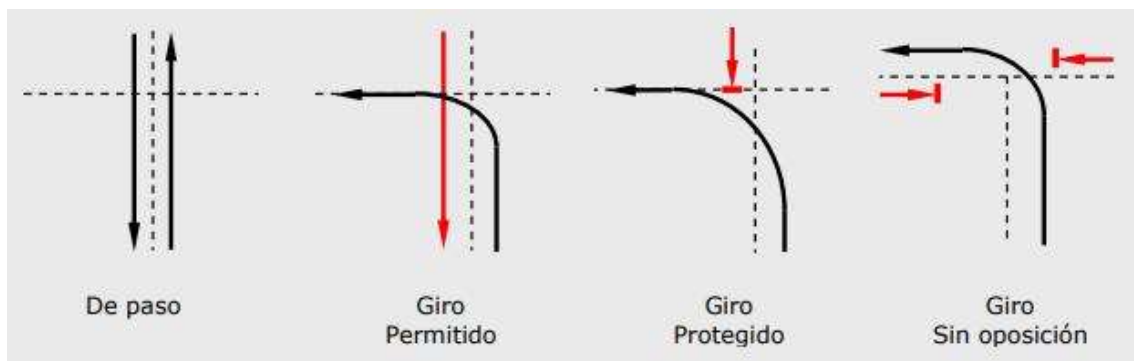


Ilustración 1. Tipos de movimientos permitidos en una intersección. Fuente: HCM 2016

### 4.3. CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

La capacidad de una intersección semaforizada se define como el número máximo de vehículos que pueden cruzar la intersección en un periodo de tiempo determinado, de acuerdo con las características del tráfico, de la vía y de la regulación semafórica establecida.

Para determinar la capacidad de la intersección se aplica el Highway Capacity Manual del año 2016 (HCM 6.0). Hay que tener en cuenta que la capacidad se estudia por separado, es decir, se obtiene la capacidad de cada acceso y no la de la intersección en su conjunto. Además, no se tiene en cuenta:

- El efecto de situaciones de congestión calle abajo de la intersección ni la afección a arriba
- El efecto de desbordamiento de los carriles de giro sobre el tráfico de paso
- Los giros a derecha sin semáforo
- Las vías férreas

La capacidad nos dará el nivel de eficiencia que tiene la intersección semaforizada, que, junto al flujo vehicular existente, nos permiten obtener el nivel de servicio para poder establecer medidas que solucionen, si es el caso, los problemas existentes.



### 4.3.1. Factores

El HMC tiene en cuenta una serie de factores fundamentales para poder definir la capacidad de una intersección y su comportamiento. Entre estos factores se encuentran:

#### Factores relacionados con la geometría de la vía:

Dentro de estos factores se encuentra la anchura del carril, un factor muy predominante a la hora de obtener la capacidad de la intersección. Se debe tener en cuenta la delimitación de carriles, puesto que, si no existe, se pueden formar más filas que las definidas por las propias marcas viales. Otro factor que tiene una gran influencia es la inclinación de la rasante, puesto que puede dificultar o favorecer los movimientos permitidos en la intersección.

#### Factores con la composición del tráfico:

La intensidad de tráfico pesado es un factor determinante y hay que tenerlo en cuenta, ya que, este tipo de vehículo es más lento y voluminoso, y sus movimientos están más restringidos. Además, se debe estudiar la presencia de autobuses, puesto que, aparte de ser considerados vehículos pesados, si existiese paradas de autobuses cerca se puede ver condicionada la capacidad de la intersección por la bajada y subida de los usuarios.

#### Factores relacionados con la maniobra de giro:

Los usuarios de una intersección semaforizada tienen una serie de maniobras posibles en función de la señalización, generalmente son de giro a derecha, giro a izquierda o continuar en la misma dirección. Un factor a tener en consideración son los giros a derecha y a izquierdas permitidos, que harán que la capacidad de la intersección disminuya o aumente. En este tipo de maniobras la prioridad la tienen los peatones, por lo que la capacidad se verá reducida. Por lo tanto, hay que hacer un estudio que justifique aquella maniobra que será exclusiva o no, para proporcionar a la intersección de una mayor capacidad.

#### Factores relacionados con el estacionamiento:

La presencia de estacionamientos en la intersección influye de forma considerable en la capacidad, puesto que, repercute en la anchura eficaz de los accesos y retrasa la circulación de los vehículos, debido a las maniobras que se pueden dar en el estacionamiento. Este factor reduce de forma notable la capacidad de la intersección semaforizada.

### Factores relacionados con la hora punta:

El mayor flujo de vehículos en la intersección se produce en la hora punta que es el momento más crítico que se nos va a presentar, por lo que, es necesario tener en cuenta este factor que se define 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 Highway Capacity Manual nos dice que el factor es de aplicación cuando se afore la intensidad de la hora punta y no la intensidad de los quince minutos más cargados, debido a que el manual los criterios de nivel de servicio que se adoptan se refieren a este. El manual establece valores comprendidos entre 0,75 y 0,90 para zonas urbanas, considerando como valor medio 0,85.

### Factores relacionados con la situación de la intersección

Donde se encuentre localizada la intersección dentro de la ciudad es otro factor de gran importancia, puesto que, a efectos de tráfico no supone lo mismo. Se diferencian cuatro zonas:

Zona centro: zona de comercios y negocios donde se produce un gran movimiento de peatones, una alta demanda de estacionamiento, y una frecuencia considerable de carga y descarga de mercancías.

Zona intermedia: en las cercanías de la zona centro, en donde la mayoría de su tráfico no tiene origen ni destino dentro de la zona, se mezclan actividades comerciales y de negocios con zonas residenciales. Existe una presencia moderada de peatones.

Zona de centro periférico: presenta características muy similares a la zona centro, pero con una menor intensidad, ya que el tráfico que afecta a esta zona es de paso que coexiste con el propio de la zona.

Zona residencial: el uso primordial es residencial, por lo que, el flujo peatonal es menor y no existe una gran demanda de estacionamiento.

#### 4.4. NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio es una medida cualitativa de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico. Esta medida se determina a partir de variables como la densidad, la velocidad media de recorrido, el porcentaje de tiempo perdido en cola o la demora.

La obtención de los niveles de servicio en intersecciones semaforizadas se realiza en base a la demora media. Este concepto representa el aumento del tiempo de viaje en relación con la condición no controlada.

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

La metodología para la obtención de la capacidad y el nivel de servicio de una intersección semaforizada se encuentra recogida en el HCM 6.0 en el capítulo 19 del volumen 3 correspondiente a las intersecciones semaforizadas, donde también se recogen una serie de medidas de actuación, que son base para poder identificar con mayor rapidez el origen de los problemas, además de, proporcionarnos información sobre las posibles mejoras.

En la metodología que recoge el manual de capacidad se diferencian tres tipos de análisis, operacional, de diseño y de planificación e ingeniería preliminar.

Análisis operacional: el análisis más detallado, donde se requiere de información de tráfico, condiciones geométricas y condiciones de señalización.

Análisis de diseño: se requiere también de información detallada acerca del tráfico, condiciones geométricas y de señalización. En este análisis se pretende determinar valores razonables para condiciones no previstas.

Análisis de planificación e ingeniería preliminar: se requiere únicamente de información analista, y los demás valores se toman por defecto.

El periodo de análisis de la intersección se define como el intervalo de tiempo representado por la evaluación de actuación. Este está compuesto de uno o varios periodos, siendo un periodo de análisis el intervalo de tiempo que se evalúa para una sola aplicación de la metodología descrita.

El procedimiento supone que las condiciones de tráfico son constantes en el periodo de análisis, y, por lo tanto, el cambio sistemático en el tiempo es despreciable. El periodo debe variar entre 0,25 y 1 hora, debido a que si es superior las condiciones de tráfico

tienden a ser inestables. Cabe destacar que uno de los enfoques que más se emplean se basa en la evaluación del número de vehículos en los 15 minutos más cargados durante el periodo de análisis, siendo este de 0,25 horas.

Por lo tanto, el factor de hora punta se define como la relación entre la intensidad horario de la hora punta y cuatro veces la intensidad del cuarto de hora más cargado de esta hora punta.

Para la determinación de la capacidad y el nivel de servicio en una intersección semaforizada se contemplan un total de 9 pasos necesarios para obtener las medidas de actuación convenientes. A continuación, se describen cada uno de ellos de forma detallada.

#### **4.5.1. Determinación del grupo de movimientos y grupo de carriles**

Para obtener la capacidad de una intersección semaforizada es necesario en primer lugar determinar el grupo de movimientos y el grupo de carriles. Los grupos de movimientos son de gran utilidad para establecer los datos de entrada mientras que los grupos de carriles los son para la descripción de los cálculos asociados con la metodología a emplear.

En la determinación de los grupos de movimientos de una intersección semaforizada se siguen una serie de reglas que se describen a continuación:

- Debe ser designado como grupo de movimiento un movimiento de giro atendido por uno o más carriles exclusivos y carriles no compartidos.
- Los carriles no asignados a un grupo deben combinarse en un grupo de movimiento

Estas reglas nos permiten designar de uno a tres grupos de movimientos para cada aproximación. Además, se debe tener en cuenta que un grupo de movimiento puede incluir una o más calles.

Con respecto a los grupos de carriles se puede incluir uno o más carriles y las reglas que se emplean para su determinación son las siguientes:

- Un carril o carriles exclusivos de giro a izquierda deben ser designados como un grupo de carriles. De igual manera ocurre con un carril exclusivo de giro a la derecha.
- Cualquier carril compartido debe ser designado como un grupo de carriles separado.

- Los carriles que no sean exclusivos para realizar giros o compartidos deben combinarse en un grupo de carriles.

Estas reglas dan como resultado la designación de una o más de las siguientes posibilidades de grupo de carriles:

- Carril o carriles exclusivos de giro a izquierda.
- Carril o carriles exclusivos de movimiento de frente.
- Carril o carriles exclusivos de giro a derecha.
- Carril compartido de movimiento de frente y de giro a izquierda.
- Carril compartido de giro a izquierda y a derecha.
- Carril compartido de movimiento de frente y de giro a derecha.
- Carril compartido de giro a derecha, giro a izquierda y movimiento de frente.

La metodología se puede aplicar a cualquiera de las combinaciones mencionadas. En la siguiente tabla se recogen los grupos de movimientos y de carriles más habituales que emplean en el análisis.

Number of Lanes	Movements by Lanes	Movement Groups (MG)	Lane Groups (LG)
1	Left, through, and right:	MG 1:	LG 1:
2	Exclusive left: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
2	Left and through: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Ilustración 2. Grupo de movimiento y grupo de carriles típicos. Fuente: HMC 2016.

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

En este paso se obtiene las intensidades de cada grupo de movimientos. Si un movimiento de giro se lleva a cabo por uno o varios carriles exclusivos, la intensidad de movimientos se asigna a un grupo de movimientos.

La intensidad de giros a derecha en rojo se resta de la intensidad de giro a derecha, independientemente de si el giro se produce desde un carril compartido o exclusivo. El número de giros a derecha en una intersección existente debe de ser obtenido mediante la observación en campo.

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

Si no existe carriles compartidos en la intersección o tiene solo un carril, hay una correspondencia exacta entre el grupo de carriles y el grupo de movimientos, por lo tanto, la intensidad del grupo de carriles es igual a la intensidad del grupo de movimientos.

Si, por lo contrario, hay uno o varios carriles compartidos en la intersección y dos o más carriles, la intensidad por grupo de carriles se basa en el deseo que tengan los conductores en elegir aquel carril que minimice el tiempo de servicio. Para ello, se utiliza la intensidad de saturación para estimar las diferencias relativas en ese momento entre los diferentes carriles.

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

La intensidad de saturación ajustada para cada carril de cada grupo de carril es obtenida por medio de este paso. La intensidad de saturación base se proporciona como entrada para el cálculo, que, tras la aplicación de varios factores según las condiciones específicas de la intersección proporciona la intensidad de saturación ajustada.

La siguiente ecuación es aplicada a los grupos de carriles con carriles exclusivos sin la interacción con los peatones o los ciclistas.

$$s = s_0 \cdot f_W \cdot f_{HVg} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \cdot f_{wz} \cdot f_{ms} \cdot f_{sp}$$

donde,

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

$f_W$  = factor de ajuste por ancho de carril

$f_{HVg}$  = factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente

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

$f_{bb}$  = factor de ajuste por bloqueo por buses que se detienen en la zona

$f_a$  = factor de ajuste por tipo de zona

$f_{LU}$  = factor de ajuste por uso de los carriles

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

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

$f_{Lpb}$  = factor de ajuste en los giros a izquierda por cruce de peatones y ciclista

$f_{Rpb}$  = factor de ajuste en los giros a derecha por cruce de peatones y ciclistas

$f_{wz}$  = factor de ajuste por obras en la vía

$f_{ms}$  = factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo

$f_{sp}$  = factor de ajuste por atascos continuos aguas abajo

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

Los cálculos parten de la intensidad de saturación base que representa la intensidad media esperada en un carril con unas condiciones geométricas y de tráfico que corresponden a un valor 1,0 para cada factor de ajuste. Este valor de intensidad es de 1900 vehículos por hora y por carril.

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

Este factor tiene en cuenta el impacto que tiene el ancho de carril en la intensidad de saturación. Cuando los carriles son estrechos la intensidad disminuye y, por lo contrario, cuando se presentan carriles anchos en la intersección la intensidad aumenta. A continuación, se muestran los factores de ajuste según el ancho del carril.

Ancho de carril (metros)	Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ )
$\leq 3$	0,96
3 - 3,92	1
$\geq 3,92$	1,04

*Tabla 3. Factor de ajuste por ancho de carril. Fuente: HCM 2016*

Si el ancho de carril es superior a 4,8 metros el análisis debe de ser realizado con dos carriles estrechos. El uso de estos carriles dará lugar a una mayor intensidad que si se utiliza un único carril. Además, si el ancho es inferior a 2,4 metros este factor no se ha de calcular.

### *Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente ( $f_{HVg}$ )*

El factor tiene en cuenta el efecto combinado de los vehículos pesados y la pendiente de aproximación. La componente de los vehículos pesados atiende al espacio que es ocupado por dicho vehículo, así como las diferencias en sus capacidades operativas que estos tienen en comparación con los turismos. Por otro lado, la componente de la pendiente tiene en cuenta los efectos de la propia pendiente en el rendimiento de los vehículos. Una pendiente ascendente tiene un valor positivo y una pendiente descendente tiene un valor negativo.

Si la pendiente es negativa, el factor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$F_{HVg} = \frac{100 - 0,79 \cdot P_{HV} - 2,07 \cdot P_g}{100}$$

Si la pendiente es positiva, entonces el factor se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_{HVg} = \frac{100 - 0,78 \cdot P_{HV} - 0,31 \cdot P_g^2}{100}$$

donde

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

$P_g$ = pendiente de aproximación al cruce

Este factor únicamente se aplica cuando el porcentaje de vehículos pesados es inferior al 50% y las pendientes están entre el -4,0% a +10,0%. El factor no tiene en cuenta los autobuses que para en las inmediaciones de la intersección.

### *Factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento ( $f_p$ )*

El factor tiene en cuenta el efecto de fricción de un carril de estacionamiento sobre el flujo en el grupo de carriles adyacente. A su vez tiene en cuenta el bloqueo ocasional del carril adyacente debido al bloqueo ocasional por los vehículos que entran y salen de las plazas de aparcamiento. Si no existen estacionamientos, el factor tiene un valor de 1,00 y si existe el factor se calcula por medio de la siguiente expresión:

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



donde

$N_m$  = número de maniobras de estacionamiento adyacente al grupo de carriles  
(maniobras/h)

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

La tasa de maniobras de estacionamiento corresponde a las áreas de estacionamiento directamente adyacente al grupo de carriles y dentro de 75 metros aguas arriba de la línea de detección. La expresión se limita a 180 maniobras/h y el valor mínimo del factor es de 0,050. Además, se supone que cada maniobra de estacionamiento bloquea al tráfico durante 18 segundos.

*Factor de ajuste por bloqueo por buses que se detienen en la zona ( $f_{bb}$ )*

Tiene en cuenta el impacto que tiene los autobuses en el tránsito vehicular a la hora de descargar o recoger pasajeros en la parada de autobús si esta se encuentra dentro de 75 metros a partir de la línea de parada (aguas arriba o aguas abajo). Los valores del factor se obtienen por medio de la siguiente ecuación.

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

donde

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

$N_b$  = número de autobuses que paran en 75 metros aguas arriba o aguas abajo.

Se establece un límite de 250 autobuses/hora.

El factor únicamente se emplea cuando los autobuses que se detienen bloquean el flujo vehicular en el grupo de carriles en cuestión. Se supone un tiempo de bloqueo de 14,4 segundos durante una fase en verde.

*Factor de ajuste por tipo de zona ( $f_a$ )*

Este factor de ajuste tiene en cuenta la ineficiencia de las intersecciones según donde estas estén ubicadas. Las intersecciones localizadas en zonas de comercios o negocios presentan generalmente problemas de congestión por el tipo de entorno en comparación con otro tipo zonas, es por esto por lo que para este tipo de zonas el factor adoptado es de 0,90 y para el resto de las zonas es de 1,0.

### *Factor de ajuste por uso de los carriles ( $f_{LU}$ )*

El factor por uso de los carriles es empleado 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 el valor del factor es 1,0, también cuando no hay variación en la distribución del tráfico entre los carriles de un mismo grupo. Si no se dan ningún de estos casos, el factor se obtiene por medio de la siguiente formulación:

$$F_{LU} = \frac{v_g}{N \cdot v_{g1}}$$

donde

$v_g$  = volumen de tráfico del grupo de carriles

$N$  = número de carriles del grupo

$v_{g1}$  = volumen de tráfico del carril más cargado

### *Factor de ajuste por giros a izquierda en un grupo de carriles ( $f_{LT}$ )*

Tiene por objeto reflejar el efecto de la geometría en la trayectoria de giro a izquierda en la intensidad de saturación. Su valor es calculado por medio de la siguiente ecuación.

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

donde

$E_L$  = equivalente de vehículos que giran a la izquierda en modo protegido. Su valor es de 1,05. En carriles compartidos o único, es 0,85 y carriles dobles es de 0,75.

Si el movimiento de giro a izquierda comparte carril con otro movimiento el valor del factor cambia y se obtiene por otro método. El efecto que tiene los peatones y los ciclistas en la intensidad de saturación en los giros a izquierda es considerado en un factor de ajuste separado.

### *Factor de ajuste por giros a derecha en un grupo de carriles ( $f_{RT}$ )*

Este factor tiene como principal objetivo mostrar el efecto que tiene la geometría en las trayectorias de giro a derecha en la intensidad de saturación. El valor de este factor se obtiene por medio de la siguiente expresión.

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

donde

$E_R$  = equivalente de vehículos que giran a la derecha en modo protegido. Su valor es de 1,18. En carriles compartidos o único, es 0,95 y carriles dobles es de 0,92.

Si el movimiento de giro a derecha comparte un carril con otro tipo de movimiento posible el factor es calculado por otro método. El efecto que tiene los peatones y los ciclistas en la intensidad de saturación en los giros a derecha es considerado en un factor de ajuste separado.

*Factor de ajuste por cruce de peatones y ciclista ( $f_{Lpb}$ ,  $f_{Rpb}$ )*

Para poder obtener el factor de ajuste por cruce de peatones y ciclistas, tanto en giro a derecha como en giro a izquierda, se tiene que calcular en primer lugar el promedio de ocupación por los peatones y los ciclistas en la zona de conflicto. En segundo lugar, la ocupación de la zona de conflicto y, por último, el factor de ajuste.

1. Determinar la ocupación promedio de peatones

Para su determinación es necesario conocer el flujo de peatones en la fase en verde mediante la siguiente expresión:

$$V_{pedg} = V_{ped} \cdot \left(\frac{c}{g_p}\right) \leq 5000$$

donde

$V_{pedg}$  = flujo de peatones en 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 inferior a 1000 p/h, la ocupación de peatones se obtiene con la siguiente expresión.

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

donde

$OCC_{pedg}$  = ocupación de peatones (p/h)

Sin embargo, si el flujo de peatones es superior a 1000 p/h, la ocupación se calcula de la siguiente forma.

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

## 2. Determinar la ocupación promedio de ciclistas

De igual manera para determinar la ocupación promedio de los ciclistas primero se obtiene el flujo de ciclistas durante la fase en verde por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{bicg} = V_{bic} \cdot \left(\frac{c}{g}\right) \leq 1900$$

donde

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

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

$c$  = ciclo (s)

$g_p$  = tiempo efectivo de verde (s)

Obtenido el flujo de ciclistas se puede calcular el promedio de ocupación de ciclistas con la siguiente fórmula:

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

donde

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

## 3. Determinar las zonas de conflicto ocupacional relevante

Para poder determinar los factores de ajuste para movimientos de giros a derecha sin interferencia de ciclistas o para movimiento de giro a izquierda para una calle de un sentido, es necesario el previo cálculo de la zona de conflicto ocupacional relevante.

La zona de conflicto ocupacional relevante tiene parte de que el cruce de peatones se realiza durante el período de tiempo asociado a ( $g_{ped}$ ) y que los peatones no cruzan

durante el período de fase verde ( $g - g_{ped}$ ) cuando exista este período de tiempo. Esta zona de conflicto ocupacional relevante ( $OCC_T$ ) se calcula de la siguiente manera

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

Con respecto a los movimientos de giro a derecha, teniendo en cuenta los movimientos de peatones y ciclistas, la zona de conflicto ocupacional relevante es obtenida con la siguiente expresión:

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

#### 4. Determinar el factor de ajuste

Para la determinación de estos factores, previamente hay que determinar los factores de ajuste para movimientos de giro en la fase permitida de peatones y ciclistas ( $A_{pbT}$ ). Además, hay que tener en cuenta si existen vehículos que realizan maniobras de giros desde carriles exteriores donde no están permitidos los giros o existe algún tipo de obstáculo, como podría ser el estacionamiento de vehículos en doble fila que no permiten llevar a cabo la maniobra. Esto se debe realizar mediante observaciones de campo.

Es por ello, que se diferencian dos casos:

Si el número de carriles receptores es igual al número de carriles de giro, los vehículos que realizan el giro pueden maniobrar esquivando de alguna manera a los peatones y ciclistas. Por lo que, el factor de ajuste viene siendo la proporción del tiempo que la zona de conflicto está libre.

