

1.13. ESTUDIO DE TRÁFICO Y CAPACIDAD

ESTUDIO DE TRÁFICO

PARA EL ESTUDIO DE DETALLE DEL SECTOR "EL PATO - MINERVA"
DEL PGOU DE MÁLAGA

PROMOTOR:
PROMOTORA EDUCACIÓN SUPERIOR ANDALUCÍA,
S.A.U. (PESA)

AUTORES DEL DOCUMENTO:
SALVADOR GARCÍA DURÁN
(Ingeniero Civil)
FRANCISCO JOSÉ RUEDA MONTERO
(I.T.I.)

FEBRERO 2024



EMU

Estudios de movilidad,
urbanismo y obra civil S.L

MEMORIA

ESTUDIO DE TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DE DETALLE DEL SECTOR "EL PATO - MINERVA" DEL PGOU DE MÁLAGA

ÍNDICE

1.	OBJETO DEL ESTUDIO	4
2.	METODOLOGÍA.....	6
3.	CARACTERÍSTICAS Y ÁMBITO DEL ESTUDIO.....	6
3.1.	INFORMACIÓN URBANÍSTICA.....	8
4.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA MOVILIDAD.....	10
4.1.	RED VIARIA DE ACCESO	10
4.2.	ANÁLISIS DEL TRÁFICO EN LA MA-22.....	11
4.2.1.	INTENSIDADES DE TRÁFICO RED DE ÁMBITO METROPOLITANO	12
4.2.2.	DISTRIBUCIÓN HORARIA.....	13
4.2.3.	DISTRIBUCIÓN SEMANAL DE LA IMD	15
4.2.4.	DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE LA IMD.....	15
5.	DATOS DE AFORO COMPLEMENTARIOS.....	16
5.1.1.	INTENSIDADES DE TRÁFICO RED MUNICIPAL.....	16
5.1.2.	INTENSIDADES DE TRÁFICO TRABAJO DE CAMPO	17
6.	ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO GENERADO Y ATRAÍDO POR EL SECTOR	19
6.1.	DATOS BÁSICOS Y ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO.....	19
6.2.	REPARTO MODAL.....	20
6.3.	CÁLCULO DEL NÚMERO DE VEHÍCULOS EN HORAS PUNTA	21
7.	ZONIFICACIÓN Y MODELO DE ASIGNACIÓN MACRO.....	22
7.1.	PREPARACIÓN DEL MODELO Y AJUSTE.....	22
7.1.1.	ZONIFICACIÓN	23
7.2.	PREPARACIÓN DE LA RED.....	26
7.2.1.	CAPACIDAD DE LA RED VIARIA	27
7.2.2.	FUNCIONES VOLUMEN – TIEMPO	27
7.3.	ELABORACIÓN DE MATRIZ ACTUAL Y AJUSTE DEL MODELO.	29
7.4.	OBTENCIÓN DE MATRICES FUTURAS.....	37

8.	SIMULACIÓN DE ESCENARIOS Y CÁLCULO DE CAPACIDAD	39
8.1.	CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN REGULADA	44
8.2.	CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO	45
8.3.	REGULACIÓN ENSAYADA	47
8.4.	ANÁLISIS DE LA GLORIETA ESCENARIO 01	48
8.4.1.	ANÁLISIS DE LA GLORIETA ESCENARIO 02	53
8.4.2.	COMPARATIVA ACCESOS A GLORIETA DESDE MA-22.....	57
9.	CONCLUSIONES.....	58

**ESTUDIO DE TRÁFICO PARA EL ESTUDIO DE DETALLE DEL
SECTOR "EL PATO - MINERVA" DEL P.G.O.U. DE MÁLAGA**

1. **OBJETO DEL ESTUDIO**

Con objeto de cumplimentar el Estudio de detalle que tiene como objetivo definir la ordenación de dos parcelas de equipamiento educativo, en la que se desarrollará una Universidad privada promovida por PROMOTORA EDUCACIÓN SUPERIOR ANDALUCÍA, S.A.U. (PESA), adjudicataria de la Subasta Pública promovida por el Ayuntamiento de Málaga en fecha 13 octubre de 2021, se elabora el presente Estudio de Tráfico, para determinar el impacto de su implantación en el entorno.

