



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos,  
Canales y Puertos

Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección  
semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía  
Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia,  
mediante la aplicación del "High Capacity Manual 6.0".

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

AUTOR/A: Sesa Cárcel, Sara

Tutor/a: Soriano Ferriol, Javier

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



## ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS .....	5
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	8
1.ANTECEDENTES.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	10
3. OBJETO.....	11
4. ESTADO DEL ARTE .....	12
4.1. SEMÁFOROS.....	12
4.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN INTERSECCIONES .....	13
4.3 CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS .....	14
4.3.1 FACTORES.....	14
4.5 NIVEL DE SERVICIO .....	17
5. DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN PROPUESTA .....	19
5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA.....	19
5.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO .....	19
5.1.2 CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO .....	22
5.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA .....	23
5.2 TOMA DE INFORMACIÓN .....	24
5.2.1 VOLUMEN VEHICULAR .....	24
5.2.1 VOLUMEN DE CICLISTAS Y PEATONES.....	27



6. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO FUTURO.....	29
6.1 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO.....	29
6.2 ANÁLISIS DEL TRÁFICO .....	32
6.3 CRECIMIENTO SEGÚN ORDEN FOM/3317/2010.....	34
6.4 CONCLUSIÓN .....	35
7. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN EN EL ESCENARIO FUTURO .....	37
7.1 METODOLOGÍA A SEGUIR .....	37
7.2 DATOS DE ENTRADA.....	51
7.3 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA A SEGUIR.....	52
7.3.1 DETERMINAR LOS GRUPOS DE MOVIMIENTOS Y DE CARRILES.....	52
7.3.2 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE MOVIMIENTOS.....	54
7.3.3 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE CARRILES.....	55
7.3.4 DETERMINAR EL AJUSTE DE LA INTENSIDAD DE SATURACIÓN.....	55
7.3.5 DETERMINAR LA CAPACIDAD Y LA PROPORCIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN.....	56
7.3.6 DETERMINAR LA DEMORA .....	57
7.3.7 DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO.....	58
8. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA DE LA INTERSECCIÓN .....	61
9. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.....	63
9.1 ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA AMÉRICA Y AVENIDA DE ARAGÓN O AVENIDA DEL PUERTO.....	63
9.2 ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE JACINTO BENAVENTE .....	65
10. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA .....	67
10.1 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD.....	67
10.2 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	69
10.2.1 AHORRO ANUAL.....	69
10.2.2 INVERSIÓN.....	71
10.2.3 AMORTIZACIÓN.....	71
10.3 CONCLUSIÓN.....	71



11. RESULTADOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	72
11.1 DETERMINAR LOS GRUPOS DE MOVIMIENTO Y LOS GRUPOS DE CARRILES .....	72
11.2 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE MOVIMIENTOS .....	73
11.3 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE CARRILES.....	73
11.4 DETERMINAR EL AJUSTE DE LA INTENSIDAD DE SATURACIÓN.....	73
11.5 DETERMINAR LA CAPACIDAD Y LA PROPORCIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN.....	74
11.6 DETERMINAR LA DEMORA .....	75
11.7 DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO.....	75
12. DISEÑO GEOMÉTRICO, COSTE ESTIMADO Y AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN .....	77
12.1 DISEÑO GEOMÉTRICO .....	77
12.1.1 CONDICIONANTES .....	77
12.1.2 TRAZADO .....	77
12.2 COSTE ESTIMADO .....	81
12.3 AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	82
13. CONCLUSIONES .....	83
14.FIRMA DEL DOCUMENTO.....	84
15.BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXO 1: CÁLCULOS DE CAPACIDAD Y DE NIVEL DE SERVICIO.....	86
ANEXO 2: PLANOS.....	99
ANEXO 3: PRESUPUESTO.....	106



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación intersección de estudio. (Fuente: Google Earth).....	10
Figura 2. Tipos de movimientos en una intersección. (Fuente: HCM 2016).....	14
Figura 3. Distritos de la ciudad de Valencia. (Fuente: Valencia Plaza).....	19
Figura 4. Intersección del puente de Aragón y la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Las Provincias).....	19
Figura 5. Puente de Aragón. (Fuente: Google Earth).....	20
Figura 6. Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Google Earth).....	20
Figura 7. Plaza América. (Fuente: Google Earth).....	21
Figura 8. Sentido de salida de Plaza América. (Fuente: Google Earth).....	21
Figura 9. Sentido de entrada de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth).....	22
Figura 10. Sentido de salida de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth).....	22
Figura 11. Recorrido de las líneas de autobús que circulan por la intersección de estudio. (Fuente: Geoportal EMT).....	23
Figura 12. Movimientos permitidos en la intersección. (Fuente propia).....	23
Figura 13. Movimiento a realizar para girar a izquierdas desde Gran Vía. (Fuente propia).....	24
Figura 14. Flujo proveniente de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia).....	25
Figura 15. Flujo proveniente del puente de Aragón. (Fuente propia).....	25
Figura 16. Flujo proveniente de la Plaza América. (Fuente propia).....	25
Figura 17. Flujo proveniente de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia).....	26
Figura 18. Flujo de autobuses en la intersección de estudio. (Fuente propia).....	26
Figura 19. Intensidad de peatones por hora en la intersección de análisis. (Fuente propia).....	28
Figura 20. Flujo de bicicletas. (Fuente propia).....	28
Figura 21. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia).....	35
Figura 22. Flujo en 2031 del tráfico proveniente del Puente de Aragón. (Fuente propia).....	36
Figura 23. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Plaza América. (Fuente propia).....	36
Figura 24. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia).....	36
Figura 25. Tipos de carriles. (Fuente: HCM 6.0).....	38
Figura 26. Grupo de movimientos y carriles de la intersección de estudio. (Fuente propia).....	53
Figura 27. División grupo de carriles en Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Google Earth) ..	53
Figura 28. División del grupo de carriles en Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth).....	53



Figura 29. División en grupo de carriles del Puente de Aragón. (Fuente: Google Earth) .....	54
Figura 30. División de grupo de carriles en Plaza América. (Fuente: Google Earth).....	54
Figura 31. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles. (Fuente propia)	
.....	59
Figura 32. Colapso en los giros a izquierdas provenientes del Puente de Aragón. (Fuente propia).....	60
Figura 33. Colapso de los giros a izquierdas provenientes de la Plaza de América. (Fuente propia).....	60
Figura 34. Congestión por almacenamiento de vehículos en los grupos de carriles GC6 y GC7. (Fuente propia).....	61
Figura 35. Congestión por almacenamiento de vehículos en los grupos de carriles GC8 y GC9. (Fuente propia).....	62
Figura 36. Entrada y salida del paso inferior de la alternativa 1. (Fuente propia).....	64
Figura 37. Diseño de la intersección de la Alternativa 1. (Fuente propia).....	64
Figura 38. Detalle de la intersección de estudio para la Alternativa 1. (Fuente propia) .....	64
Figura 39. Entrada y salida del paso inferior de la alternativa 2. (Fuente propia).....	65
Figura 40. Diseño de la intersección de la Alternativa 2. (Fuente propia).....	66
Figura 41. Niveles de servicio de la alternativa 1. (Fuente propia).....	68
Figura 42. Niveles de servicio de la Alternativa 2. (Fuente propia) .....	68
Figura 43. Grupo de movimientos y de carriles de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)	
.....	72
Figura 44. Niveles de servicio de la alternativa seleccionada. (Fuente propia) .....	76



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de implantación de semáforos. (Fuente: HCM 2016).....	12
Tabla 2. Nivel de servicio asociado a los tiempos de demora. (Fuente: HCM).....	17
Tabla 3. Tasa evolutiva y tasa acumulada de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia) ..	33
Tabla 4. Tasa evolutiva y acumulada de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia) .....	33
Tabla 5. Tasa evolutiva y tasa acumulada de la Plaza América. (Fuente propia).....	34
Tabla 6. Tasa evolutiva y tasa acumulada del puente de Aragón. (Fuente propia).....	34
Tabla 7. Incrementos de tráfico a emplear en estudios. (Fuente: Orden FOM/3317/2010).....	35
Tabla 8. Grupos de movimiento y de carriles. (Fuente: HCM 6.0).....	39
Tabla 9. Relación del ancho de carril con el factor de ajuste. (Fuente: HCM 6.0) .....	41
Tabla 10. Datos de inicio para el sentido de entrada a la intersección. (Fuente propia) .....	51
Tabla 11. Datos de inicio para el sentido de salida de la intersección. (Fuente propia).....	52
Tabla 12. Intensidad de saturación. (Fuente propia).....	56
Tabla 13. Capacidades de cada grupo de carriles. (Fuente propia) .....	56
Tabla 14. Proporción volumen-capacidad. (Fuente propia).....	57
Tabla 15. Demora de cada uno de los grupos de carriles. (Fuente propia) .....	58
Tabla 16. Nivel de servicio asociado a la demora. (Fuente: HCM).....	58
Tabla 17. Niveles de servicio de los grupos de carriles que conforman la intersección de estudio. (Fuente propia).....	59
Tabla 18. Ahorro anual Alternativa 1. (Fuente propia) .....	70
Tabla 19. Ahorro anual de la Alternativa 2. (Fuente propia) .....	70
Tabla 20. Intensidad de saturación de la alternativa seleccionada. (Fuente propia) .....	74
Tabla 21. Capacidades de la alternativa seleccionada. (Fuente propia).....	74
Tabla 22. Relación volumen-capacidad de la alternativa seleccionada. (Fuente propia).....	75
Tabla 23. Demoras de la alternativa seleccionada. (Fuente propia).....	75
Tabla 24. Niveles de servicio de la alternativa seleccionada. (Fuente propia) .....	76
Tabla 25. Inclinación máxima. (Fuente: Norma 3.1-IC).....	78



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Evolución poblacional de la provincia de Valencia. (Fuente propia) .....	29
Ilustración 2. Evolución poblacional del municipio de Valencia. (Fuente propia) .....	30
Ilustración 3. Porcentaje de paro en el municipio de Valencia. (Fuente propia).....	30
Ilustración 4. Evolución del parque de vehículos en Valencia. (Fuente propia) .....	31
Ilustración 5. Evolución del PIB en España. (Fuente: Banco Mundial).....	31
Ilustración 6. IMDs históricas en la intersección de estudio. (Fuente propia).....	32





## 1.ANTECEDENTES

Debido al aumento de la motorización en la ciudad de Valencia y a que la intersección de estudio se encuentra al final de unas de las grandes vías arteriales de la ciudad de Valencia, es necesario analizar cómo va a evolucionar esta situación y proponer medidas de mejora para evitar colapsos en las calles de la ciudad.

El análisis del estudio se centra en la intersección semaforizada entre la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, donde a partir de los datos actuales se van a procesar mediante el "Highway Capacity Manual 6.0" y se estudiará el comportamiento futuro del tráfico en dicha intersección.

Una vez estudiado el escenario, se plantean y estudian diferentes propuestas para solucionar los problemas de colapso que se producen.

Finalmente, de la propuesta escogida se realiza un estudio económico básico con el objetivo de analizar la rentabilidad frente a los problemas de aumento de la motorización.



## 2. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se presenta como Trabajo Final de Máster para la obtención del título de Máster en Ingeniería de Caminos Canales y Puertos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos Canales y Puertos por el alumno Sara Sesa Cárcel, siendo tutelado por el profesor Don Javier Soriano Ferriol, ambos pertenecientes a esta escuela de la Universidad Politécnica de Valencia.

El estudio con título "Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en la Plaza América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia mediante la aplicación del "Highway Capacity Manual 6.0"" ha sido redactado por Sara Sesa Cárcel.

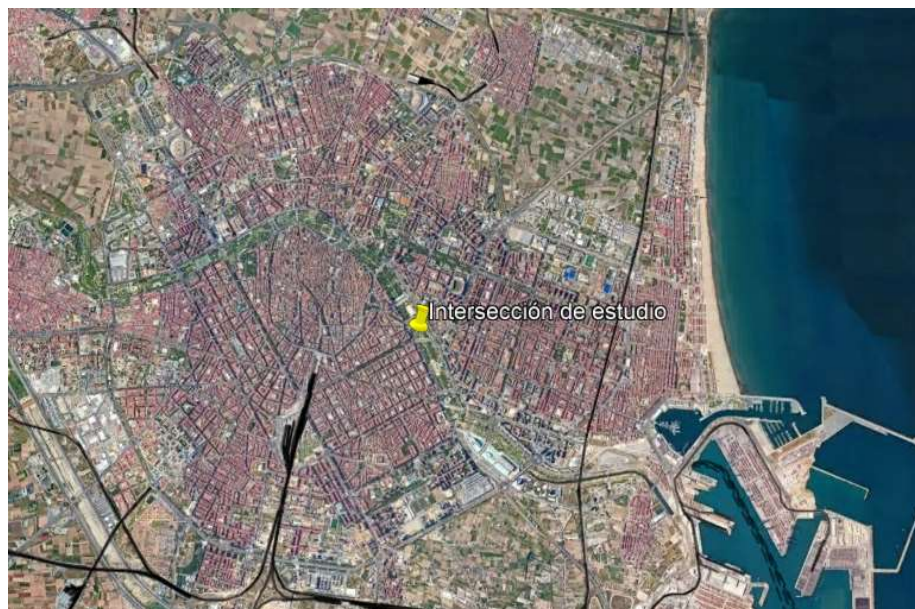


Figura 1. Ubicación intersección de estudio. (Fuente: Google Earth)



### 3. OBJETO

El objeto del presente estudio consiste en estudiar la capacidad de escenarios futuros de la intersección en la Plaza América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia a partir de los datos obtenidos de la situación actual, siendo estos analizados según el "Highway Capacity Manual 6.0". Con esto, se busca implementar una solución que optimice y mejore la intersección, además de que cumpla con las expectativas analizadas en el escenario futuro. La propuesta debe mejorar la seguridad vial en la intersección de estudio y reducir los tiempos de viaje para los usuarios.



## 4. ESTADO DEL ARTE

### 4.1. SEMÁFOROS

La intersección de estudio se trata de una intersección semaforizada, es decir, que está regulada por un sistema de luces, las cuales establecen las prioridades de paso de los vehículos.

Cuando la intensidad de tráfico en una intersección es más grande que la que se puede admitir con una regulación de preferencia de paso y no se puede recurrir a un cruce a diferente nivel, la regulación mediante semáforos permite hacer frente a la situación con un buen nivel de seguridad, con el inconveniente de producir alguna demora a los vehículos que acceden a la intersección.

Con un semáforo se consigue regular el paso de las distintas corrientes de tráfico en una intersección, puesto que, si la vía principal tiene una elevada intensidad, los de la vía secundaria van a tener una demora muy elevada. Además, ayuda a ordenar los movimientos en la propia intersección, aumenta la capacidad, reduce la frecuencia de accidentes, puesto que reduce la velocidad de los vehículos y permite el paso de peatones y ciclistas.

Es recomendable el uso de semáforos en intersecciones donde las intensidades en la vía principal se encuentran alrededor de 500 vehículos por hora y en la secundaria acerca de 150 vehículos hora. Otro criterio de implantación de semáforos es si a lo largo de un día existen 4 horas con una intensidad superior a 100 peatones/hora.

Nº carriles por acceso		Intensidades horarias en la vía principal (suma de los dos sentidos) (vh/h)	Intensidades horarias en el acceso más cargado de la vía secundaria (vh/h)
Vía principal	Vía 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. Criterios de implantación de semáforos. (Fuente: HCM 2016)



A continuación, se van a describir una serie de conceptos relevantes a la hora de estudiar una intersección semaforizada:

- Ciclo: tiempo necesario para que se dé una sucesión completa de indicaciones en los semáforos conectados a un mismo regulador. (El cambio de verde a ámbar no se considera un cambio de fase).
- Fase: cada una de las combinaciones de indicaciones que permiten uno o varios movimientos simultáneos a través de la intersección.
- Despeje: Tiempo necesario para que los vehículos que han accedido a la intersección salgan de esta zona y la dejen libre.
- Reparto de ciclo: distribución de éste entre los distintos ramales que confluyen en la intersección.
- Tiempo de ámbar: Tiempo para el cambio de verde a rojo, actualmente fijo con duración de 3- 4 seg.
- Tiempo de reacción: Tiempo transcurrido desde que el semáforo se pone en verde hasta que arrancan los vehículos (en general es de 2 a 3 seg. aunque se puede disminuir instalando repetidores a la altura de los ojos del conductor).
- Tiempos muertos: Tiempo de rojo -rojo necesario para despejar de vehículos la intersección antes del inicio del verde de la fase siguiente.

## 4.2 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN INTERSECCIONES

Para calcular la capacidad de una intersección se debe tener en cuenta tanto el tiempo en verde como los movimientos que están permitidos en cada una de las fases semaforicas.

Por ello, es importante conocer los diferentes tipos de movimientos que existen dentro de una intersección:

- De paso: en este movimiento el vehículo no genera ningún tipo de conflicto ya que continua con la trayectoria que llevaba con anterioridad.
- Giros permitidos: en este caso el vehículo debe atravesar un flujo, bien sea de vehículos en sentido contrario o un paso peatonal o ciclista.



- **Giros protegidos:** los vehículos no disponen de ningún impedimento ni vehicular, ni peatonal ni ciclista a la hora de realizar la maniobra, ya que disponen de una fase exclusiva para realizar el movimiento.
- **Giro sin oposición:** a la hora de realizar este movimiento no es necesario una fase exclusiva debido a la propia naturaleza de la intersección.

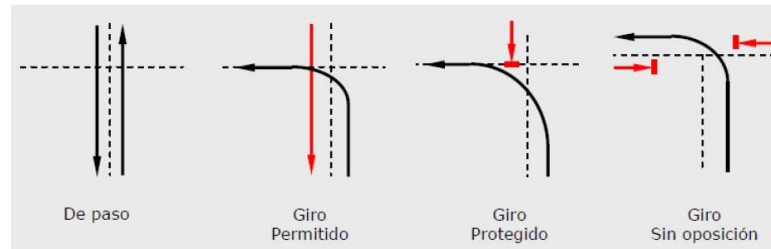


Figura 2. Tipos de movimientos en una intersección. (Fuente: HCM 2016)

### 4.3 CAPACIDAD DE LAS INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS

Según el "Highway Capacity Manual 6.0" la capacidad de una intersección se define como el máximo número de vehículos que pueden acceder a una intersección en un periodo de tiempo determinado, como puede ser una hora, teniendo en cuenta las características de la vía y la regulación semafórica existente.

En el estudio de la capacidad de una intersección semaforizada, esta se estudia individualmente para cada uno de los accesos y no de la intersección en conjunto. Además, hay que conocer que el HCM 2016 no tiene en cuenta el efecto de situaciones de congestión calle abajo de la intersección ni afección a arriba, el efecto de desbordamiento de los carriles de giro sobre el tráfico de paso, el giro a derecha sin semáforo ni la presencia de vías férreas.

A partir de estos cálculos se obtiene el nivel de servicio de cada uno de los accesos a la intersección, y por lo tanto detectar los problemas existentes y proponer soluciones.

#### 4.3.1 FACTORES

El "Highway Capacity Manual 6.0" cuenta con una serie de factores para poder calcular la capacidad de una intersección, estos factores son los que se nombran a continuación:



### Geometría de la intersección

Dentro de este factor se debe tener en cuenta el ancho del carril y de si se encuentran bien delimitados, puesto que es posible que se formen más filas de las preestablecidas. Por último, también es importante la pendiente de la rasante, debido a que puede facilitar o dificultar los movimientos a realizar

### Condiciones de tráfico

Para analizar este factor hay que tener en cuenta la intensidad de la intersección o la presencia de paradas de autobús próximas a el cruce de estudio, puesto que condiciona mucho la capacidad de este a la hora de la subida y bajada de pasajeros. Además, se debe conocer el porcentaje de vehículos pesados ya que tienen mayor limitación a la hora de realizar ciertos movimientos y circulan a menor velocidad.

### Estacionamiento

A la hora de analizar una intersección es muy importante conocer si existen zonas de aparcamiento en los márgenes, debido a que reduce el ancho eficaz del acceso y retrasa la circulación por vehículos parados esperando a poder realizar la maniobra de aparcamiento. Es uno de los factores que más limita la capacidad de una intersección. Además, en función del tipo de estacionamiento que sea, si bien es en cordón o en batería, la capacidad se verá afectada de una forma u otra.

### Maniobras de giro

Este factor depende de la trayectoria de decidan seguir los vehículos, que puede ser continuar recto, girar a la derecha o a la izquierda. Estos dos últimos son los que más conflictos generan con la capacidad, especialmente los giros a izquierdas que deben ceder el paso a vehículos en sentido contrario o cuando existe un paso de peatones. Es por ello que en muchas ocasiones se ha decidido proteger los giros, es decir, realizar una fase semafórica exclusiva, y así evitar que se reduzca tanto la capacidad.



### Factor hora punta

La cantidad de vehículos que circulan por hora en una intersección varía según el mes en el que te encuentres, según el día de la semana que sea, incluso según la hora del día que analices. Por lo que es importante conocer la intensidad en el momento de hora punta, puesto que será el valor más crítico que se nos va a presentar a lo largo de todo el estudio.

El HCM define el factor hora punta como el producto entre la intensidad de la hora punta y cuatro veces el cuarto de hora más cargado. El manual establece valores de este factor en zonas urbanas entre 0,75 y 0,90.

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

### Situación de la intersección

Dentro de este factor entra en juego la ubicación de la intersección ya que no es lo mismo a efectos de capacidad que se encuentre en una zona de la ciudad u en otra. Estas zonas se pueden dividir en cuatro bloques:

- Zona centro: se caracteriza por que el uso del suelo es principalmente de negocios y, por tanto, hay un gran tráfico peatonal y zonas reservadas a carga y descarga, además de una alta demanda de estacionamiento.
- Zona intermedia: aquella que se encuentra contigua a la zona centro y por ello es una mezcla entre esta zona y la periferia, donde los usos primordiales son el residencial y el mercantil. El tráfico que circula por esta zona únicamente se encuentra de paso y se caracteriza por tener una presencia moderada de peatones.
- Zona periférica: posee características similares a la zona centro, pero con intensidades inferiores. El tráfico es principalmente el que circula en el interior de la propia zona.
- Zona residencial: el uso principal es el residencial, por tanto, posee baja intensidad peatonal y la rotación del estacionamiento es muy baja.





## 4.5 NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio en intersecciones se mide en función de la demora media que sufren los usuarios que circulan por la intersección. Es la diferencia que existe entre el tiempo real experimentado y el tiempo de referencia medido en condiciones ideales, por tanto, es una medida cuantitativa para poder clasificar la intersección según su grado de adecuación a las necesidades actuales. Esta demora es minorada o aumentada en función de todos los factores comentados con anterioridad.

El "Highway Capacity Manual 6.0" divide el nivel de servicio en seis escalones que van de la A a la F. El nivel A se asocia a un nivel de servicio casi perfecto y el nivel F a un mal nivel de servicio.

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

Tabla 2. Nivel de servicio asociado a los tiempos de demora. (Fuente: HCM)

A continuación, vamos a explicar detalladamente las condiciones de conducción de cada uno de los niveles de servicio:

- Nivel A: la demora es mínima, inferior a 10 segundos. Se dan unas condiciones de circulación libre donde no hay impedimentos de maniobrabilidad.
- Nivel B: el tiempo de demora es muy bajo, entre 10 y 20 segundos. Se pueden realizar operaciones sin grandes problemáticas de maniobrabilidad.
- Nivel C: la demora es media, puesto que va de valores de 20 segundos hasta los 35. Las operaciones que se pueden realizar son estables, aunque con algunas restricciones para realizar cambios de carril a lo largo del tramo.



- Nivel D: el tiempo de demora es elevado con valores de 35 a 55 segundos. Además, las operaciones comienzan a ser inestables donde un pequeño incremento del flujo produce un incremento significativo de las demoras y de la reducción de velocidad.
- Nivel E: posee grandes tiempos de demora, entre 55 y 80 segundos. Es el punto donde se alcanza la capacidad y por tanto cualquier perturbación ocasiona congestión.
- Nivel F: los tiempos de demora son inaceptables por los usuarios, mayores a 80 segundos. Por tanto, se producen operaciones con velocidades extremadamente bajas causadas por la congestión.



## 5. DEFINICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN PROPUESTA

### 5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

#### 5.1.1 CARACTERIZACIÓN DEL TRAMO

La intersección de estudio se encuentra en la ciudad de Valencia, más concretamente en la frontera entre los distritos de l'Eixample y El Pla del Real. Dicha intersección está formada por el puente de Aragón y Gran Vía Marqués del Turia.