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

En cambio, si el número de carriles receptores es mayor al número de carriles de giro, los vehículos presentan menos problemas para realizar el movimiento y se disminuye a su vez el efecto que este factor tiene sobre la intensidad de saturación. El factor se obtiene con la siguiente expresión:

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

Estos factores se basan en los efectos que tienen los peatones y ciclistas sobre la intensidad de saturación en aquellos vehículos que giran, teniendo en cuenta las características del tráfico, así como la proporción en la fase protegida.

Para los giros a derecha en un carril exclusivo el factor de ajuste por cruce de peatones o ciclistas es el siguiente:

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

En cambio, cuando se realizan un movimiento de giro a izquierda de peatones o ciclistas en una calle de un único carril se tiene que:

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

#### *Factor de ajuste por obras en la vía ( $f_{wz}$ )*

Se emplea para tener en consideración el efecto que tiene una zona de obras en la intensidad de saturación. Este factor únicamente se emplea cuando la zona de obra se encuentra entre la línea de detención y 75 metros aguas arriba de la línea. El procedimiento para obtener el valor de este factor de ajuste se encuentra recogido en la sección 2 del capítulo 31. El factor tiene un valor de 1,0 si no existe ninguna zona de obras.

#### *Factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo ( $f_{ms}$ )*

Tiene en cuenta de un carril aguas debajo de la intersección en cuestión. Este cierre puede estar asociado a zonas de obras o a algún evento en especial. El factor solo es empleado en los grupos de carriles que entran en el segmento en el que está el cierre. El procedimiento para obtener el valor de este factor se encuentra recogido en la sección 3 del capítulo 31. El factor tiene un valor de 1,0 si no hay bloqueo de carril aguas abajo.

#### *Factor de ajuste por atascos continuos aguas abajo ( $f_{sp}$ )*

Este factor de ajuste se efectúa para evaluar el efecto que tienen los atascos aguas abajo de las intersecciones. Cuando se produce el atasco se reduce la intensidad de saturación de los grupos de carriles aguas arriba. El procedimiento se describe en la sección 3 del capítulo 29. El factor tiene un valor de 1,0 si no se produce ningún atasco continuo.

#### **4.5.5. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde**

El tamaño de la cola en una intersección señalizada depende en gran medida de la proporción de vehículos que llegan en la fase en verde y en la fase en rojo. La demora y el tamaño de la cola es menor cuando mayor es la proporción de vehículos que llegan a la intersección durante la fase en verde. Por medio de la siguiente expresión se obtiene la proporción para cada grupo de carriles:

$$P = R_p \cdot (g/c)$$

Para aplicar esta expresión se requiere el conocimiento del tiempo verde efectivo ( $g$ ) y la longitud del ciclo ( $c$ ). Estos valores son conocidos para un tipo de control prefijado.

Si la intersección no está programada, el tiempo medio de la fase y la longitud deben calcularse, de acuerdo con la sección 3 del capítulo 30 del HCM.

#### 4.5.6. Determinación de la duración de la fase

La duración de la fase depende del tipo de control empleado en la intersección estudiada. Si la intersección tiene un control prefijado la duración de la fase es una entrada y este paso número 6 se omite. Sin embargo, si la fase es desconocida, el procedimiento para determinar la duración de la fase prefijada se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$D_p = l_l + g_s + g_e + Y + R_c$$

donde

$D_p$  = duración de la fase (s)

$l_l$  = tiempo perdido de puesta en marcha (2 s)

$g_s$  = tiempo de servicio en cola (s)

$g_e$  = tiempo de prolongación de verde (s)

$Y$  = intervalo de cambio a ámbar (s)

$R_c$  = intervalo de holgura de rojo (s)

El tiempo perdido de puesta en marcha hace referencia al tiempo que es perdido mientras los vehículos reaccionan al cambio de fase a verde. El tiempo de servicio en cola muestra el tiempo que es necesario para que se despeje la cola de vehículos. El tiempo de prolongación de verde representa que el tiempo de verde es extendido de forma aleatoria a la llegada de los vehículos. Este tiempo finaliza cuando existe un hueco en el tráfico o el ver se extiende hasta un tiempo máximo.

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

La capacidad se basa en el término de intensidad de saturación, en la proporción de verde efectivo del grupo de carriles y el número de carriles. La capacidad es obtenida

para un grupo de carriles de un movimiento y es expresada mediante la siguiente ecuación:

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

donde

$c$  = capacidad del 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 para un grupo de carriles es definida como la proporción del volumen del grupo de carriles y la capacidad de este, obteniéndose mediante la siguiente ecuación:

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

donde

$X$  = proporción volumen-capacidad

$v$  = flujo de entrada (veh/h)

$c$  = capacidad (veh/h)

#### 4.5.8. Determinación de la demora

La demora en intersecciones semaforizadas es la suma de un conjunto de demoras que representan la diferencia entre el tiempo de viaje experimentado y un tiempo de viaje referencial. Esta depende de diversos factores como son la propia duración del ciclo, la relación de verde, la relación capacidad e intensidad para el grupo de carriles, entre otros.

Para el cálculo, se tiene que:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

donde

$d$  = demora de control (s/veh)



$d_1$  = demora uniforme (s/veh)

$d_2$  = demora incremental (s/veh)

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

### *Demora uniforme ( $d_1$ )*

Se obtiene asumiendo que las llegadas son uniformemente distribuidas a lo largo del tiempo del ciclo. Si las llegadas se producen en la fase en verde la demora es nula.

Para su obtención se emplea el factor de ajuste por progresión de llegadas. Si la progresión es buena, significa que una gran cantidad de vehículos llega a la intersección en fase en verde, y, por lo tanto, la demora uniforme tendrá poca incidencia en la demora de control. Por lo contrario, si la progresión es mala una gran cantidad de vehículos llegarán en fase rojo, y esto supondrá que la demanda uniforme será mayor.

Su valor se obtiene mediante las siguientes ecuaciones:

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

$$PF = \frac{1 - P}{1 - g/C} \cdot \frac{1 - y}{1 - \min(1, X) \cdot P} \cdot \left[ 1 + y \cdot \frac{1 - P \cdot C/g}{1 - g/C} \right]$$

$$y = \min(1, X) \cdot g/C$$

donde

$PF$  = factor de ajuste por la progresión de llegadas

$y$  = proporción de flujo

$P$  = proporción de vehículos que llegan durante la fase en verde (en decimales)

$g$  = tiempo efectivo en verde (s)

$C$  = longitud del ciclo (s)

### *Demora incremental ( $d_2$ )*

La demora incremental tiene en cuenta la demora debido a la variación del número de llegadas por ciclo y también la demora causada por la sobresaturación, donde la demanda excede de la capacidad en el periodo de análisis. La cantidad en la que la demanda excede la capacidad durante el periodo de análisis se denomina demanda

insatisfecha. A continuación, se muestra la formulación para obtener dicha demanda, para la que se ha supuesto ausencia de cola inicial debido a demanda insatisfecha en el periodo de análisis.

$$d_2 = 900 \cdot T \cdot \left[ (X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 \cdot k \cdot I \cdot X_A}{C_A \cdot T}} \right]$$

$$X_A = v/c_A$$

donde

$k$  = factor de incremento de la demora

$I$  = factor de ajuste de filtro aguas arriba

$T$  = duración del ciclo en horas

$X_A$  = relación media entre el volumen y la capacidad

$c_A$  = capacidad media

Si ningún grupo de carriles de la intersección tiene una cola inicial, la capacidad media del grupo de carriles ( $c_A$ ) es igual a la capacidad calculada en el Paso 7 ( $c_A = c$ ).

El término de demora incremental es válido para todos los valores de  $X_A$ , incluidos los grupos de carriles altamente saturados.

Cálculo del factor de incremento de la demora:

El valor de este factor varía entre 0,04 y 0,50. Se recomienda un valor de 0,50 para fases precalibradas, las fases coordinadas y las fases en "recuperación al máximo". Una fase actuada tiene la capacidad de adaptar la duración de la fase verde para atender la demanda ciclo a ciclo. Esta influencia del funcionamiento accionado en la demora se tiene en cuenta en las siguientes expresiones:

$$k = (1 - 2 \cdot k_{\min}) \cdot (v/c_a - 0,5) + k_{\min} \leq 0,50$$

$$k_{\min} = -0,375 + 0,354 \cdot PT - 0,0910 \cdot PT^2 + 0,00889 \cdot PT^3 \geq 0,04$$

$$c_a = \frac{g_a \cdot s \cdot N}{C}$$

$$g_a = G_{\max} + Y + R_c - l_1 - l_2$$

donde

$k$  = factor de incremento de la demora

$c_a$  = capacidad disponible para un grupo de carriles atendidos por una fase actuada (veh/h)

$k_{min}$  = factor de incremento de la demora mínimo

$PT$  = ajuste del tiempo de paso (s)

$G_{max}$  = ajuste de verde máximo (s)

$g_a$  = tiempo de verde efectivo disponible (s)

El valor del factor depende del ajuste de verde máximo y del ajuste del tiempo de paso. La investigación concluye que los tiempos de paso más cortos dan lugar a un valor de  $k$  más bajo, y menor retraso, siempre que el tiempo de paso no sea tan corto que la fase termine antes de que se despeje la cola.

Cálculo del factor de ajuste de filtro aguas arriba:

Este factor tiene en cuenta el efecto de una señalización aguas arriba en la llegada de vehículos al grupo de movimientos. El factor refleja como la señalización aguas arriba varía en el número de llegadas por ciclo. La variación disminuye cuando la relación volumen-capacidad aumenta y esto provoca que se reduzca la demora.

El factor varía entre 0,09 y 1,00, siendo 1,00 apropiado para intersecciones semaforizadas aisladas. Para obtener el valor del factor en intersecciones aisladas se tiene la siguiente formulación:

$$I = 1,0 - 0,91 \cdot X_u^{2,68} \geq 0.090$$

donde  $X_u$  es la relación ponderada entre el volumen y la capacidad de todos los movimientos aguas arriba que contribuyen al volumen en el grupo de movimientos en cuestión. Para los análisis de planificación y diseño puede aproximarse como la relación de volumen-capacidad del movimiento de paso que contribuye en la intersección semaforizada. Su valor no puede ser superior a 1,0 para ser utilizado.

*Demora por cola inicial ( $d_3$ )*

El concepto de demora por cola inicial tiene en cuenta la demora uniforme adicional debido a una cola inicial. Esta cola es el resultado de la demanda insatisfecha en el

periodo anterior. La demora es de 0,0 s/veh cuando no hay cola inicial al comienzo del periodo de análisis para cualquier grupo de carriles de la intersección. La formulación para el cálculo de la demora por cola inicial es la siguiente:

$$d_3 = \frac{3600}{v \cdot T} \cdot \left( t_A \cdot \frac{Q_b + Q_e - Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2 \cdot c_A} - \frac{Q_b^2}{2 \cdot c_A} \right)$$

$$Q_e = Q_b + t_A \cdot (v - c_A)$$

Si  $v \geq c_A$  entonces

$$Q_{eo} = T \cdot (v - c_A)$$

$$t_A = T$$

Si  $v < c_A$  entonces

$$Q_{eo} = 0,0 \text{ veh}$$

$$t_A = Q_b / (c_A - v) \leq T$$

donde

$t_A$  = duración ajustada de la demanda no satisfecha en el periodo de análisis (h)

$Q_e$  = cola al final del periodo de análisis o cola residual (veh)

$Q_{eo}$  = cola al final del periodo de análisis cuando  $v \geq c_A$  y  $Q_b = 0,00$  (veh)

Todas las demás variables están definidas anteriormente. El último vehículo que llega a una cola de desbordamiento en el periodo de análisis despejará la intersección a la hora obtenida con la siguiente ecuación:

$$t_c = t_A + Q_e / c_A$$

donde

$t_c$  = tiempo de espera de la cola

El tiempo de despeje de la cola se mide desde el inicio del periodo de análisis hasta el momento en que el último vehículo que llega despeja la intersección.

#### 4.5.9. Determinación del Nivel de Servicio

Los niveles de servicio son una indicación de la aceptabilidad de los niveles de demora para los vehículos en la intersección. También puede indicar una operación sobresaturada inaceptable para grupos de carriles individuales.

Se establecen seis niveles de servicios que se designan con letras mayúsculas de la A a la F, de mejor nivel de servicio a menor, atendiendo a la demora obtenida.

Demora (s)	Nivel de Servicio
≤10	A
10-20	B
20-35	C
35-55	D
55-80	E
>80	F

Tabla 4. Niveles de Servicio para intersecciones semaforizadas. Fuente: HCM 2016.

Nivel de servicio A: este nivel se suele darse cuando la relación volumen-capacidad es baja. El resultado de la progresión es favorable, la mayoría de los vehículos llegan durante la indicación de verde y recorren la intersección sin detenerse.

Nivel de servicio B: se da con una relación volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se suele asignar cuando la relación volumen-capacidad es baja y la progresión es muy favorable o la longitud del ciclo es corta.

Nivel de servicio C: contempla una relación volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se suele asignar cuando la progresión es favorable o la longitud del ciclo es moderada. El número de vehículos que se detienen es significativo, aunque muchos vehículos siguen pasando por la intersección sin detenerse.

Nivel de servicio D: este nivel se da cuando se tiene una relación volumen-capacidad no superior a 1,0. Este nivel se suele asignar cuando la relación volumen-capacidad es alta y la progresión es ineficaz o la duración del ciclo es larga. Muchos vehículos se detienen.

Nivel de Servicio E: la relación volumen-capacidad es no superior a 1,0. Este nivel se suele asignar cuando la relación volumen-capacidad es alta, la progresión es desfavorable y la duración del ciclo es larga. Los fallos de los ciclos individuales son frecuentes.

Nivel de servicio F: se da cuando la relación volumen-capacidad es superior a 1,0. Este nivel se asigna normalmente cuando la relación volumen/capacidad es muy alta, la progresión es muy pobre y la longitud del ciclo es larga.

## 4. DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO Y ENLACES

### 5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

#### 5.1.1.- Caracterización del tramo

El tramo donde se encuentra situada la intersección se localiza en la ciudad de Valencia, en el límite de los distritos de El Pla del Real, Algirós y Benimaclet. La intersección está formada por la Avenida Cataluña y la Avenida Primado Reig, y conecta con la autovía de acceso a la ciudad por el norte, la V-31.



Ilustración 3. Distritos de la ciudad de Valencia. Fuente: ValenciaBonita

Dado que la intersección se sitúa en las inmediaciones de la V-21, este nudo viario tiene una gran importancia debido al tráfico que tiene que soportar en las horas punta del día, cuando se producen las entradas y las salidas de la ciudad.



*Ilustración 4. Acceso a la ciudad de Valencia por el norte, V-21, y Av. Cataluña. Fuente: Propia.*

En la intersección objeto de estudio interviene la vía principal de la Avenida Cataluña, que conecta el túnel del V-21 con la glorieta situada en la Avenida Blasco Ibáñez, y la vía de servicio que se encuentra paralela a está, que conecta la glorieta, donde está localizada la Torre Miramar, con la Avenida Primado Reig.

La vía principal de la Avenida Cataluña cuenta con dos sentidos de circulación separados por una mediana central. Cada sentido presenta 3 carriles de 3,5 metros de ancho aproximadamente, que se ven ampliados a partir de la intersección alcanzando un total de 5 carriles. Como se puede observar en la siguiente imagen, no se presenta ningún tipo de carril destinado a los ciclistas ni estacionamientos, ya que se encuentran ubicados en las vías de servicio paralelas. Tampoco se dispone de carril reservado para autobuses y taxis.



*Ilustración 5. Vía principal de la Avenida Cataluña. Fuente: Google Maps.*

La vía de servicio de la Avenida Cataluña dispone de 4 carriles de solo un sentido de circulación, de 3,00 metros de ancho, que se ven ampliados a 6 carriles justo en la llegada a la intersección semaforizada. Estos carriles, de igual anchura, se dividen en 3 que permiten la incorporación a la Avenida Primado Reig y los otros 3 continúan su recorrido por la Avenida Cataluña cruzando con la Avenida Primado Reig. La vía previamente a la intersección no cuenta con ningún tipo de estacionamiento, ni carril bici para que circulen los ciclistas, ni tampoco carril reservado para autobuses y taxis.



*Ilustración 6. Vía de servicio de la Avenida Cataluña. Fuente: Google Maps.*



La Avenida Primado Reig cuenta con 6 carriles de 3 metros de ancho, 3 de un sentido y 3 del otro sentido, separados por una isleta central. La vía en sus dos sentidos no presenta ningún tipo de estacionamiento y en ambos lados presenta un carril reservado para autobús y taxis. Se dispone de un carril bici en toda la longitud de la avenida, en el sentido de entrada a la intersección semaforizada.



Ilustración 7. Avenida Primado Reig (sentido de entrada a la intersección). Fuente: Google Maps.



Ilustración 8. Avenida Primado Reig (sentido de salida de la intersección). Fuente: Google Maps.

### 5.1.2.- Caracterización del transporte urbano

Es fundamental conocer el transporte urbano del tramo de estudio y su influencia en la intersección. De esta manera podemos conocer los principales movimientos que se suelen llevar a cabo y cuáles son los principales puntos de atracción de la ciudad.

Dado que la intersección semaforizada conecta con el acceso a la ciudad de Valencia por el norte, en el tramo de estudio se producen gran magnitud de viajes a diferentes tipos de centros receptores, tales como, negocios, centros comerciales, estaciones intermodales, colegios, universidades, ... Además, se tiene como principal punto de atracción, en las cercanías de la interacción, el Estadio de Mestalla donde se albergan los partidos del Valencia CF.

Con respecto al transporte público, por la intersección circulan 4 líneas de autobús de la Empresa Municipal de Transportes de Valencia (EMT), la línea 10, la 90, la 93 y la 98. Cabe destacar que la línea 90 es una de las líneas que más movimientos de viajeros genera según los datos estadísticos del 2019 que ofrece el Ayuntamiento de Valencia.



Ilustración 9. Autobús de la línea 90 en la Avenida Primado Reig. Fuente: Google Maps.

En la siguiente imagen se puede observar el recorrido que hacen dichas líneas por la zona de estudio.

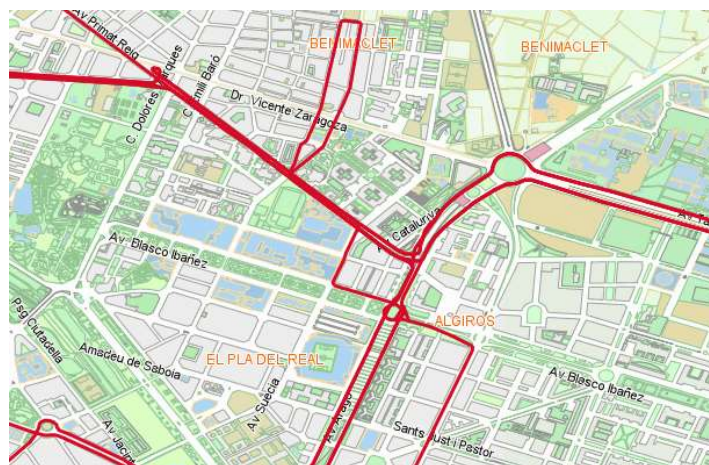
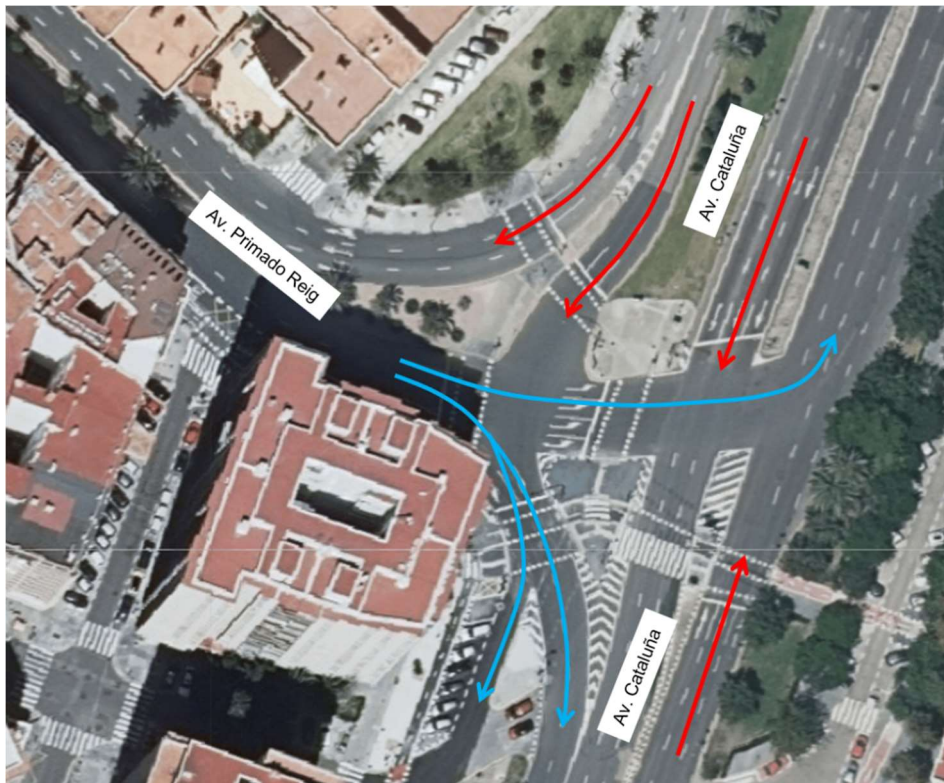


Ilustración 10. Recorrido de las líneas de autobuses EMT que circulan por la intersección. Fuente: EMT Valencia.

### 5.1.3.- Caracterización de la intersección semaforizada

Para poder determinar la capacidad de la intersección semaforizada entre Avenida Cataluña y Avenida Primado Reig se han identificado los movimientos permitidos que se encuentran reflejados en la siguiente imagen:



Il·lustración 11. Movimientos permitidos en la intersección semaforizada. Fuente: Google Maps.

Estos 6 movimientos mostrados en la imagen son los que se analizarán para poder alcanzar una posible mejora de la intersección.