En noviembre de 2023, la Subdirección General de Planificación y Explotación por delegación de la Dirección General de Carreteras, perteneciente al MITMA, resuelve Informar desfavorablemente en lo referente a su afección a la Red de Carreteras del Estado, la ESTUDIO DE DETALLE DEL SECTOR 'EL PATO-MINERVA'. T.M. DE MÁLAGA, siendo el apartado "C" de las indicaciones de resolución objeto directo del presente estudio:

c) Aunque parece poco probable una afección significativa al nivel de servicio y seguridad viaria de la carretera MA-22 deberá presentarse un Estudio de Tráfico y Capacidad que la analice, incluyendo el análisis del tronco de la carretera, intersecciones y el resto de los elementos susceptibles de ser utilizados por los tráficos generados y atraídos por los desarrollos previstos y cuyos niveles de servicio, por lo tanto, pueden verse comprometidos por los mismos.

El Estudio de Tráfico y Capacidad deberá estar ajustado al diseño concreto de las conexiones, en el que se analice la incidencia de los desarrollos urbanísticos en el nivel de servicio de la Red de Carreteras del Estado, para el año de puesta en servicio de la figura de planeamiento y su año horizonte (20 años según el apartado 2.4 de la Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras) y su comparación, según lo establece el artículo 36.9 de la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras.

En dicho estudio de tráfico se incluirá expresamente el análisis de la capacidad para atender la demanda de salida de la carretera en horas punta.

En el caso de que de dicho estudio se deduzcan afecciones significativas al nivel de servicio, el Estudio de Detalle se informará desfavorablemente en tanto el mismo no contemple las medidas oportunas para garantizar el mantenimiento del nivel de servicio y las condiciones de seguridad de la Red de Carreteras del Estado.

Por tanto, la elaboración del estudio de tráfico atiende a los siguientes fundamentos:

- Dar cumplimiento al artículo 52.2 del Reglamento de Planeamiento, requiriendo un estudio de tráfico y movilidad, ya que en él se indica que "en el estudio de la red de comunicaciones se incluirá un análisis de circulaciones y, si procede, de la implantación de servicio público de transporte."
- Atender a lo establecido en el artículo 5 en la Orden FOM/2873/2007, de 24 de septiembre, sobre procedimientos complementarios para autorizar nuevos enlaces o modificar los existentes en las carreteras del Estado, para lo cual se requiere la presentación de un estudio de tráfico y capacidad en el que se analice la incidencia

del desarrollo del sector en el nivel de servicio de la carretera o carreteras afectadas, que permita comparar la afección con el nivel de servicio actual. Este estudio deberá ser aprobado por la Unidad de Carreteras de Málaga de la Demarcación de Carreteras del Estado en Andalucía Oriental (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento).

El nuevo centro educativo se localiza dentro del sector SUP LO2; el desarrollo del mismo ha requerido la ejecución un nuevo vial, que conecta la Avda. Imperio Argentina, con la Glorieta de Sacaba, ubicada en la MA-22 y que también ha sido transformada para mejorar las conexiones entre ambas.

Figura 1: Nueva Conexión con la MA-22



La nueva conexión juega un papel importantísimo de entrada y salida a la zona desde la MA-22, abriendo el abanico de itinerarios potenciales desde las urbanizaciones de la zona, al mejorar la conexión con la MA-22. Hay que resaltar que en durante la redacción del presente documento, el vial se encuentra plenamente ejecutado, pero **sin haber entrado en servicio.**

De este modo, el presente documento analiza la situación actual y futura, realizando la estimación de tráfico asociada al nuevo desarrollo propuesto, siendo el objetivo principal analizar la accesibilidad al mismo desde la red viaria de ámbito superior y evaluar la suficiencia de las soluciones adoptadas. Con el mismo se pretende dar cumplimiento a las exigencias de la normativa estatal, dado que el principal acceso del que dispone se realiza a través de vía urbana MA-22, de titularidad estatal.

2. METODOLOGÍA

El presente estudio se compone de tres apartados que responden a las indicaciones recogidas en la Nota de Servicio 5/2014 del Ministerio de Fomento que tiene por objeto establecer las prescripciones y recomendaciones que deben tenerse en cuenta para la redacción de los estudios de tráfico en los estudios informativos, anteproyectos y proyectos de la Subdirección General de Estudios y Proyectos.

Análisis de la Situación Actual

- Se realiza la evolución de la red viaria en el entorno de estudio desde el punto de vista de la oferta viaria existente (accesos y capacidad) como de la demanda (tráfico que discurre por la red viaria). La principal fuente de información la constituye la red de aforos que dispone el Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga, cuyos datos se complementan con trabajos de campo realizados en el entorno. Además de ello se dispone de un modelo de red elaborado en Transcad que abarca toda la ciudad y esta continuamente en actualización.