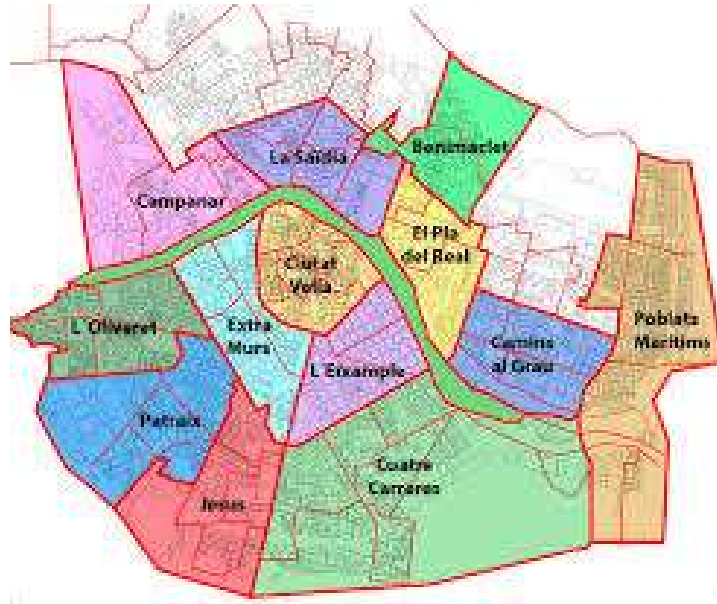


Figura 3. Distritos de la ciudad de Valencia. (Fuente: Valencia Plaza)

Debido a que la intersección se encuentra sobre una de las vías arteriales más importantes de la ciudad y conecta un lado del río con otro, tiene que soportar grandes cantidades de flujo, especialmente en las horas punta.



Figura 4. Intersección del puente de Aragón y la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Las Provincias)



En el puente de Aragón se cuenta con dos sentidos de circulación, el de entrada a la intersección está formado con 4 carriles y el de salida con 3, todos ellos tienen un ancho de 3 metros aproximadamente. Estos carriles se ven ampliados a 8 en el momento de la intersección, donde uno se encuentra reservado para giros a izquierdas. Como se observa en la imagen, existe un carril bici, el cual cruza por el paso de cebra, por tanto, es importante contabilizar el número de bicicletas que circulan por este carril puesto que influye en el factor de giro a derecha de los vehículos provenientes de la Avenida de Jacinto Benavente.



Figura 5. Puente de Aragón. (Fuente: Google Earth)

Para el caso de Gran Vía, también posee dos sentidos de circulación, donde ambos cuentan con 4 carriles, siendo uno de estos reservado para uso exclusivo de autobuses y taxis, y tienen un ancho de 2,65 m y el exclusivo de 3m. Los 4 carriles se ven ampliados a 6 justo en la llegada a la intersección.



Figura 6. Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Google Earth)

En lo que a Palza América se refiere, el sentido de entrada posee 5 carriles y el de salida con 4, existiendo en uno de ellos una parada de autobús. Todos estos tienen un ancho de 3m.

Además, existe una zona de aparcamiento en cordón en el sentido de la salida. Una vez en la intersección los 5 carriles se amplían a 8, siendo dos de estos de uso exclusivo para giros a izquierdas.



Figura 7. Plaza América. (Fuente: Google Earth)



Figura 8. Sentido de salida de Plaza América. (Fuente: Google Earth)

Por último, la Avenida de Jacinto Benavente cuenta con un sentido de entrada con 2 carriles, uno de ellos tiene un ancho de 3m y otro de 4m, y un carril exclusivo para el taxi y el autobús con un ancho de 4m. El sentido contrario está formado por tres carriles de 2,5m de ancho y en ambas márgenes hay aparcamiento en cordón, además uno de estos limita la rotación de estacionamiento a un máximo de 2 horas.



Figura 9. Sentido de entrada de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth)



Figura 10. Sentido de salida de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth)

### 5.1.2 CARACTERIZACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO

Comprender el tráfico urbano en el tramo de estudio y su impacto en las intersecciones es fundamental. De esta forma, podemos conocer los principales movimientos que se suelen realizar y cuáles son los principales atractivos de la ciudad.

En el caso de estudio, debido a que la intersección se encuentra muy próxima al centro de la ciudad y a un gran centro atractor como es el antiguo cauce del río Turia, se produce un gran paso de autobuses a diferentes lugares de la ciudad.

Más concretamente, circulan un total de 9 líneas de autobús de la Empresa Municipal de Transporte de Valencia (EMT), donde incluso en ocasiones circulan tanto en un sentido como en otro. Estas líneas son la 4, la 10, la 12, la 13, la 24, la 94, la 95 y la C2, además de la línea nocturna N8.

A continuación, se adjunta un mapa donde se puede observar el recorrido de las diferentes líneas de circulan por la intersección de estudio

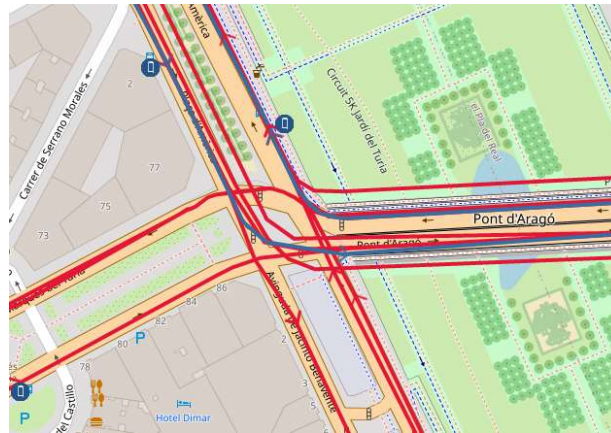


Figura 11. Recorrido de las líneas de autobús que circulan por la intersección de estudio. (Fuente: Geoportal EMT)

### 5.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA

Con el fin de poder calcular la capacidad de la intersección analizada, es necesaria una caracterización de todos los movimientos permitidos, estos son los que se muestran en la imagen que se observa a continuación, un total de 11:

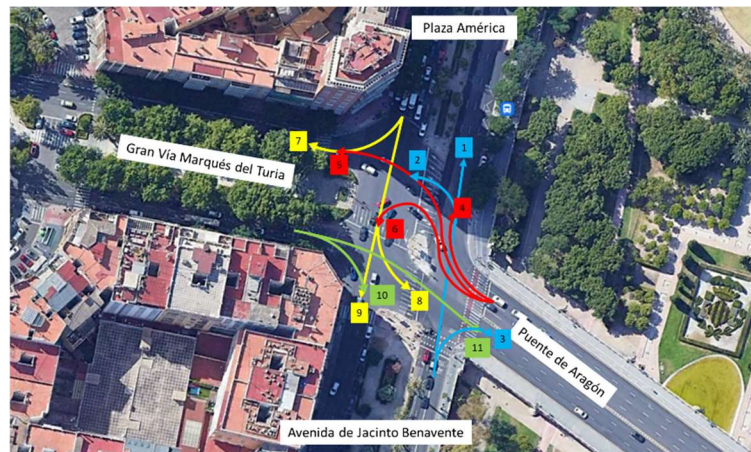


Figura 12. Movimientos permitidos en la intersección. (Fuente propia)

Como se observa en la figura anterior, desde cualquier dirección están permitidos los tres movimientos posibles, continuar recto, giro a izquierdas y giro a derechas. A excepción de los vehículos que provienen de la Gran Vía Marqués del Turia, los cuales tienen prohibido realizar giros a izquierdas, esta prohibición se debe a que al otro lado del río se encuentra una rotonda donde los vehículos pueden realizar un cambio de sentido y ya pueden girar a la derecha desde el puente de Aragón. Otra posibilidad para realizar este movimiento es realizar un giro a izquierdas hacia la Avenida de Jacinto Benavente y realizar un cambio de sentido. Estas posibilidades se contemplan en la siguiente imagen:



Figura 13. Movimientos a realizar para girar a izquierdas desde Gran Vía. (Fuente propia)

## 5.2 TOMA DE INFORMACIÓN

Un paso esencial en este estudio es recopilar datos sobre la situación actual, lo que nos permitiría obtener información para realizar un análisis de la capacidad de la intersección. Para ello, se recopila información sobre el tráfico de vehículos ligeros, autobuses y ciclistas.

La información se ha recogido manualmente en varios puntos distribuidos alrededor de la intersección con el fin de obtener todos los datos necesarios para realizar el estudio.

### 5.2.1 VOLUMEN VEHICULAR

Para realizar la toma de datos de todos los vehículos que circulan por la intersección, se ha dividido en dos bloques, la intensidad para vehículos ligeros y para vehículos pesados, puesto que como hemos visto en apartados anteriores es una zona frecuente de paso de autobuses.

La metodología que se ha empleado para realizar los aforos de vehículos ligeros ha sido analizar la intensidad de cada uno de los movimientos durante tres días laborales, especialmente martes, miércoles y jueves, puesto que son los días donde el



comportamiento es más similar. Y las franjas donde se ha aforado ha sido en las horas punta que son de 8:00 a 9:00 de la mañana y de 18:00 a 19:00 de la tarde.

Con la información recopilada se han realizado los siguientes mapas donde se observan los flujos de cada uno de los movimientos a modo de síntesis:

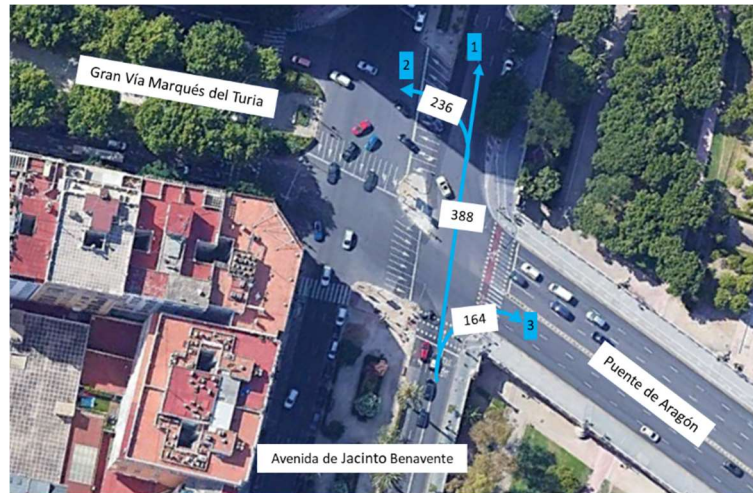


Figura 14. Flujo proveniente de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia)

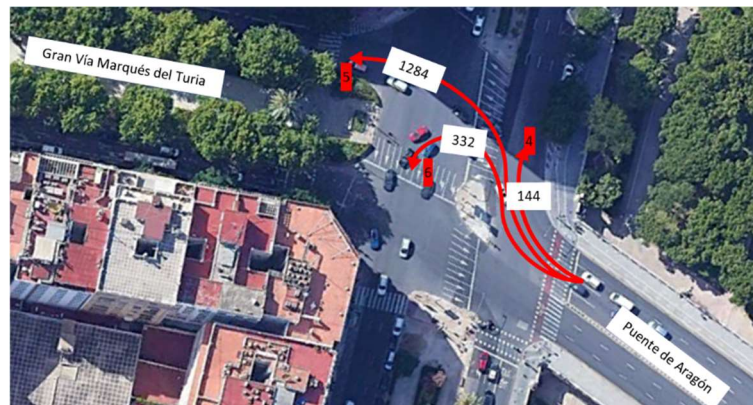


Figura 15. Flujo proveniente del puente de Aragón. (Fuente propia)

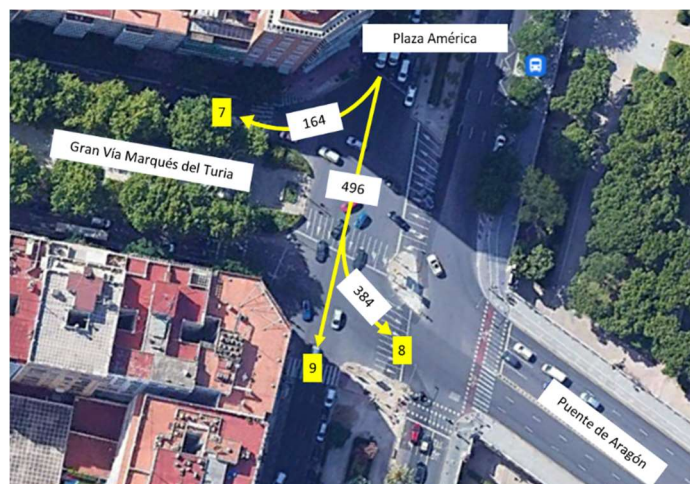


Figura 16. Flujo proveniente de la Plaza América. (Fuente propia)

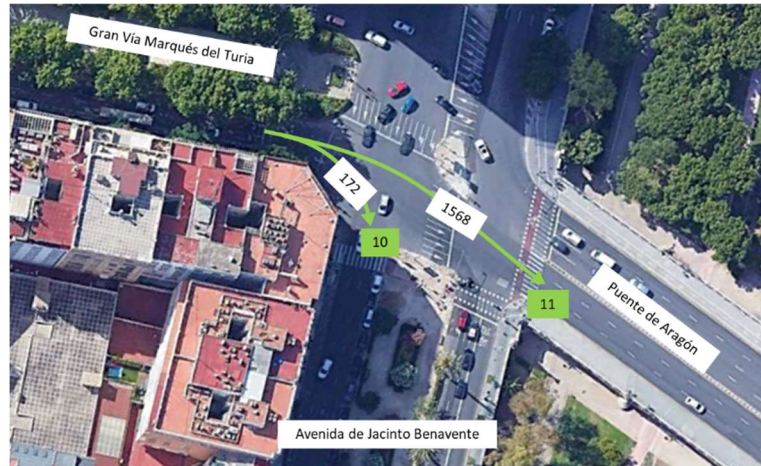


Figura 17. Flujo proveniente de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia)

Como se observa en la imagen anterior, los flujos más importantes se encuentran en el movimiento 5, de los vehículos que provienen del puente de Aragón con dirección a la Gran Vía Marqués del Turia, y en el movimiento 11, con la dirección opuesta. A pesar de que son los movimientos con mayor intensidad de la intersección, no son los que generan el colapso de esta puesto que no se detienen en medio de esta. Una vez realizado el trabajo de campo, se ha podido apreciar que los movimientos más conflictivos son el 6 y el 8, puesto que obstaculiza el paso de movimientos como el 5 y el 9, respectivamente.

Para conocer la intensidad de los vehículos pesados, especialmente de los autobuses, se ha recurrido a la página de la EMT y en función de la frecuencia de paso de cada una de las líneas que circulan por la intersección se ha calculado el flujo para cada movimiento.



Figura 18. Flujo de autobuses en la intersección de estudio. (Fuente propia)



Por tanto, se puede observar que los movimientos más críticos son en 4 y el 8 con una intensidad de 22 bus/h y 23 bus/h respectivamente. Coincidiendo este último con el más crítico para el caso de vehículos ligeros.

### 5.2.1 VOLUMEN DE CICLISTAS Y PEATONES

Los volúmenes de ciclistas y peatones también son necesarios para realizar el análisis de la intersección de estudio, puesto que influyen a la hora de realizar los giros a derechas. Además, son útiles para proponer diferentes medidas para solucionar el problema.

La metodología empleada es la misma que para determinar el volumen vehicular, de esta forma, se ha medido el flujo en las diferentes franjas horarias de hora punta y durante los días laborales martes, miércoles y jueves.

Para el caso de los peatones únicamente se han aforado 3 pasos de cebra diferentes, puesto que son los únicos asociados a un giro a derechas. Estos son el paso de cebra de los vehículos que van por plaza América y giran a Gran Vía Marqués del Turia, el de los que salen de la avenida de Jacinto Benavente y giran por el puente de Aragón, y, por último, los que van por la Gran Vía Marqués del Turia y giran hacia la avenida mencionada con anterioridad.

En lo que se refiere a la semaforización, todos los semáforos de estas parejas mencionada anteriormente están coordinados de forma que en el momento que uno se pone verde para vehículos, el otro se pone en verde para peatones y ámbar para vehículos. A excepción del último giro mencionado anteriormente, donde el semáforo de Gran Vía Marqués del Turia se pone en verde para vehículos y hasta que no pasan 40 segundos, el de la avenida de Jacinto Benavente no se pone en verde para peatones.



Figura 19. Intensidad de peatones por hora en la intersección de análisis. (Fuente propia)

En la intersección analizada únicamente existe un paso peatonal con carril bici, de manera que es en la única zona donde se ha aforado el paso de bicicletas. Este se encuentra al finalizar el puente de Aragón y afecta a los vehículos que giren a la derecha desde la Avenida de Jacinto Benavente. Finalmente, se ha obtenido una intensidad de 168 bicis/hora.



Figura 20. Flujo de bicicletas. (Fuente propia)

Una vez realizada la visita a campo, se observa que es necesario que el paso peatonal marcado en rojo en la imagen anterior también sea paso de bicicletas, puesto que el carril bici finaliza en el paso anterior, pero todos los usuarios que cruzan ese paso de peatones en bicicleta cruzan también el siguiente.



## 6. DEFINICIÓN DEL ESCENARIO FUTURO

Este apartado define el escenario futuro, a partir del cual se estudiará la capacidad de la intersección mediante el "Highway Capacity Manual 6.0", de esta manera se tiene en cuenta la evolución del tráfico y se pueden estudiar con mayor precisión los problemas de la intersección. Para ello se va a tener en cuenta la evolución socioeconómica y la del tráfico, a partir de las cuales se extraerán unas conclusiones.

### 6.1 ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO

El primer paso para realizar el análisis socioeconómico es estudiar la evolución tendencial tanto de la ciudad de Valencia como de la provincia. De lo cual se disponen los siguientes datos, obtenidos a partir del instituto nacional de estadística:

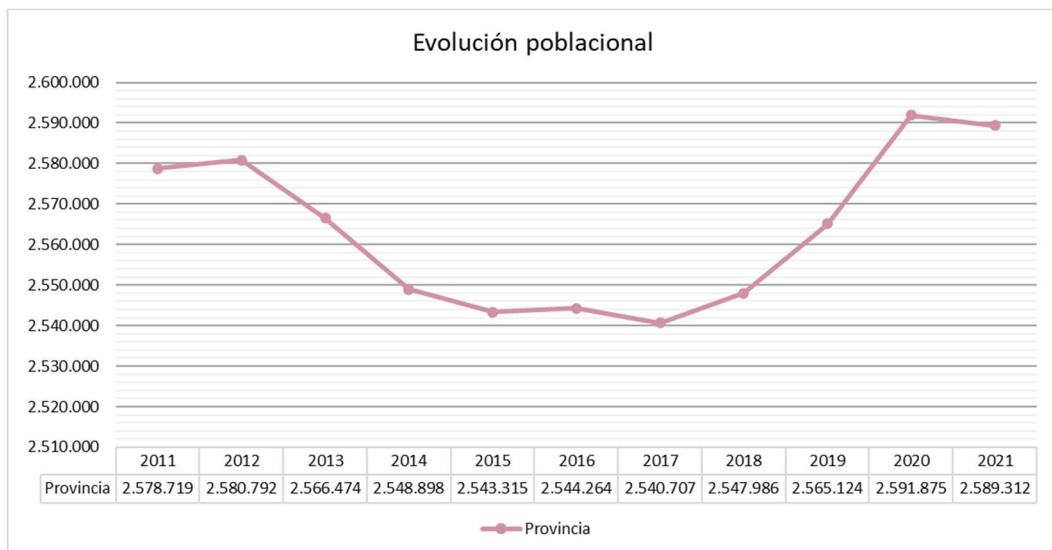


Ilustración 1. Evolución poblacional de la provincia de Valencia. (Fuente propia)

Se observa que en lo que se refiere a la población de la provincia de Valencia, esta empezó a decrecer en 2012 pero en 2017 llegó a su punto más bajo y comenzó a aumentar de manera que la tasa de crecimiento de 2017 a la actualidad se encuentra entorno al 1,8%. Y entre el año 2020 y 2021 la población se mantuvo más o menos estable.

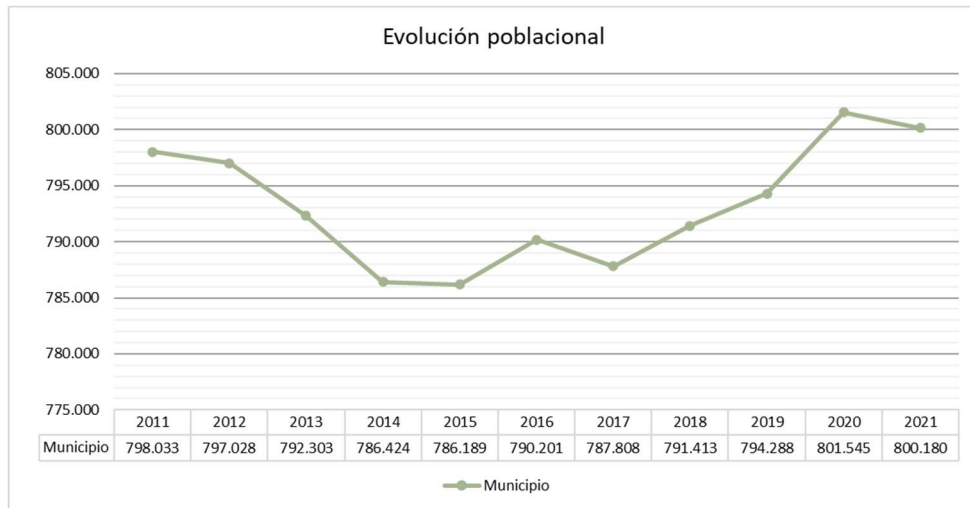


Ilustración 2. Evolución poblacional del municipio de Valencia. (Fuente propia)

Para el caso del municipio de Valencia, en 2011 ya venía con un descenso de la población que se alargó hasta 2015, a partir de aquí esta empieza a recuperarse con una tasa de crecimiento de 1,7%.

El siguiente punto a analizar es el paro en el municipio de Valencia a lo largo de los últimos 10 años. De lo que se posee la siguiente información:

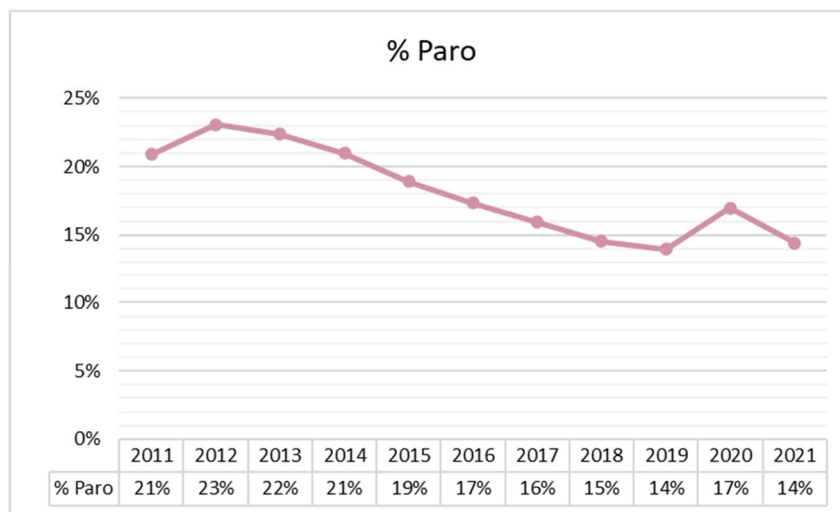


Ilustración 3. Porcentaje de paro en el municipio de Valencia. (Fuente propia)

En el gráfico anterior se puede observar como el paro venía descendiendo desde 2012, hasta el 2020 donde debido al COVID-19 muchas empresas se vieron obligadas a prescindir de parte de sus trabajadores. De todos modos, en 2021 se ha conseguido reducir el paro a los mismos niveles en los que nos encontrábamos antes de la pandemia.