### 5.2.- TOMA DE INFORMACIÓN

Un paso fundamental en el presente estudio es la toma de datos de la situación actual que nos permitirán obtener información para poder llevar a cabo el análisis de la capacidad de la intersección. Para ello se recoge información relativa al tráfico vehicular, a los peatones, los ciclistas y también, los datos correspondientes al sistema de semaforización.

La toma de la información se ha realizado de forma manual en diferentes puntos distribuidos por la intersección, de modo que, se han obtenido todos los datos necesarios para la realización del estudio.

### 5.2.1.- Volumen y composición de los vehículos

Para llevar a cabo el análisis de la intersección semaforizada se han realizado una serie de aforos que nos han permitido obtener datos correspondientes al volumen y composición de los vehículos, diferenciando:

- La clasificación de los vehículos
- Los movimientos y direcciones de los vehículos en la intersección
- El uso de los carriles

Los aforos se han realizado en días laborables, concretamente los martes, miércoles y jueves. Se han elegido estos días porque el comportamiento de los usuarios suele ser homogéneo, a diferencia del resto de días de la semana, donde el comportamiento puede sufrir más variaciones.

Las franjas horarias donde se ha visto más problemática son de 08:00 a 09:00 de la mañana y por la tarde de 18:00 a 19:00 horas donde se han llevado a cabo la toma de información y se ha podido observar que se producen grandes movimientos de vehículos debido a las entradas y salidas de la ciudad.

La siguiente imagen muestra los valores de flujos vehicular obtenidos de los aforos realizados para cada uno de los movimientos detectados



Ilustración 12. Volumen de vehículos, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.

En la vía principal de la Avenida Cataluña se han contabilizado un total de 2.876 vehículos la hora, 1.524 vehículos corresponden al sentido de entrada a la ciudad y 1.352 al sentido de salida.

En la vía de servicio de la Avenida Cataluña el volumen de vehículos fue de 1300 la hora, de los que 752 se dirigieron a la Avenida Primado Reig y 548 vehículos a la vía principal de la Avenida Cataluña o siguieron por la vía de servicio.

Y en la Avenida Primado Reid el flujo vehicular fue de 1.316 la hora, donde 640 vehículos se incorporaron a la Avenida Cataluña en el sentido de entrada a la ciudad y 676 en el sentido de salida.

Con respecto a la composición de los vehículos se ha obtenido el porcentaje de vehículos pesados que circularon durante la franja horaria estudiada, siendo este del 0,27%. Dado que estamos en zona urbana, gran parte de los vehículos pesados son los vehículos de transporte público. Cabe mencionar que este porcentaje se ve ampliado en horas nocturnas cuando se producen mayores movimientos de camiones que se dirigen a realizar labores de carga y descarga de mercancía.

### 5.2.2.- Volúmenes peatonales y ciclistas.

Los volúmenes de peatones y ciclistas son también datos de entrada necesarios para realizar el análisis de la intersección semaforizada e importantes para poder aportar diferentes medidas a la problemática existente.

El aforo del volumen de peatones se ha realizado de igual forma que el de vehículos, en la misma franja horario, obteniéndose los siguientes valores que se muestran en la imagen.



Ilustración 13. Volumen de peatones, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, debido a la presencia de carriles bici en la intersección, se han obtenido los flujos de ciclistas que circulan por los carriles habilitados para ello, que se muestran a continuación.



Ilustración 14. Ilustración 12. Volumen de bicis, para cada movimiento, obtenido del aforo manual. Fuente: Elaboración propia.

## 6.- PROBLEMÁTICA DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

La problemática que se presenta en la intersección semaforzada de Av. Cataluña con Av. Primado Reig en Valencia se produce en las horas punta del día, donde existe mayor tráfico y se dan los mayores problemas de cogestión. Las franjas horarias donde se producen estos problemas son de 07:00 – 09:00 horas de la mañana y 18:00 – 19:00 horas de la tarde, que coinciden con las horas de entrada a los trabajos y universidades, y las horas de salida respectivamente.



*Ilustración 15. Congestión en Avenida Cataluña. Fuente: Propia.*

Estos problemas actuales han sido observados en la intersección si realizar ningún estudio previo que lo sustente. Se prevé que el tráfico vaya aumentando en los próximos años y se produzcan mayores problemas de colapsos en la intersección. Es por ello, que se procede a definir un escenario futuro.

## 7. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO FUTURO

En este apartado se define el escenario futuro con el que se procederá a desarrollar en los siguientes puntos el análisis de la capacidad de la intersección mediante el HCM, de tal forma, que se estudie con mayor precisión los problemas del nudo viario con vistas a un futuro y se le puedan proporcionar medidas que lo solucionen.

### 7.1. ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

Debido a la gran incidencia que pueden tener en el escenario futuro, en este apartado se procede a analizar los datos socioeconómicos de la ciudad de Valencia.

Se dispone de los siguientes datos relativos a la evolución de la población, tanto a nivel municipal como provincial.

MUNICIPIO	AÑO 2020	AÑO 2019	AÑO 2018	AÑO 2017	AÑO 2016	AÑO 2015	AÑO 2014	AÑO 2013
VALENCIA	800.215	794.288	791.413	787.808	790.201	786.189	786.424	792.303

*Tabla 5. Evolución población del municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.*



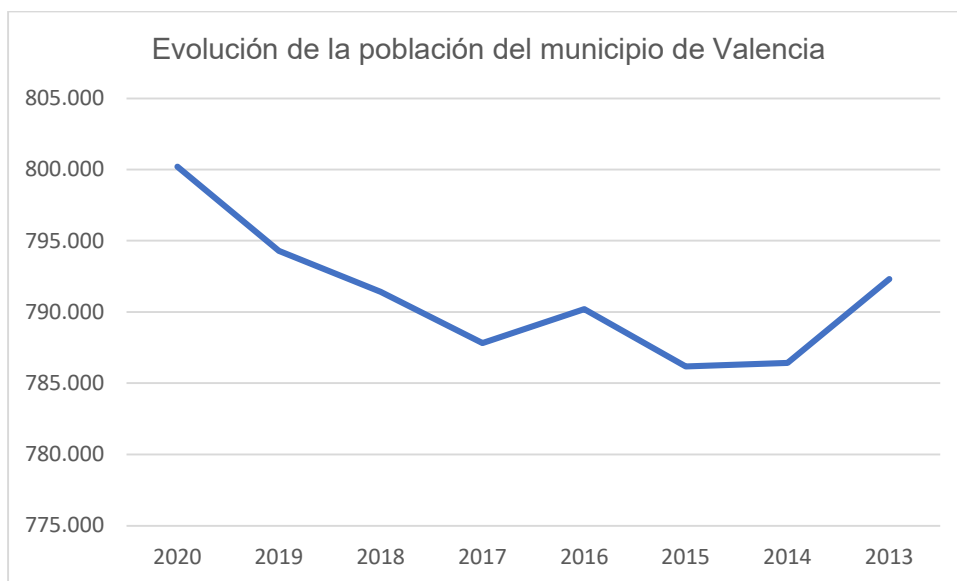


Gráfico 1. Evolución población del municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

La tasa anual de crecimiento de la población es del 1,8% en los últimos 5 años tras un periodo de estabilización.

PROVINCIA	AÑO 2020	AÑO 2019	AÑO 2018	AÑO 2017	AÑO 2016	AÑO 2015	AÑO 2014	AÑO 2013
<b>VALENCIA</b>	2.571.384	2.553.105	2.530.661	2.522.482	2.517.927	2.519.077	2.523.408	2.535.151

Tabla 6. Evolución población de la provincia de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

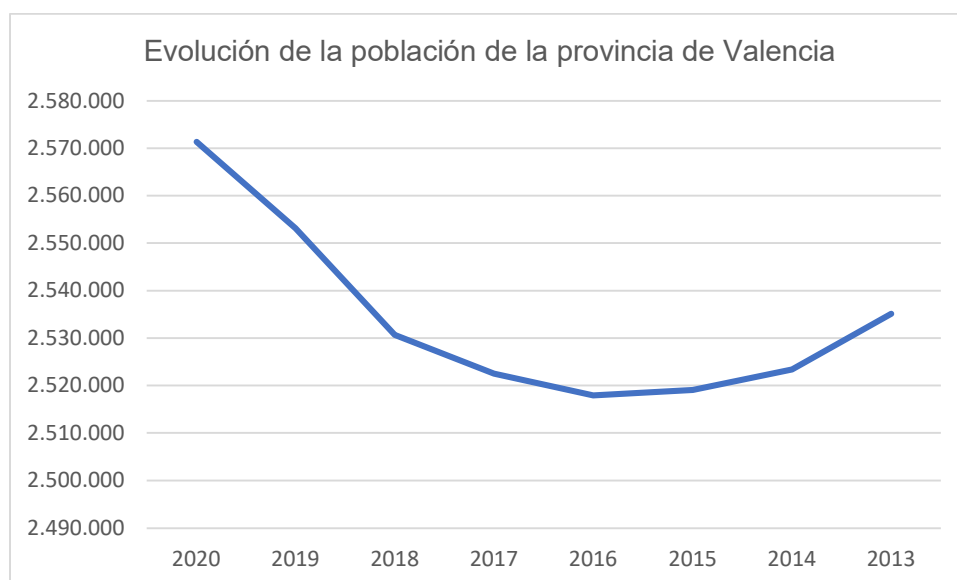


Gráfico 2. Evolución población de la provincia de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

De igual manera ocurre con la población de la provincia de Valencia. Como se puede apreciar en la gráfica la población se incrementa en los últimos 5 años, siendo la tasa de crecimiento del 2%.

Con respecto al paro que se registra en el municipio de Valencia, se tiene los siguientes datos:

MUNICIPIO	AÑO 2020	AÑO 2019	AÑO 2018	AÑO 2017	AÑO 2016	AÑO 2015	AÑO 2014	AÑO 2013
VALENCIA	65.305	52.242	53.528	57.239	61.721	66.291	73.274	77.900

Tabla 7. Paro registrado en el municipio de Valencia. Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal.



Gráfico 3. Paro registrado en el municipio de Valencia. Fuente: Servicio Público de Empleo Estatal.

El paro registrado se ha disminuido en los últimos años de forma considerable, pero debido a la crisis ocasionada por el Covid-19 se ha visto incrementada en el último año, teniendo nuevamente valores de paro semejantes a los del año 2015.

En relación con el número de empresas registradas en el municipio de Valencia, se tiene la siguiente evolución:

MUNICIPIO	AÑO 2020	AÑO 2019	AÑO 2018	AÑO 2017	AÑO 2016	AÑO 2015	AÑO 2014	AÑO 2013
VALENCIA	68.170	66.526	65.068	63.480	62.013	60.879	59.924	61.000

Tabla 8. Número de empresas registradas en el municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

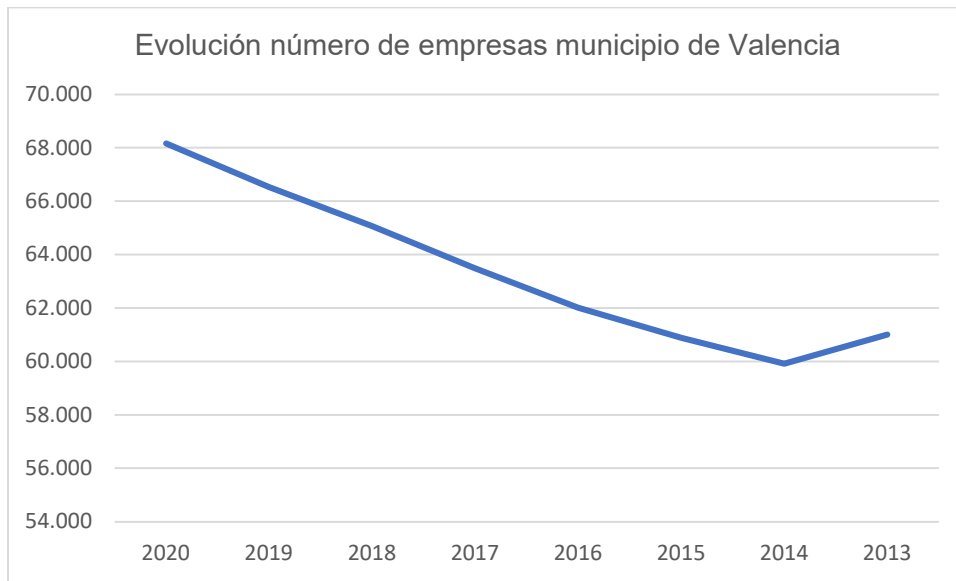


Gráfico 4. Evolución del número de empresas registradas en el municipio de Valencia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

La evolución del número de empresas registradas es positiva incrementando su valor un 12%.

Acerca del parque de vehículos se tiene los siguientes datos de evolución del total de vehículos de motor, donde se puede observar la reducción año a año.

MUNICIPIO	AÑO 2015	AÑO 2014	AÑO 2013
VALENCIA	491.132	491.937	499.206

Tabla 9. Total de vehículos de motor del municipio de Valencia. Fuente: Dirección General de Tráfico.

Y, su composición, por municipio y provincia:

	Municipio	%	Provincia	%
<b>Vehículos</b>	491.132	100,00%	1.742.601	100,00%
<b>Ciclomotores</b>	23.951	4,88%	123.906	7,11%
<b>Motocicletas</b>	58.788	11,97%	175.654	10,08%
<b>Turismos</b>	350.691	71,40%	1.184.217	67,96%
<b>Furgonetas</b>	21.865	4,45%	79.147	4,54%
<b>Camiones</b>	28.829	5,87%	147.382	8,46%

Tabla 10. Parque de vehículos automóviles del municipio de Valencia 2015. Fuente: Dirección General de Tráfico.

Por último, se analiza las cifras del Banco Mundial para conocer la evolución del PIB desde 1960.

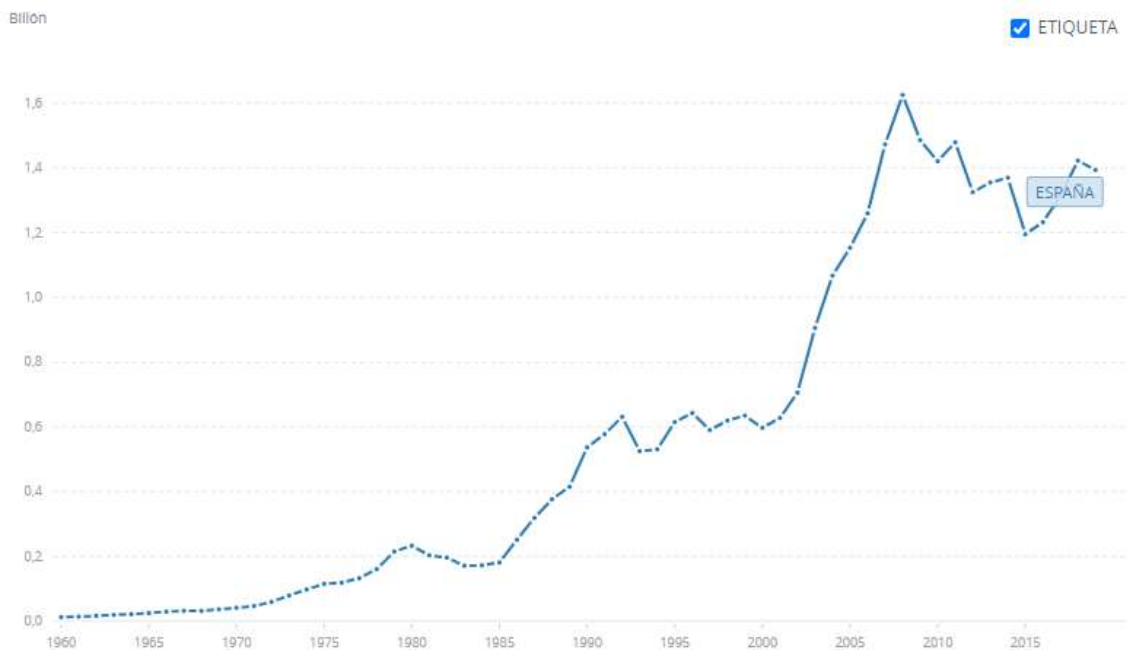


Gráfico 5. PIB España. Fuente: Banco Mundial.

Atendiendo a lo datos el crecimiento del PIB en España ha sido irregular en los últimos años, donde se han observado diferentes crecimientos. En los últimos 20 años el PIB ha crecido un 2,5%, pero sin embargo en los últimos 5 años se ha estabilizado teniendo un incremento del 0,2%.

En conclusión, tras el análisis de las diferentes variables se determina que dado los valores expuestos por lo general no se aprecia una tendencia clara de crecimiento.

## 7.2.- ANÁLISIS DE TRÁFICO

Se ha realizado un análisis del tráfico a partir de un registro histórico de IMDs de 4 puntos de aforo obtenidos de la página web del Ayuntamiento de Valencia.

Los 4 puntos de aforo son:

- AV. CATALUÑA (De Rotonda a Primado Reig)
- ACCESO BARCELONA (Entre Primado Reig y Blasco Ibáñez)
- PRIMADO REIG (Entre Doctor Gómez Ferrer y Av. Cataluña)
- ACCESO BARCELONA (Entre V-21 y Av. Cataluña)

Con el objetivo de determinar el flujo de tráfico en el escenario futuro se determina la tasa evolutiva ( $T$ ) de las IMDs de años anteriores, determinado finalmente una tasa evolutiva acumulada ( $T_a$ ) que nos permitirá obtener los valores de volúmenes de vehículos deseados.

- Tasa evolutiva:

$$T = \frac{V_{a+1} - V_a}{V_a} \cdot 100$$

donde

$V_a$  = Valor de IMD del año anterior (veh/d)

$V_{a+1}$  = Valor de IMD del año considerado (veh/d)

- Tasa evolutiva acumulada:

$$T_a = \left( \sqrt[n]{\frac{V_a}{V_i}} - 1 \right) \cdot 100$$

donde

$n$  = Diferencia entre el año considerado y el inicia del estudio

$V_i$  = Valor de IMD en el año inicial del estudio (veh/d)

Aplicando estos términos, se han obtenido los siguientes resultados:

- AV. CATALUÑA (De Rotonda a Primado Reig)

AÑO	IMD (v/d)	T (%)	Ta (%)
2016	16091	-	-
2017	16575	3,01	3,01
2018	16868	1,77	2,39
2019	15359	-8,95	-1,54

Tabla 11. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - AV. CATALUÑA (De Rotonda a Primado Reig). Fuente: Elaboración propia.

- ACCESO BARCELONA (Entre Primado Reig y Blasco Ibáñez)

AÑO	IMD (v/d)	T (%)	Ta (%)
2016	63145	-	-
2017	63528	0,61	0,61
2018	64099	0,90	0,75
2019	62847	-1,95	-0,16

Tabla 12. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - ACCESO BARCELONA (Entre Primado Reig y Blasco Ibáñez)  
Fuente: Elaboración propia.

- PRIMADO REIG (Entre Doctor Gómez Ferrer y Av. Cataluña)

AÑO	IMD (v/d)	T (%)	Ta (%)
2016	37277	-	-
2017	37959	1,83	1,83
2018	38463	1,33	1,58
2019	37386	-2,80	0,10

Tabla 13. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - PRIMADO REIG (Entre Doctor Gómez Ferrer y Av. Cataluña).  
Fuente: Elaboración propia.

- ACCESO BARCELONA (Entre V-21 y Av. Cataluña)

AÑO	IMD (v/d)	T (%)	Ta (%)
2016	41541	-	-
2017	42595	2,54	2,54
2018	43029	1,02	1,78
2019	42599	-1,00	0,84

Tabla 14. Tasa evolutiva y tasa evolutiva acumulada - ACCESO BARCELONA (Entre V-21 y Av. Cataluña). Fuente:  
Elaboración propia.

Como se puede observar en las tablas la evolución del tráfico en los diferentes puntos de aforo sufre un incremento hasta el año 2019 donde se ve reducido el volumen de vehículos en todas las estaciones. El año 2020 no se ha considerado debido a la crisis sanitaria del Covid-19.

### 7.3.- CRECIMIENTO SEGÚN ORDEN FOM/3317/2010

A parte del análisis realizado se tienen la tasa de evolutiva anual de la Orden FOM/3317/2010 para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento. Esta Instrucción establece los siguientes incrementos de tráfico a utilizar en estudios.

Período	Incremento anual acumulativo
2010 – 2012	1,08%
2013 – 2016	1,12%
2017 en adelante	1,44%

Tabla 15. Incremento anual acumulativo. Fuente: Orden FOM/3317/2010

En la Nota de Servicio 5/2014 del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana “Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudios de tráfico de los Estudios Informativos, Anteproyectos y Proyectos de Carreteras” se establece que estos valores se deben emplear para la prognosis de tráfico y en caso contrario su no utilización deberá ser justificada.

### 7.4.- CONCLUSIÓN

Dada la variabilidad encontrada en el análisis realizado y los que nos dice la Instrucción, se adopta 1,44% como el incremento anual que va a definir el escenario futuro.

Se ha definido el escenario futuro en 10 años, para el año 2031, por lo que, a continuación, se determina el volumen de tráfico futuro ( $V_f$ ), empleando la siguiente expresión:

$$V_f = V_I \cdot (1 + a)^n$$

donde

$V_I$ = Volumen de tráfico en el año de estudio (veh/d)

$a$ = incremento anual.

$n$ =Diferencia entre el año considerado y el de estudio.

Aplicando la formulación a lo datos tomados en este año se obtiene los siguientes datos mostrados en la imagen:



Il·lustració 16. Volum de tràfic per el any 2031. Fuente: Elaboración propia.

## 7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN EN EL ESCENARIO FUTURO MEDIANTE HCM 6.0

En este apartado se desarrolla el cálculo de la capacidad y el nivel de servicio de la intersección semaforizada para el escenario futuro mediante el HCM 6.0, calculado a partir de la metodología desarrollada en los apartados anteriores.

### 7.1.- PARÁMETROS DE ENTRADA

Para poder desarrollar la metodología previamente se necesitan una serie de parámetros de entrada que son necesarios para poder desarrollar la metodología que se muestra en los siguientes apartados. Estos parámetros se muestran en la siguiente tabla.