Otro factor que se considera importante estudiar es la evolución del parque de vehículos en la provincia de Valencia, puesto que si esto aumenta el problema de la intersección de estudio se verá acrecentado con el paso de los años. Acerca de esto, se ha recopilado la siguiente información, extraída a partir del instituto de estadística valenciano:

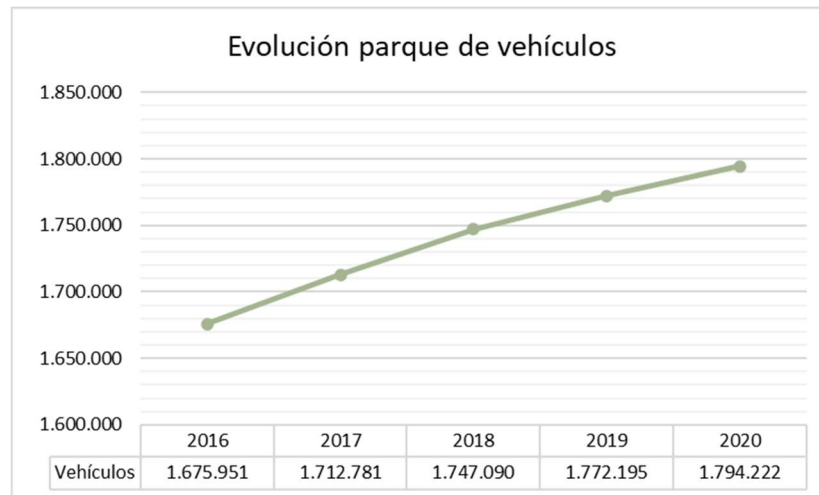


Ilustración 4. Evolución del parque de vehículos en Valencia. (Fuente propia)

Como se aprecia en el gráfico mostrado anteriormente, la tendencia del parque de vehículos es a aumentar, con una tasa de entorno a un 2% anual. De manera que el problema tiene a agravarse con el paso del tiempo.

Por último, se analiza la evolución del PIB en España a partir de los datos extraídos del Banco Mundial.

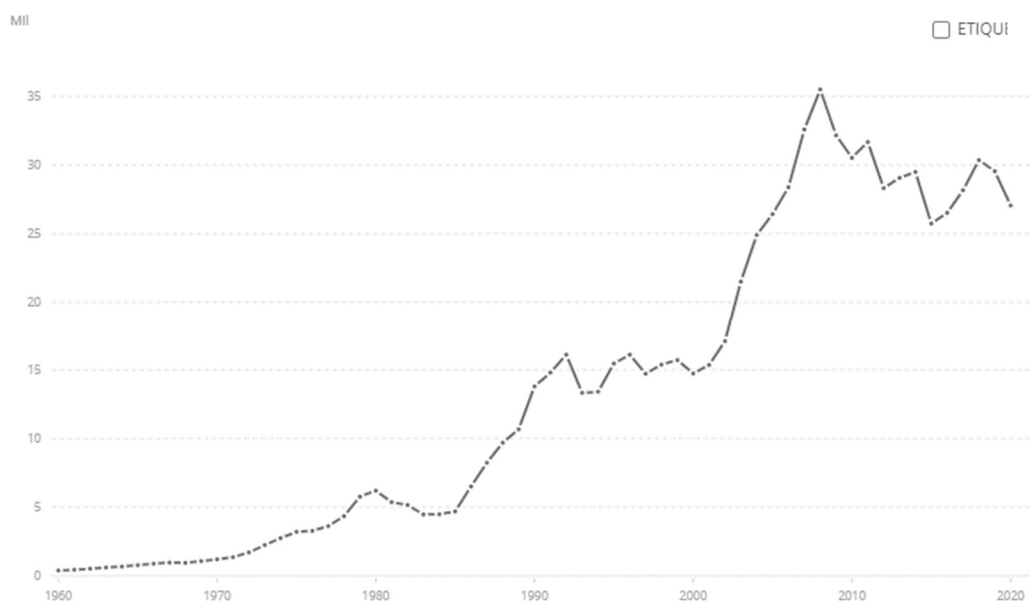


Ilustración 5. Evolución del PIB en España. (Fuente: Banco Mundial)



Se observa que el PIB llevaba una tendencia al alta desde 1960 hasta 2008, momento en el que el país de España entra en una gran crisis. Aunque en los últimos cinco años el PIB se ha estabilizado sufriendo un incremento únicamente de 0,2. Si que es verdad que aún no están disponibles los datos de 2020 y no podemos observar como el COVID-19 ha afectado a esta magnitud macroeconómica.

## 6.2 ANÁLISIS DEL TRÁFICO

En el presente apartado se va a analizar la evolución histórica del tráfico en las zonas próximas a la intersección de estudio, a partir de datos extraídos por el Ayuntamiento de Valencia. Se van a estudiar 4 puntos diferentes:

Punto 1: Gran Vía Marqués del Turia con código A121

Punto 2: Avenida de Jacinto Benavente, con código A136

Punto 3: Plaza América, con código A266

Punto 4: Puente de Aragón, con código A278

En estos puntos de estudio se han recogido las siguientes IMDs desde el año 2016 hasta la actualidad, mediante la colocación de espiras electromagnéticas:

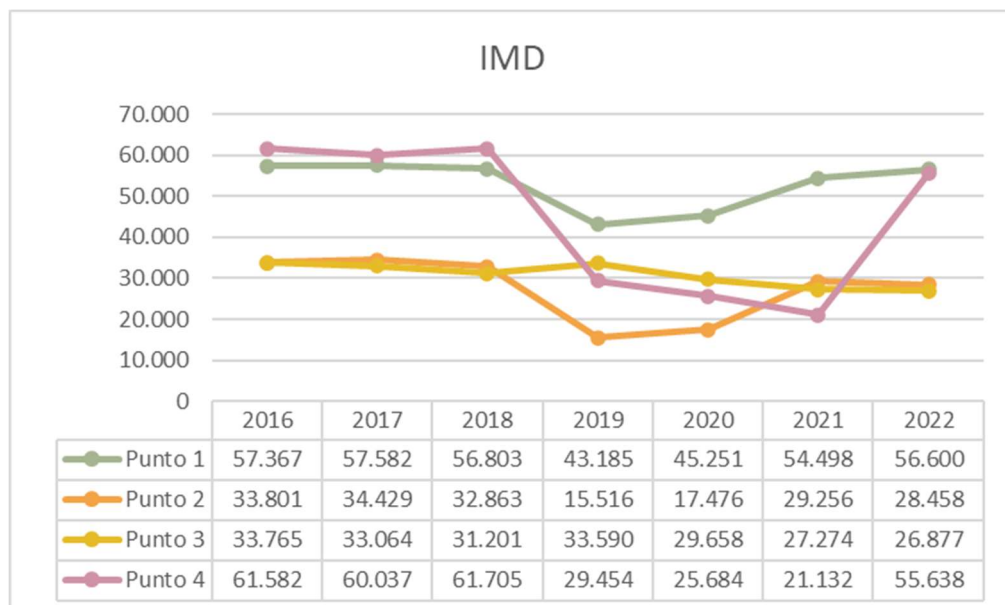


Ilustración 6. IMDs históricas en la intersección de estudio. (Fuente propia)





Con el fin de conocer la intensidad en años futuros, se calcula la tasa evolutiva de los años anteriores, de modo que se termine calculando la tasa evolutiva acumulada. La ecuación de la tasa evolutiva es la siguiente:

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

Donde  $V_a$  es el valor de la IMD del año anterior al que queremos calcular la tasa evolutiva y  $V_{a+1}$  es la intensidad en el año de estudio.

Para calcular la tasa evolutiva acumulada se ha empleado la siguiente formulación:

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

Donde  $n$  es la diferencia entre el año considerado y el año en el cual se inicia el estudio,  $V_i$  es el valor de la IMD en el año inicial de estudio y  $V_a$  es la intensidad en el año considerado.

Empleado la formulación descrita anteriormente y con las IMD de los años 2016 a la actualidad, se obtienen los siguientes resultados:

#### PUNTO 1

AÑO	IMD	T (%)	Ta (%)
2.016	57.367	-	-
2.017	57.582	0,37%	0,37%
2.018	56.803	-1,35%	-0,49%
2.019	43.185	-23,97%	-9,03%
2.020	45.251	4,78%	-5,76%
2.021	54.498	20,43%	-1,02%
2.022	56.600	3,86%	-0,22%

Tabla 3. Tasa evolutiva y tasa acumulada de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia)

#### PUNTO 2

AÑO	IMD	T (%)	Ta (%)
2.016	33.801	-	-
2.017	34.429	1,86%	1,86%
2.018	32.863	-4,55%	-1,40%
2.019	15.516	-52,79%	-22,86%
2.020	17.476	12,63%	-15,20%
2.021	29.256	67,40%	-2,85%
2.022	28.458	-2,73%	-2,83%

Tabla 4. Tasa evolutiva y acumulada de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia)



## PUNTO 3

AÑO	IMD	T (%)	Ta (%)
2.016	33.765	-	-
2.017	33.064	-2,07%	-2,07%
2.018	31.201	-5,63%	-3,87%
2.019	33.590	7,66%	-0,17%
2.020	29.658	-11,70%	-3,19%
2.021	27.274	-8,04%	-4,18%
2.022	26.877	-1,46%	-3,73%

Tabla 5. Tasa evolutiva y tasa acumulada de la Plaza América. (Fuente propia)

## PUNTO 4

AÑO	IMD	T (%)	Ta (%)
2.016	61.582	-	-
2.017	60.037	-2,51%	-2,51%
2.018	61.705	2,78%	0,10%
2.019	29.454	-52,27%	-21,80%
2.020	25.684	-12,80%	-19,64%
2.021	21.132	-17,72%	-19,26%
2.022	55.638	163,29%	-1,68%

Tabla 6. Tasa evolutiva y tasa acumulada del puente de Aragón. (Fuente propia)

Con toda esta recopilación de datos se puede concluir que las intensidades venían estables desde 2016, hasta que en 2019 todos los puntos de estudio descendieron sus valores. Actualmente parece que se están volviendo a estabilizar y volviendo a los valores anteriores a 2018. Se aprecia que, en 2020 a pesar de estar 3 meses con limitación de movimientos, los datos no descendieron en exceso en comparación con el año anterior.

### 6.3 CRECIMIENTO SEGÚN ORDEN FOM/3317/2010

La orden FOM/3317/2010 proporciona unos valores de incremento anual acumulativo dependiendo del año de estudio. La instrucción de dicha orden se llama "Instrucción sobre las medidas específicas para la mejora de la eficiencia en la ejecución de las obras públicas de infraestructuras ferroviarias, carreteras y aeropuertos del Ministerio de Fomento", por tanto, sí que procede aplicar en el caso de estudio.



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

Tabla 7. Incrementos de tráfico a emplear en estudios. (Fuente: Orden FOM/3317/2010)

## 6.4 CONCLUSIÓN

Basándonos en lo comentado en el apartado anterior según la orden FOM, se adopta un valor de 1,44% de incremento anual de vehículos para definir el escenario futuro.

Dicho escenario futuro se plantea para el año 2042, por lo tanto, a continuación, se van a calcular las intensidades para el año horizonte, teniendo en cuenta el incremento de 1,44% anual. Para ello, se va a emplear la siguiente ecuación:

$$V_f = V_l * (1 + a)^n$$

Donde  $V_l$  es el volumen de tráfico en el año de estudio,  $V_f$  es el volumen de tráfico en el año 2042,  $a$  es el incremento anual y  $n$  la diferencia entre el año 2042 y el de estudio.

De esta manera se obtienen las siguientes intensidades horarias:



Figura 21. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente propia)



Figura 22. Flujo en 2031 del tráfico proveniente del Puente de Aragón. (Fuente propia)



Figura 23. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Plaza América. (Fuente propia)



Figura 24. Flujo en 2031 del tráfico proveniente de la Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente propia)



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

### 7.1 METODOLOGÍA A SEGUIR

La metodología a seguir para el análisis de la capacidad y del nivel de servicio de la intersección semaforizada de estudio en el escenario futuro es la indicada según el "Highway Capacity Manual 6.0" en el volumen 3 del capítulo 19. Además, se recogen una serie de actuaciones útiles para identificar el origen de los problemas existentes en el nudo de estudio.

Existen tres tipos de análisis en función del nivel de detalle empleado en la metodología que son el operacional, el de diseño y el de planificación e ingeniería preliminar.

- Operacional: es el que presenta mayor detalle, de manera que se requiere gran información acerca del tráfico, las condiciones geométricas y las de señalización.
- Diseño: al igual que en el análisis operacional, también se requiere información acerca del tráfico y de las condiciones geométricas y de señalización. Pero en este tipo de análisis se pretende determinar valores razonables para las condiciones no determinadas.
- Planificación e ingeniería preliminar: en este caso únicamente se requiere información fundamental para el análisis proporcionada por el analista. Para el resto de información se emplean valores por defecto.

Para la metodología descrita anteriormente se debe evaluar una sola aplicación de manera individualizada. El tiempo empleado para cada una de estas ventanas temporales se denomina periodo de análisis.

Se realizan de forma individual debido a que se suponen características de tráfico homogéneo, es decir, que no se producen cambios a lo largo del tiempo. Por ello, los tiempos de medida no pueden extenderse de forma notable, fijándose estos entre los 15 y los 60 minutos para evitar las inestabilidades. Habitualmente también se realiza un método consistente en tomar solo 15 minutos, pero siendo estos los más cargados de todo el periodo de análisis.



Si se relaciona la intensidad de tráfico en una hora con la intensidad de los mayores 15 minutos multiplicada por cuatro con el objetivo de estandarizar, se obtiene el factor de hora punta.

En los siguientes pasos se explica de forma detallada como se obtiene la capacidad y el nivel de servicio en el caso de intersección semaforizada.

*Paso 1: Determinar grupo de movimientos y de carriles*

Para analizar la capacidad de una intersección semaforizada, el primer paso a realizar es diferenciar los grupos de movimientos y los grupos de carriles del nudo de estudio. Aunque a primera vista los dos grupos tienen definiciones similares, la diferencia aparece en la utilidad de cada uno. Mientras que el grupo de movimientos se emplea para acelerar la entrada de datos, el grupo de carriles se utiliza para describir los cálculos asociados a la metodología.

Los grupos de carriles están compuestos por dos tipos, carriles exclusivos y compartidos. Los primeros son cuando los vehículos que circulan por ese carril únicamente pueden efectuar un movimiento, en cambio, en los segundos, el vehículo puede realizar varios movimientos.

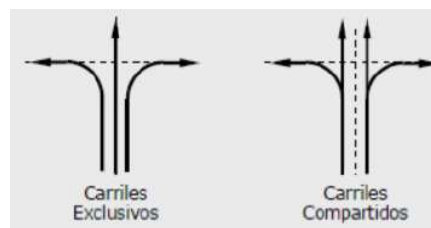


Figura 25. Tipos de carriles. (Fuente: HCM 6.0)

Para el caso del grupo de movimientos existen unas limitaciones acerca de la designación de cada uno de estos. De manera que debe ser asignado como grupo de movimiento aquel que sea un giro atendido por uno o más carriles exclusivos o no compartidos y los carriles no asignados a un grupo deben combinarse en un grupo de movimiento.

En lo que se refiere al grupo de carriles también existen reglas para determinarlos. Un carril exclusivo debe ser asignado como un grupo de carriles, cualquier carril compartido debe ser asignado como un grupo de carriles y los carriles que no sean exclusivos para realizar giros o compartidos, deben combinarse en un grupo de carriles.



A continuación, se adjunta una tabla donde se recogen los movimientos más habituales, separándolos en grupos de movimientos y en grupos de carriles.

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:	LG 1: LG 2:
3	Exclusive left: Exclusive left: Through: Through: Through and right:	MG 1: MG 2:	LG 1: LG 2: LG 3:

Tabla 8. Grupos de movimiento y de carriles. (Fuente: HCM 6.0)

**Paso 2. Determinar la intensidad por grupo de movimientos**

En este paso, se van a obtener las intensidades para cada uno de los grupos de movimientos determinados en el paso anterior. La intensidad de un movimiento se asigna a un grupo de movimiento cuando se trata de un movimiento de giro con uno o más carriles exclusivos.

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

**Paso 3. Determinar la intensidad por grupo de carriles**

En el presente apartado se pretende calcular las intensidades para cada uno de los grupos de carriles formado. Si no existen carriles compartidos en la intersección o únicamente tiene un carril, la intensidad del grupo de carriles es idéntica a la intensidad del grupo de movimientos, habiendo una correspondencia exacta entre estos.

En caso contrario, la intensidad por grupo de carriles se basa en el comportamiento de los conductores a la hora de elegir el carril que facilite el movimiento a realizar, minimizando el tiempo de servicio. La intensidad de saturación es empleada para estimar las diferencias relativas en ese momento entre los diferentes carriles.



#### Paso 4. Determinar las intensidades de saturación

La intensidad de saturación se obtiene en este paso. Esta se refiere a la intensidad de vehículos por metro lineal que deben circular por la intersección para superar la circulación óptima del nudo. Se obtiene de aplicar diferentes factores que dependen de las características de la intersección.

La ecuación que se emplea para su cálculo es la siguiente:

$$S = S_0 \cdot f_W \cdot f_{HVg} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \cdot f_{wz} \cdot f_{ms} \cdot f_{sp}$$

Donde:

$S_0$  es la intensidad de saturación base, considerada como 1900 vh/h/carril.

$f_w$  es el factor de ajuste por anchura de carril.

$f_{HVg}$  es el factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente.

$f_p$  es el factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras.

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

$f_a$  es el factor de ajuste por tipo de zona.

$f_{LU}$  es el factor de ajuste por uso de los carriles.

$f_{LT}$  es el factor de ajuste por giros a izquierda.

$f_{RT}$  es el factor de ajuste por giros a derecha.

$f_{Lpb}$  es el factor de ajuste en los giros a izquierda con cruce de peatones y bicicletas.

$f_{Rpb}$  es el factor de ajuste en los giros a derecha con cruce de peatones y bicicletas.

$f_{wz}$  es el factor de ajuste por obras en la vía.

$f_{ms}$  es el factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo.

$f_{sp}$  es el factor de ajuste por atascos continuos aguas abajo.

A continuación, se procede a explicar cada uno de estos factores que hacen aumentar o disminuir la intensidad de saturación:





- Intensidad de saturación base ( $S_0$ ):

Este valor representa el número medio que puede admitir un carril en condiciones geométricas y de tráfico que corresponden a un valor de 1 para cada factor de ajuste, es decir, para unas condiciones ideales. Se establece un valor de intensidad de 1900 vehículos por hora y por carril.

- Factor de ajuste por ancho de carril ( $f_w$ ):

Este factor depende del ancho del carril, puesto que influye en la intensidad de saturación. Conforme los carriles van siendo más estrechos el flujo disminuye. A continuación, se adjunta una tabla donde se relaciona el ancho del carril con el valor del factor de ajuste:

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 9. Relación del ancho de carril con el factor de ajuste. (Fuente: HCM 6.0)

En el caso de que el ancho del carril sea superior a 4,8 metros el análisis se debe realizar como si fueran dos carriles, de manera que aumentará la intensidad.

- Factor de ajuste por vehículos pesados y pendiente ( $f_{HVg}$ ):

Este factor tiene en cuenta el efecto coordinado entre los vehículos pesados y la pendiente de la rasante de aproximación a la intersección.

La componente de los vehículos pesados se tiene en cuenta debido a que el espacio ocupado no es el mismo que el que ocupa un vehículo ligero.

La componente de la pendiente tiene en cuenta la facilidad o dificultad a la hora de realizar las maniobras, de manera que una pendiente descendente tiene un valor negativo y una ascendente tiene un valor positivo. Para el primer caso se emplea la siguiente expresión:

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

En el caso de una pendiente positiva, el factor se calcula de la siguiente manera:

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



Donde PHV es el porcentaje de vehículos pesados correspondiente a cada uno de los grupos de movimientos y  $P_g$  es la pendiente de aproximación al cruce.

Como vehículos pesados no están incluidos los autobuses que paran en las inmediaciones de la intersección. Además, este factor se aplica únicamente cuando el porcentaje de vehículos pesados es inferior al 50% de la intensidad y las pendientes se encuentran entre un -4 y un +10%.

- Factor de ajuste por existencia de carril de estacionamiento y sus maniobras ( $f_p$ ):

Este coeficiente hay que tenerlo en cuenta puesto que mientras un vehículo se encuentra estacionando, un carril se queda inutilizable, de manera que afecta a la intensidad de flujo del grupo de carriles adyacente a este.

Si no existe aparcamiento en los 75 m próximos a la intersección, entonces este factor tiene un valor de 1. En caso contrario, el valor se calcula de la siguiente manera:

$$f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18 * N_m}{3600}}{N} \geq 0,05$$

Donde  $N_m$  es el número de maniobras por hora en los 75 metros aguas arriba de la intersección y no puede ser mayor de 180 y  $N$  es el número de carriles que conforman el grupo de carriles.

Se supone que cada maniobra realizada bloquea el carril durante 18 segundos, de ahí, el 18 que se encuentra en la fórmula antes del número de maniobras.

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

El factor de ajuste por bloqueo de autobuses es muy importante a tener en cuenta porque al parar a menos de 75 metros de la estación de estudio, no dejan que circulen vehículos por ese carril durante 14,4 segundos durante la fase verde, lo que hace que se reduzca la intensidad de saturación.

Este factor solo se tiene en cuenta cuando el bloqueo afecta al flujo del grupo de carriles estudiado. Además, el número límite de autobuses por hora a considerar es de 250 bus/h, por lo que el valor mínimo de este factor debe de ser de 0,05. Para calcularlo se emplea la siguiente ecuación:

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4 * N_b}{3600}}{N}$$



Donde N es el número de carriles que conforman el grupo y Nb es el número de autobuses que paran en las proximidades.

- Factor de ajuste por tipo de zona ( $f_a$ ):

Este factor de ajuste tiene en cuenta las ineficiencias de la intersección, dependiendo de dónde se encuentre. En comparación con otro tipo de áreas, las intersecciones ubicadas en distritos comerciales o de negocios suelen tener problemas de congestión según el tipo de entorno, por lo que se utiliza un factor de 0,90 para dichas áreas y un factor de 1,0 para las áreas restantes.

- Factor de ajuste por uso de los carriles ( $f_{LU}$ ):

El factor de ajuste por uso de los carriles se aplica en el caso de que los vehículos no se distribuyan de manera homogénea en el grupo de carriles. Donde se penaliza en función del desequilibrio existente y se calcula según la siguiente ecuación:

$$f_{LU} = \frac{v_g}{N * v_{g1}}$$

Donde  $v_g$  es el volumen de tráfico del grupo de carriles, N es el número de carriles que conforman el grupo y  $v_{g1}$  es el volumen de tráfico del carril más cargado.

En el caso de que el grupo de carril únicamente contenga un carril compartido o un carril exclusivo, entonces este coeficiente tendrá un valor de 1.

- Factor de ajuste por giros a izquierda ( $f_{LT}$ ):

El objetivo de este factor es manifestar el efecto de la geometría de la trayectoria que debe seguir un vehículo para realizar un giro a la izquierda en la velocidad de flujo de saturación. El coeficiente se calcula mediante la siguiente formula:

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

Donde  $E_L$  tiene diferentes valores en función del tipo de carril que sea. Un valor de 1,05 para carriles protegidos, de 0,85 para carriles compartidos o únicos y 0,75 para doble carril.

El efecto de los peatones y ciclistas a la hora de realizar el giro a izquierdas se tiene en cuenta en otro factor de ajuste.



- Factor de ajuste por giros a derecha ( $f_{RT}$ ):

El objetivo de este factor es manifestar el efecto de la geometría de la trayectoria que debe seguir un vehículo para realizar un giro a la derecha en la velocidad de flujo de saturación. El coeficiente se calcula mediante la siguiente fórmula:

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

Donde  $E_R$  tiene diferentes valores en función del tipo de carril que sea. Un valor de 1,18 para carriles protegidos, de 0,95 para carriles compartidos o únicos y 0,92 para doble carril.

El efecto de los peatones y ciclistas a la hora de realizar el giro a derechas se tiene en cuenta en otro factor de ajuste.

- Factor de ajuste en los giros a izquierda y a derecha con cruce de peatones y bicicletas ( $f_{Lpb}/f_{Rpb}$ ):

Para obtener un factor de ajuste por peatones y ciclistas que cruzan la vía, ya sea girando a la derecha o a la izquierda, primero se debe calcular la ocupación promedio de peatones y ciclistas en la zona de conflicto. El segundo paso es obtener la ocupación de zonas de conflicto, y el último es el factor de ajuste.

Para calcular el primer paso, se debe conocer la intensidad de peatones durante la fase de verde peatonal, y se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$v_{pedg} = v_{ped} * \left( \frac{C}{g_{ped}} \right)$$

Donde  $V_{ped}$  es la demanda peatonal en la intersección y  $C/g_{ped}$  es la proporción efectiva de verde para el paso de peatones.

Una vez obtenido este valor, ya se puede proceder al cálculo de la ocupación media peatonal. Donde tanto para giros a derecha como a izquierda el flujo sea menor a 1000 peatones/hora se empleará la siguiente fórmula:

$$OCC_{pedg} = \left( \frac{V_{ped}}{2000} \right) \leq 0,5$$

Para el caso de que este flujo se encuentre entre 1000 y 5000 peatones/hora, se calcula de la siguiente manera:

$$OCC_{pedg} = \left( 0,4 + \frac{V_{ped}}{10000} \right) \leq 0,9$$



Donde  $V_{ped}$  es la intensidad de peatones por hora.

En lo que se refiere a ciclistas, se emplea la misma metodología de cálculo que para los peatones, de manera que se procede al cálculo de la intensidad ciclista durante la fase verde:

$$v_{bicg} = v_{bic} * \left(\frac{C}{g}\right)$$

Donde  $V_{bic}$  es la demanda de ciclistas en la intersección y  $C/g$  es la proporción efectiva de verde para el paso de peatones.

A continuación, procedemos al cálculo de las ocupaciones medias ciclistas para caso de que el volumen de ciclistas sea inferior a 1900:

$$OCC_{bicg} = \left(0,02 + \frac{V_{bicg}}{2700}\right)$$

El siguiente paso es establecer las zonas de conflicto de la zona de ocupación. Estas se dividen en dos tipos, los giros a izquierda desde calle de un sentido o giros a derecha sin ciclistas y los giros a derecha con presencia de bicicletas. La primera de ellas se calcula del siguiente modo:

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

El siguiente tipo, se obtiene empleando la siguiente ecuación:

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

Finalmente, se deben establecer los factores de ajuste que dependen del número de carriles desde los que se efectúa el giro y los que reciben este movimiento. De forma que, si el número de carriles que reciben el giro es mayor que el que lo producen, se puede elegir carril para así esquivar al peatón o ciclista que se encuentre cruzando el paso de peatones en ese momento. Para este caso el ajuste por fase permitida se calcula del siguiente modo:

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

En caso contrario, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

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

Por tanto, el factor de ajuste en los giros a derecha o a izquierda por cruce de peatones o ciclistas es igual al ajuste por fase permitida ( $A_{pbT}$ ).



- Factor de ajuste por obras en la vía ( $f_{wz}$ ):

Este factor únicamente se tiene en cuenta cuando existen obras o algún evento especial en los 75 metros aguas arriba de la intersección. El proceso a seguir para obtener el valor del factor se ajuste está contemplado en el capítulo 31, sección 2 del "Highway Capacity Manual 6.0". En el caso de que no existan obras próximas al nudo de estudio, este coeficiente tiene un valor de 1.

- Factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo ( $f_{ms}$ ):

El factor de ajuste por carril cerrado aguas abajo se emplea en el caso de que los grupos de carriles entran en el segmento del carril cerrado, que puede ser debido a obras o a algún evento especial. El proceso a seguir para obtener el coeficiente está contemplado en el capítulo 31, sección 3 del "Highway Capacity Manual 2016". En el caso de que no exista ningún carril cerrado aguas abajo, el factor tiene un valor de 1.

- Factor de ajuste por atascos continuos aguas abajo ( $f_{sp}$ ):

Este coeficiente evalúa el efecto que tienen los atascos aguas debajo de la intersección de estudio. Es importante ya que cuando se produce un atasco se reduce la intensidad de saturación de los grupos de carriles aguas arriba. El proceso a seguir para obtener el valor del factor de ajuste está contemplado en el capítulo 29, sección 3 del "Highway Capacity Manual 6.0". En el caso de que no se produzcan atascos continuos aguas debajo de la intersección, el factor tiene un valor de 1.

Paso 5. Determinar la proporción de llegadas durante la fase verde.

La longitud de las colas depende de la proporción de vehículos que lleguen en fase verde y en fase roja. De manera que la demora y la longitud de la cola es menor cuanto mayor es la proporción de vehículos que llegan a la intersección en fase verde. La siguiente ecuación calcula esta proporción para cada uno de los grupos de carriles:

$$P = R_p * \left(\frac{g}{C}\right)$$

Donde  $g$  es el tiempo de verde efectivo y  $C$  la longitud del ciclo.

Si se trata de un semáforo accionado por el tráfico o con control centralizado, entonces estos valores se deben calcular según el capítulo 30, sección 3 del "Highway Capacity Manual 6.0".



### Paso 6. Determinar la duración de la fase

Este paso únicamente se realiza si la intersección tiene un control accionado por el tráfico o centralizado, puesto que la fase es desconocida y se debe calcular. Para ello, se emplea la siguiente formulación:

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

Donde:

$D_p$ = Duración de la fase (seg)

$l_l$ = Tiempo perdido de puesta en marcha (2 seg)

$g_s$ = Tiempo de servicio en cola (2 seg)

$g_e$ = Tiempo de prolongación de verde (seg)

$Y$ = Intervalo de cambio a ámbar (seg)

$R_c$ = Intervalo de holgura de rojo (seg)

El tiempo de servicio en cola hace referencia al tiempo necesario para que se despeje la cola formada por una fase en rojo. El tiempo de prolongación de verde muestra que el tiempo de verde es extendido en función de la llegada de los vehículos.

### Paso 7. Determinar la capacidad y la proporción volumen-capacidad de la intersección

La capacidad se entiende como los máximos vehículos que cada grupo de carriles puede absorber en un tiempo determinado, normalmente es una hora. Y este concepto está directamente relacionado con la intensidad de saturación. La capacidad es expresada mediante la siguiente ecuación:

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

Donde  $N$  es el número de carriles (veh/h),  $s$  es la intensidad de saturación obtenida en pasos anteriores (veh/h) y  $g/C$  es la proporción de verde efectivo del grupo de carriles.

Esta ecuación no puede usarse para calcular la capacidad de un carril compartido o de un conjunto de carriles que permiten giros a la izquierda porque toman otros factores que afectan su capacidad.



En lo que respecta a la proporción volumen-capacidad, esta se define como la relación entre el volumen de cada grupo de carriles y su capacidad y se calcula de la siguiente forma:

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

Donde X es la proporción volumen-capacidad, v es el flujo de entrada del grupo de carriles (veh/h) y c es la capacidad (veh/h).

#### Paso 8. Determinar la demora media

La demora se define como la suma de demoras que retrasan el viaje del usuario, de forma que es la diferencia entre el tiempo real y el tiempo en condiciones ideales de tráfico. Por lo que depende de varios factores que no siempre se pueden ajustar de la manera correcta, a pesar de eso, se puede estimar mediante ecuación que se muestra a continuación:

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

Donde:

d = Demora por vehículo debida al control del tráfico (seg/veh)

d1 = Demora para ritmo de llegadas constante (seg/veh)

d2 = Incremento de demora por aleatoriedad de llegadas y sobresaturación de colas (seg/veh)

d3 = Demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis (seg/veh)

- Demora para ritmo de llegadas constante (d<sub>1</sub>):

Esta demora se obtiene asumiendo que las llegadas son de forma uniforme a la largo de la duración del ciclo, en el caso de que las llegadas sean en la fase verde, entonces la demora es nula, puesto que no se producen colas.

Para obtener esta demora, se aplica el factor de ajuste por progresión, de modo que si este da un valor positivo significa que gran cantidad de vehículos llegan en fase verde y por tanto esta demora no tendrá mucha influencia en la de control. Ambos parámetros se calculan de la siguiente manera:

$$y = \min(1, X) * \frac{g}{C}$$





Donde  $y$  es la proporción de flujo,  $g$  el tiempo efectivo en verde (seg) y  $C$  la longitud del ciclo (seg).

$$PF = \frac{1 - P}{1 - g/C} * \frac{1 - y}{1 - \min(1, X) * P} * (1 + y * \frac{1 - P * \frac{C}{g}}{1 - \frac{g}{C}})$$

Donde PF es el factor de ajuste por la progresión de llegadas y P es la proporción de vehículos que llegan durante la fase en verde (en decimales).

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

- Incremento de demora por aleatoriedad de llegadas y sobresaturación de colas ( $d_2$ ):

La demora incremental tiene en cuenta la tardanza debida a los cambios en el número de llegadas por ciclo, así como el retraso debido a la sobresaturación, donde la demanda excede la capacidad durante el período de análisis. La cantidad por la cual la demanda excede la capacidad durante el período de análisis se denomina demanda insatisfecha. La fórmula para obtener dicha demanda se muestra a continuación, suponiendo que no hay colas iniciales por demanda insatisfecha durante el análisis.

$$X_A = v/C_A$$

Donde  $X_A$  es la relación media entre el volumen ( $v$ ) y la capacidad media ( $C_A$ ).

$$d_2 = 900 * T * ((X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 + \frac{8 * k * I * X_A}{C_A * T}})$$

Donde T es la duración del ciclo en horas, k es el factor de incremento de la demora y I es el factor de ajuste de filtro aguas arriba.

Si no existen colas iniciales en ninguna de las entradas a la intersección, entonces la capacidad media ( $C_A$ ) coincide con la capacidad calculada en el paso anterior.

El valor del factor de incremento por demora varía entre 0,04 y 0,5. Teniendo el valor más elevado para semáforos de tiempos fijos y coordinados. En el caso de que se pueda adaptar la duración de la fase verde para atender la demanda ciclo a ciclo, se debe calcular según las ecuaciones que se muestran a continuación:

$$g_a = G_{m\acute{a}x} + Y + R_c - l_1 - l_2$$



Donde  $g_a$  es el tiempo de verde efectivo disponible (seg) y  $G_{m\acute{a}x}$  es el ajuste de verde máximo (seg).

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

Donde  $c_a$  es la capacidad disponible para un grupo de carriles atendidos por una fase actuada (veh/h).

$$k_{min} = -0,375 + 0,354 * PT - 0,091 * PT^2 + 0,00889 * PT^3 \geq 0,04$$

Donde  $k_{min}$  es el factor de incremento de la demora mínimo y PT es el factor de ajuste del tiempo de paso (seg).

$$k = (1 - 2 * k_{min}) * \left( \frac{v}{c_a} - 0,5 \right) + k_{min} \leq 0,5$$

Se puede concluir que con tiempos de paso más cortos se obtienen valores de k más bajos y, por tanto, menor retraso.

El valor del factor de ajuste de filtro aguas arriba varía entre 0,09 y 1. Teniendo el valor más elevado para el caso de intersecciones aisladas. En caso contrario se debe calcular de la siguiente forma:

$$l = 1 - 0,91 * X_u^{2,68} \geq 0,09$$

Donde  $X_u$  hace referencia a la relación ponderada entre el volumen y la capacidad de todos los movimientos aguas arriba de la intersección que contribuyen al volumen en el grupo de movimientos en cuestión.

- Demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis ( $d_3$ ):

Cuando ya existe una cola inicial se debe a una demanda insatisfecha en el periodo anterior. En el momento que cualquier conjunto de carriles en una intersección no tiene cola inicial al comienzo del período de análisis, el retraso es de 0 seg/veh. La fórmula para calcular la demora inicial debido a la cola es la siguiente:

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

$$Q_e = Q_b + t_A * (v - c_A)$$

Donde:

$t_A$  = duración ajustada de la demanda insatisfecha en el periodo de análisis (h).

$Q_e$  = Cola al final de periodo de análisis (veh)



$Q_e$  = Cola al final de periodo de análisis cuando  $v \geq c_A$  y  $Q_b = 0$  veh.

En el caso de que  $v \geq c_A$  entonces se emplea la siguiente ecuación:

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

$$t_A = T$$

En caso contrario:

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

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

Por tanto, el tiempo de espera de la cola se obtiene del siguiente modo:

$$t_c = t_A + Q_e / c_A$$

En lo que se refiere al tiempo de despeje de la cola, este es medido desde el inicio del periodo de análisis hasta que el último vehículo que llega despeja el nudo de estudio.

### Paso 9. Determinar el nivel de servicio

El nivel de servicio de una intersección es el más restrictivo de cada uno de los cruces que la componen. Se obtiene según las tablas mostradas en el apartado 3.5 según el "Highway Capacity Manual 6.0".

## 7.2 DATOS DE ENTRADA

Con el fin de poder calcular el nivel de servicio de cada cruce que conforma la intersección de análisis, empleando la metodología explicada previamente, se requiere obtener unos datos de entrada. Estos son los que se muestran en las tablas siguientes, la primera hace referencia a la información del sentido de entrada a la intersección y la segunda al de salida.

		Gran Vía	Jacinto Benavente	Aragón	Plaza América
Condiciones geométricas	Ancho de carril (m)	2,65	3 y 4	3	3
	Número de carriles	3+exclusivo	2+exclusivo	4	5
Condiciones de tráfico	Volumen vehículos ligeros (veh/h)	2317	1051	2344	1392
	Volumen autobuses (bus/h)	6	3	28	30
	Número de maniobras (maniobras/h)	-	-	-	-
Condiciones de señalización	Volumen de peatones (p/h)	-	-	172	-
	Volumen de ciclistas (b/h)	-	-	168	-

Tabla 10. Datos de inicio para el sentido de entrada a la intersección. (Fuente propia)



		Gran Vía	Jacinto Benavente	Aragón	Plaza América
Condiciones geométricas	Ancho de carril (m)	2,65	2,5	3	3
	Número de carriles	3+exclusivo	3	3	4
Condiciones de tráfico	Volumen vehiculos ligeros (veh/h)	2244	1332	2819	709
	Volumen autobuses (bus/h)	6	7	29	25
	Número de maniobras (maniobras/h)	-	30	-	15
Condiciones de señalización	Volumen de peatones (p/h)	276	496	172	-
	Volumen de ciclistas (b/h)	-	-	168	-

Tabla 11. Datos de inicio para el sentido de salida de la intersección. (Fuente propia)

Toda la información que se recoge en las tablas previas ya ha sido comentada con anterioridad a lo largo de todo el análisis.

En lo que se refiere al número de maniobras que se realizan a lo largo de una hora, se ha considerado que en aparcamiento en batería la rotación es de en torno a 15 movimientos, de forma que como en la avenida de Jacinto Benavente existe aparcamiento a ambos lados, las maniobras serán el doble.

## 7.3 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA A SEGUIR

### 7.3.1 DETERMINAR LOS GRUPOS DE MOVIMIENTOS Y DE CARRILES

Con el fin de seleccionar los grupos de movimientos y los grupos de carriles, se han empleado las condiciones explicadas en el apartado 7.3. Obteniendo así 4 grupos de movimientos y 10 grupos de carriles en función del desplazamiento que pueden realizar y de las marcas viales.

A continuación, se adjunta una imagen donde se observan los diferentes grupos formados en la intersección de estudio.

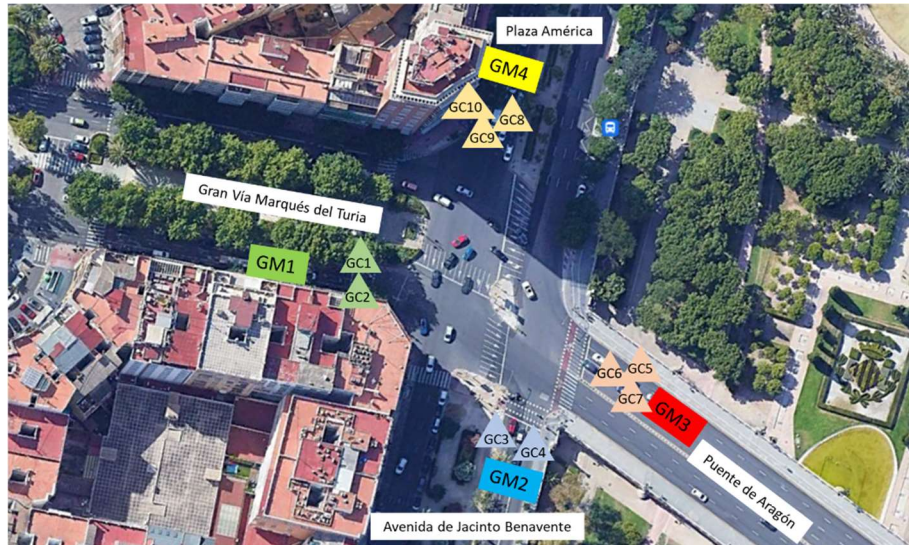


Figura 26. Grupo de movimientos y carriles de la intersección de estudio. (Fuente propia)

El grupo de carriles 1 está formado por aquellos carriles que parten de la Gran Vía Marqués de Turia y tienen de destino el puente de Aragón. El segundo grupo está compuesto por los que parten del mismo lugar, pero tienen la posibilidad de continuar recto o de girar a la derecha hacia la Avenida de Jacinto Benavente.



Figura 27. División grupo de carriles en Gran Vía Marqués del Turia. (Fuente: Google Earth)

El tercer y cuarto grupo de carriles se originan en la Avenida de Jacinto Benavente y el primero de ellos tiene una trayectoria de continuar recto o girar a la izquierda y el segundo de girar a la derecha o de seguir recto.



Figura 28. División del grupo de carriles en Avenida de Jacinto Benavente. (Fuente: Google Earth)

En lo que se refiere a los grupos de carriles que parten desde el Puente de Aragón, estos no poseen marcas viales, debido a esto, se ha decidido dividir en 3 grupos diferentes, los que giran a derechas, los que continúan recto y los que giran a izquierdas.



Figura 29. División en grupo de carriles del Puente de Aragón. (Fuente: Google Earth)

Por último, los grupos de carriles 8, 9 y 10 parten de Plaza América y el primero de ellos únicamente tiene la posibilidad de girar a la izquierda, el segundo de continuar recto y el tercero puede o seguir recto o girar a la derecha. Aunque el grupo de carril 8 no esté señalizado en las marcas viales, se considera que es un movimiento importante como para tomarlo aparte.

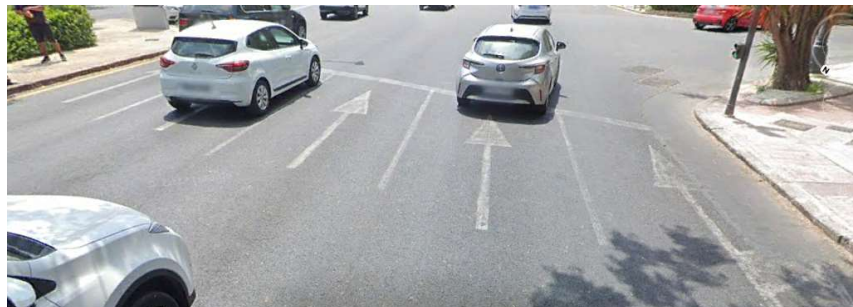


Figura 30. División de grupo de carriles en Plaza América. (Fuente: Google Earth)

### 7.3.2 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE MOVIMIENTOS

Una vez divididos los movimientos en cuatro grupos diferentes y analizado el flujo en hora punta de todos los desplazamientos permitidos en el interior de la intersección de estudio, se han obtenido las siguientes intensidades para cada uno de los grupos de movimientos:

- GM1: 2317 vh/h y 6 vehículos pesados/h.
- GM2: 1051 vh/h y 3 vehículos pesados/h.
- GM3: 2344 vh/h y 28 vehículos pesados/h.
- GM4: 1392 vh/h y 30 vehículos pesados/h.



### 7.3.3 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE CARRILES

Empleando la misma metodología que en el caso anterior, se han obtenido las siguientes intensidades para cada uno de los grupos de carriles divididos en 10 diferentes:

- GC1: 2088 vh/h y 6 vehículos pesados/h.
- GC2: 229 veh/h.
- GC3: 574 vh/h.
- GC4: 477 vh/h.
- GC5: 192 vh/h y 22 vehículos pesados/h.
- GC6: 1710 vh/h y 6 vehículos pesados/h.
- GC7: 442 vh/h.
- GC8: 512 vh/h y 23 vehículos pesados/h.
- GC9: 661 vh/h y 7 vehículos pesados/h.
- GC10: 219 vh/h.

### 7.3.4 DETERMINAR EL AJUSTE DE LA INTENSIDAD DE SATURACIÓN

A continuación, se procede al cálculo de la intensidad de saturación mediante la siguiente formulación, donde se debe obtener una intensidad diferente para cada uno de los grupos de carriles mencionados con anterioridad y se parte de una intensidad base de 1900 vh/h/carril.

$$S = S_0 \cdot f_W \cdot f_{HVg} \cdot f_p \cdot f_{bb} \cdot f_a \cdot f_{LU} \cdot f_{LT} \cdot f_{RT} \cdot f_{Lpb} \cdot f_{Rpb} \cdot f_{wz} \cdot f_{ms} \cdot f_{sp}$$

Realizando los cálculos tal y como se indica en el "Anexo 1: cálculos de capacidad y de nivel de servicio", se han obtenido las siguientes intensidades de saturación para cada uno de los grupos de carriles:



	s (veh/h)
GC1	1642
GC2	1210
GC3	1212
GC4	1620
GC5	1473
GC6	1705
GC7	1629
GC8	1649
GC9	1615
GC10	1269

Tabla 12. Intensidad de saturación. (Fuente propia)

### 7.3.5 DETERMINAR LA CAPACIDAD Y LA PROPORCIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

Para calcular la capacidad de cada uno de los grupos de carriles, es necesaria la intensidad de saturación previamente calculada, el número de carriles que conforma cada grupo y la relación efectiva de verde para el paso de peatones. Empleando la siguiente formulación:

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

Con esto se han obtenido las siguientes capacidades:

	N	s (veh/h)	g/C	c (veh/h)
GC1	2	1642	0,583	1915
GC2	1	1210	0,583	706
GC3	1	1212	0,583	707
GC4	1	1620	0,583	945
GC5	1	1473	0,583	859
GC6	2	1705	0,583	1989
GC7	1	1629	0,583	950
GC8	1	1649	0,583	962
GC9	3	1615	0,583	2826
GC10	1	1269	0,583	740

Tabla 13. Capacidades de cada grupo de carriles. (Fuente propia)

A continuación, se calcula la proporción volumen-capacidad a partir de la siguiente ecuación:

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





De lo que se obtienen los siguientes resultados:

	v (veh/h)	C(veh/h)	X
GC1	1903	1915	0,994
GC2	229	706	0,325
GC3	574	707	0,812
GC4	477	945	0,505
GC5	192	859	0,223
GC6	1710	1989	0,860
GC7	442	950	0,465
GC8	512	962	0,532
GC9	661	2826	0,234
GC10	219	740	0,296

Tabla 14. Proporción volumen-capacidad. (Fuente propia)

### 7.3.6 DETERMINAR LA DEMORA

La demora es el sumatorio de tres demoras diferentes, la uniforme ( $d_1$ ), la incremental ( $d_2$ ) y por cola inicial ( $d_3$ ).

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

La demora 1 se obtiene asumiendo que las llegadas son de forma uniforme a lo largo de la duración del ciclo, en el caso de que las llegadas sean en la fase verde, entonces la demora es nula, puesto que no se producen colas.

La demora incremental tiene en cuenta la tardanza debida a los cambios en el número de llegadas por ciclo, así como el retraso debido a la sobresaturación, donde la demanda excede la capacidad durante el período de análisis.

En el caso de la demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis, no se tiene en cuenta en este análisis, puesto que se entiende que no existen colas iniciales. Por tanto, el  $d_3$  tiene un valor de 0 en todos los grupos de carriles.

En el "Anexo 1: cálculos de capacidad y de nivel de servicio" se encuentra detallado el cálculo de cada una de las demoras, a continuación, se adjunta el valor final de cada una de estas y el sumatorio final.



	d1 (seg)	d2 (seg)	d3 (seg)	d (seg)
GC1	21,343	19,116	0	40,459
GC2	14,373	1,221	0	15,594
GC3	19,082	9,831	0	28,913
GC4	15,927	1,927	0	17,854
GC5	13,581	0,602	0	14,183
GC6	19,644	5,121	0	24,765
GC7	15,569	1,637	0	17,206
GC8	16,180	2,107	0	18,287
GC9	13,660	0,194	0	13,854
GC10	14,143	1,019	0	15,162

Tabla 15. Demora de cada uno de los grupos de carriles. (Fuente propia)

### 7.3.7 DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO

En el momento que tenemos la demora, solo queda acudir al "Highway Capacity Manual 6.0" para obtener la siguiente tabla que relaciona la demora con el nivel de servicio:

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

Tabla 16. Nivel de servicio asociado a la demora. (Fuente: HCM)

Relacionando la tabla anterior con los tiempos de demora obtenidos en el apartado anterior para cada uno de los grupos de carriles, se obtienen los siguientes niveles de servicio para la intersección semaforizada de Plaza América con Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón:



	d (seg)	Nivel de servicio
GC1	40,459	D
GC2	15,594	B
GC3	28,913	C
GC4	17,854	B
GC5	14,183	B
GC6	24,765	C
GC7	17,206	B
GC8	18,287	B
GC9	13,854	B
GC10	15,162	B

Tabla 17. Niveles de servicio de los grupos de carriles que conforman la intersección de estudio. (Fuente propia)



Figura 31. Representación de los niveles de servicio de los grupos de carriles. (Fuente propia)

Como se puede observar en la imagen anterior, la mayoría de los grupos de carriles se encuentran en el nivel B, los grupos de carriles GC3 y GC6 tienen nivel C y el GC1 tiene nivel D.