<b>Condiciones geométricas</b>	Número de carriles
	Ancho de carril
<b>Condiciones de tráfico</b>	Volumen (veh/h)
	Factor de hora punta (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 (seg)
	Tiempo efectivo de verde (seg)
	Tiempo mínimo de peatones (seg)

Tabla 16. Parámetros de entrada. Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetros, al igual que toda la información adquirida, han sido obtenidos en la franja horaria de 18:00 a 19:00, franja horaria que coincide con las horas donde se presentan mayores problemas de capacidad en la intersección.

A continuación, se muestran los datos de entrada necesarios para poder proseguir con el estudio:

- Condiciones geométricas
  - Vía principal de la Avenida Cataluña: 3 carriles por sentido de 3 metros de ancho aproximados.
  - Vía de servicio de la Avenida de Cataluña: 4 carriles de 3 metros de ancho
  - Avenida Primado Reig: 3 carriles de 3 metros de ancho
- Condiciones de tráfico
  - Vía principal de la Avenida Cataluña: 1.759 veh/hora y 10 pesados/h sentido sur y 1.560 veh/hora y 19 pesados/h sentido norte.
  - Vía de servicio de la Avenida de Cataluña: 1.501 veh/hora y 15 pesados/h
  - Avenida Primado Reig: 1.519 veh/hora y 29 pesados/h
- Condiciones de señalización
  - Volumen de peatones
  - Volumen de ciclistas
  - Tiempo de ciclo, tiempo efectivo de verde, tiempo mínimo de peatones.

## 7.2.- DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE HCM 6.0

### 7.2.1. Determinación de los grupos de movimientos y grupo de carriles

Para determinar tanto los grupos de movimientos como los grupos de carriles nos hemos basado en las condiciones que se han descrito en apartado anteriores, obteniendo una serie de grupo de movimientos y grupos de carriles según los movimientos que realizan los conductores, sin tener en cuenta únicamente las marcas viales existentes en la intersección.

La siguiente imagen muestra los grupos de movimientos y grupo de carriles que se han identificado.



Ilustración 17. Grupo de movimientos y grupo de carriles de la intersección semafORIZADA. Fuente: Elaboración propia.

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

Tras identificar los grupos de movimientos, se ha determinado la intensidad de cada grupo en la franja horaria donde se ha tomado la información necesaria de la intersección, resultando los siguientes valores:

- Grupo de movimiento 1: 1.519 veh/hora y 29 pesados/h
- Grupo de movimiento 2: 1.501 veh/hora y 15 pesados/h
- Grupo de movimiento 3: 1.759 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de movimiento 4: 1.560 veh/hora y 19 pesados/h

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

De igual modo, se han determinado la intensidad de los grupos de carriles, obteniendo los siguientes datos:

- Grupo de carril 1: 780 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de carril 2: 739 veh/hora y 19 pesados/h
- Grupo de carril 3: 868 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de carril 4: 633 veh/hora y 5 pesados/h
- Grupo de carril 5: 1.759 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de carril 6: 1.560 veh/hora y 19 pesados/h

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

Una vez determinado las intensidades de los grupos de movimientos y los grupos de carriles se continua con la obtención de la intensidad de saturación, empleando la siguiente formulación ya descrita en apartados anteriores, en la que se parte de una intensidad base de 1900 veh/h/carril y se le aplica diversos factores.

$$s = s_0 \cdot f_W \cdot f_{HVg} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \cdot f_{wz} \cdot f_{ms} \cdot f_{sp}$$

Empleando la formulación para cada grupo de carril se obtiene los siguientes valores de intensidad de saturación:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
s (veh/h)	1629	1449	1450	1710	1710	1710

Ilustración 18. Intensidad de saturación (s) para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos para la obtención de la intensidad de saturación se encuentran recogidos en el "ANEXO N°1: CALCULOS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO".

### 7.2.5. Determinación de la duración de la fase del semáforo

La determinación de la fase del semáforo en este caso se omite, puesto que la intersección tiene un control prefijado y la duración de la fase es conocida para todos los casos.

### 7.2.6. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde

La determinación de la proporción de vehículos que llegan durante la fase en verde se ha realizado mediante mediciones en campo, obteniendo los siguientes resultados para cada grupo de carril.

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
P	0,08	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96

Tabla 17. Proporción que llega durante la fase en verde para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

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

Para la obtención de la capacidad se parte de la intensidad de saturación previamente calculada y de los datos de números de carriles y proporción efectiva de verde para cada grupo de carril como ya se ha explicado en puntos anteriores.

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

Aplicando la formulación se ha obtenido los siguientes valores para cada grupo de carriles:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
s (veh/h)	1629	1449	1450	1710	1710	1710
g (s)	55	30	60	60	55	55
c (s)	115	115	120	120	115	115
N	3	3	3	2	3	3
C (veh/h)	2338	1134	2175	1710	2454	2454

Tabla 18. Capacidad para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

Calculada la capacidad se determina la proporción volumen-capacidad, empleando la siguiente fórmula:

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

Obteniendo:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
v (veh/h)	780	739	868	633	1759	1560
c (veh/h)	2338	1134	2175	1710	2454	2454
X	0,33	0,65	0,40	0,37	0,72	0,64

Tabla 19. Proporción volumen-capacidad para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.8. Determinación de la demora

Para determinar la demora, como ya se ha explicado, se tiene en cuenta tres conceptos: la demora uniforme ( $d_1$ ), la demora incremental ( $d_2$ ) y la demora por cola inicial ( $d_3$ ), quedando la siguiente formulación para su obtención.

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

La demanda uniforme se obtiene asumiendo que las llegadas son uniformemente distribuidas a lo largo del ciclo semafórico.

La demora incremental tiene en cuenta la demora debido a la variación del número de llegadas por ciclo y también la demora causada por la sobresaturación.

La demora por cola inicial tiene en cuenta la demora uniforme adicional debido a una cola inicial. Esta cola es el resultado de la demanda insatisfecha en el periodo anterior. En el caso de estudio no existe ninguna demora por cola inicial para ningún caso, por lo tanto, su valor es de cero para todos los grupos de carriles de la intersección

La obtención de estos términos se encuentra descrita paso por paso en apartados anteriores.

Aplicando la formulación correspondiente se han obtenido las siguientes demoras para cada grupo de carril:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>d1 (s)</b>	35,43	41,88	31,65	27,76	36,96	1,22
<b>d2 (s)</b>	0,36	2,51	0,51	0,57	1,09	0,90
<b>d3 (s)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>d (s)</b>	<b>35,79</b>	<b>44,39</b>	<b>32,16</b>	<b>28,34</b>	<b>38,05</b>	<b>2,12</b>

Tabla 20. Demoras para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.9. Determinación del Nivel de Servicio

Una vez determinado la demora para cada grupo de la intersección semaforizada se obtiene el nivel de servicio por grupo de carril de acuerdo con los valores obtenidos de este parámetro y en conformidad con la siguiente tabla:

Demora (s)	Nivel de Servicio
≤10	A
10-20	B
20-35	C
35-55	D
55-80	E
>80	F

Tabla 21. Niveles de Servicio para intersecciones semaforizadas. Fuente: HCM 2016.

Obteniendo los siguientes niveles de servicio para la intersección semaforizada de Avenida Cataluña con Avenida Primado Reig:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
d	35,79	44,39	32,16	28,34	38,05	2,12
N.S	D	D	C	C	D	A

Tabla 22. Nivel de servicio para cada grupo de carril. Fuente: Elaboración propia.

Estos niveles de servicio han sido representados en la siguiente imagen:

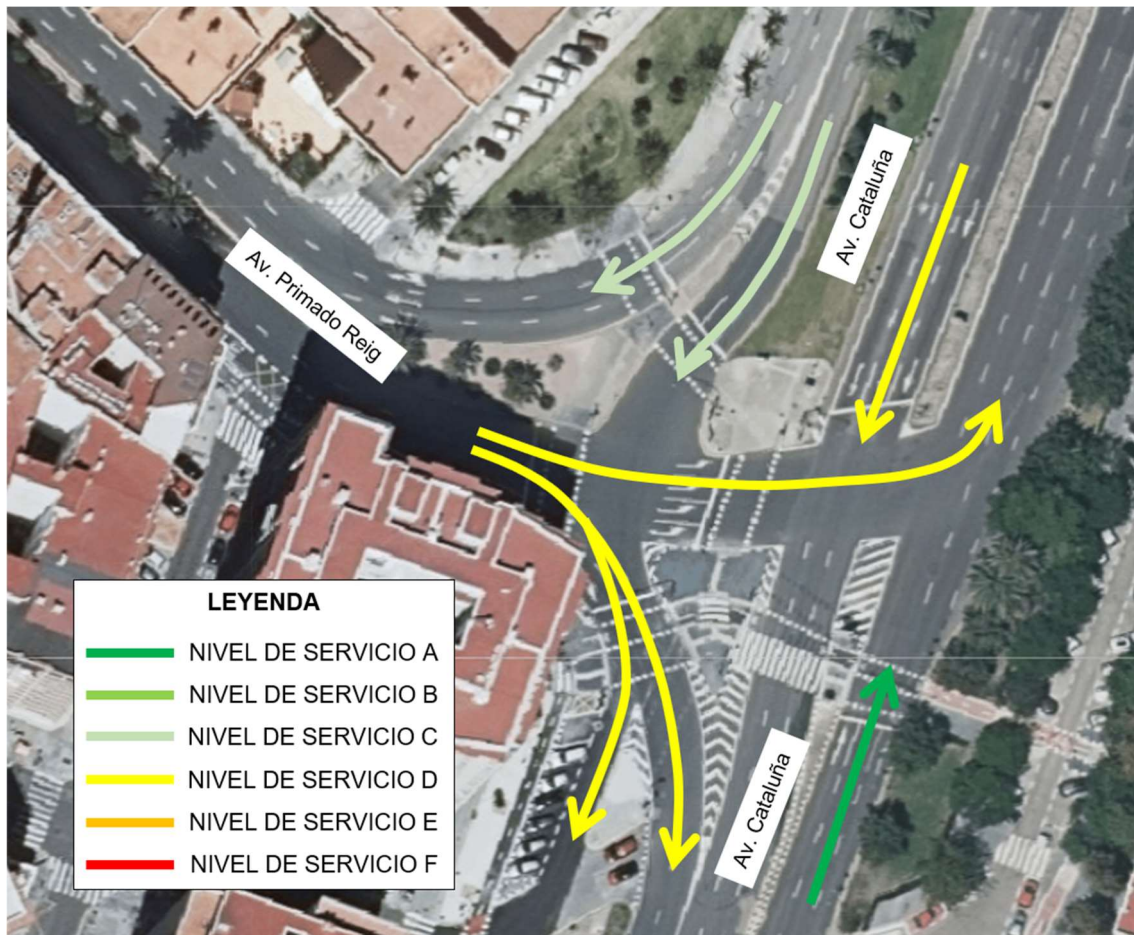


Ilustración 19. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles. Fuente: Elaboración propia.

Con estos resultados se ha podido comprobar cuales son los grupos de carriles que presentan mayores problemas de capacidad en la intersección. Dadas las condiciones de tráfico se han obtenido niveles de servicio A y C, sin demoras significativas, en tres de los seis grupos de carriles. Sin embargo, se han detectado tres grupos de carriles con nivel de servicio D, de los cuales, el GC-2 es el que presenta mayores demoras de toda la intersección.

Estos resultados cumplen con lo observado en la realidad, ya que son en estos dos desplazamientos donde se puede apreciar los mayores problemas de congestiones en la actualidad.

## 8. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA DE LA INTERSECCIÓN

Los principales problemas de la intersección semaforizada los encontramos en tres de los movimientos posibles que se pueden realizar actualmente, para los cuales se han obtenido niveles de servicio D con la realización del análisis de la capacidad. Estos corresponden a los dos movimientos, que permiten la incorporación de la Avenida Primado Reig a la Avenida Cataluña en los dos sentidos, y en el movimiento de paso en la Avenida Cataluña que permite la entrada a la ciudad Valencia por el norte desde la autovía V-21.

Tras los cálculos realizados se concluye que en ningún caso el volumen de tráfico excede de la capacidad de la vía, pero la progresión de los vehículos no es favorable, puesto que muchos de los vehículos que acceden a la intersección tienen que detenerse para continuar con su trayectoria, y esto principalmente es debido a la larga duración del ciclo semafórico.

Cabe destacar que el grupo de carriles que presenta la mayor problemática es el GC-2, el correspondiente al movimiento que realizan los vehículos desde la Avenida Primado Reig a la Avenida Cataluña en sentido sur. En él, se observan las principales retenciones y demoras de la intersección. Esto tras lo estudiado, lo origina el escaso tiempo efectivo de verde existente para esta maniobra que es de 30 segundos con una duración de ciclo de 115 segundos. Este ha sido el factor sustancial que ha originado los resultados obtenidos y que han sido contrastados con lo observado en campo.



*Ilustración 20. Grupo de carriles 2. Fuente Propia.*

El GC-1, movimiento de incorporación de la Avenida Primado Reig a la Avenida Cataluña en sentido norte, presenta también problemas de capacidad debido a la gran intensidad de vehículos que realizan dicha maniobra sobre todo en las horas punta del día, ya que permite la salida de la ciudad de Valencia por el norte por medio de autovía V-21 y el acceso a las universidades. Por lo tanto, el problema fundamental es la capacidad que presentan los carriles para soportar el volumen de tráfico existente.





*Ilustración 21. Grupo de carriles 1 y 2. Fuente: Propia.*

De igual forma sucede en el GC-5, el movimiento que permite la entrada a Valencia desde el norte. Dada la importancia de este movimiento no se tiene una oferta viaria adecuada al volumen observado y esperado para el que se observan retenciones importantes como el que se puede observar en la siguiente imagen.



*Ilustración 22. Grupo de carriles 5. Fuente: Propia.*

Dada la problemática expuesta se procede en los siguientes puntos de la presente memoria a plantear las alternativas que solucionen los problemas y seleccionar aquella alternativa más óptima.

## 9. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Tras el estudio de la intersección semaforizada entre Avenida Cataluña y Avenida Primado Reig, en ese apartado se plantean las alternativas consideradas para mejorar la intersección.

Como se ha podido observar, los principales conflictos ocurren en la incorporación de la Avenida Primado Reig a Avenida Cataluña en los dos sentidos de circulación y en el movimiento de paso de la Avenida Cataluña en sentido sur de entrada a Valencia. Estos han sido los principales movimientos a mejorar en las alternativas propuestas.

Se proponen un total de 4 alternativas, 3 alternativas con paso inferior, de modo que, las trayectorias con mayor carga de tráfico no tengan que circular por la intersección y una glorieta como cuarta alternativa.

- Alternativa 1: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Calle del Clariano.
- Alternativa 2: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña sentido norte (1 salida).
- Alternativa 3: Paso inferior entre Av. Primado Reig y Avenida Cataluña en sentido norte (2 salidas).
- Alternativa 4: Glorieta.

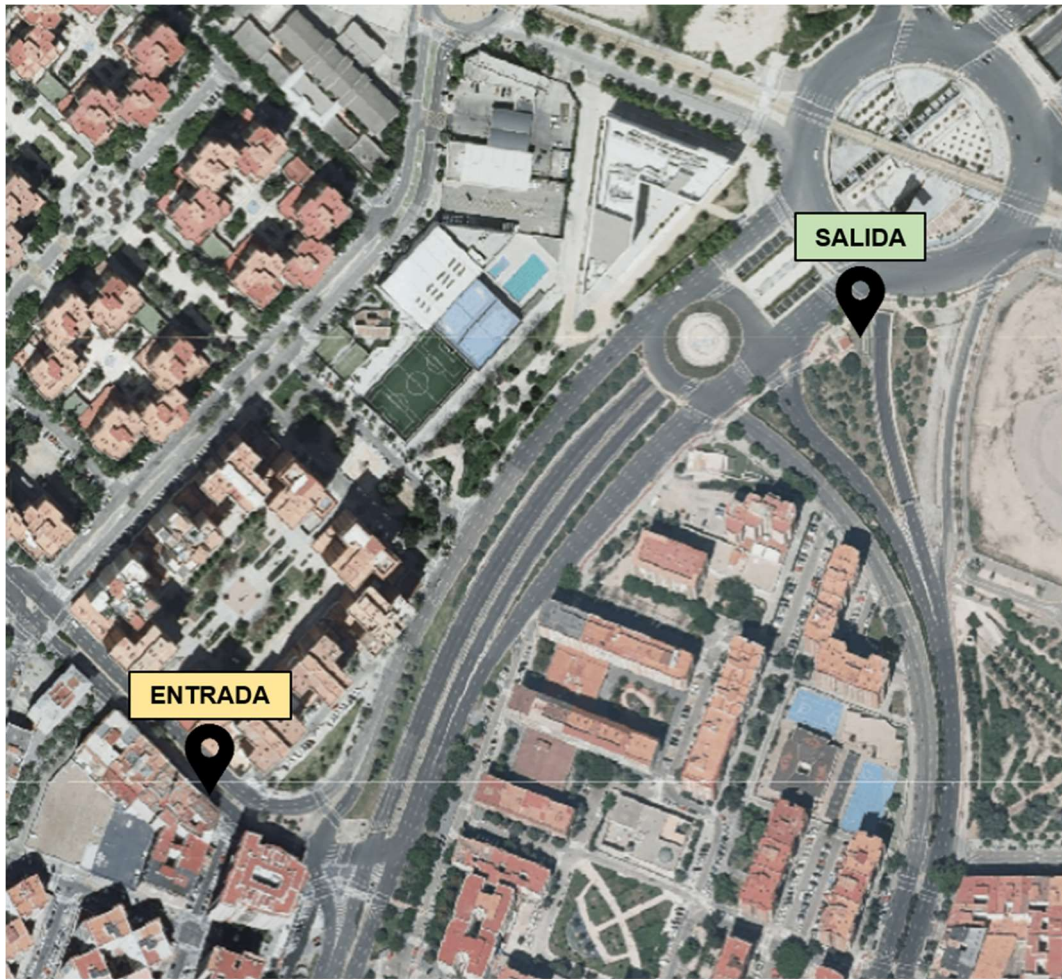
Las alternativas han sido planteadas teniendo en cuenta que estas aportan mayor fluidez en la circulación de la intersección y a su vez, proporcionan mayor seguridad y comodidad a los diferentes usuarios.

A continuación, se describen las alternativas, indicando las ventajas e inconvenientes que las mismas presentan.

### **9.1. ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y CALLE DEL CLARIANO.**

La primera propuesta trata de un paso inferior entre la Avenida Primado Reig y la Calle del Clariano, que permita que los vehículos que realizan el movimiento de la Avenida Primado a la Avenida Cataluña en sentido norte de salida de la ciudad no tengan que acceder a la intersección.

En la siguiente imagen se puede observar la entrada y la salida del paso inferior, ubicada al finalizar la Calle del Clariano en la entrada al túnel de la V-21.



*Ilustración 23. Entrada y salida del paso inferior de la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.*

Con esta medida se consigue reducir el tráfico de la intersección un 6% aproximadamente. Pero, por lo contrario, presenta ciertos inconvenientes, como el elevado coste de este tipo de obras y el efecto que tiene la duración de su ejecución al tráfico, a los peatones y a los ciclistas que trascurren por la zona.