Según los cálculos los vehículos no tienen demoras significativas en la hora punta, pero esto no se ajusta a la realidad, ya que sí que existe una elevada congestión en diversos puntos de la intersección, como bien podemos apreciar en las siguientes imágenes:



*Figura 32. Colapso en los giros a izquierdas provenientes del Puente de Aragón. (Fuente propia)*



*Figura 33. Colapso de los giros a izquierdas provenientes de la Plaza de América. (Fuente propia)*

## 8. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA DE LA INTERSECCIÓN

Los principales movimientos problemáticos de la intersección de estudio son 2, que vienen producidos por otros dos movimientos, de manera, que el objetivo es mejorar el nivel de servicio de 4 movimientos. Estos son los que parten de la Plaza América y desean continuar recto o girar a la izquierda y los que parten del Puente de Aragón y pretenden continuar recto o girar a la izquierda.

A pesar de ser los más problemáticos, no se muestran en el análisis realizado, esto es debido a que el HCM no tiene en cuenta el embotellamiento producido por los giros a izquierdas desde el Puente de Aragón y la Plaza de América, los cuales impiden el paso de aquellos que desean continuar recto.

A continuación, se procede a realizar el análisis del almacenamiento de vehículos que se produce durante un ciclo semafórico, de esta forma se puede observar si se produce una congestión que imposibilita o dificulta el movimiento de seguir recto de los restantes vehículos.

Este análisis se va a realizar sobre el grupo de carriles GC7 y GC8, además del GC6 y GC9 que son los afectados en caso de congestión, respectivamente.

Para el caso de los vehículos que parten del Puente de Aragón (GC6 yGC7) el ciclo semafórico es de 120 segundos con un tiempo de verde efectivo de 70 segundos. Durante este tiempo circulan un total de 50 vehículos en GC6 y en GC7 13 vehículos.

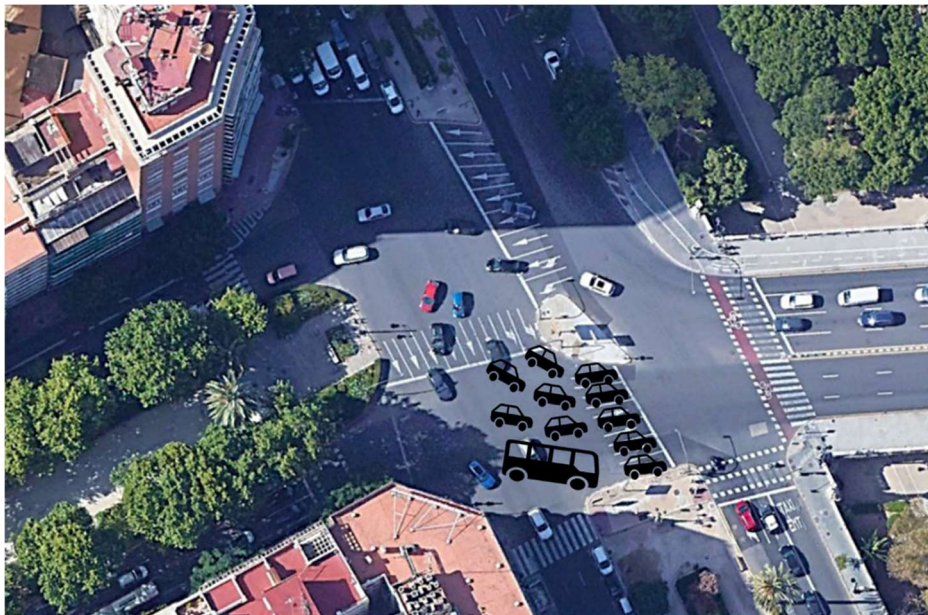


Figura 34. Congestión por almacenamiento de vehículos en los grupos de carriles GC6 y GC7. (Fuente propia)



Como se observa, en el caso de que los vehículos que desean girar a la izquierda sean superiores a 12, entonces se producirá una saturación de la intersección. En este caso, el número de vehículos es de 13, por tanto, indica que al final del tiempo efectivo de verde la intersección está congestionado, dando problemas de seguridad vial.

En lo que respecta a los vehículos que provienen de la Plaza de América (GC8 y GC9), presentan una duración de ciclo de 120 segundos, con un tiempo efectivo de verde de 70 segundos. Por tanto, durante este tiempo circulan un total de 15 vehículos por el GC8 y 20 por el GC9.



*Figura 35. Congestión por almacenamiento de vehículos en los grupos de carriles GC8 y GC9. (Fuente propia)*

Como se puede apreciar en la imagen anterior, en el momento que los vehículos que desean girar a la izquierda sean mayores que 10 y un autobús, entonces la intersección se encontrará colapsada. En este caso, la opción más desfavorable es que giren 15 vehículos, por tanto, el nudo se colapsa al final del tiempo efectivo de verde.

En el caso de los vehículos que van de Gran Vía Marqués del Turia al Puente de Aragón (GC1) tienen el nivel de servicio más desfavorable puesto que existe una intensidad elevada.

Dada toda esta problemática se procede a estudiar diferentes alternativas con el fin de solucionar los máximos problemas y elegir la óptima solución.



## 9. PROPUESTA DE ALTERNATIVAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Tras realizar un estudio de capacidad en la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, a continuación, se estudian diferentes alternativas para solucionar el problema existente.

Como se ha comentado en el apartado anterior, los principales conflictos ocurren en los giros a izquierda de la Plaza de América y el Puente de Aragón, y por consiguiente, en los que desean continuar recto. Además del giro a derechas entre la Avenida de Jacinto Benavente y el Puente de Aragón.

Estos giros a izquierdas ya se intentaron prohibir, pero, debido a que no había un policía 24h vigilando que esa norma se cumpliera, decidieron volver a lo que había antes ya que ningún usuario obedecía las normas. En las alternativas se propone modificar la isleta central de modo que impida estos giros conflictivos.

Se proponen un total de 2 alternativas:

- Alternativa 1: Paso inferior entre Plaza de América y Avenida de Aragón o Avenida del Puerto (2 salidas).
- Alternativa 2: Paso inferior entre Plaza de América y Avenida de Jacinto Benavente.

Con estas medidas se pretende mejorar la seguridad vial en la intersección y reducir los tiempos de viaje de los usuarios, aportando así, fluidez a la circulación.

A continuación, se describe cada una de las alternativas.

### 9.1 ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA AMÉRICA Y AVENIDA DE ARAGÓN O AVENIDA DEL PUERTO

Esta propuesta consiste en un paso inferior entre la Plaza de América y la Avenida de Aragón o la Avenida del Puerto, de manera que los vehículos que giran a la izquierda desde la Plaza de América no tengan que acceder a la intersección.

A continuación, se adjunta una imagen donde se puede observar la entrada y salida del paso inferior.



Figura 36. Entrada y salida del paso inferior de la alternativa 1. (Fuente propia)

Además, para solucionar el problema de los grupos de carriles 6 y 7, se decide impedir los giros a izquierdas de los vehículos que provienen del Puente de Aragón. De esta manera los vehículos que desean acceder al barrio de la Calle de Conde Altea girarán por la Plaza de Cánovas y los vehículos que realizaban ese movimiento con el fin de ir hacia la ciudad de las Artes y las Ciencias deberán ir por la otra margen del río.

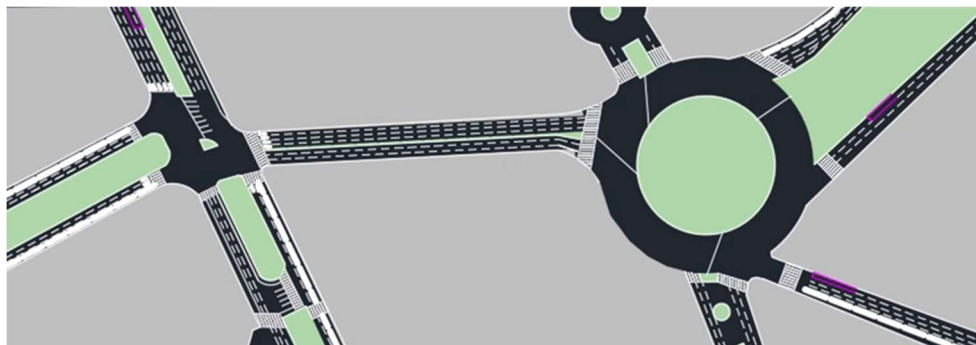


Figura 37. Diseño de la intersección de la Alternativa 1. (Fuente propia)

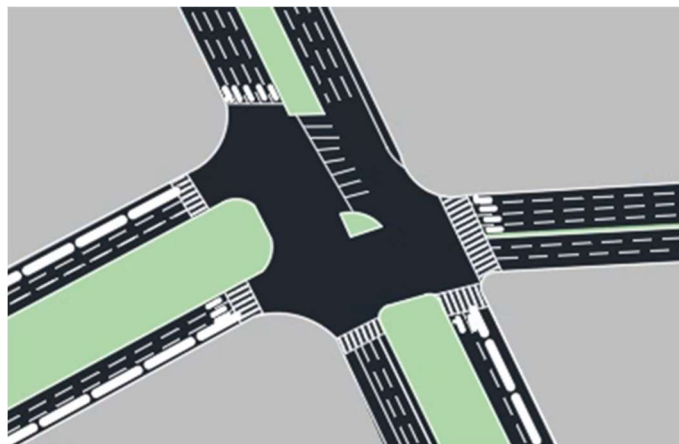


Figura 38. Detalle de la intersección de estudio para la Alternativa 1. (Fuente propia)





De esta manera se reduce entorno a un 13% el tráfico de la intersección de estudio.

Los tiempos de verde de los vehículos que provienen de la Gran Vía Marqués del Turia y del Puente de Aragón, se aumentan, de manera que se reduzca el nivel de servicio D del GC1.

Los inconvenientes que presenta la solución es el elevado coste de construcción del paso inferior, ya que posee dos salidas y la profundidad es elevada puesto que cruza el cauce del río.

## 9.2 ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE JACINTO BENAVENTE

La alternativa número 2 consiste en realizar un paso inferior entre la Plaza de América y la Avenida de Jacinto Benavente, está compuesto por dos carriles, uno para el sentido de ida y otro para el de vuelta. Además de suprimir los giros a izquierdas desde el Puente de Aragón al igual que la alternativa anterior.



Figura 39. Entrada y salida del paso inferior de la alternativa 2. (Fuente propia)

Esta solución incluye un cambio en el diseño de la intersección semaforizada, de manera que se modifica la isleta central impidiendo así los giros a izquierdas mencionados con anterioridad, al igual que los tiempos de verde se aumentan en los vehículos que vienen de la Gran Vía Marqués del Turia y del Puente de Aragón.

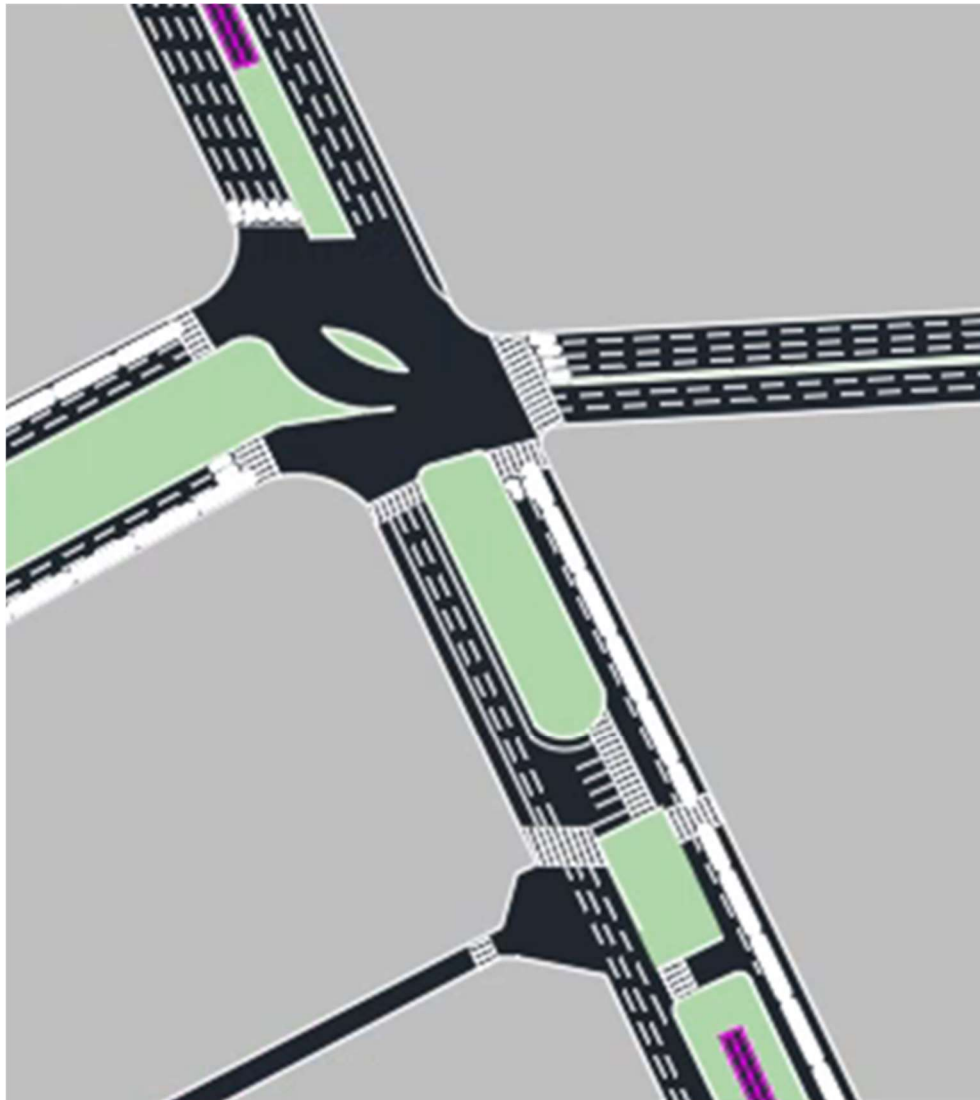


Figura 40. Diseño de la intersección de la Alternativa 2. (Fuente propia)

De esta forma se reduce el tráfico en la intersección un 22% aproximadamente.

En este caso, el coste de la realización del paso inferior es más económico ya que no es tan profundo como el de la alternativa 1 y su longitud es inferior.



## 10. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA

Una vez planteadas las diferentes alternativas comentadas con anterioridad, con el fin de solucionar los problemas presentes en la intersección de estudio, se procede a seleccionar la alternativa óptima y más viable económicamente.

Las dos soluciones propuestas plantean la construcción de un paso inferior. Estas reducen considerablemente el tráfico, un 13% y un 22% respectivamente, reduciendo así los conflictos de tráfico que se daban diariamente en la intersección con lo que se aumenta la seguridad vial. El inconveniente de este tipo de soluciones es el gran impacto económico que supone la construcción de un paso inferior y los diversos efectos que provoca durante esta fase en el tráfico y en las personas que habitan próximas al nudo, como puede ser el ruido, las vibraciones o las retenciones producidas por el corte de varios carriles.

Con el fin de seleccionar la solución óptima se ha realizado un análisis de la capacidad y económico. De este modo la alternativa que mejor resultados dé es la seleccionada.

### 10.1 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

Empleando el "Highway Capacity Manual 6.0" se analiza la capacidad y el nivel de servicio de cada una de las alternativas con el objetivo de determinar cuál de ellas proporciona una mejor solución para absorber el tráfico existente.

A continuación, se adjuntan unas imágenes de los niveles de servicio para cada una de las alternativas:

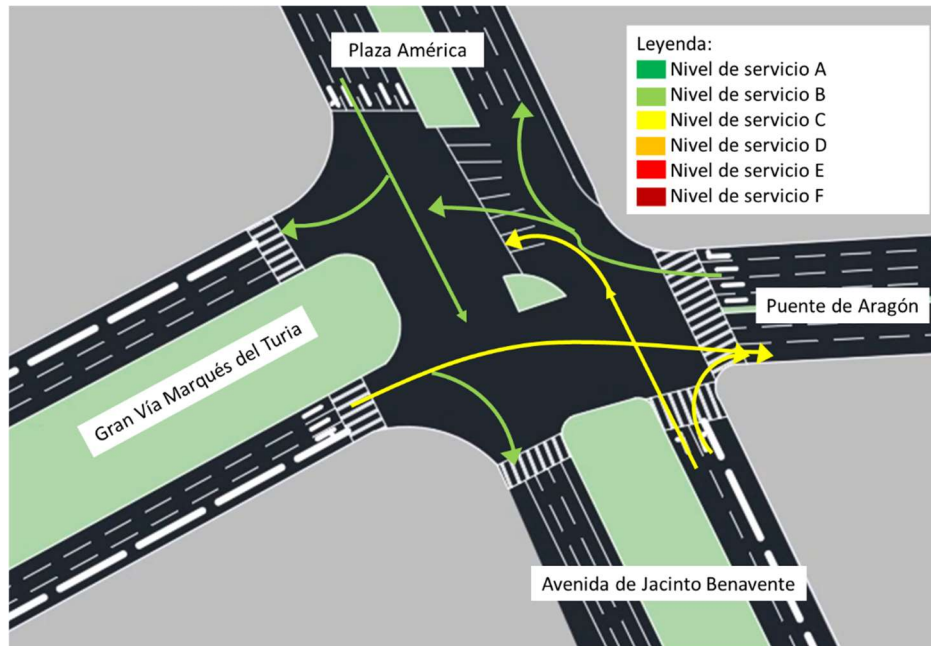


Figura 41. Niveles de servicio de la alternativa 1. (Fuente propia)

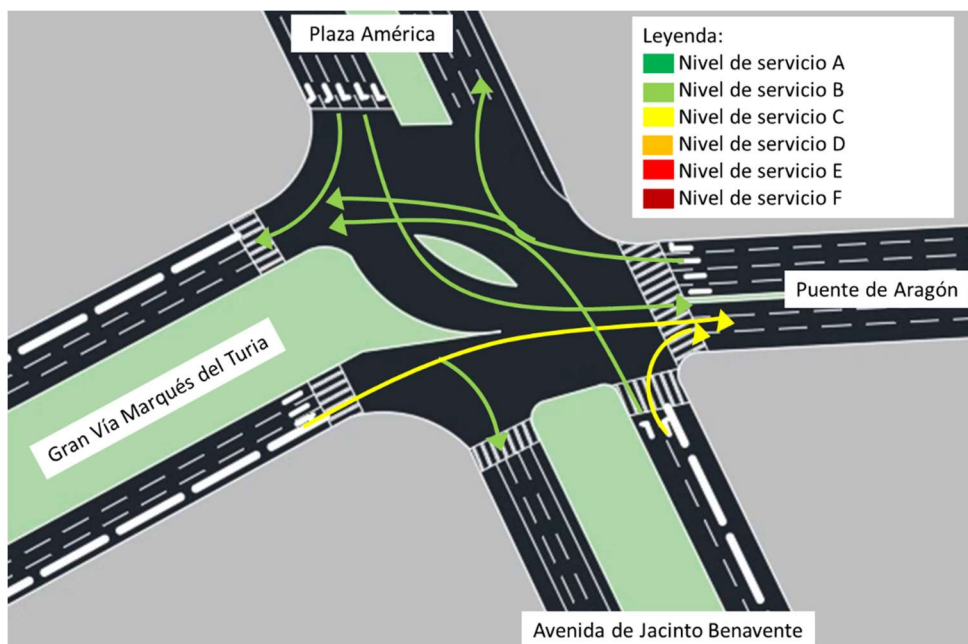


Figura 42. Niveles de servicio de la Alternativa 2. (Fuente propia)

En estos casos, a pesar de que el manual no tenga en cuenta el colapso debido a los giros a izquierdas, no es necesario realizar el análisis de almacenamiento, puesto que en ambas alternativas no se produce ese bloqueo. En el caso de la propuesta 1, se han limitado todos los giros a izquierdas en la intersección, a excepción del que proviene de la Avenida de Jacinto Benavente, y en la propuesta 2, estos giros no se detienen en el interior del nudo, puesto que no existen vehículos con los que interceden.



Si comparamos las dos alternativas, se puede concluir que la alternativa 2 proporciona mejores niveles de servicio que la 1, puesto que existen 2 grupos de carriles en nivel de servicio C frente a los 3 de la alternativa 1.

Los cálculos específicos para cada una de las alternativas se encuentran detallados en el "Anexo 1: Cálculos de capacidad y niveles de servicio".

## 10.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico está dividido en tres partes, la primera es el cálculo del ahorro anual para cada una de las alternativas, seguido de la inversión que se requiere y por último se calcula en cuantos años estará amortizada la inversión realizada teniendo en cuenta el ahorro de los usuarios. Finalmente se escoge la alternativa óptima desde el punto de vista económico.

En el "Anexo 3: Presupuesto" se encuentra un análisis económico detallado de la alternativa escogida.

### 10.2.1 AHORRO ANUAL

El ahorro anual se calcula teniendo en cuenta el tiempo perdido por los conductores que acceden a la intersección, se emplea la siguiente formulación:

$$\text{Ahorro anual} = \sum X_i * v * \frac{1}{3600} * 10 * 365 * 6$$

Donde  $X_i$  (seg) es la diferencia de las demoras de cada grupo de carriles entre la alternativa estudiada y el estado actual y  $v$  (veh/h) es la intensidad de cada uno de los movimientos.

El valor 10 de la ecuación es debido a que se considera que el tráfico que pasa en hora punta es el 10% del flujo diario de la intersección, de esta manera se obtiene la intensidad diaria.

Por último, se ha supuesto que el precio debido al tiempo perdido debido a la demora por horas es de 6€. Ya que es el precio por hora del salario mínimo.



A continuación, se adjuntan dos tablas donde se resume el ahorro anual de cada una de las alternativas propuestas:

	Demora actual (seg)	Demora alt1 (seg)	X	v (veh/h)	Ahorro anual (€)
GC1	40,459	32,408	8,05	1903	93.205,45 €
GC2	15,594	14,822	0,77	229	1.074,80 €
GC3	28,913	34,727	-5,81	574	-20.302,73 €
GC4	17,854	21,260	-3,41	477	-9.883,59 €
GC5	14,183	13,528	0,65	192	764,76 €
GC6	24,765	16,479	8,29	1710	86.193,67 €
GC7	13,854	16,165	-2,31	661	-9.292,43 €
GC8	15,162	18,235	-3,07	219	-4.093,56 €
					137.666,37 €

Tabla 18. Ahorro anual Alternativa 1. (Fuente propia)

Si a este valor se le añade el ahorro producido por la implementación del paso inferior donde no existen demoras, se consigue un ahorro total de 211.199,92 €.

	Demora actual (seg)	Demora alt2 (seg)	X	v (veh/h)	Ahorro anual (€)
GC1	40,459	28,070	12,389	1903	143.424,46 €
GC2	15,594	13,627	1,966	229	2.739,45 €
GC3	28,913	22,332	6,580	315	12.609,58 €
GC4	17,854	18,470	-0,616	219	-821,17 €
GC5	14,183	12,423	1,760	192	2.055,32 €
GC6	24,765	15,173	9,592	1710	99.777,14 €
GC7	18,287	17,452	0,835	512	2.600,43 €
GC8	15,162	17,278	-2,116	219	-2.819,35 €
					259.565,88 €

Tabla 19. Ahorro anual de la Alternativa 2. (Fuente propia)

Si a este valor se le añade el ahorro producido por la implementación del paso inferior donde no existen demoras, se consigue un ahorro total de 365.654,73 €.

En lo que ahorro anual se refiere, con la alternativa 2 se ahorran 150.000€ más que con la 1, de forma que esta sería la solución elegida.



### 10.2.2 INVERSIÓN

Para conocer la inversión a realizar en cada una de las alternativas, se ha considerado que el coste de un paso inferior por metro lineal es de 6.000€ en el caso de que este sea de un único carril y de 10.000€ si es de dos. Aplicando esta consideración, se han obtenido las siguientes inversiones:

Para el caso de la alternativa 1, esta cuenta con 395 metros con dos carriles y en el momento que se bifurca únicamente hay un carril por cada ramal y existen 130 m hasta que sale a la Avenida de Aragón y 155 m hasta que sale a la Avenida del Puerto. Esto hace un total de 5.660.000€.

En lo que se refiere a la alternativa 2, esta cuenta con un túnel de 280 formado por dos carriles, uno por sentido, puesto que el paso inferior tanto en sentido de ida como de vuelta. La inversión para esta alternativa es de 2.800.000€.

### 10.2.3 AMORTIZACIÓN

En el momento que ya se ha calculado el ahorro anual y la inversión para cada una de las alternativas, se procede a obtener los años necesarios para amortizar la construcción de cada una de las alternativas.

- Alternativa 1: 27 años.
- Alternativa 2: 8 años.

### 10.3 CONCLUSIÓN

Tras realizar los análisis pertinentes se puede concluir que la solución óptima y más económica es la de la Alternativa 2, puesto que no solo mejora los niveles de servicio de la intersección, sino que también se amortiza en un tiempo mucho menor que el de la alternativa 1. Esta propuesta consiste en la construcción de un paso inferior entre la Plaza de América y la Avenida de Jacinto Benavente con dos carriles, uno para cada sentido.

## 11. RESULTADOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el presente apartado se desarrollan los resultados del análisis de capacidad de la alternativa seleccionada, la cual permite mejorar los tiempos de viaje de los usuarios y la seguridad vial.

Este análisis se ha realizado siguiendo la metodología explicada en el apartado "7.1 METODOLOGÍA A SEGUIR" según lo indicado en el "Highway capacity Manual 6.0".

### 11.1 DETERMINAR LOS GRUPOS DE MOVIMIENTO Y LOS GRUPOS DE CARRILES

Con el fin de seleccionar los grupos de movimientos y los grupos de carriles, se han empleado las condiciones explicadas en el apartado 7.3. Obteniendo así 4 grupos de movimientos y 8 grupos de carriles en función del desplazamiento que pueden realizar y de las marcas viales.

A continuación, se adjunta una imagen donde se observan los diferentes grupos formados en la intersección de estudio.

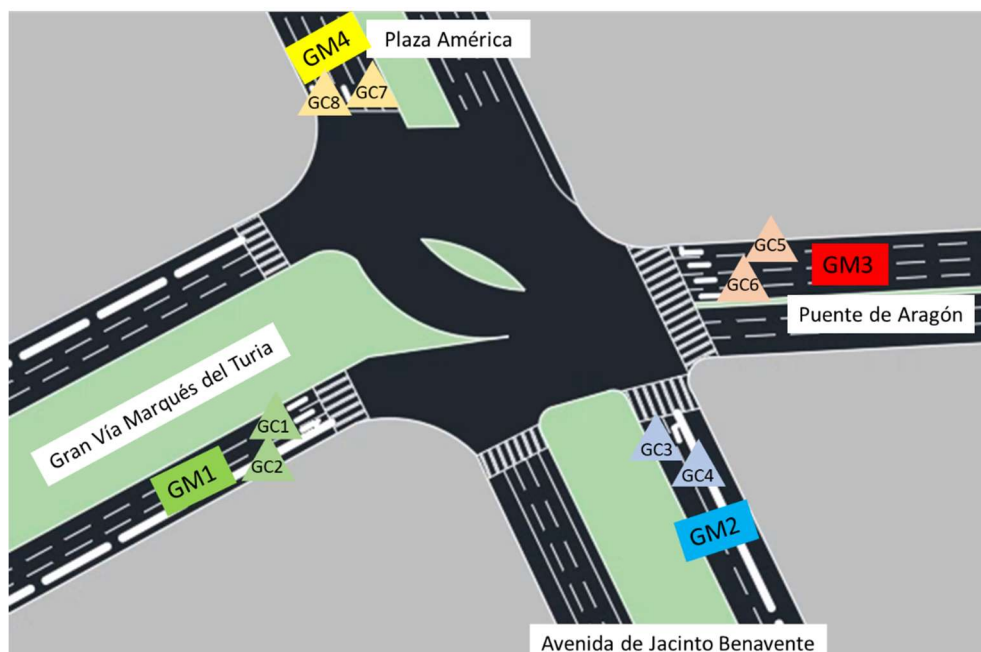


Figura 43. Grupo de movimientos y de carriles de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)





## 11.2 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE MOVIMIENTOS

Una vez divididos los movimientos en cuatro grupos diferentes y analizado el flujo en hora punta de todos los desplazamientos permitidos en el interior de la intersección de estudio, se han obtenido las siguientes intensidades para cada uno de los grupos de movimientos:

- GM1: 2132 vh/h y 6 vehículos pesados/h.
- GM2: 534 vh/h.
- GM3: 1902 vh/h y 28 vehículos pesados/h.
- GM4: 731 vh/h y 23 vehículos pesados/h.

## 11.3 DETERMINAR LA INTENSIDAD POR GRUPO DE CARRILES

Empleando la misma metodología que en el caso anterior, se han obtenido las siguientes intensidades para cada uno de los grupos de carriles divididos en 8 diferentes:

- GC1: 1903 vh/h.
- GC2: 229 veh/h.
- GC3: 315 vh/h.
- GC4: 219 vh/h.
- GC5: 192 vh/h y 22 vehículos pesados/h.
- GC6: 1710 vh/h y 6 vehículos pesados/h.
- GC7: 512 vh/h y 23 vehículos pesados/h.
- GC8: 219 vh/h.

## 11.4 DETERMINAR EL AJUSTE DE LA INTENSIDAD DE SATURACIÓN

A continuación, se procede al cálculo de la intensidad de saturación. Realizando los cálculos tal y como se indica en el "Anexo 1: Cálculos de capacidad y de nivel de servicio", se han obtenido las siguientes intensidades de saturación para cada uno de los grupos de carriles:



	s
GC1	1642
GC2	1210
GC3	1212
GC4	1620
GC5	1473
GC6	1705
GC7	1649
GC8	1269

Tabla 20. Intensidad de saturación de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

### 11.5 DETERMINAR LA CAPACIDAD Y LA PROPORCIÓN VOLUMEN-CAPACIDAD DE LA INTERSECCIÓN

Para calcular la capacidad de cada uno de los grupos de carriles, es necesaria la intensidad de saturación previamente calculada, el número de carriles que conforma cada grupo y la relación efectiva de verde para el paso de peatones. Para ello se emplea la siguiente formulación:

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

Con esto se han obtenido las siguientes capacidades:

	N	s (veh/h)	g/C	c (veh/h)
GC1	2	1638	0,625	2047
GC2	1	1210	0,625	756
GC3	1	1212	0,542	657
GC4	1	1620	0,542	877
GC5	1	1473	0,625	921
GC6	3	1705	0,625	3197
GC7	3	1649	0,542	2680
GC8	2	1269	0,542	1374

Tabla 21. Capacidades de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

A continuación, se calcula la proporción volumen-capacidad a partir de la siguiente ecuación:

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

De lo que se obtienen los resultados que se muestran en la tabla inferior:



	v (veh/h)	c (veh/h)	X
GC1	1903	2047	0,930
GC2	229	756	0,303
GC3	315	657	0,480
GC4	219	877	0,250
GC5	192	921	0,209
GC6	1710	3197	0,535
GC7	512	2680	0,191
GC8	219	1374	0,159

Tabla 22. Relación volumen-capacidad de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

## 11.6 DETERMINAR LA DEMORA

La demora es el sumatorio de tres demoras diferentes, la uniforme ( $d_1$ ), la incremental ( $d_2$ ) y por cola inicial ( $d_3$ ).

$$d = d_1 + d_2 + d_3$$

En el caso de la demora inicial debido a la cola en el inicio del periodo de análisis, no se tiene en cuenta en este análisis, puesto que se entiende que no existen colas iniciales. Por tanto, el  $d_3$  tiene un valor de 0 en todos los grupos de carriles.

En el "Anexo 1: cálculos de capacidad y de nivel de servicio" se encuentra detallado el cálculo de cada una de las demoras, a continuación, se adjunta el valor final de cada una de estas y el sumatorio final.

	d1 (seg)	d2 (seg)	d3 (seg)	d (seg)
GC1	19,026	9,044	0	28,070
GC2	12,596	1,031	0	13,627
GC3	19,832	2,501	0	22,332
GC4	17,789	0,681	0	18,470
GC5	11,908	0,515	0	12,423
GC6	14,528	0,645	0	15,173
GC7	17,294	0,159	0	17,452
GC8	17,030	0,248	0	17,278

Tabla 23. Demoras de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

## 11.7 DETERMINAR EL NIVEL DE SERVICIO

En el momento que tenemos la demora, solo queda acudir al "Highway Capacity Manual 6.0" donde se relaciona la demora con el nivel de servicio. Según los rangos marcados por el manual, se obtienen los siguientes niveles de servicio:



	d (seg)	Nivel de servicio
GC1	28,070	C
GC2	13,627	B
GC3	22,332	C
GC4	18,470	B
GC5	12,423	B
GC6	15,173	B
GC7	17,452	B
GC8	17,278	B

Tabla 24. Niveles de servicio de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

A continuación, se resumen los niveles de servicio obtenidos en la siguiente imagen:

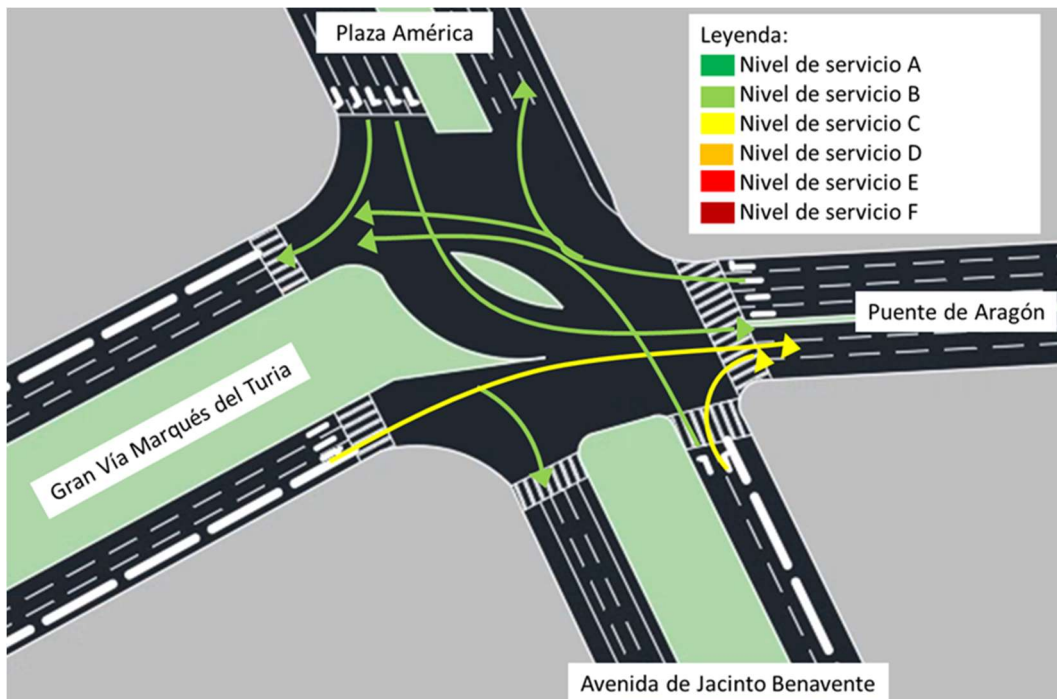


Figura 44. Niveles de servicio de la alternativa seleccionada. (Fuente propia)

Con esta alternativa se ha conseguido mejorar los niveles de servicio de la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón. Especialmente se han mejorado los grupos de carriles GC3 y GC6, pasando de un nivel C a uno B.



## 12. DISEÑO GEOMÉTRICO, COSTE ESTIMADO Y AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

### 12.1 DISEÑO GEOMÉTRICO

#### 12.1.1 CONDICIONANTES

A la hora de la construcción de un paso inferior en una zona ya urbanizada, hay que tener en cuenta muchos condicionantes.

Entre ellos se encuentra la localización de los servicios, como son las líneas eléctricas, de saneamiento o de telecomunicaciones. Este condicionante puede incrementar mucho el coste de la realización de la solución seleccionada, puesto que es posible que los servicios se deban desviar o puede incluso llegar a imposibilitar la construcción del paso inferior.

Tanto el acceso como la salida al túnel se va a colocar sobre la mediana existente. Esta cuenta con 8,5 metros de anchura, de este modo, en el momento de la embocadura y desembocadura del paso inferior se eliminará.

#### 12.1.2 TRAZADO

En el presente apartado se pretende definir el trazado geométrico del paso inferior de forma que cumpla la Norma 3.1- IC de trazado del Ministerio de Fomento.

- Trazado en planta:

A continuación, se van a exponer las diferentes limitaciones presentadas por la norma para cada uno de los elementos que forman el trazado en planta de la alternativa seleccionada. En este caso, todo el túnel discurre sobre una recta, de modo que únicamente se van a exponer las limitaciones y configuraciones a adoptar de estas.

Las rectas se limitan a una longitud máxima para así evitar problemas relacionados con el cansancio, los deslumbramientos, los excesos de velocidad, esta limitación viene en función de la velocidad de proyecto. En este caso, no se ha tenido en cuenta esta limitación puesto que la actuación se encuentra en una zona urbana y es difícilmente modificable.



- Trazado en alzado:

El alzado del paso inferior está formado por dos rasantes de inclinación uniforme y una curva de acuerdo vertical en forma cóncava.

En lo que se refiere a las rasantes, estas deben cumplir unos valores mínimos de 0,5% o 0,2% excepcionalmente y máximos de 7% o 10% en caso excepcional. Estas limitaciones son exclusivas para velocidad de proyecto de entre 50 y 40 km/h como se puede ver en la tabla siguiente:

VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ ) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Tabla 25. Inclinación máxima. (Fuente: Norma 3.1-IC)

La norma indica que, para túneles de una longitud igual o menor a 500 m, éstos tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación de lo contrario. Y esta inclinación se adopta en un valor del 6%.

En lo que a acuerdos se refiere, esta es una parábola de eje vertical y a continuación se muestra la ecuación a seguir y su representación:

$$y = \frac{x^2}{2 * K_v}$$

Siendo  $K_v$  el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de la parábola y debe cumplir la siguiente formulación:

$$K_v = \frac{L}{\theta}$$

Donde L es la longitud del acuerdo ( $L=2*T$ ) y  $\theta$  es en valor absoluto la diferencia algebraica entre las inclinaciones de los acuerdos en tanto por uno.

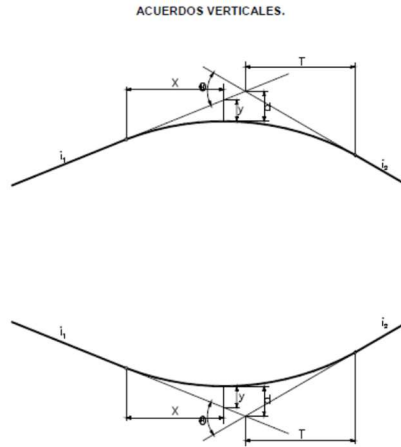


Figura 45. Relación de los parámetros de los acuerdos verticales. (Fuente: Norma 3.1-IC)

En el caso de la limitación de los parámetros, la norma nos proporciona la tabla 5.3. que se muestra a continuación.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V <sub>p</sub> ) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K <sub>v</sub> (m) PARADA	K <sub>v</sub> (m) ADELANTAMIENTO	K <sub>v</sub> (m) PARADA	K <sub>v</sub> (m) ADELANTAMIENTO
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Tabla 26. parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer visibilidad de parada y de adelantamiento. (Fuente: Norma 3.1-IC)

En el caso de estudio, al tratarse de un paso inferior con velocidad límite de 50 km/h y de ser un acuerdo cóncavo, el K<sub>v</sub> mínimo de parada es de 1160m y el de adelantamiento de 3000m. Debido a que el túnel es de un único carril, no se van a tener en consideración esta limitación de parámetros puesto que no se permiten los adelantamientos.



Cuando por consideraciones de coordinación planta-alzado, se justifique geoméricamente que se dispone de la visibilidad de parada exigible, podrán reducirse los valores indicados en la tabla.

- Sección transversal:

Con el fin de que los usuarios conduzcan de manera segura, el paso inferior debe ser lo suficientemente ancho. Debido a esto se ha optado por que se trate de un carril de 4 m de ancho y 0,5 m de arcenes a ambos lados.

El suelo de la ciudad de Valencia se trata de un suelo con resistencia mayor de 100 MPA, es decir, de tipo A. Además, al estar bajo la ciudad, se trata de un suelo ya consolidado y por tanto de Tipo 1.

Para conocer el firme a colocar es necesario saber además del tipo de suelo, la cantidad de tráfico que va a circular sobre él. La opción más desfavorable, puesto que se trata de dos túneles diferentes, pero se va a colocar el mismo firme, es que circulen 661 vh/h en hora punta y un tráfico pesado del 3%, es decir, una IMDP de 199 vh/día. Por tanto, pertenece a la categoría de tráfico medio.

Con toda esta información y basándonos en la tabla que se muestra a continuación, se ha decidido escoger la sección del firme AM1, formada por una primera capa de 20 cm de HM-20 y la capa bituminosa de 8 cm, compuesta por 5 cm de mezcla bituminosa semidensa y 3 cm de capa de rodadura fonoabsorbente tipo FA-12 fonoabsorbente.

TRÁFICO MEDIO ( $50 \leq \text{IMDP} < 200$ )			
EXPLANADA A ( $E_{s2} \geq 100 \text{ MPa}$ )	<p><b>AM1</b></p>	<p><b>AM2</b></p>	<p><b>AM3</b></p>
	<p><b>AM4</b></p>	<p><b>AM5</b></p>	<p><b>AM6</b></p>

Tabla 27. Catálogo de secciones de firme para la categoría de tráfico medio en función de la categoría de explanada. (Fuente: Catálogo de firmes Ayuntamiento de Valencia)





- Gálibo:

La altura libre mínima en pasos inferiores es de 6 m.

En el "Anexo 2: Planos" se muestra el diseño del paso inferior a realizar.

## 12.2 COSTE ESTIMADO

Una vez aplicados los precios a las mediciones de las distintas unidades de obra, el presupuesto del Proyecto se obtiene un Presupuesto de Ejecución Material de UN MILLÓN NOVECIENTOS DIECISÉIS MIL UN EUROS con CUARENTA CÉNTIMOS (1.916.001,40. €).

El desglose por unidades del Presupuesto de Ejecución Material es el siguiente:

Trabajos previos.....	21.827,76€
Movimiento de tierras.....	67.766,40€
Firmes y pavimentos.....	51.150,16€
Muro pantalla.....	931.184,64€
Losa de cimentación.....	238.720,00€
Losa tablero.....	58.430,40€
Señalización.....	1.922,04€
Seguridad y salud.....	50.000,00€
Servicios afectados.....	100.000,00€
Mantenimiento del tráfico.....	50.000,00€
Terminación y puesta en servicio.....	40.000,00€
Gestión de residuos.....	305.000,00€

Aplicando a esta cifra los porcentajes del 13 % de gastos generales y 6 % de beneficio industrial se obtiene el Presupuesto Base de Licitación, que asciende a la cantidad de DOS MILLONES DOSCIENTOS OCHENTA MIL CUARENTA Y UN EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS (2.280.041,66 €).



Si a esta cifra se le aplica el correspondiente 21 % de IVA se obtiene el Presupuesto de Ejecución por Contrata que asciende a la cantidad de DOS MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA EUROS con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS (2.758.850,41 €).

En el "Anexo 3: Estudio Económico" se detalla cada uno de estos precios.

### 12.3 AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

Tal y como se ha detallado en el apartado "10.2.1 AHORRO ANUAL", el ahorro que se produce al año en la alternativa de seleccionada es de 365.654,73 €.

Sabiendo que se van a invertir un total de 2.758.850,41 €, se obtiene que la obra del paso inferior estará amortizada a los 8 años de su construcción.



### 13. CONCLUSIONES

El presente estudio *“Mejora y funcionalidad de la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, mediante la aplicación del “High Capacity Manual 6.0”*” ha tenido como objeto solucionar la problemática existente en la intersección semaforizada entre el puente de Aragón y la Gran Vía Marqués del Turia.

A la hora de realizar la toma de datos se han seleccionado las horas con mayor tráfico existente en la zona, siendo estas de 08:00h a 09:00h en la franja matutina y de 18:00h a 19:00h en la vespertina.

Esto aporta una información actual, algo que no es suficiente a la hora de querer realizar una estimación futura de la situación, por lo que se debe consultar datos históricos aforados, tendencia del parque de vehículos y otros datos relevantes a la hora de calcular con precisión la tasa de crecimiento anual. Con esta ya se puede obtener los datos de tráfico en el año de estudio.

Se ha tomado como base de estudio el año 2042, en el que se ha obtenido nivel de servicio D para un movimiento y nivel de servicio C para varios movimientos, siguiendo los pasos establecidos en el HCM. Debido a que el manual no contempla el efecto de desbordamiento de los carriles de giro sobre el paso de tráfico, ha sido necesario realizar un análisis de almacenamiento de vehículos.

Se proponen 2 alternativas que cambian la configuración actual de la intersección. Ambas con un paso inferior.

Para mejorar estos niveles de servicio se proponen X alternativas y se analizan en términos de capacidad y de economía para seleccionar la más adecuada de estas.

La Alternativa seleccionada consiste en la ejecución de un paso inferior entre la Plaza de América y la Avenida de Jacinto Benavente para ambos sentidos.



## 14.FIRMA DEL DOCUMENTO

Con lo expuesto en el presente documento, se cree que la *Mejora y funcionalidad de la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, mediante la aplicación del “High Capacity Manual 6.0”* está suficientemente justificado, por lo que se presenta para su aprobación y la obtención del título de Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la Universitat Politècnica de València.

Valencia, Julio de 2022

Fdo. Sesa Cárcel, Sara



## 15. BIBLIOGRAFÍA

S.L, EDICIONES PLAZA. «OpiniónVP Distrito Diez». Valencia Plaza,  
<http://epoca1.valenciaplaza.com/ver/162623/distrito-diez.html>.

«Los puntos más críticos del tráfico en Valencia». Las Provincias, 4 de septiembre de 2019,  
<https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/puntos-criticos-traffic-valencia-20190904094546-nt.html>.

Geoportal EMT. <https://geoportal.emtvalencia.es/visor?lang=es>.

«INE. Instituto Nacional de Estadística». INE, <https://www.ine.es/>.

«Paro por municipios: València - (Valencia/València) 2022». datosmacro.com,  
<https://datosmacro.expansion.com/paro/espana/municipios/valencia/valencia/valencia>.

«Tráfico por carretera - Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana - Generalitat Valenciana». Portal Estadístico de la Generalitat Valenciana,  
<https://pegv.gva.es/ca/temas/servicios/transportesycomunicaciones/traficoporcarretera>.

Crecimiento del PIB (% anual) - Spain | Data.

<https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?end=2020&locations=ES&start=1961&view=chart>.

Mapes d'Intensitats - València. <https://www.valencia.es/val/mobilitat/altres-descarregues>.

Boletín Oficial del Estado – “Disposiciones Generales”.

<https://www.boe.es/boe/dias/2010/12/23/pdfs/BOE-A-2010-19708.pdf>

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

NORMA 3.1-IC de la Instrucción de carreteras.

<https://apps.fomento.gob.es/CVP/handlers/pdfhandler.ashx?idpub=ICW050#:~:text=La%20Norma%203.1%20DIC%20Trazado,Red%20de%20Carreteras%20del%20Estado>.

CATÁLOGO DE FIRMES Y PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE VALENCIA - PDF Descargar libre.

<https://docplayer.es/5536735-Catalogo-de-firmes-y-pavimentos-de-la-ciudad-de-valencia.html>.