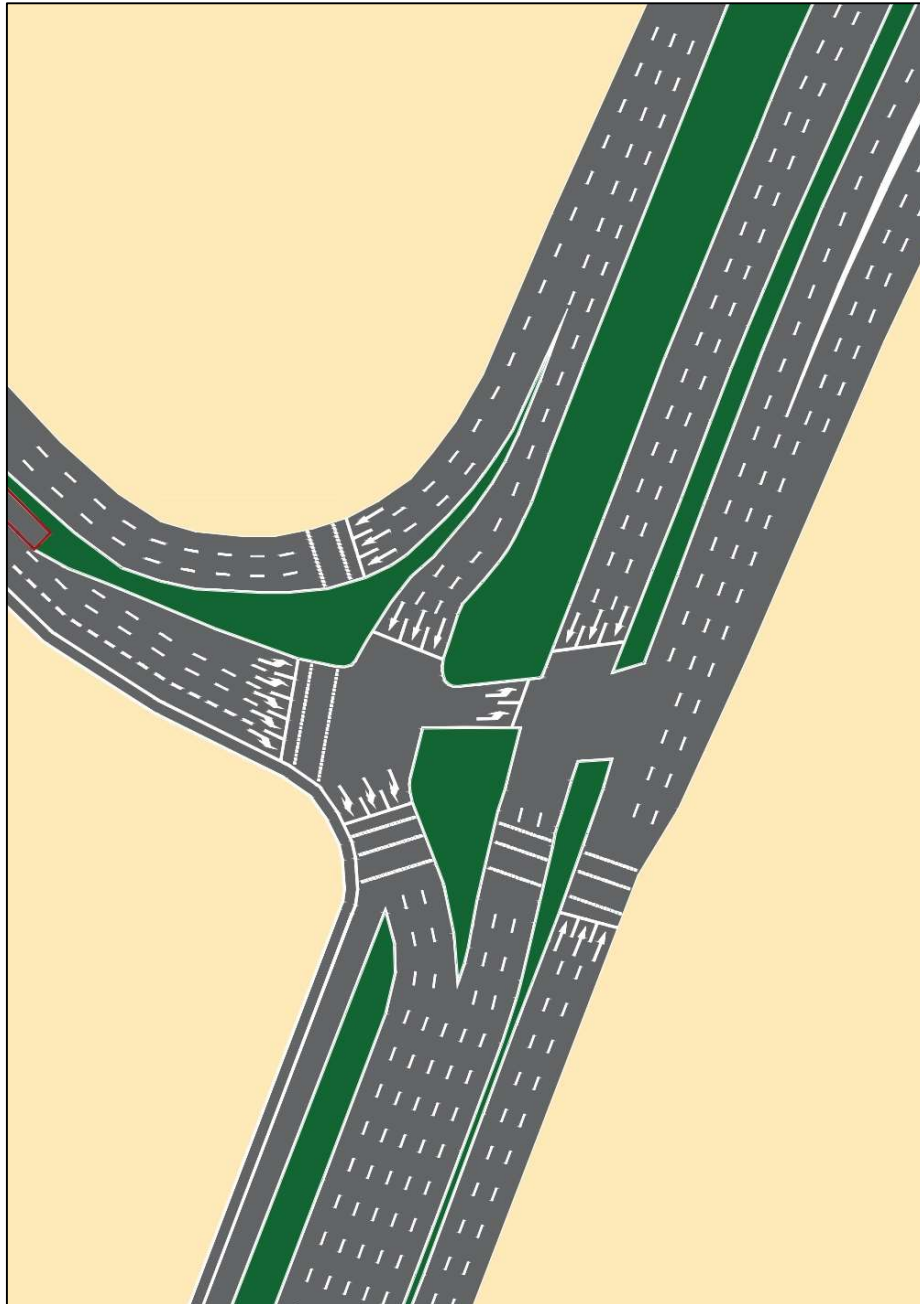
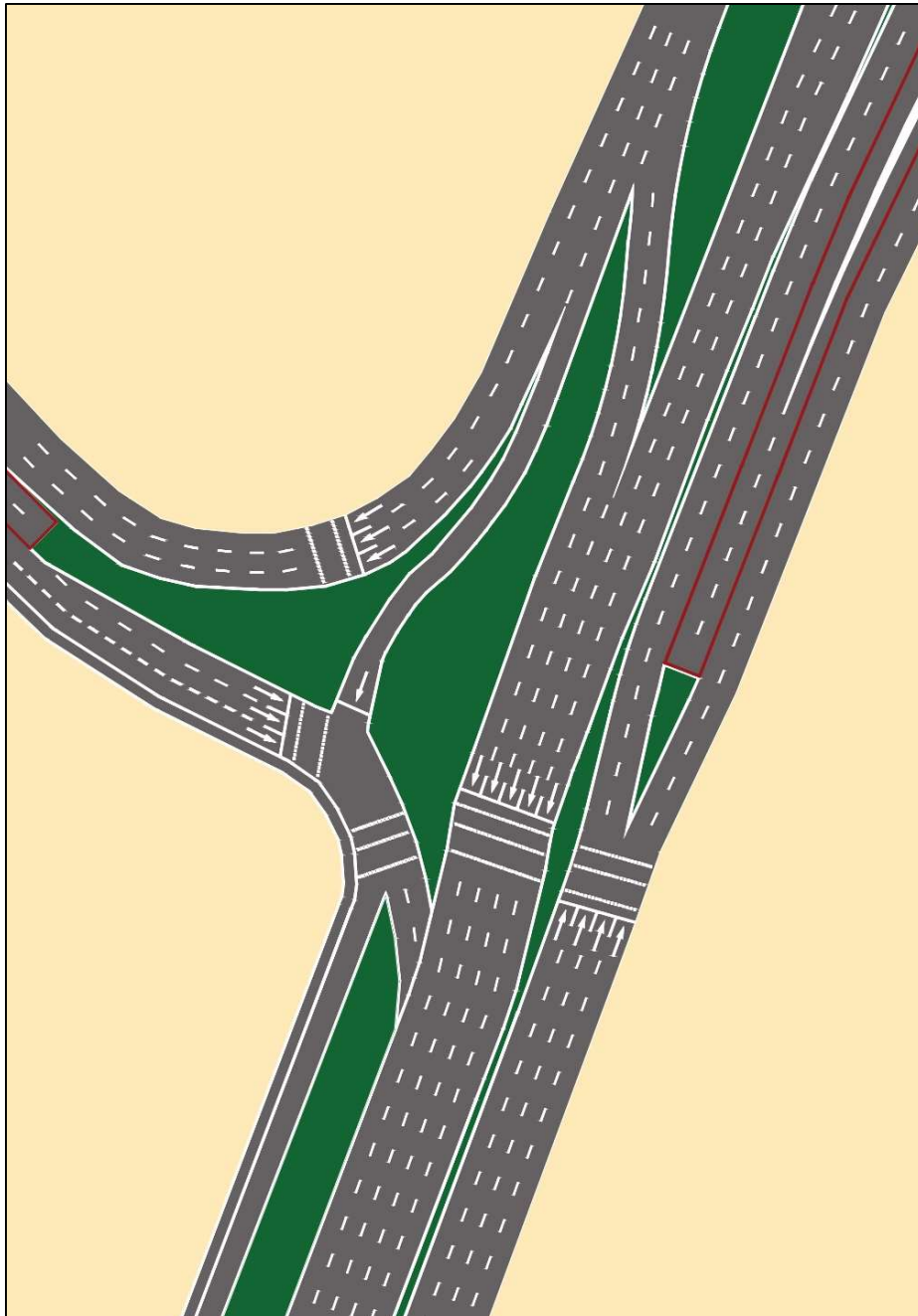


Ilustración 24. Diseño de la intersección de la Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

## 9.2. ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y AVENIDA CATALUÑA SENTIDO NORTE (1 SALIDA).

La segunda alternativa consiste en un paso inferior desde la Avenida Primado Reig hasta la Avenida Cataluña en sentido norte quedando por excluido su paso por la intersección y permitiendo en este caso los dos destinos posibles, el túnel de la V-21 de salida de Valencia y la continuidad por la Avenida Cataluña en dirección universidades.

Para esta alternativa, además, se plantean cambios en el diseño de la intersección semaforizada. Se ha realizado una modificación en la vía de servicio de la Avenida Cataluña, que consiste en la incorporación directa de la vía de servicio con la Avenida Cataluña. Con este cambio se consigue una mejor distribución de movimientos y se eliminan puntos conflictivos de la intersección.



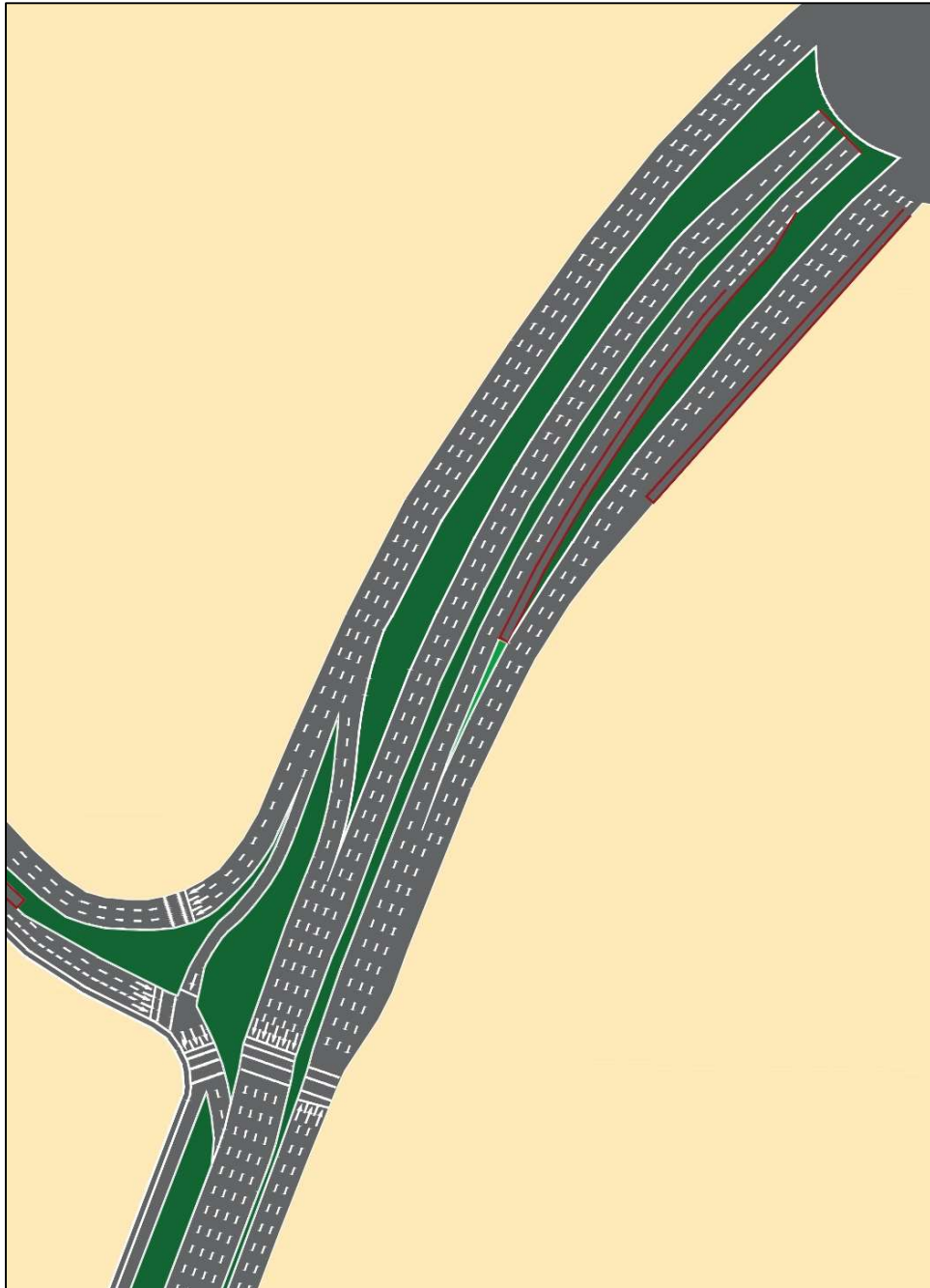
*Ilustración 25. Diseño de la intersección de la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.*

Esta medida conlleva la reducción del tráfico entorno a un 12% aproximadamente. Sin embargo, presenta ciertos inconvenientes, como el elevado coste de la obra y el impacto al tráfico y a los diferentes usuarios durante la ejecución de la obra.

### **9.3. ALTERNATIVA 3: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y AVENIDA CATALUÑA EN SENTIDO NORTE (2 SALIDAS).**

La tercera alternativa consiste en la ejecución de un paso inferior desde la Avenida Primado Reig hasta la Avenida Cataluña en sentido norte. El paso inferior que se plantea presenta una entrada antes de la llegada a la intersección en la Avenida Primado Reig y dos salidas en la Avenida Cataluña, una antes de la entrada al túnel de la V-21 y la otra en dirección universidades.

Para una mejor distribución de los movimientos de la intersección, del mismo que la Alternativa 2, se ha realizado un cambio en el diseño de la misma, quedando como resultado el diseño que se muestra en la siguiente imagen.



*Ilustración 26. Diseño de la intersección de la Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.*

Esta medida provoca una disminución del 12% del tráfico aproximadamente. Por lo contrario, al igual que las anteriores alternativas, presenta ciertos inconvenientes, como el coste elevado de la obra y el impacto de estas sobre el tránsito de los diferentes usuarios.



#### 9.4. ALTERNATIVA 4: GLORIETA.

En la cuarta alternativa se propone la sustitución de la intersección semaforizada por una glorieta semaforizada cambiando por completa la configuración de los viales de la zona.

Esta alternativa planteada presenta la gran ventaja de proporcionar más posibilidades de movimiento entre las dos avenidas, permitiendo con esta configuración que los vehículos que circulan por la Avenida Cataluña en sentido norte puedan acceder a la Avenida Primado Reig y además que los diferentes accesos puedan realizar cambios de sentido. Además, la duración de las obras se reduciría con respecto a una solución con paso inferior. El principal inconveniente que presenta esta alternativa es que no reduce el tráfico que circula en la intersección como si sucede con la solución del paso inferior.

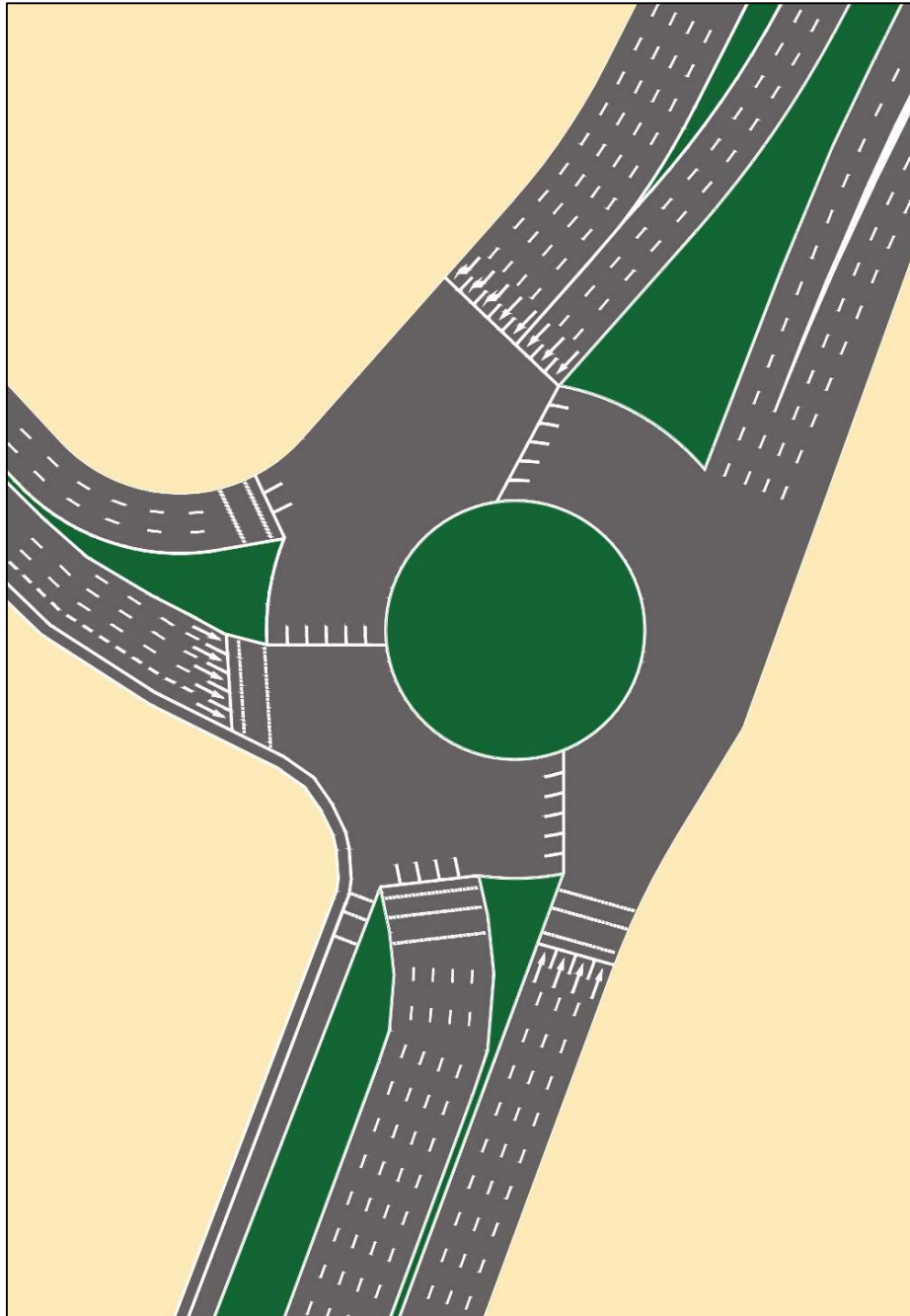


Ilustración 27. Diseño de la Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

## 10. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA Y DISEÑO.

Tras plantear las diferentes alternativas que se han considerado para solucionar los problemas identificados en la intersección semaforizada entre la avenida Primado Reig y Avenida Cataluña, en esta apartado se procede a seleccionar aquella alternativa más óptima y viable.

Se han propuesto un total de cuatro alternativas, tres alternativas que plantean solucionar los problemas de congestión con la ejecución de paso inferior y una cuarta que ofrece una glorieta como solución.

Las medidas con paso inferior proporcionan una reducción significativa del tráfico que circula por la intersección y a su vez la disminución de los conflictos que normalmente se generan durante las horas punta del día, cuando existe un mayor volumen de tráfico que accede a la intersección. El gran inconveniente es el elevado coste económico de ejecución de este tipo de solución y los diversos efectos que provoca durante su construcción en el tráfico.

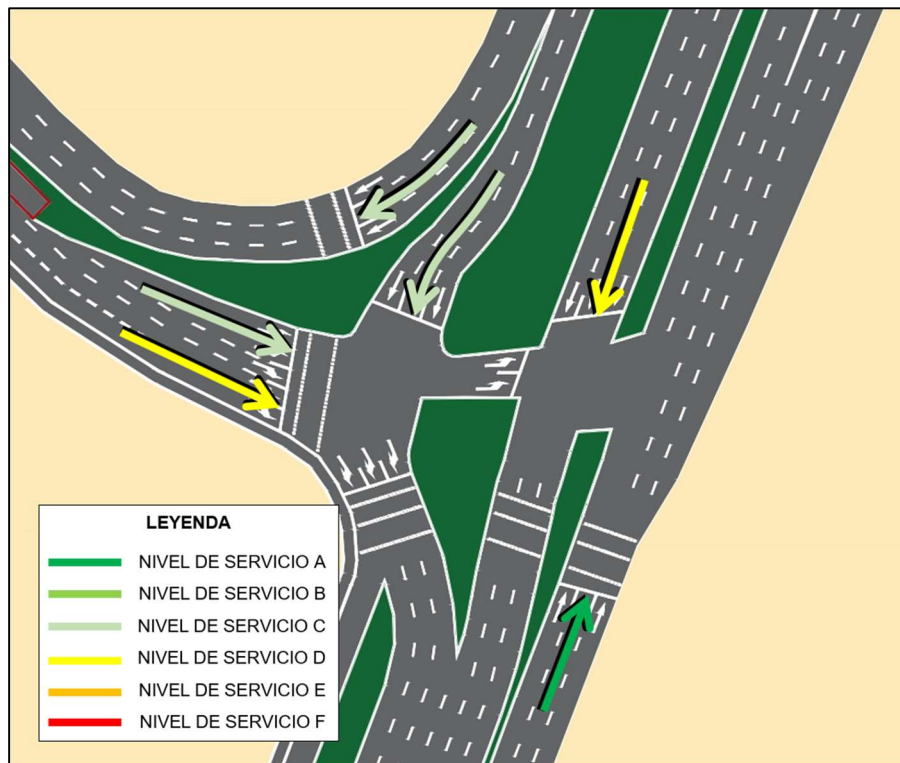
En cambio, la que presenta la glorieta como alternativa es más viable, por su reducido coste de ejecución en comparación con las propuestas con paso inferior, y también por la posibilidad de realizar más movimientos entre las dos avenidas. La principal desventaja de esta solución es la no reducción del volumen de tráfico existente, un factor determinante para aumentar los niveles de servicio que se dan con la configuración actual de la intersección.

Para seleccionar la alternativa más óptima, además de tener en cuenta las principales ventajas e inconvenientes de cada alternativa se ha realizado un análisis de la capacidad y un análisis económico.

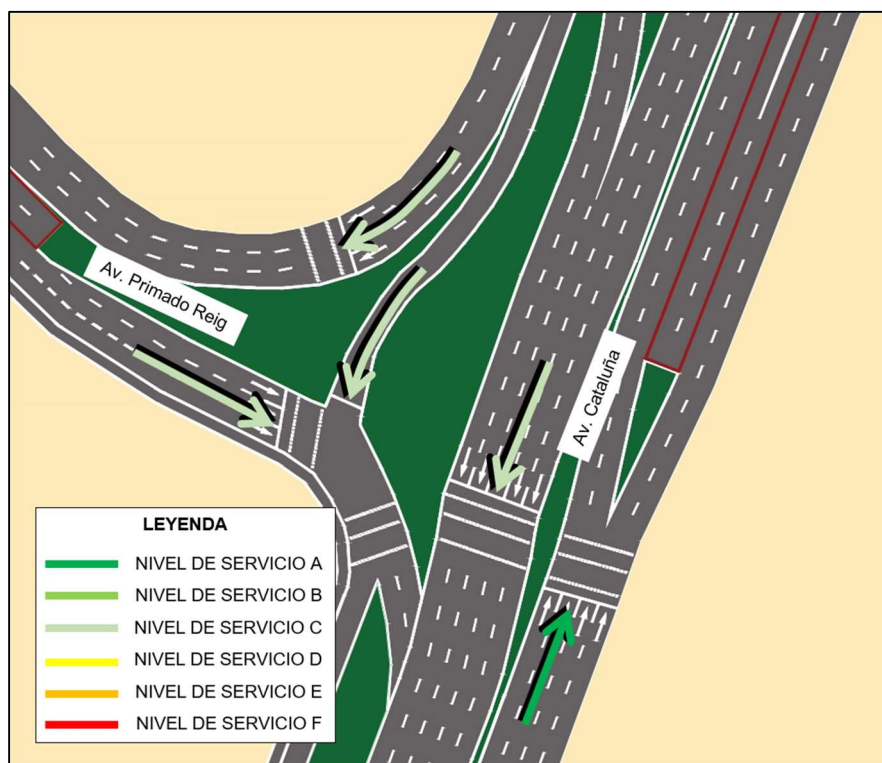
### 10.1. ANÁLISIS DE CAPACIDAD

Se ha analizado mediante HCM 6.0 la capacidad y el nivel de servicio de las alternativas, con el fin de determinar cuál de ellas proporciona unas mejores condiciones frente al tráfico a soportar.

A continuación, se muestran los niveles de servicio obtenidos para cada alternativa:



Il·lustració 28. Niveles de servicio de la alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.



Il·lustració 29. Niveles de servicio de la alternativa 2. Fuente: Elaboración propia.

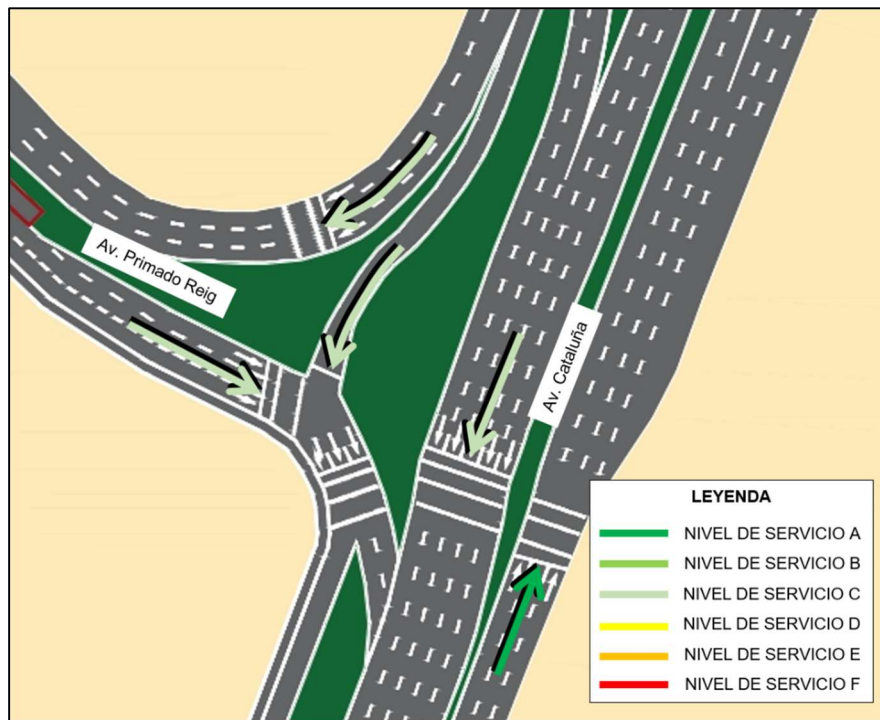


Ilustración 30. Niveles de servicio de la alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

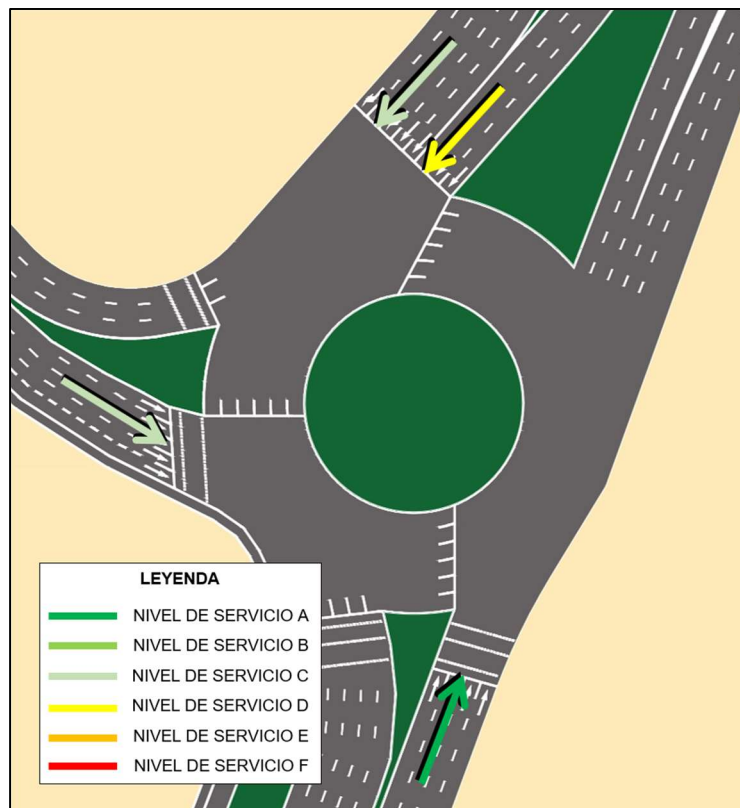


Ilustración 31. Niveles de servicio de la alternativa 4. Fuente: Elaboración propia.

Las diferentes alternativas en mayor o menor medida mejoran el nivel de servicio prestado con la configuración actual de la intersección, y a su vez, proporcionan mayor seguridad y comodidad a los diferentes usuarios. Las alternativas que presentan mejores niveles de servicio son las alternativa número 2 y 3, teniendo un nivel de servicio C en su peor caso.

Los cálculos de cada alternativa se encuentran recogidos en el “ANEXO N°1: CALCULOS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO” del presente documento.

## 10.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Además de realizar el análisis de capacidad se ha realizado un análisis económico de las diferentes alternativas. En primer lugar, se determina el ahorro anual que provoca la implementación de cada alternativa, seguidamente se determina la inversión que requiere cada una, y se concluye con su amortización para establecer cual es aquella alternativa que es más óptima desde el punto de vista económico.

### 10.2.1. Ahorro anual

El ahorro anual de las alternativas se ha calculado teniendo en cuenta el tiempo perdido por los conductores en su paso por la intersección, a partir de la siguiente expresión:

$$\sum X_i (s/veh) \cdot v (veh/h) \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot 10 (h/día) \cdot 365 (días/año) \cdot 6 (€/h)$$

donde,

$X_i$  = Diferencias de demoras de cada movimiento entre la alternativa seleccionada y el estado actual de la intersección (s)

$v$  = Aforo de cada movimiento (veh/h)

Dado que el 10% del tráfico diario, aproximadamente, transcurre en las horas punta del día, cuando se ha aforado, al valor aforado ( $v$ ) se multiplica por 10 y se obtiene de esta manera los vehículos que pasan por la intersección diariamente.

Además, se ha establecido el precio del tiempo perdido por semáforos en 6€ la hora. Es la media entre el conductor que trabaja y cuesta 10€ por hora, y el que no está trabajando, coincidiendo con el salario mínimo.

Ahorro anual Alternativa 1:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>Xi</b>	2,53	8,76	0	0	0	0
<b>v</b>	359	739	868	633	1759	1560
<b>Ahorro anual</b>	5.525,31 €	39.381,31 €	-	-	-	-

Tabla 23. Ahorro anual Alternativa 1. Fuente: Elaboración propia.

Al ahorro anual calculado para cada grupo de carril se le ha sumado el ahorro producido por la implementación del paso inferior, obteniendo un ahorro anual total de **136.567,79 €**.

Ahorra anual Alternativa 2:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>Xi</b>	16,13	0	-5,64	4,33	0,69
<b>v</b>	739	868	133	2258	1560
<b>Ahorro anual</b>	72.513,76 €	- €	-4.563,23 €	59.477,60 €	6.548,10 €

Tabla 24. Ahorro anual Alternativa 2. Fuente: Elaboración propia

Al ahorro anual calculado para cada grupo de carril se le ha sumado el ahorro producido por la implementación del paso inferior, obteniendo un ahorro anual total de **303.799,78 €**.

Ahorro anual Alternativa 3:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>Reducción</b>	16,13	0	-5,64	4,33	0,69
<b>v (veh/h)</b>	739	868	133	2258	1560
<b>Ahorro anual</b>	72.513,76 €	- €	-4.563,23 €	59.477,60 €	6.548,10 €

Tabla 25. Ahorro anual Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia

Al ahorro anual calculado para cada grupo de carril se le ha sumado el ahorro producido por la implementación del paso inferior, obteniendo un ahorro anual total de **303.799,78 €**.

Ahorro anual Alternativa 4:

En la alternativa 4 no se produce una reducción de demoras, de tal modo que no se tiene ahorros anuales para amortizar las obras. Esta alternativa, por este motivo, queda descartada.

### 10.2.2. Inversión

Para poder determinar la amortización de cada alternativa es necesario conocer la inversión que hay que llevar a cabo para ejecutarlas. Es por ello por lo que en este apartado se procede a estimar el coste de cada alternativa.

Se ha estimado que el coste de un paso inferior con un carril es de 6.000 € el metro lineal y el de dos carriles de 10.000 €. Aplicando estos costes se tiene que:

La Alternativa 1 con 510 metros de paso inferior de un carril supone una inversión de 3.060.000,00 €.

La Alternativa 2 con 354 metros de paso inferior de dos carriles supone una inversión de 3.540.000,00 €.

La Alternativa 3 con 570 metros de paso inferior de un carril supone una inversión de 3.420.000,00 €.

### 10.2.3. Amortización

Una vez determinado el ahorro anual de cada alternativa y la inversión que hay que llevar a cabo se obtiene los años de amortización de la obra civil para cada alternativa.

- Alternativa 1: 22 años
- Alternativa 2: 12 años
- Alternativa 3: 11 años.

Se concluye que la alternativa que se amortiza en un menor periodo de tiempo es la número 3 con 11 años.

## 10.3. CONCLUSIÓN

Dados los resultados obtenidos y considerando todo lo expuesto en los análisis realizados se ha concluido que la medida más factible y que mejora sustancialmente el estado actual de la intersección es la Alternativa número 3, que consiste en la ejecución de un paso inferior entre la Avenida Primado Reig y la Avenida Cataluña en sentido norte con una entrada y dos salidas.

En la siguiente imagen se puede ver el diseño de la intersección con la ejecución de la Alternativa 3 seleccionada.



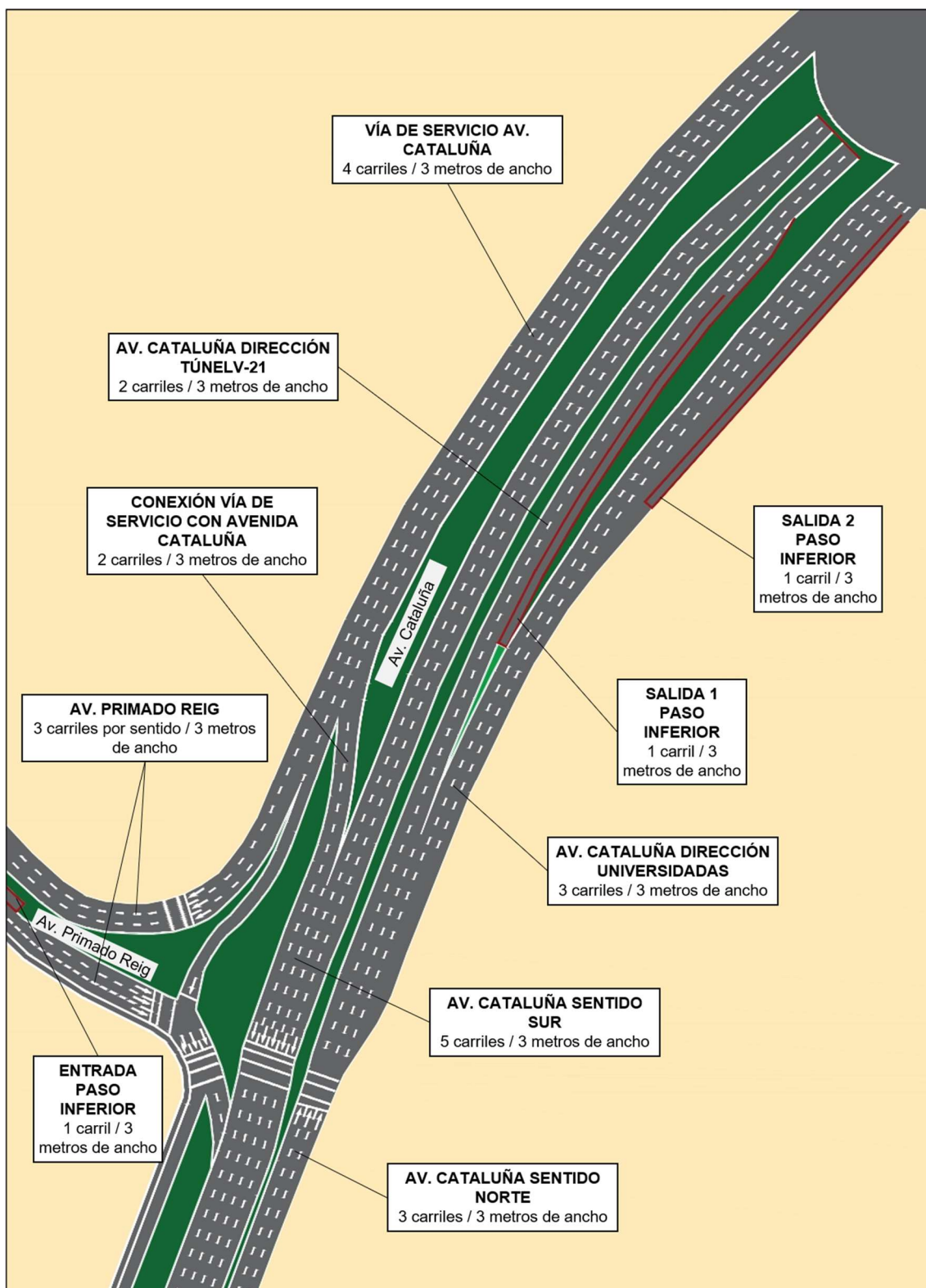


Ilustración 32. Diseño de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

## 11. RESULTADO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En este apartado se muestran los resultados del análisis de la alternativa seleccionada que ha permitido mejorar la funcionalidad y capacidad de la intersección semaforizada.

El análisis de la alternativa se ha elaborado a partir de la metodología expuesta anteriormente y siguiendo los procedimientos del HCM 2016, del mismo modo que se realizó con el diseño actual de la intersección en el presente documento.

En los siguientes apartados se expone el procedimiento llevado a cabo para obtener la capacidad y los niveles de servicio de la medida adoptada.

### 11.1.- DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DE HCM 6.0

#### 11.1.1. Determinación de los grupos de movimientos y grupo de carriles

Debido al cambio de diseño que se plantea en la alternativa seleccionada se han modificado los grupos de movimientos y grupos de carriles que previamente se habían identificado, detectando los siguientes:

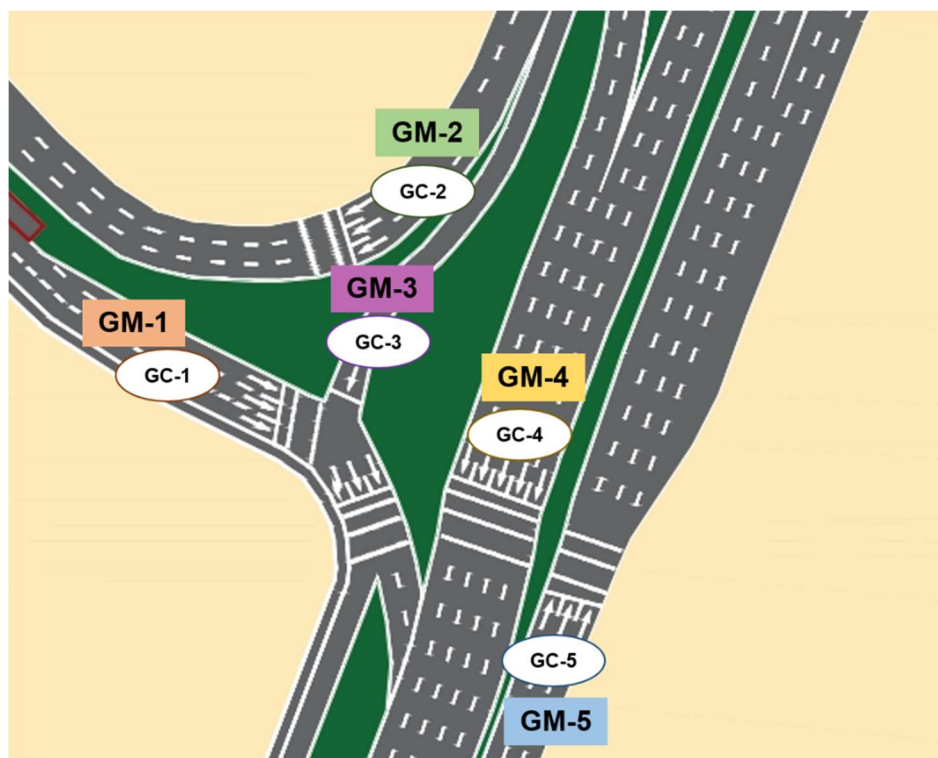


Ilustración 33. Grupo de movimientos y grupo de carriles de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

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

Tras la identificación de los grupos de movimientos, se ha determinado la intensidad de cada grupo, obteniendo los siguientes valores:

- Grupo de movimiento 1: 739 veh/hora y 19 pesados/h
- Grupo de movimiento 2: 868 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de movimiento 3: 133 veh/hora y 2 pesados/h
- Grupo de movimiento 4: 2.258 veh/hora y 13 pesados/h
- Grupo de movimiento 5: 1.560 veh/hora y 19 pesados/h

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

De igual modo, se han determinado la intensidad de los grupos de carriles, que coinciden con el grupo de movimientos.

- Grupo de movimiento 1: 739 veh/hora y 19 pesados/h
- Grupo de movimiento 2: 868 veh/hora y 10 pesados/h
- Grupo de movimiento 3: 133 veh/hora y 2 pesados/h
- Grupo de movimiento 4: 2.258 veh/hora y 13 pesados/h
- Grupo de movimiento 5: 1.560 veh/hora y 19 pesados/h

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

Una vez determinado las intensidades de los grupos de movimientos y los grupos de carriles se ha continuado con la obtención de la intensidad de saturación. Los factores prácticamente se ven inalterados, una vez suprimido el giro a izquierda mediante el paso inferior.

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
s (veh/h)	1449	1450	1710	1710	1710

Tabla 26. Intensidad de saturación (s) para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos para la obtención de la intensidad de saturación se encuentran recogidos en el "ANEXO N°1: CALCULOS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO".

### 11.1.4. Determinación de la duración de la fase del semáforo

La determinación de la fase del semáforo en este caso se omite, debido a que las modificaciones realizadas no afectan al tipo de control prefijado llevado a cabo.

### 11.1.5. Determinación de la proporción que llega durante la fase en verde

La determinación de la proporción de vehículos que llegan durante la fase en verde se ha estimado en base a las mediciones realizadas en campo en el estado actual, teniendo los siguientes valores para la alternativa seleccionada.

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
P	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96

Tabla 27. Proporción que llega durante la fase en verde para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

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

Para la obtención de la capacidad se parte de la intensidad de saturación previamente calculada y de los datos de números de carriles y proporción efectiva de verde para cada grupo de carril.

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

Aplicando la formulación se ha obtenido los siguientes valores para cada grupo de carriles:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
s (veh/h)	1449	1450	1710	1710	1710
g (s)	50	60	35	55	55
c (s)	115	120	120	115	115
N	3	3	1	5	3
C (veh/h)	1890	2175	499	4090	2454

Tabla 28. Capacidad para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se puede observar la proporción de verde efectivo establecida para cada uno de los grupos de carriles de la alternativa seleccionada y ver como no coinciden con el estado actual de la intersección. Se ha modificado de tal forma que los tiempos de las fases semafóricas sean adecuados para la circulación de peatones y ciclistas, y a la demanda de vehículos estudiada.

Calculada la capacidad se determina la proporción volumen-capacidad, empleando la siguiente fórmula:

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

Obteniendo:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>v (veh/h)</b>	739	868	133	2258	1560
<b>C (veh/h)</b>	1890	2175	499	4090	2454
<b>X</b>	0,39	0,40	0,27	0,55	0,64

Tabla 29. Proporción volumen-capacidad para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

### 11.1.7. Determinación de la demora

Para determinar la demora se ha tenido en cuenta tres conceptos: la demora uniforme ( $d_1$ ), la demora incremental ( $d_2$ ) y la demora por cola inicial ( $d_3$ ), quedando la siguiente formulación.

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Aplicando la formulación correspondiente se han obtenido las siguientes demoras para cada grupo de carril:

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>d1 (s)</b>	33,37	31,65	32,93	33,28	1,22
<b>d2 (s)</b>	0,56	0,50	1,04	0,43	0,90
<b>d3 (s)</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>d (s)</b>	33,93	32,16	33,98	33,72	2,12

Tabla 30. Demoras para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

La demora por cola inicial es nula para todos los grupos de carriles, del mismo que se estableció en el análisis de capacidad previo.

Se ve como con la alternativa seleccionada se han conseguido disminuir las demoras previamente calculadas, debido al nuevo diseño de la intersección y a una correcta coordinación de las fases semafóricas.

### 11.1.8. Determinación del Nivel de Servicio

Una vez determinado la demora para cada grupo de la alternativa seleccionada se obtiene el nivel de servicio por grupo de carril de acuerdo con los rangos que el HCM 2016 establece.

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
d	33,93	32,16	33,98	33,72	2,12
N.S	C	C	C	C	A

Tabla 31. Nivel de servicio para cada grupo de carril de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Estos niveles de servicio han sido representados en la siguiente imagen:

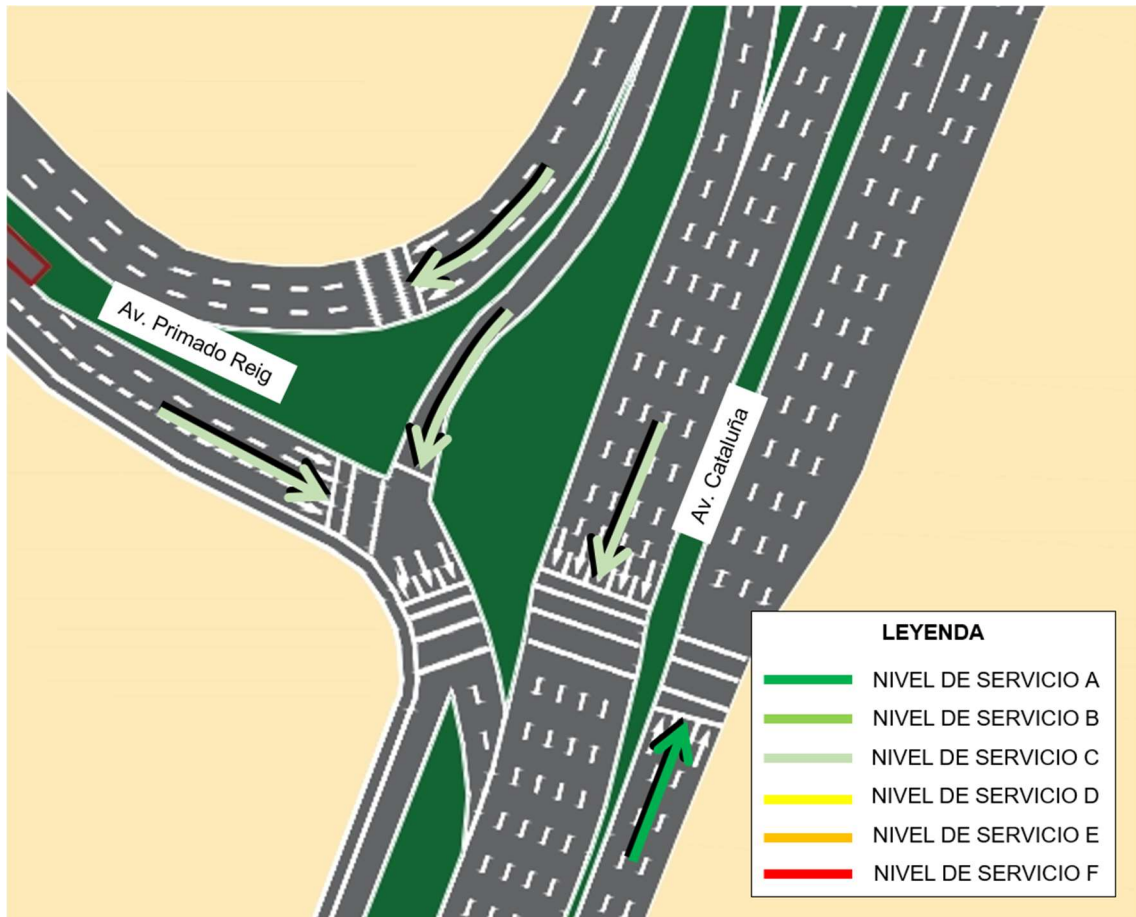


Ilustración 34. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles de la alternativa seleccionada. Fuente: Elaboración propia.