ANEXO 1:  
CÁLCULOS DE CAPACIDAD Y DE NIVEL DE SERVICIO

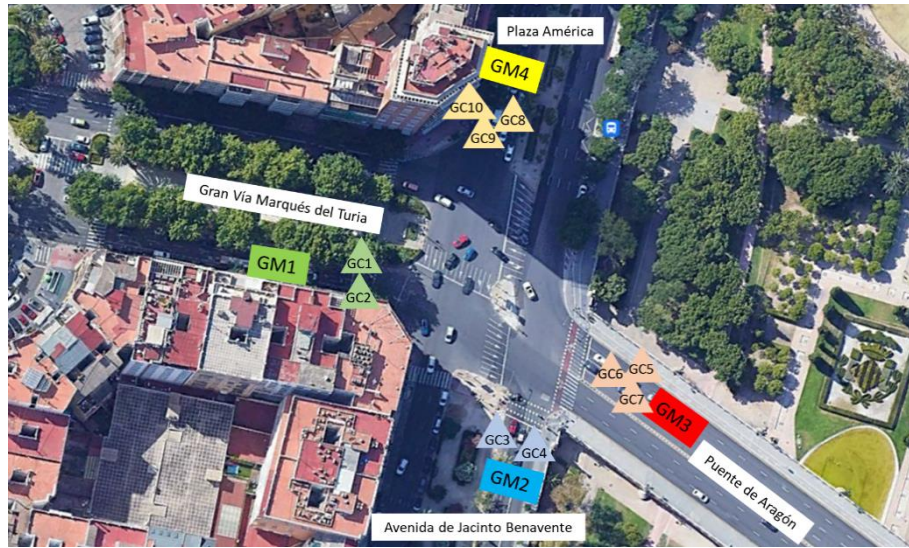


## ÍNDICE ANEXO 1

ESTADO ESCENARIO FUTURO (2042) .....	88
ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE ARAGÓN O AVENIDA DEL PUERTO (2 SALIDAS) .....	92
ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE JACINTO BENAVENTE .....	95



ESTADO ESCENARIO FUTURO (2042)



	Vehículos ligeros (veh/h)	Vehículos pesados (veh/h)
GM1	2317	6
GM2	1051	3
GM3	2344	28
GM4	1392	30

	Vehículos ligeros (veh/h)	Vehículos pesados (veh/h)
GC1	1903	0
GC2	229	0
GC3	574	0
GC4	477	0
GC5	192	22
GC6	1710	6
GC7	442	0
GC8	512	23
GC9	661	7
GC10	219	0





	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8	GC9	GC10
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	0,96	0,96	1,04	1	1	1	1	1	1	1
fHVg	1	1	1	1	0,909	0,997	1	0,965	0,992	1
fp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fb	1	1	0,900	0,900	0,900	1	1	1	1	0,880
fa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1	0,952	1	1	1	0,952	1	0,952	1
fRT	1	1,053	1	1,053	1,053	1	1	1	1	1,053
fLpb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	0,7	0,796	1	1	1	1	1	1	0,801
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
s (veh/h)	1642	1210	1212	1620	1473	1705	1629	1649	1615	1269

	N	s (veh/h)	g/C	c (veh/h)
GC1	2	1642	0,583	1915
GC2	1	1210	0,583	706
GC3	1	1212	0,583	707
GC4	1	1620	0,583	945
GC5	1	1473	0,583	859
GC6	2	1705	0,583	1989
GC7	1	1629	0,583	950
GC8	1	1649	0,583	962
GC9	3	1615	0,583	2826
GC10	1	1269	0,583	740

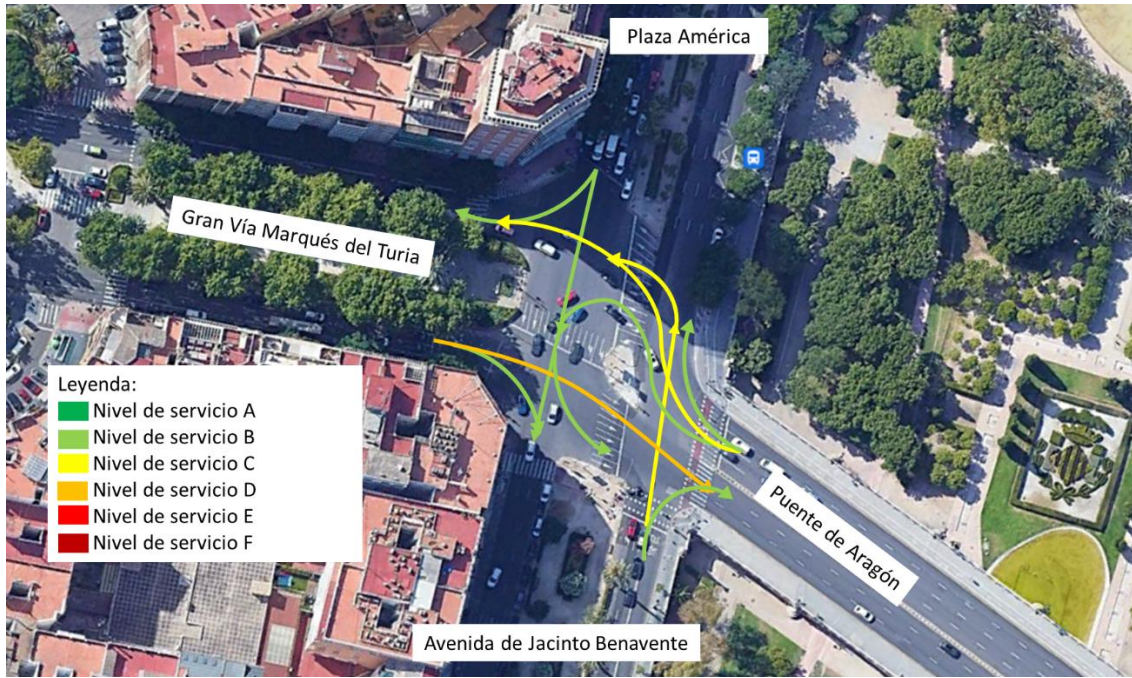
	v (veh/h)	C(veh/h)	X
GC1	1903	1915	0,994
GC2	229	706	0,325
GC3	574	707	0,812
GC4	477	945	0,505
GC5	192	859	0,223
GC6	1710	1989	0,860
GC7	442	950	0,465
GC8	512	962	0,532
GC9	661	2826	0,234
GC10	219	740	0,296

	v (veh/h)	C (veh/h)	X	g/c	P	PF	d1 (seg)
GC1	1903	1915	0,994	0,583	0,5	0,898	21,343
GC2	229	706	0,325	0,583	0,5	1,206	14,373
GC3	574	707	0,812	0,583	0,5	1,020	19,082
GC4	477	945	0,505	0,583	0,5	1,156	15,927
GC5	192	859	0,223	0,583	0,5	1,225	13,581
GC6	1710	1989	0,860	0,583	0,5	0,991	19,644
GC7	442	950	0,465	0,583	0,5	1,169	15,569
GC8	512	962	0,532	0,583	0,5	1,147	16,180
GC9	661	2826	0,234	0,583	0,5	1,223	13,660
GC10	219	740	0,296	0,583	0,5	1,212	14,143

	T(h)	k	l	d2 (seg)
GC1	0,25	0,5	1	19,116
GC2	0,25	0,5	1	1,221
GC3	0,25	0,5	1	9,831
GC4	0,25	0,5	1	1,927
GC5	0,25	0,5	1	0,602
GC6	0,25	0,5	1	5,121
GC7	0,25	0,5	1	1,637
GC8	0,25	0,5	1	2,107
GC9	0,25	0,5	1	0,194
GC10	0,25	0,5	1	1,019

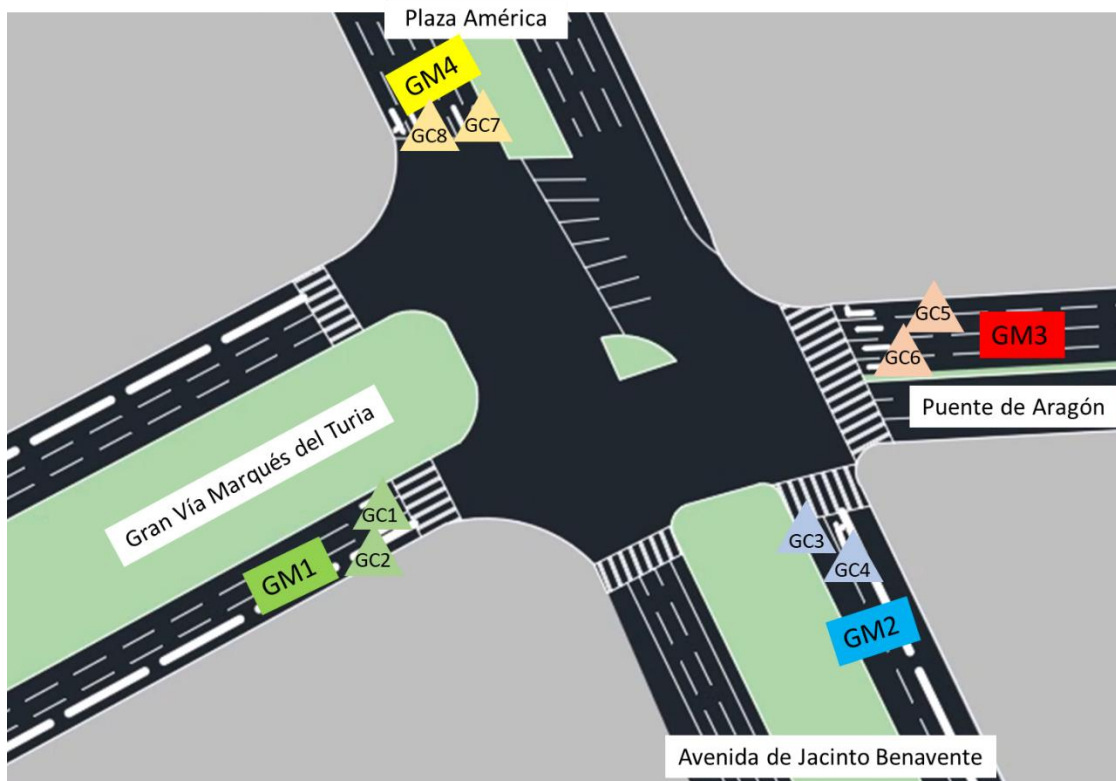
	d1 (seg)	d2 (seg)	d3 (seg)	d (seg)
GC1	21,343	19,116	0	40,459
GC2	14,373	1,221	0	15,594
GC3	19,082	9,831	0	28,913
GC4	15,927	1,927	0	17,854
GC5	13,581	0,602	0	14,183
GC6	19,644	5,121	0	24,765
GC7	15,569	1,637	0	17,206
GC8	16,180	2,107	0	18,287
GC9	13,660	0,194	0	13,854
GC10	14,143	1,019	0	15,162

	d (seg)	Nivel de servicio
GC1	40,459	D
GC2	15,594	B
GC3	28,913	C
GC4	17,854	B
GC5	14,183	B
GC6	24,765	C
GC7	17,206	B
GC8	18,287	B
GC9	13,854	B
GC10	15,162	B





**ALTERNATIVA 1: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE ARAGÓN O AVENIDA DEL PUERTO (2 SALIDAS).**



	Vehículos	Vehículos
GM1	2132	6
GM2	1051	0
GM3	1902	28
GM4	880	7

	Vehículos	Vehículos
GC1	1903	6
GC2	229	0
GC3	574	0
GC4	477	0
GC5	192	22
GC6	1710	6
GC7	661	7
GC8	219	0



	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	0,96	0,96	1,04	1	1	1	1	1
fHVg	1	1	1	1	0,909	0,997	0,992	1
fp	1	1	1	1	1	1	1	1
fb	1	1	0,900	0,900	0,900	1	1	0,880
fa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1	0,952	1	1	1	0,952	1
fRT	1	1,053	1	1,053	1,053	1	1	1,053
fLpb	1	1	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	0,7	0,796	1	1	1	1	0,801
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1
s	1642	1210	1212	1620	1473	1705	1615	1269

	N	s (veh/h)	g/C	c (veh/h)
GC1	2	1642	0,583	1992
GC2	1	1210	0,583	736
GC3	1	1212	0,583	677
GC4	1	1620	0,583	904
GC5	1	1473	0,583	896
GC6	3	1705	0,583	3112
GC7	4	1615	0,583	3607
GC8	1	1269	0,583	708

	v (veh/h)	C (veh/h)	X
GC1	1903	1992	0,955
GC2	229	736	0,311
GC3	574	677	0,848
GC4	477	904	0,528
GC5	192	896	0,214
GC6	1710	3112	0,549
GC7	661	3607	0,183
GC8	219	708	0,309

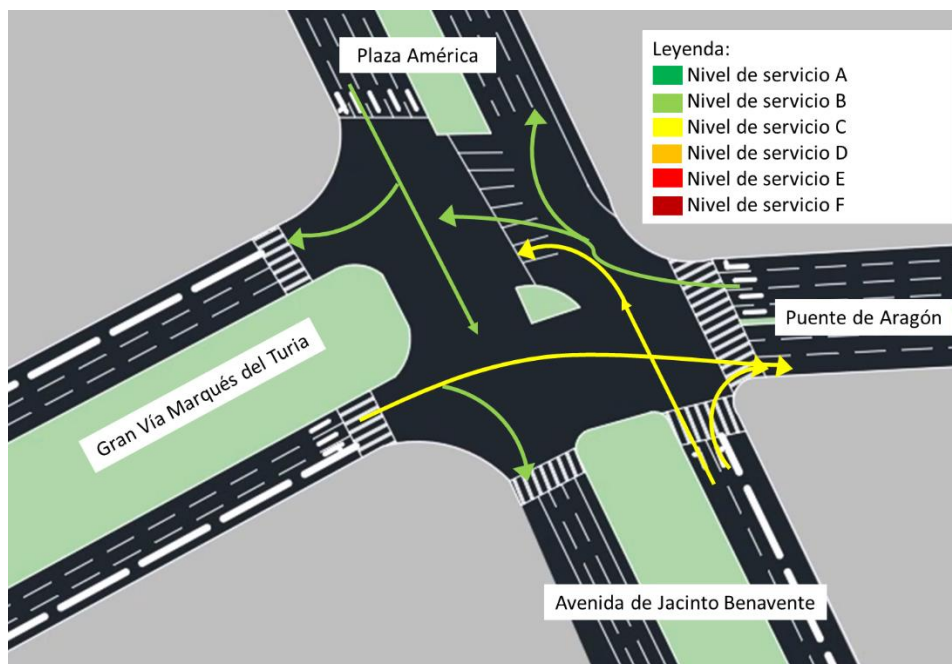
	g	C	g/C	X	P	PF	d1 (seg)
GC1	70	120	0,583	0,955	0,5	0,927	20,357
GC2	70	120	0,583	0,311	0,5	1,209	13,721
GC3	70	120	0,583	0,848	0,5	0,998	22,186
GC4	70	120	0,583	0,528	0,5	1,149	19,060
GC5	70	120	0,583	0,214	0,5	1,226	12,981
GC6	70	120	0,583	0,549	0,5	1,141	15,776
GC7	70	120	0,583	0,183	0,5	1,231	16,053
GC8	70	120	0,583	0,309	0,5	1,209	17,102



	T(h)	k	l	d2 (seg)
GC1	0,25	0,5	1	12,052
GC2	0,25	0,5	1	1,101
GC3	0,25	0,5	1	12,540
GC4	0,25	0,5	1	2,200
GC5	0,25	0,5	1	0,547
GC6	0,25	0,5	1	0,703
GC7	0,25	0,5	1	0,112
GC8	0,25	0,5	1	1,133

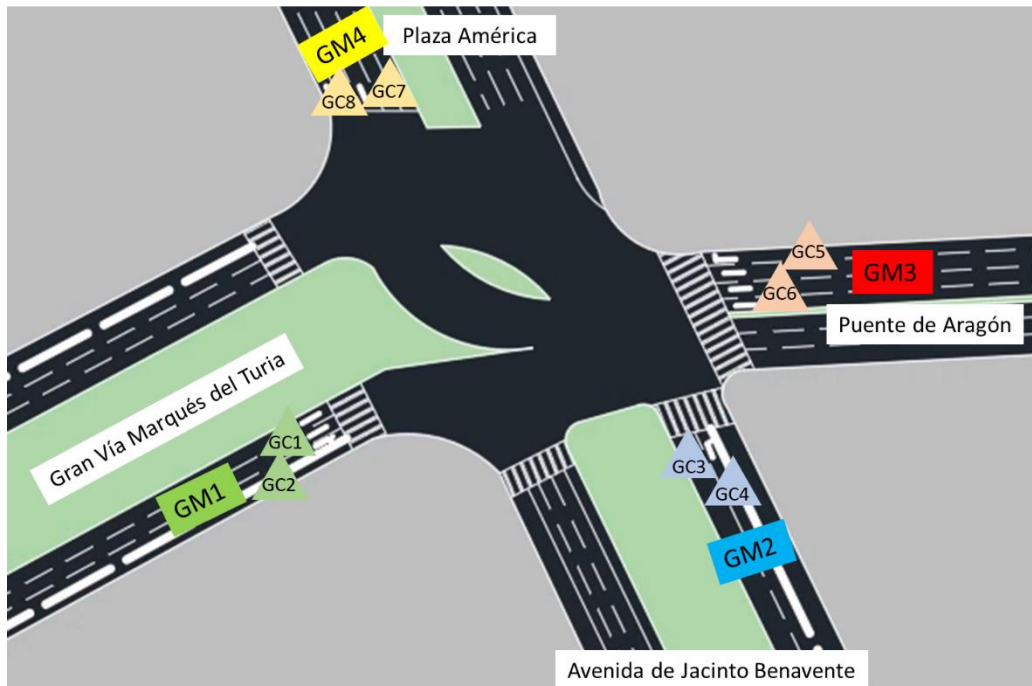
	d1 (seg)	d2 (seg)	d3 (seg)	d (seg)
GC1	20,357	12,052	0	32,408
GC2	13,721	1,101	0	14,822
GC3	22,186	12,540	0	34,727
GC4	19,060	2,200	0	21,260
GC5	12,981	0,547	0	13,528
GC6	15,776	0,703	0	16,479
GC7	16,053	0,112	0	16,165
GC8	17,102	1,133	0	18,235

	d (seg)	Nivel de servicio
GC1	32,408	C
GC2	14,822	B
GC3	34,727	C
GC4	21,260	C
GC5	13,528	B
GC6	16,479	B
GC7	16,165	B
GC8	18,235	B





ALTERNATIVA 2: PASO INFERIOR ENTRE PLAZA DE AMÉRICA Y AVENIDA DE JACINTO BENAVENTE.



	Vehículos ligeros (veh/h)	Vehículos pesados (veh/h)
GM1	2132	6
GM2	534	0
GM3	1902	28
GM4	731	23

	Vehículos ligeros (veh/h)	Vehículos pesados (veh/h)
GC1	1903	6
GC2	229	0
GC3	315	0
GC4	219	0
GC5	192	22
GC6	1710	6
GC7	512	23
GC8	219	0



	GC1	GC2	GC3	GC4	GC5	GC6	GC7	GC8
s0	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
fw	0,96	0,96	1,04	1	1	1	1	1
fHVg	0,998	1	1	1	0,909	0,997	0,965	1
fp	1	1	1	1	1	1	1	1
fb	1	1	0,900	0,900	0,900	1	1	0,880
fa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
fLU	1	1	1	1	1	1	1	1
fLT	1	1	0,952	1	1	1	1	1
fRT	1	1,053	1	1,053	1,053	1	1	1,053
fLpb	1	1	1	1	1	1	1	1
fRpb	1	0,7	0,796	1	1	1	1	0,801
fwz	1	1	1	1	1	1	1	1
fms	1	1	1	1	1	1	1	1
fsp	1	1	1	1	1	1	1	1
s	1638	1210	1212	1620	1473	1705	1649	1269

	N	s (veh/h)	g/C	c (veh/h)
GC1	2	1638	0,625	2047
GC2	1	1210	0,625	756
GC3	1	1212	0,542	657
GC4	1	1620	0,542	877
GC5	1	1473	0,625	921
GC6	3	1705	0,625	3197
GC7	3	1649	0,542	2680
GC8	2	1269	0,542	1374

	v (veh/h)	c (veh/h)	X
GC1	1903	2047	0,930
GC2	229	756	0,303
GC3	315	657	0,480
GC4	219	877	0,250
GC5	192	921	0,209
GC6	1710	3197	0,535
GC7	512	2680	0,191
GC8	219	1374	0,159

	g	C	g/C	X	P	PF	d1 (seg)
GC1	75	120	0,625	0,930	0,5	1	19,026
GC2	75	120	0,625	0,303	0,5	1	12,596
GC3	65	120	0,542	0,480	0,5	1	19,832
GC4	65	120	0,542	0,250	0,5	1	17,789
GC5	75	120	0,625	0,209	0,5	1	11,908
GC6	75	120	0,625	0,535	0,5	1	14,528
GC7	65	120	0,542	0,191	0,5	1	17,294
GC8	65	120	0,542	0,159	0,5	1	17,030

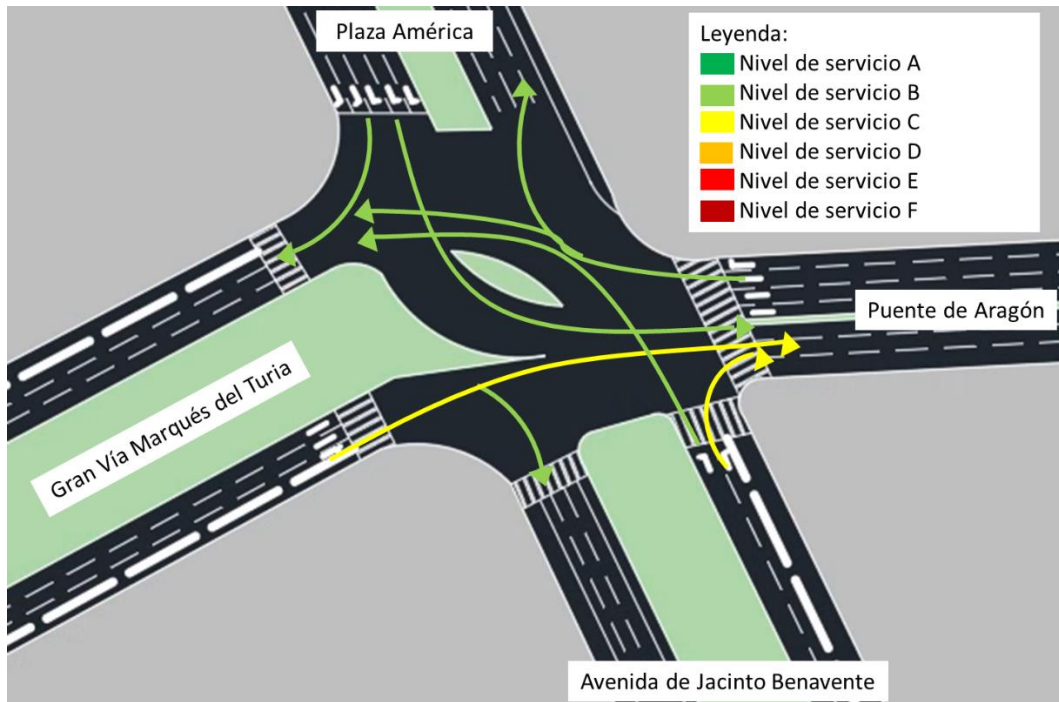




	T(h)	k	l	d2 (seg)
GC1	0,25	0,50	1	9,044
GC2	0,25	0,50	1	1,031
GC3	0,25	0,50	1	2,501
GC4	0,25	0,50	1	0,681
GC5	0,25	0,50	1	0,515
GC6	0,25	0,50	1	0,645
GC7	0,25	0,50	1	0,159
GC8	0,25	0,50	1	0,248

	d1 (seg)	d2 (seg)	d3 (seg)	d (seg)
GC1	19,026	9,044	0	28,070
GC2	12,596	1,031	0	13,627
GC3	19,832	2,501	0	22,332
GC4	17,789	0,681	0	18,470
GC5	11,908	0,515	0	12,423
GC6	14,528	0,645	0	15,173
GC7	17,294	0,159	0	17,452
GC8	17,030	0,248	0	17,278

	d (seg)	Nivel de servicio
GC1	28,070	C
GC2	13,627	B
GC3	22,332	C
GC4	18,470	B
GC5	12,423	B
GC6	15,173	B
GC7	17,452	B
GC8	17,278	B