Con la alternativa seleccionada se ha conseguido mejorar de manera considerable los niveles de servicio de la intersección semaforzada de Avenida Primado Reig con Avenida Cataluña, pasando de un nivel de servicio D como el más desfavorable a un nivel de servicio para la propuesta elegida.

## 12. CONCLUSIONES

- El presente estudio “Estudio de mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección de Av. Cataluña con Av. Primado Reig en Valencia” ha tenido como objeto solucionar la problemática existente en la intersección semaforizada entre la Avenida Cataluña y la Avenida Primado Reig.
- Para el estudio se parte de la toma de datos realizada en campo de forma manual en las franjas horarias de mayor tráfico de 08:00 a 09:00 de la mañana y por la tarde de 18:00 a 19:00 horas.
- Para realizar la prognosis del tráfico y el cálculo de las tasas de crecimiento anual, se analizan los datos históricos de las estaciones de los puntos aforos existentes, así como los datos socioeconómicos, crecimiento poblacional y parque de vehículos.
- Con la tasa de crecimiento anual empleada se obtiene los datos de tráfico para el año de estudio establecido.
- Por medio del Highway Capacity Manual del año 2016 (HCM 6.0) se realiza el análisis de la capacidad y de los niveles de servicio de la intersección semaforizada. Para el año 2031, se dan niveles de servicio D en varios movimientos de la intersección por lo que se plantean diferentes actuaciones para su mejora
- Se proponen 4 alternativas que cambian la configuración actual de la intersección. Tres alternativas con paso inferior y una que presenta una glorieta como solución.
- Con el fin de seleccionar la alternativa más óptima se realiza, para cada una de las alternativas, un análisis de capacidad, mediante el HCM 6.0, y un análisis económico, para determinar la amortización de la inversión.
- La Alternativa seleccionada consiste en la ejecución de un paso inferior entre la Avenida Primado Reig y la Avenida Cataluña en sentido norte con una entrada y dos salidas.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

Ajuntament de València. (2021). EMT Valencia. Geoportal. 2021, de Ajuntament de València Sitio web: <https://www.emtvalencia.es/>

Ayuntamiento de Madrid. (2020). Intersecciones semaforizadas. Madrid: Instrucción de Vía Pública.

Banco Mundial. (2020). PIB. 2020, de Banco Mundial Sitio web: <https://datos.bancomundial.org/>

Dirección General de Tráfico. Parque de vehículos. Sitio web: <https://www.dgt.es/>

Dirección General de Tráfico. (2011). Regulación Semafórica. Dirección General de Tráfico: 2011.

INE. Instituto Nacional de Estadística (2021). Sitio web: <https://www.ine.es/>

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2016). Norma 3.1-IC Trazado. España: Dirección General de Carreteras.

Servicio Público de Empleo Estatal. (2021). Estadísticas por municipios (paro registrado y contratos). 2021, de Ministerio de Trabajo y Economía Social Sitio web: <https://www.sepe.es/>

Transportation Research Board. (2016). Highway Capacity Manual. Capítulo 19. Estados Unidos: Sexta edición.

ValenciaBonita. (2020). El origen y breve historia del nombre de los distritos de Valencia. Sitio web: <https://www.valenciabonita.es/>

Valencia, julio de 2021

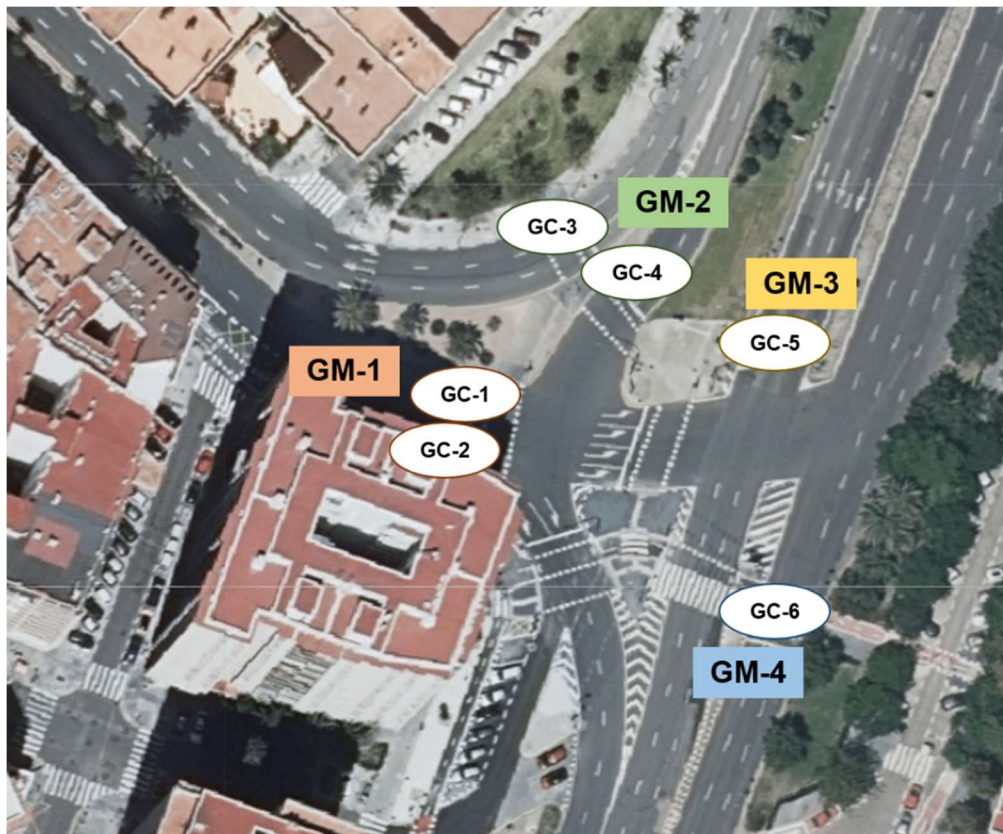


Fdo: Borja Santos Casanova



## ANEXO Nº1: CALCULOS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

### ESTADO ACTUAL



Grupo de movimientos	Ligeros	Pesados
GM-1	1519	29
GM-2	1501	15
GM-3	1759	10
GM-4	1560	19

Grupo de Carriles	Ligeros	Pesados
GC-1	780	10
GC-2	739	19
GC-3	868	10
GC-4	633	5
GC-5	1759	10
GC-6	1560	19

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>s<sub>0</sub></b>	1900	1900	1900	1900	1900	1900
<b>f<sub>w</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>HVg</sub></b>	0,99985	0,99985	0,99992	0,99996	0,99996	0,99990
<b>f<sub>p</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>bb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>a</sub></b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>f<sub>LU</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>LT</sub></b>	0,952381	1	1	1	1	1
<b>f<sub>RT</sub></b>	1	0,847458	0,847458	1	1	1
<b>f<sub>Lpb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>Rpb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>wz</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>ms</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>sp</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>s</b>	1629	1449	1450	1710	1710	1710

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>s (veh/h)</b>	1629	1449	1450	1710	1710	1710
<b>g (s)</b>	55	35	60	60	55	55
<b>c (s)</b>	115	115	120	120	115	115
<b>N</b>	3	2	3	2	3	3
<b>C (veh/h)</b>	2338	882	2175	1710	2454	2454

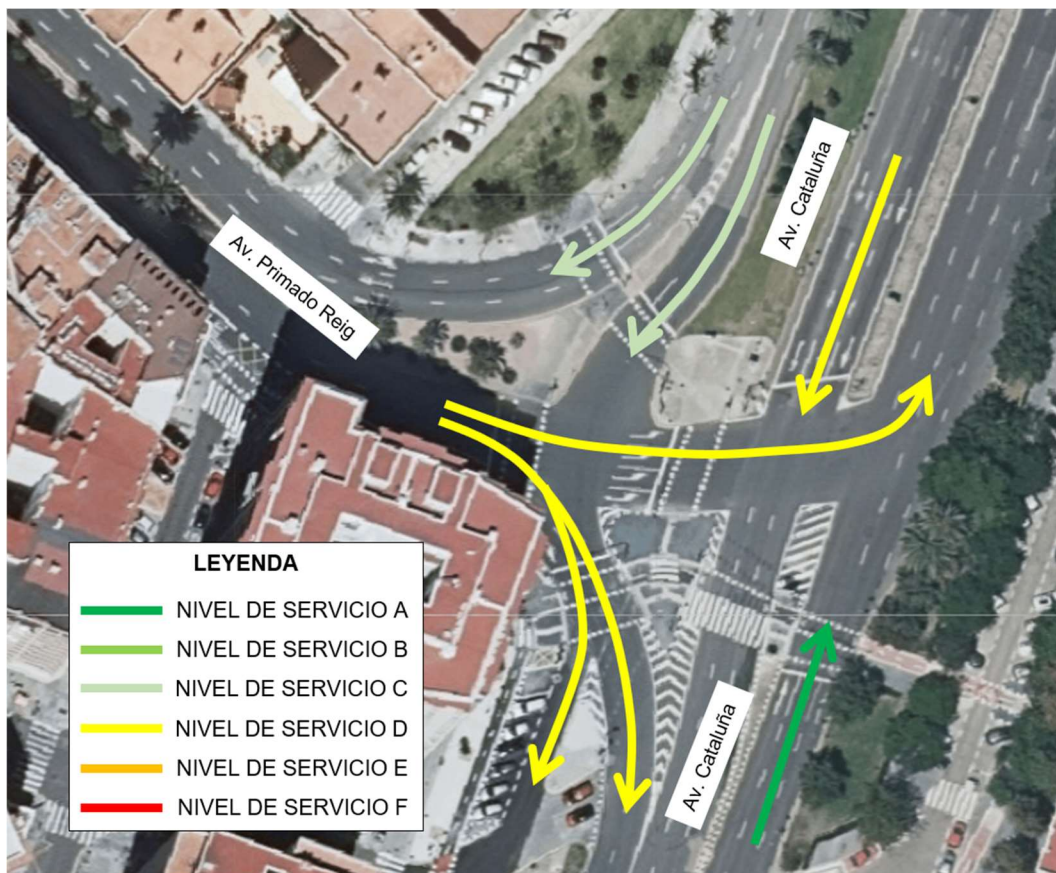
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>v (veh/h)</b>	780	739	868	633	1759	1560
<b>c (veh/h)</b>	2338	882	2175	1710	2454	2454
<b>X</b>	0,33	0,84	0,40	0,37	0,72	0,64

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>g (s)</b>	55	35	60	60	55	55
<b>c (s)</b>	115	115	120	120	115	115
<b>g/c</b>	0,48	0,30	0,50	0,50	0,48	0,48
<b>X</b>	0,33	0,84	0,40	0,37	0,72	0,64
<b>y</b>	0,16	0,26	0,20	0,19	0,34	0,30
<b>P</b>	0,08	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96
<b>PF</b>	1,902	1,178	1,689	1,508	1,552	0,054
<b>d1</b>	35,43	43,98	31,65	27,76	36,96	1,22

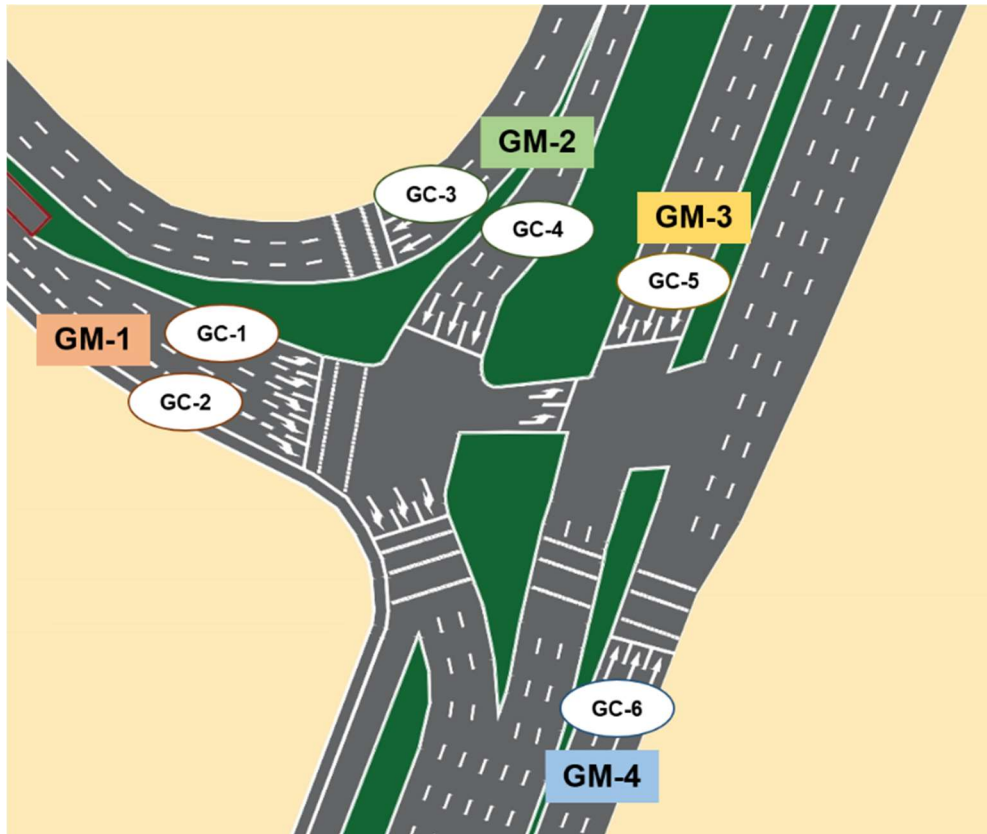
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
T (s)	115	115	120	120	115	115
T (h)	0,0319	0,0319	0,0333	0,0333	0,0319	0,0319
v	780	739	868	633	1759	1560
c	2338	882	2175	1710	2454	2454
Xa	0,33	0,84	0,40	0,37	0,72	0,64
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Xu	0,33	0,33	0,37	0,37	0,72	0,64
l	0,95	0,95	0,94	0,94	0,63	0,73
d2	0,36	6,08	0,51	0,57	1,09	0,90

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
d1 (s)	35,43	43,98	31,65	27,76	36,96	1,22
d2 (s)	0,36	6,08	0,51	0,57	1,09	0,90
d3 (s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d (s)	<b>35,79</b>	<b>50,06</b>	<b>32,16</b>	<b>28,34</b>	<b>38,05</b>	<b>2,12</b>

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
N.S	D	D	C	C	D	A



**ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y CALLE DEL CLARIANO.**



Grupo de movimientos	Ligeros	Pesados
GM-1	1098	24
GM-2	1501	15
GM-3	1759	10
GM-4	1560	19

Grupo de Carriles	Ligeros	Pesados
GC-1	359	5
GC-2	739	19
GC-3	868	10
GC-4	633	5
GC-5	1759	10
GC-6	1560	19

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>s<sub>0</sub></b>	1900	1900	1900	1900	1900	1900
<b>f<sub>w</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>HVg</sub></b>	0,99983	0,99983	0,99992	0,99996	0,99996	0,99990
<b>f<sub>p</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>bb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>a</sub></b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>f<sub>LU</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>LT</sub></b>	0,952381	1	1	1	1	1
<b>f<sub>RT</sub></b>	1	0,847458	0,847458	1	1	1
<b>f<sub>Lpb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>Rpb</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>wz</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>ms</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>f<sub>sp</sub></b>	1	1	1	1	1	1
<b>s</b>	1629	1449	1450	1710	1710	1710

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>s (veh/h)</b>	1629	1449	1450	1710	1710	1710
<b>g (s)</b>	55	35	60	60	55	55
<b>c (s)</b>	115	115	120	120	115	115
<b>N</b>	2	3	3	2	3	3
<b>C (veh/h)</b>	1559	1323	2175	1710	2454	2454

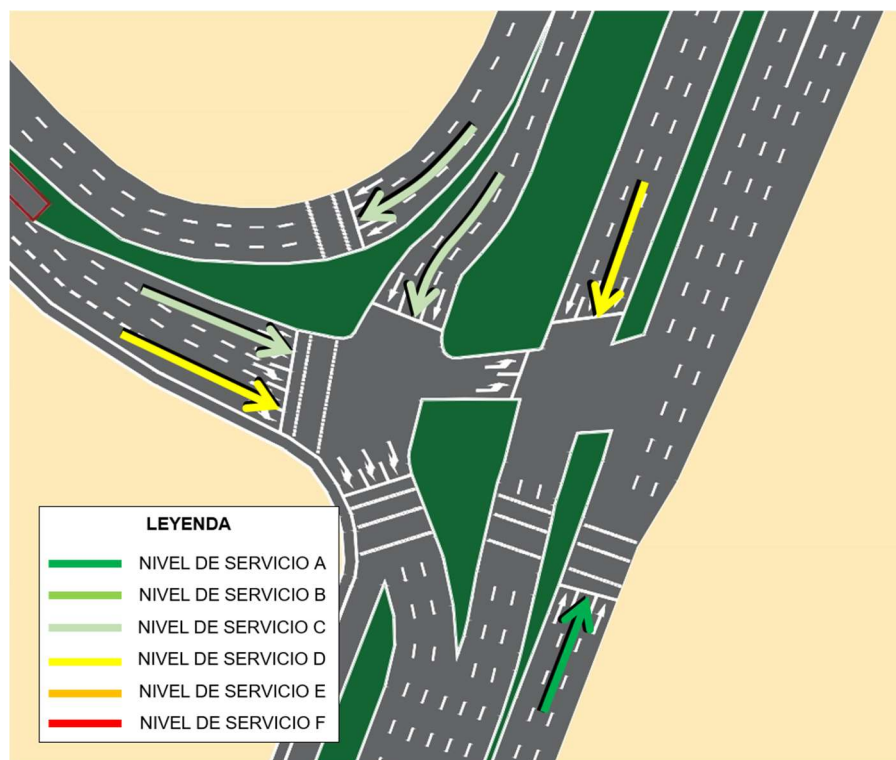
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>v (veh/h)</b>	359	739	868	633	1759	1560
<b>c (veh/h)</b>	1559	1323	2175	1710	2454	2454
<b>X</b>	0,23	0,56	0,40	0,37	0,72	0,64

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
<b>g (s)</b>	55	35	60	60	55	55
<b>c (s)</b>	115	115	120	120	115	115
<b>g/c</b>	0,48	0,30	0,50	0,50	0,48	0,48
<b>X</b>	0,23	0,56	0,40	0,37	0,72	0,64
<b>y</b>	0,11	0,17	0,20	0,19	0,34	0,30
<b>P</b>	0,08	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96
<b>PF</b>	1,872	1,184	1,689	1,508	1,552	0,054
<b>d1</b>	32,93	39,71	31,65	27,76	36,96	1,22

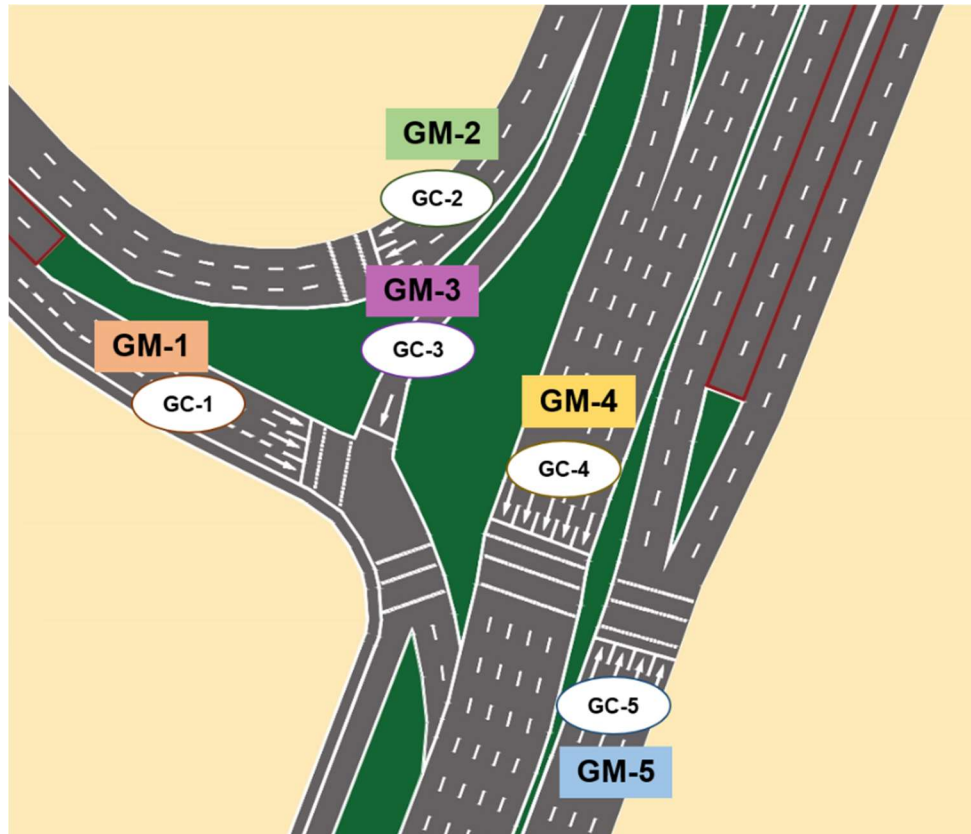
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
T (s)	115	115	120	120	115	115
T (h)	0,0319	0,0319	0,0333	0,0333	0,0319	0,0319
v	359	739	868	633	1759	1560
c	1559	1323	2175	1710	2454	2454
Xa	0,23	0,56	0,40	0,37	0,72	0,64
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Xu	0,23	0,23	0,37	0,37	0,72	0,64
l	0,98	0,98	0,94	0,94	0,63	0,73
d2	0,34	1,59	0,51	0,57	1,09	0,90