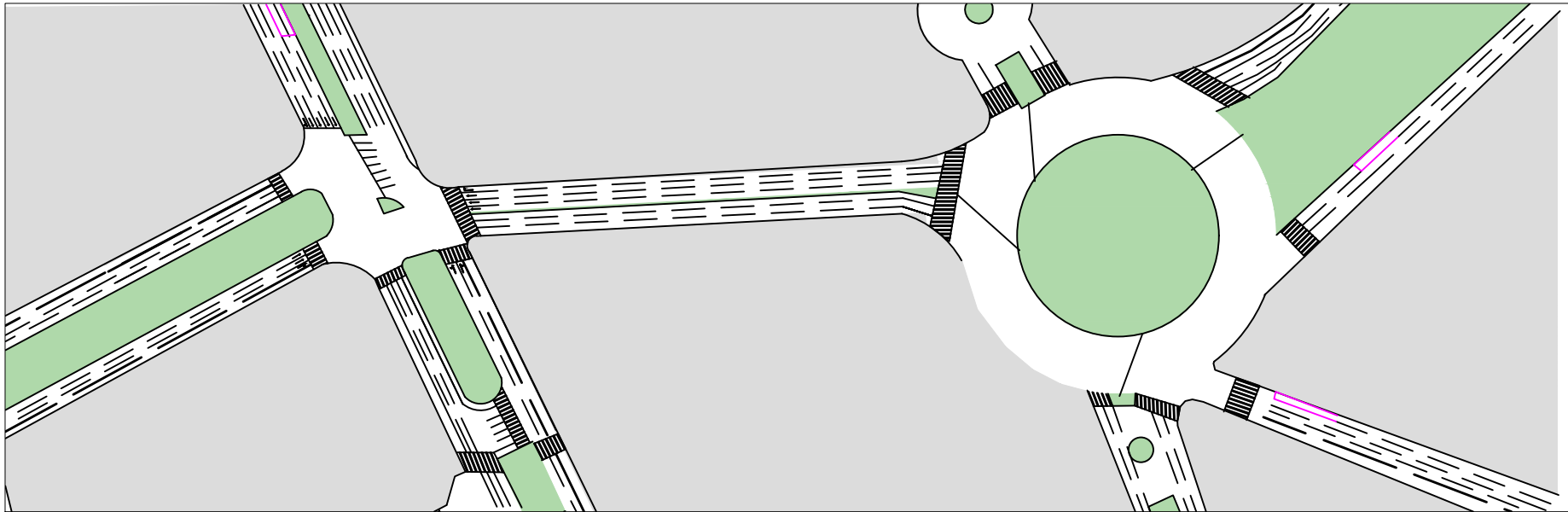




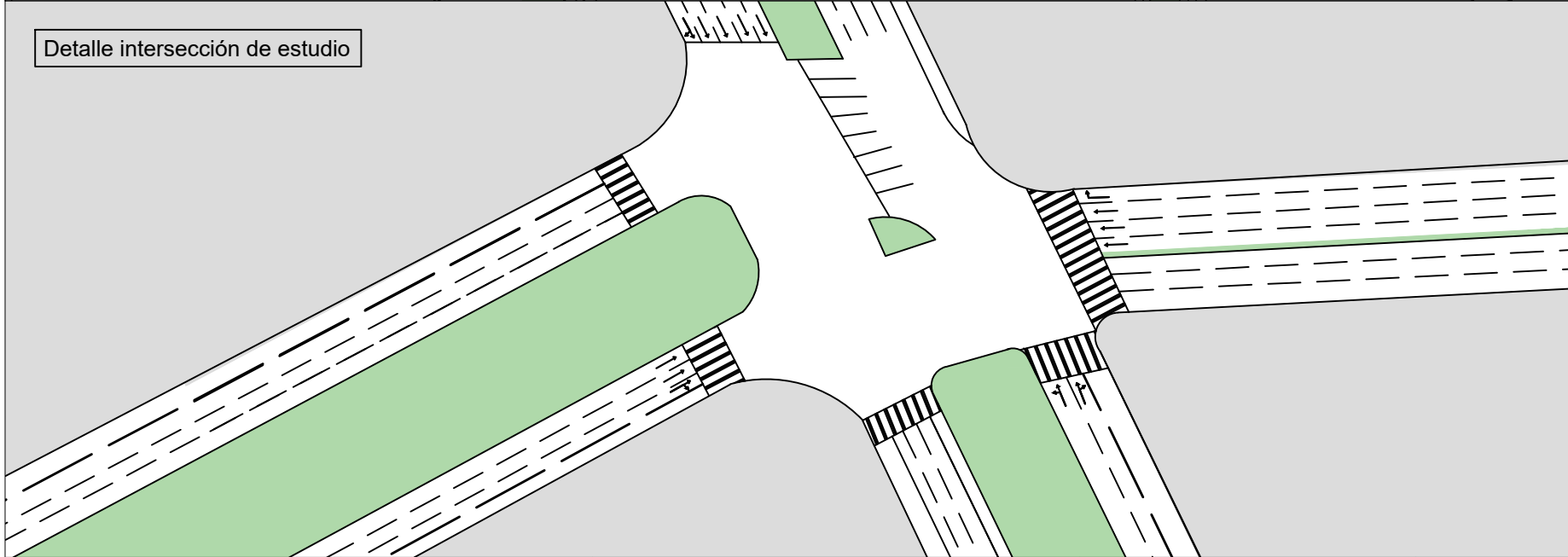
ANEXO 2:  
PLANOS

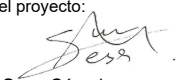
## ÍNDICE ANEXO 2

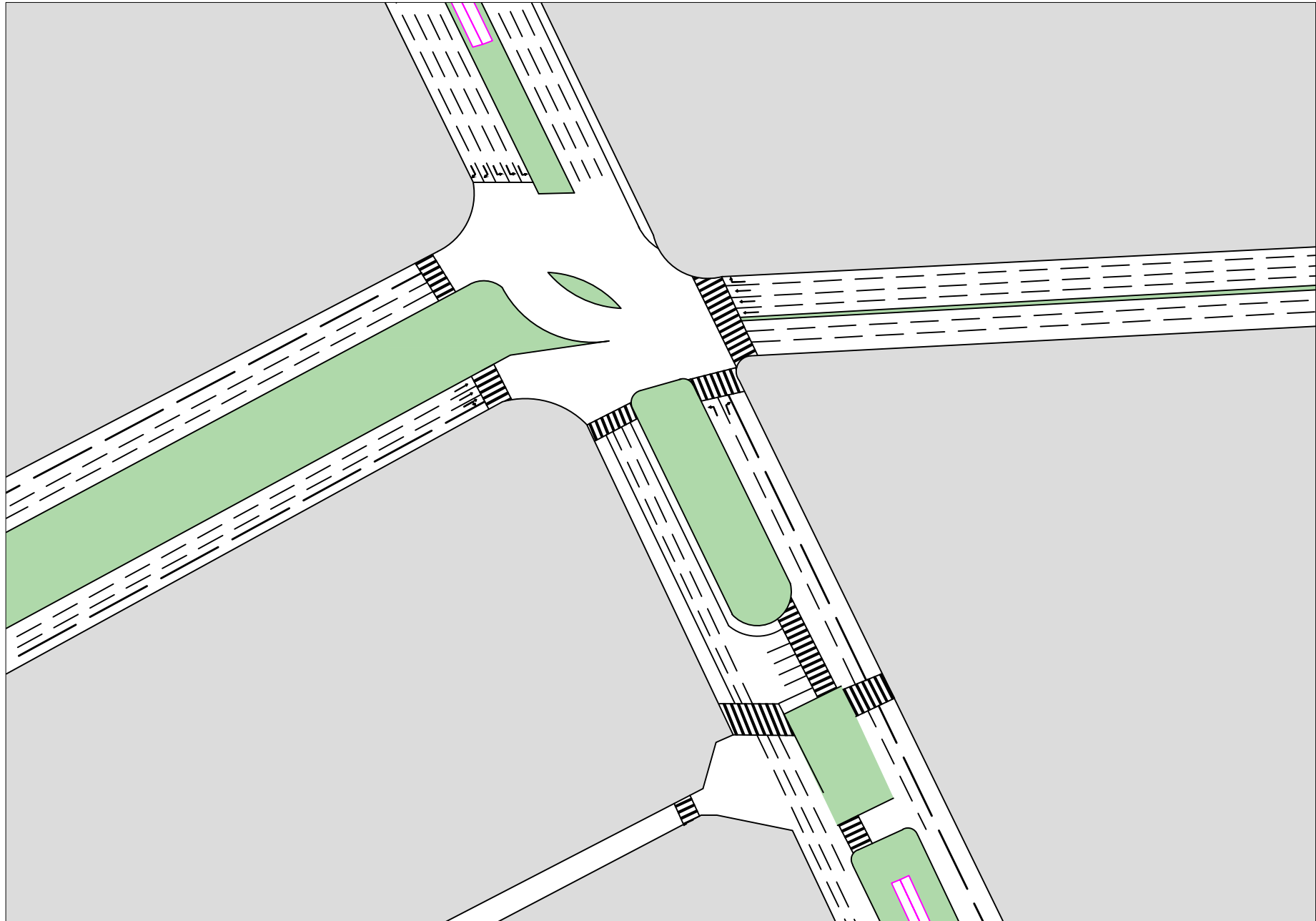
1.DISEÑO ALTERNATIVA 1 .....	101
2.DISEÑO ALTERNATIVA 2.....	102
3.PLANTA ALTERNATIVA SELECCIONADA.....	103
4.PERFIL ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	104
5.SECCIÓN TRANSVERSAL ALTERNATIVA SELECCIONADA .....	105



Detalle intersección de estudio

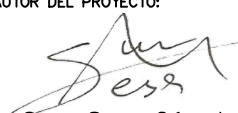


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALENCIA ETS INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	Autor del proyecto:  Sara Sesà Cárcel:	Proyecto: Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, mediante la aplicación del "Highway Capacity Manual 6.0"	Título del plano: Diseño alternativa 1	Plano: 1 N° de hoja: 1 de 1
--	---	---	---	-----------------------------------

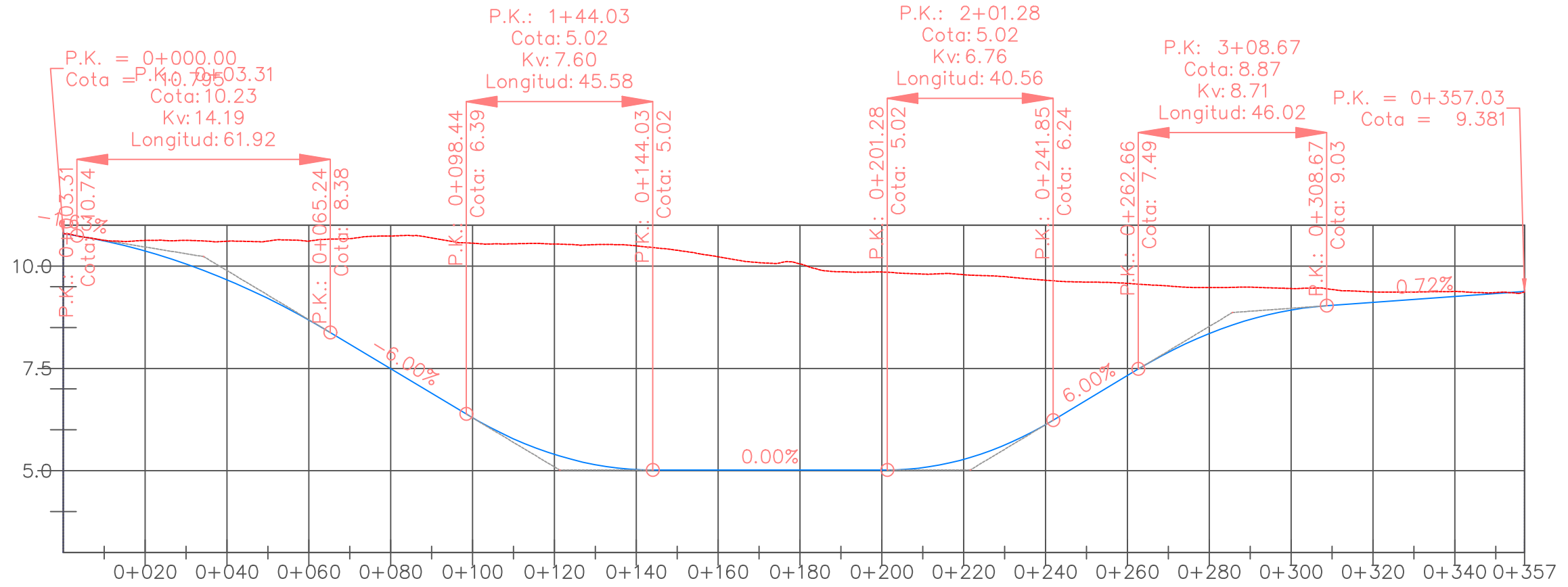


<p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ETS INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS</p>	<p>Autor del proyecto: <i>Sara Sesà</i> Sara Sesà Cárcel:</p>	<p>Proyecto: Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, mediante la aplicación del "Highway Capacity Manual 6.0"</p>	<p>Título del plano: Diseño alternativa 2</p>	<p>Plano: 2 Nº de hoja: 1 de 1</p>
---	---	--	---	--



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	AUTOR DEL PROYECTO:  Sara Sesa Cárcel	FECHA: JULIO 2022	TÍTULO DEL PROYECTO: MEJORA DE LA CAPACIDAD Y FUNCIONALIDAD DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA EN LA PLAZA DE AMÉRICA CON LA GRAN VÍA MARQUÉS DEL TURIA Y EL PUENTE DE ARAGÓN DE VALENCIA	ESCALA: 1:1250	TÍTULO DEL PLANO: PLANTA ALTERNATIVA SELECCIONADA	PLANO: 3 NÚMERO DE HOJA: HOJA 1/1
---	---	----------------------	---	-------------------	--	--

Elevación (m)



Cota rasante (m)

10.795	10.616	10.370	10.053	9.667	9.210	8.682	8.092	7.492	6.892	6.294	5.781	5.399	5.148	5.029	5.019	5.019	5.019	5.019	5.019	5.019	5.075	5.278	5.629	6.128	6.726	7.327	7.896	8.355	8.699	8.928	9.043	9.115	9.187	9.259	9.331	9.381
--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Cota terreno (m)

10.795	10.631	10.629	10.632	10.610	10.615	10.614	10.675	10.738	10.691	10.563	10.547	10.543	10.527	10.496	10.389	10.232	10.087	10.056	9.864	9.857	9.806	9.792	9.744	9.657	9.610	9.581	9.516	9.476	9.488	9.454	9.431	9.370	9.368	9.380	9.356	9.367
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

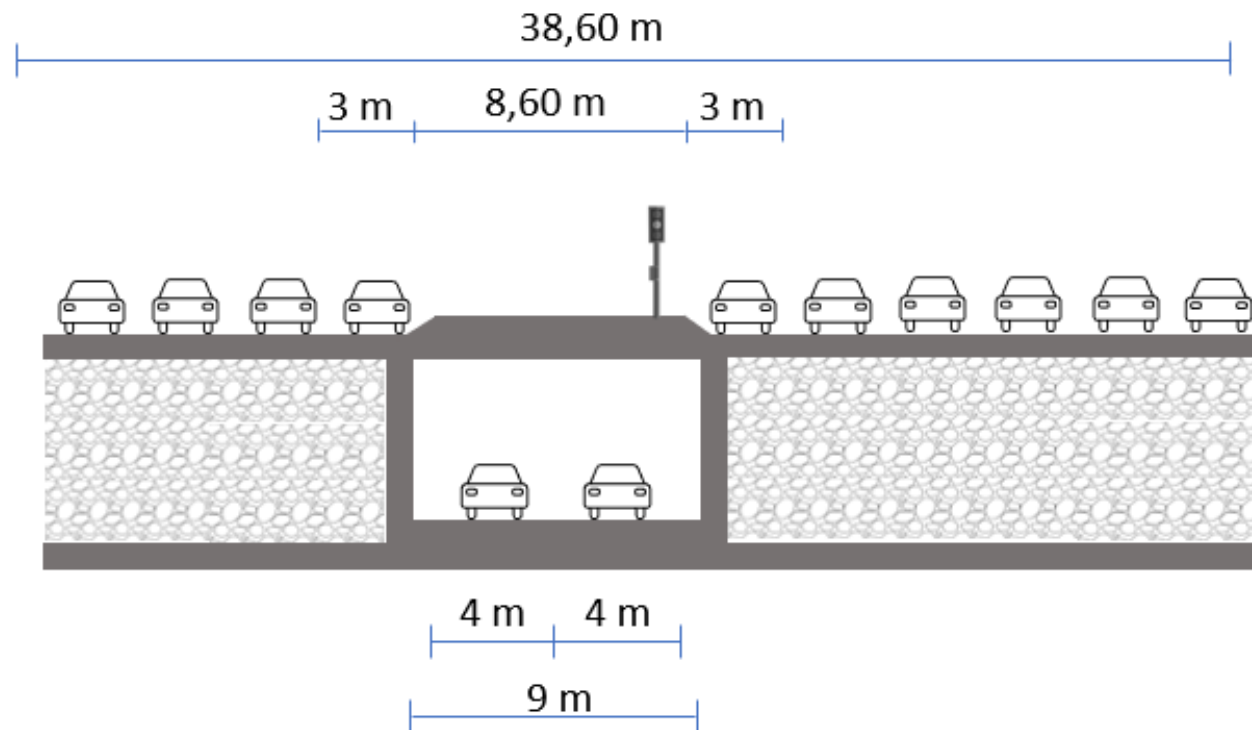
Cota roja (m)

0.000	0.016	0.259	0.578	0.943	1.405	1.932	2.583	3.246	3.799	4.269	4.767	5.144	5.379	5.466	5.370	5.213	5.068	5.038	4.845	4.838	4.731	4.514	4.115	3.529	2.883	2.254	1.619	1.122	0.789	0.527	0.388	0.255	0.181	0.122	0.025	-0.015
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------

P.K.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	AUTOR DEL PROYECTO:  Sara Sesa Cárcel	FECHA: JULIO 2022	TÍTULO DEL PROYECTO: MEJORA DE LA CAPACIDAD Y FUNCIONALIDAD DE LA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA EN LA PLAZA DE AMÉRICA CON LA GRAN VÍA MARQUÉS DEL TURIA Y EL PUENTE DE ARAGÓN DE VALENCIA	ESCALA: 1:1250	TÍTULO DEL PLANO: PERFIL ALTERNATIVA SELECCIONADA	PLANO: 4
						NÚMERO DE HOJA: HOJA 1/1





UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA  
ETS INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y  
PUERTOS

Autor del proyecto:

*Sara Sesa*  
Sara Sesa Cárcel

Proyecto:

Mejora de la capacidad y funcionalidad de la intersección  
semaforizada en la Plaza de América con la Gran Vía Marqués  
del Turia y el Puente de Aragón de Valencia, mediante la  
aplicación del "Highway Capacity Manual 6.0"

Título del plano:

SECCIÓN TRANSVERSAL  
ALTERNATIVA SELECCIONADA

Plano:

5

Nº de hoja:  
1 de 1



ANEXO 3:  
PRESUPUESTO

## ÍNDICE ANEXO 3

1.PRESUPUESTO Y MEDICIONES .....	103
2.RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	106

## PRESUPUESTO Y MEDICIONES

Paso inferior

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>01</b>	<b>Trabajos previos</b>							
01.01	m <sup>2</sup> Demolición de aceras e isletas Demolición de pavimentos de baldosa hidráulica, realizada con martillo neumático, retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero, según NTE/ADD-10.					65,60	12,35	810,16
01.02	m <sup>2</sup> Demolición de firme Demolición completa de solera de hormigón espesor hasta 20cm, con medios mecánicos, con retirada de escombros y carga, sin incluir transporte a vertedero. Criterio de medición: se mide la superficie construida que figura en el catastro, por lo que el contratista deberá inspeccionar antes de la oferta, la superficie y demás características de todos los elementos constructivos a demoler.	2	256,00	5,00		2.560,00		
						2.560,00	8,21	21.017,60
	<b>TOTAL 01</b> .....							<b>21.827,76</b>
<b>02</b>	<b>Movimiento de tierras</b>							
02.01	m <sup>3</sup> Embocadura Desmante o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye transporte a lugar de empleo.	2	100,00	5,00	3,00	3.000,00		
						3.000,00	7,24	21.720,00
02.02	m <sup>3</sup> Tramo central Desmante o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye transporte a lugar de empleo.	2	56,00	5,00	6,00	3.360,00		
						3.360,00	7,24	24.326,40
02.03	m <sup>3</sup> Desembocadura Desmante o excavación a cielo abierto realizado en terrenos medios, con pala cargadora, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, incluso ayuda manual en las zonas de difícil acceso, limpieza y extracción de restos, según NTE/ADE-3. Incluye transporte a lugar de empleo.	2	100,00	5,00	3,00	3.000,00		
						3.000,00	7,24	21.720,00
	<b>TOTAL 02</b> .....							<b>67.766,40</b>
<b>03</b>	<b>Firmes y pavimentos</b>							
03.01	m <sup>2</sup> Aceras e isletas					67,87	21,38	1.451,06
03.02	Firme del paso inferior					716,80	56,89	40.778,75
03.03	Firme de la intersección					156,80	56,89	8.920,35
	<b>TOTAL 03</b> .....							<b>51.150,16</b>

**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**

Paso inferior

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>04</b>	<b>Muro pantalla</b>							
04.01	m Murete guía					1.024,00	102,21	104.663,04
04.02	m² Embocaduras	4	100,00	5,00	1,50	3.000,00		
						3.000,00	215,24	645.720,00
04.03	m² Tramo intermedio	2	56,00	5,00	1,50	840,00		
						840,00	215,24	180.801,60
	<b>TOTAL 04</b> .....							<b>931.184,64</b>
<b>05</b>	<b>Losa de cimentación</b>							
05.01	m² Losa	2	256,00	5,00	1,00	2.560,00		
						2.560,00	93,25	238.720,00
	<b>TOTAL 05</b> .....							<b>238.720,00</b>
<b>06</b>	<b>Losa tablero</b>							
06.01	m² Losa	2	56,00	5,00	1,00	560,00		
						560,00	104,34	58.430,40
	<b>TOTAL 06</b> .....							<b>58.430,40</b>
<b>07</b>	<b>Señalización</b>							
07.01	m² Marca vial reflex s/calz signos Marca vial de tráfico, signos, flechas o letras, con pintura blanca reflexiva, realizada con medios mecánicos, incluso premarcaje.					327,00	5,30	1.733,10
07.02	u Señal obligación continuar recto ø60cm refl incl. cim Señal de obligación, de disco de diámetro 60cm, normas MOPT, reflectante, sobre poste galvanizado de 80x40x2mm y 2m de longitud, incluso colocación, anclajes y tornillería.					1,00	188,94	188,94
	<b>TOTAL 07</b> .....							<b>1.922,04</b>
<b>08</b>	<b>Seguridad y salud</b>							
	<b>TOTAL 08</b> .....							<b>50.000,00</b>
<b>09</b>	<b>Servicios afectados</b>							
	<b>TOTAL 09</b> .....							<b>100.000,00</b>
<b>10</b>	<b>Mantenimiento del tráfico</b>							
	<b>TOTAL 10</b> .....							<b>50.000,00</b>
<b>11</b>	<b>Terminación y puesta en servicio</b>							
	<b>TOTAL 11</b> .....							<b>40.000,00</b>

**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**

Paso inferior

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
12	Gestión de residuos							
	TOTAL 12 .....							305.000,00
	TOTAL .....							1.916.001,40

## RESUMEN DE PRESUPUESTO

Paso inferior

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	Trabajos previos.....	21.827,76	1,14
02	Movimiento de tierras.....	67.766,40	3,54
03	Firmes y pavimentos.....	51.150,16	2,67
04	Muro pantalla.....	931.184,64	48,60
05	Losa de cimentación.....	238.720,00	12,46
06	Losa tablero.....	58.430,40	3,05
07	Señalización.....	1.922,04	0,10
08	Seguridad y salud.....	50.000,00	2,61
09	Servicios afectados.....	100.000,00	5,22
10	Mantenimiento del tráfico.....	50.000,00	2,61
11	Terminación y puesta en servicio.....	40.000,00	2,09
12	Gestión de residuos.....	305.000,00	15,92
	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>1.916.001,40</b>	
	13,00 % Gastos generales.....	249.080,18	
	6,00 % Beneficio industrial.....	114.960,08	
	Suma.....	364.040,26	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>	<b>2.280.041,66</b>	
	21% IVA.....	478.808,75	
	<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	<b>2.758.850,41</b>	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DOS MILLONES SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA con CUARENTA Y UN CÉNTIMOS

Valencia, 16 de julio 2022