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
d1 (s)	32,93	39,71	31,65	27,76	36,96	1,22
d2 (s)	0,34	1,59	0,51	0,57	1,09	0,90
d3 (s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d (s)	33,26	41,30	32,16	28,34	38,05	2,12

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5	GC-6
N.S	C	D	C	C	D	A



**ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y AVENIDA CATALUÑA SENTIDO NORTE (1 SALIDA).**



Grupo de movimientos	Ligeros	Pesados
GM-1	739	19
GM-2	868	10
GM-3	133	2
GM-4	2258	13
GM-5	1560	19

Grupo de Carriles	Ligeros	Pesados
GC-1	739	19
GC-2	868	10
GC-3	133	2
GC-4	2258	13
GC-5	1560	19

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>s<sub>0</sub></b>	1900	1900	1900	1900	1900
<b>f<sub>w</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>HVg</sub></b>	0,99980	0,99991	0,99988	0,99995	0,99990
<b>f<sub>p</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>bb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>a</sub></b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>f<sub>LU</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>LT</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>RT</sub></b>	0,847458	0,847458	1	1	1
<b>f<sub>Lpb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>Rpb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>wz</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>ms</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>sp</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>s</b>	1449	1450	1710	1710	1710

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>s (veh/h)</b>	1449	1450	1710	1710	1710
<b>g (s)</b>	50	60	35	55	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115	115
<b>N</b>	3	3	1	5	5
<b>C (veh/h)</b>	1890	2175	499	4090	4090

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>v (veh/h)</b>	739	868	133	2258	1560
<b>c (veh/h)</b>	1890	2175	499	4090	4090
<b>X</b>	0,39	0,40	0,27	0,55	0,38

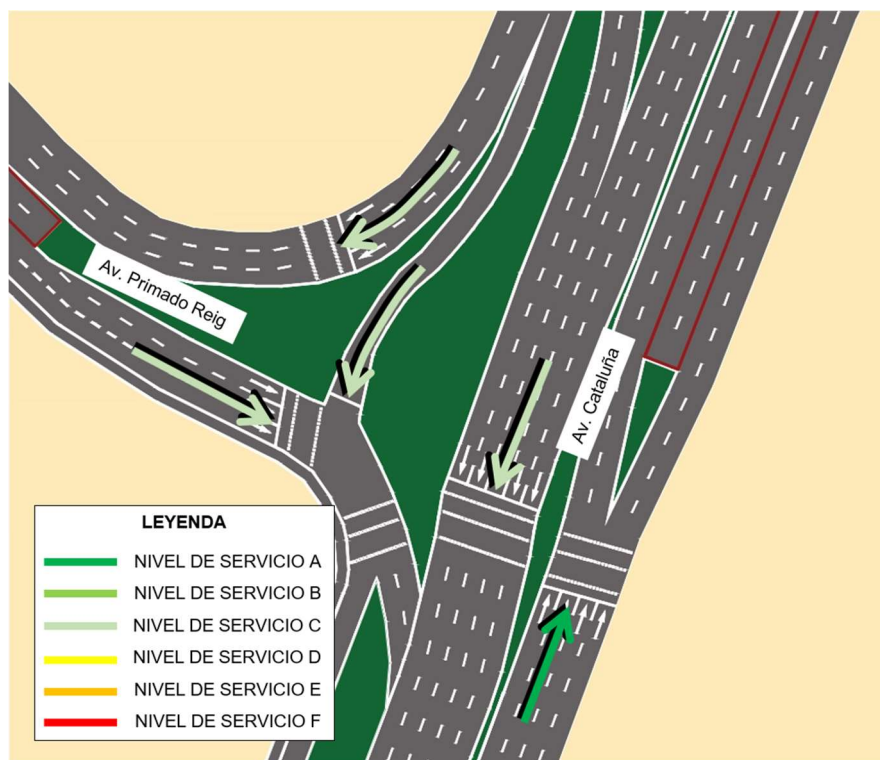
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>g (s)</b>	50	60	35	55	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115	115
<b>g/c</b>	0,43	0,50	0,29	0,48	0,48
<b>X</b>	0,39	0,40	0,27	0,55	0,38
<b>y</b>	0,17	0,20	0,08	0,26	0,18
<b>P</b>	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96
<b>PF</b>	1,508	1,689	1,009	1,565	0,062
<b>d1</b>	33,37	31,65	32,93	33,28	1,18



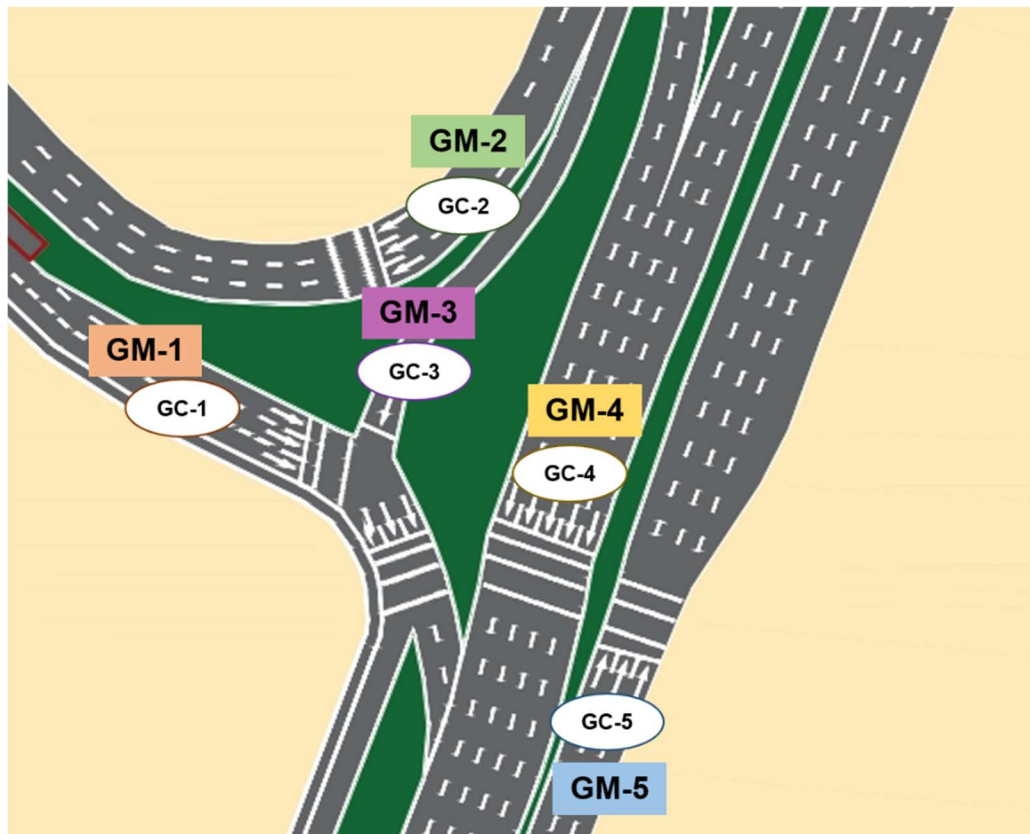
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
T (s)	115	120	120	115	115
T (h)	0,0319	0,0333	0,0333	0,0319	0,0319
v	739	868	133	2258	1560
c	1890	2175	499	4090	4090
Xa	0,39	0,40	0,27	0,55	0,38
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Xu	0,39	0,39	0,55	0,55	0,38
l	0,93	0,93	0,81	0,81	0,93
d2	0,56	0,50	1,04	0,43	0,25

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
d1 (s)	33,37	31,65	32,93	33,28	1,18
d2 (s)	0,56	0,50	1,04	0,43	0,25
d3 (s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d (s)	33,93	32,16	33,98	33,72	1,43

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
N.S	C	C	C	C	A



**ALTERNATIVA 3: PASO INFERIOR ENTRE AV. PRIMADO REIG Y AVENIDA CATALUÑA EN SENTIDO NORTE (2 SALIDAS).**



Grupo de movimientos	Ligeros	Pesados
GM-1	739	19
GM-2	868	10
GM-3	133	2
GM-4	2258	13
GM-5	1560	19

Grupo de Carriles	Ligeros	Pesados
GC-1	739	19
GC-2	868	10
GC-3	133	2
GC-4	2258	13
GC-5	1560	19

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>s<sub>0</sub></b>	1900	1900	1900	1900	1900
<b>f<sub>w</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>HVg</sub></b>	0,99980	0,99991	0,99988	0,99995	0,99990
<b>f<sub>p</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>bb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>a</sub></b>	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>f<sub>LU</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>LT</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>RT</sub></b>	0,847458	0,847458	1	1	1
<b>f<sub>Lpb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>Rpb</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>wz</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>ms</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>f<sub>sp</sub></b>	1	1	1	1	1
<b>s</b>	1449	1450	1710	1710	1710

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>s (veh/h)</b>	1449	1450	1710	1710	1710
<b>g (s)</b>	50	60	35	55	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115	115
<b>N</b>	3	3	1	5	3
<b>C (veh/h)</b>	1890	2175	499	4090	2454

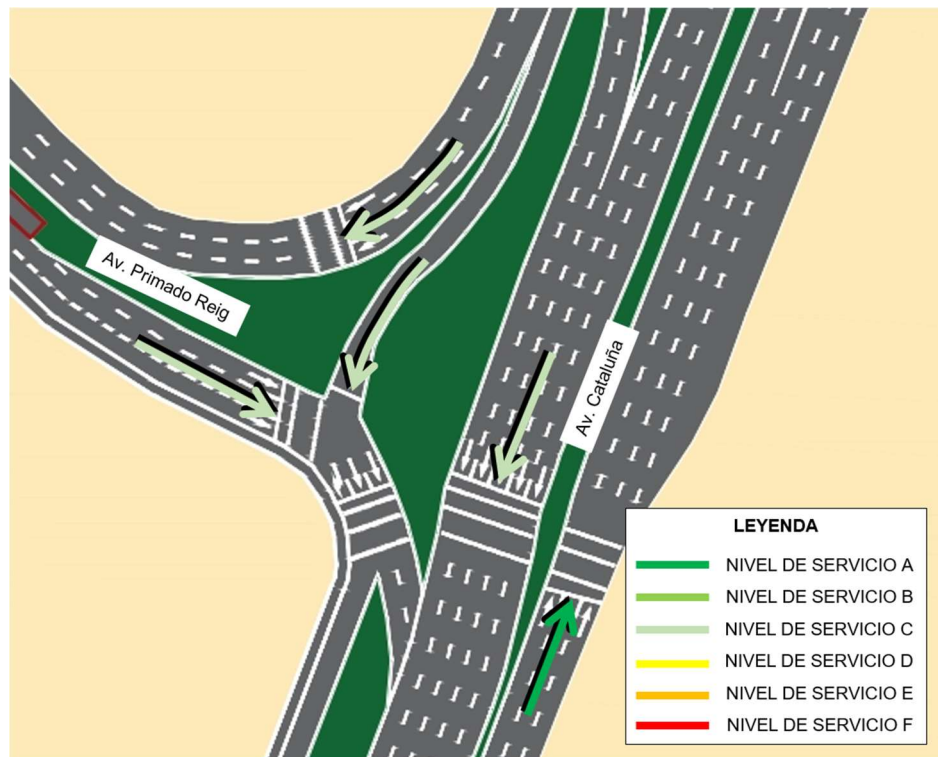
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>v (veh/h)</b>	739	868	133	2258	1560
<b>c (veh/h)</b>	1890	2175	499	4090	2454
<b>X</b>	0,39	0,40	0,27	0,55	0,64

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
<b>g (s)</b>	50	60	35	55	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115	115
<b>g/c</b>	0,43	0,50	0,29	0,48	0,48
<b>X</b>	0,39	0,40	0,27	0,55	0,64
<b>y</b>	0,17	0,20	0,08	0,26	0,30
<b>P</b>	0,19	0,21	0,29	0,23	0,96
<b>PF</b>	1,508	1,689	1,009	1,565	0,054
<b>d1</b>	33,37	31,65	32,93	33,28	1,22

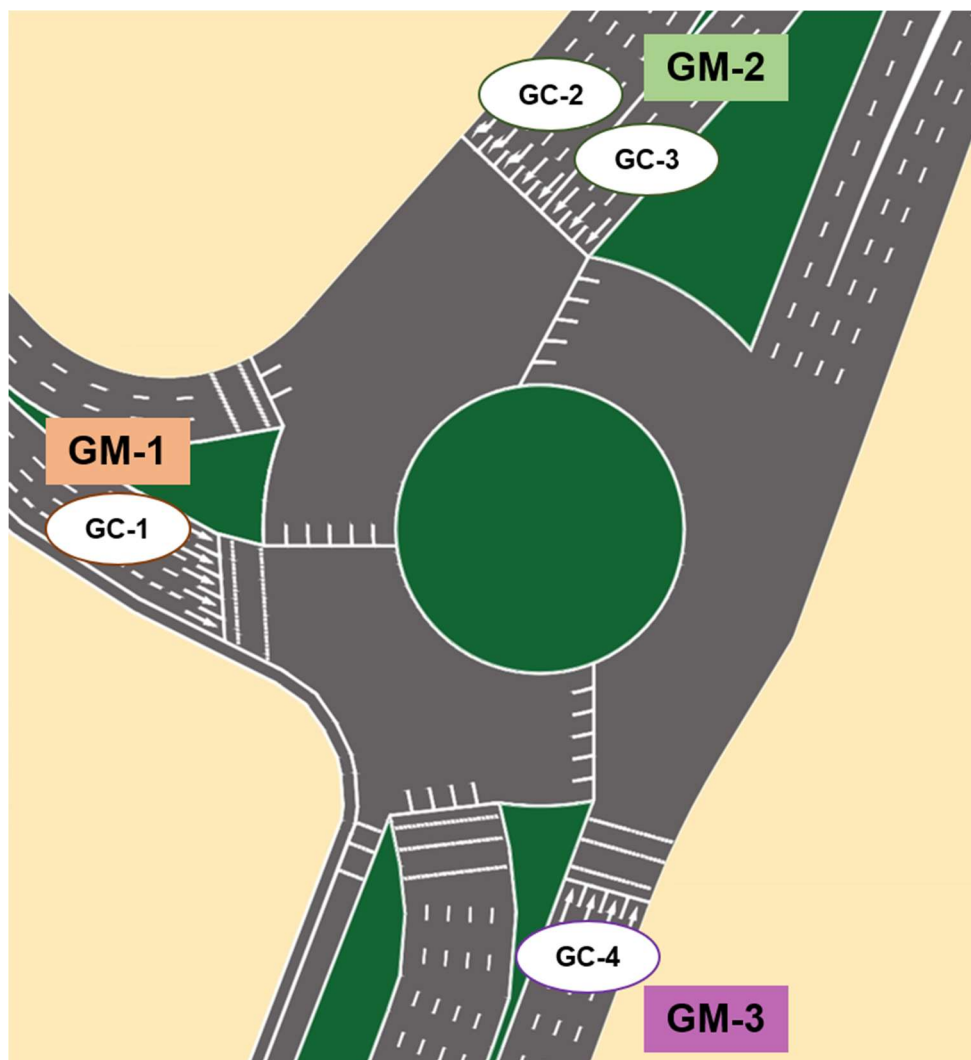
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
T (s)	115	120	120	115	115
T (h)	0,0319	0,0333	0,0333	0,0319	0,0319
v	739	868	133	2258	1560
c	1890	2175	499	4090	2454
Xa	0,39	0,40	0,27	0,55	0,64
k	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Xu	0,39	0,39	0,55	0,55	0,64
l	0,93	0,93	0,81	0,81	0,73
d2	0,56	0,50	1,04	0,43	0,90

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
d1 (s)	33,37	31,65	32,93	33,28	1,22
d2 (s)	0,56	0,50	1,04	0,43	0,90
d3 (s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d (s)	33,93	32,16	33,98	33,72	2,12

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4	GC-5
N.S	C	C	C	C	A



## ALTERNATIVA 4: GLORIETA.



Grupo de movimientos	Ligeros	Pesados
GM-1	1519	37
GM-2	3259	24
GM-3	1560	19

Grupo de Carriles	Ligeros	Pesados
GC-1	1519	37
GC-2	868	10
GC-3	2391	14
GC-4	1560	19

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
<b>s<sub>0</sub></b>	1900	1900	1900	1900
<b>f<sub>w</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>HVg</sub></b>	0,99981	0,99994	0,99994	0,99990
<b>f<sub>p</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>bb</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>a</sub></b>	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>f<sub>LU</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>LT</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>RT</sub></b>	0,847458	0,847458	1	1
<b>f<sub>Lpb</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>Rpb</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>wz</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>ms</sub></b>	1	1	1	1
<b>f<sub>sp</sub></b>	1	1	1	1
<b>s</b>	1449	1450	1710	1710

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
<b>s (veh/h)</b>	1449	1450	1710	1710
<b>g (s)</b>	55	60	35	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115
<b>N</b>	5	3	5	4
<b>C (veh/h)</b>	3465	2175	2494	3272

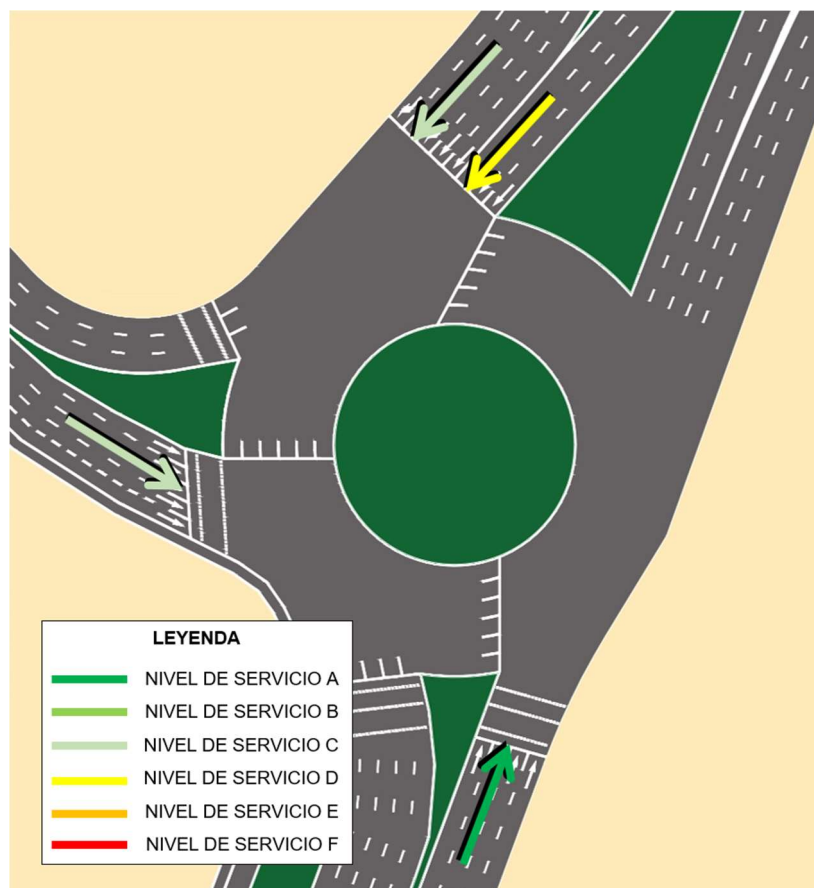
	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
<b>v (veh/h)</b>	1519	868	2391	1560
<b>c (veh/h)</b>	3465	2175	2494	3272
<b>X</b>	0,44	0,40	0,96	0,48

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
<b>g (s)</b>	55	60	35	55
<b>c (s)</b>	115	120	120	115
<b>g/c</b>	0,48	0,50	0,29	0,48
<b>X</b>	0,44	0,40	0,96	0,48
<b>y</b>	0,21	0,20	0,28	0,23
<b>P</b>	0,19	0,21	0,29	0,96
<b>PF</b>	1,669	1,689	1,009	0,061
<b>d1</b>	33,05	31,65	42,15	31,71

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
T (s)	115	120	120	115
T (h)	0,0319	0,0333	0,0333	0,0319
v	1519	868	2391	1560
c	3465	2175	2494	3272
Xa	0,44	0,40	0,96	0,48
k	0,5	0,5	0,5	0,5
Xu	0,44	0,44	0,48	0,48
l	0,90	0,90	0,87	0,87
d2	0,36	0,49	4,91	0,43

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
d1 (s)	33,05	31,65	42,15	1,24
d2 (s)	0,36	0,49	4,91	0,43
d3 (s)	0,00	0,00	0,00	0,00
d (s)	33,41	32,14	47,06	1,67

	GC-1	GC-2	GC-3	GC-4
N.S	C	C	D	A



## ANEXO Nº2: ODS

Relación del TFM “Estudio de mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección de Av. Cataluña con Av. Primado Reig en Valencia” 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. Fin de la pobreza.				X
ODS 2. Hambre cero.				X
ODS 3. Salud y bienestar.	X			
ODS 4. Educación de calidad.				X
ODS 5. Igualdad de género.				X
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				X
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				X
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.			X	
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				X
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				X
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		X		
ODS 12. Producción y consumo responsables.				X
ODS 13. Acción por el clima.		X		
ODS 14. Vida submarina.				X
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				X
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				X
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				X

**Descripción de la alineación del TFM con los ODS con un grado de relación más alto.**

ODS 3. Salud y bienestar:

Debido a la reducción de las demoras, el tiempo perdido por los semáforos se disminuye proporcionando mayor bienestar social a los diferentes usuarios.

ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico:

Como se ha podido ver en el estudio, con la alternativa seleccionada se ahorra anualmente el tiempo perdido por los usuarios en los semáforos de la intersección. Esta reducción de costes proporciona crecimientos económicos y mejora el estándar de vida.



### ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.

El estudio pretende la mejora de la funcionalidad y capacidad de la intersección que en la actualidad se encuentra sobrecargada principalmente en las horas punta del día y se espera un crecimiento que agrave la situación. Con las mejoras planteadas se reducirá el tiempo de estancia de los vehículos en la intersección, por lo que, conllevará consigo la reducción de la contaminación en el aire.

### ODS 13. Acción por el clima.

Con motivo de la disminución del tiempo perdido por los semáforos se reduce los gases de efecto invernadero emitidos hacia a la atmosfera.