Estudio de la Movilidad Generada por los Nuevos Usos

- En este apartado se determinan los desplazamientos que generarán como consecuencia del desarrollo del sector. Para ello se consideran diversas hipótesis del tráfico generado según los distintos usos, que están basadas en estudios de similares características. Generalmente, en la mayor parte de los estudios de tráfico realizados, los índices utilizados se corresponden con los del Trip Generations Manual y/o ratios mínimos de viajes generados/día de regulación de los estudios de evaluación de la movilidad generada de la Generalitat de Catalunya.

Estudio de Tráfico. Modelo de Asignación y Niveles de Servicio

- La realización del estudio de tráfico se fundamenta en la necesidad de comprobar el funcionamiento de la red viaria con las soluciones de acceso propuestas y el sector desarrollado. Se utiliza el software Transcad para asignar a la red viaria un matriz futura de viajes en la que se incluyen la evolución de la movilidad en el entorno de estudio más los viajes que genera el sector objeto de estudio. Una vez asignada la matriz en los escenarios considerados se analiza el funcionamiento los elementos de la red viaria teniendo como objetivo fundamental la definición de su capacidad y de su nivel de servicio, es decir: de su límite de eficacia y de su nivel de eficiencia operativa desde la perspectiva del usuario, en distintos escenarios (presentes o futuros), siguiendo los criterios del manual de capacidad (HCM 2010).

3. CARACTERÍSTICAS Y ÁMBITO DEL ESTUDIO

La zona de estudio se corresponde con las parcelas E-3 y E-8 con calificación de Equipamiento que se encuentran dentro del ámbito del Plan Parcial de Ordenación del sector SUP-LO.2 "El Pato" en el PGOU vigente, de aprobación definitiva de Julio 2011.

En la propuesta del Estudio de Detalle se distinguen 4 volúmenes, dos en la parcela norte y otros dos en la parcela sur. Esta ordenación responde al programa desarrollado del Campus Universitario, ubicando en la parcela sur, de mayor superficie, dos edificios donde se ubican los aularios, laboratorios, biblioteca y servicios administrativos de la universidad, mientras que en la parcela norte se diseñan los edificios de carácter más público, con un

primer edificio que alberga un espacio de aprendizaje de odontología y segundo edificio con los programas de cafetería y gimnasio.

Esta localizado en el término municipal de Málaga en el Distrito de Carretera de Cádiz, junto a la zona de expansión urbano - residencial de la ciudad en la que se entremezclan usos residenciales con terciarias (deportivas, comerciales, turísticas, etc). Tiene como elemento separador la MA-22 que adopta, por tramos, diversas denominaciones como avenida Manuel Alvar y calle Pacifico, en el entorno del sector en estudio. En gran parte de la zona de estudio y su ámbito más cercano se desarrollaban actividades de carácter industrial que han ido desapareciendo progresivamente y se ha convertido en los últimos años en uno de los lugares de mayor importancia para la nueva expansión urbana de la ciudad, en la fachada marítima oeste, enclavados, por tanto, una posición estratégica de la ciudad.

Figura 2: Localización del Sector



Los límites físicos del sector son los que se detallan en las siguientes líneas:

- Al norte, lo limita la avenida Imperio Argentina.
- Al sur el límite lo constituye la MA-22 y su vía de servicio (Avda. Manuel Alvar).
- Al oeste, limita con un vial de reciente creación.
- Al Este el límite es el Camino de la Térmica.

La superficie edificable del conjunto del área de estudio es de 27.146,18 m² que se dividen en dos parcelas: Parcela Norte, con 11.985,36 m², y Parcela Sur, con 15.160,82 m², ambas calificadas como equipamiento comunitario.

TABLA 1: Reparto de Superficie Edificable Total del Sector

NIVEL	PARCELA NORTE	PARCELA SUR
PLANTA SÓTANO	0,00	0,00
PLANTA BAJA	2.095,01	5.975,62
PLANTA PRIMERA	2.245,89	6.337,36
PLANTA SEGUNDA	860,59	4.795,06
PLANTA TERCERA	0,00	3.676,86
PLANTA CUARTA	0,00	848,52
PLANTA QUINTA	0,00	0,00
TOTAL	5.201,49	21.633,42

Fuente: Datos del Promotor

El estudio de detalle contempla que se podrían desarrollar aproximadamente **un total de 395 plazas de aparcamiento bajo rasante.**

La superficie del sector, objeto del estudio de detalle, se distribuye del modo que se muestra en la imagen adjunta.

Figura 4: Reparto de Superficies por Parcelas



Fuente: Estudio de Detalle

4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MOVILIDAD

4.1. RED VIARIA DE ACCESO

Según se recoge en el Artículo 3 de la LEY 8/2001, de 12 de julio, de Carreteras de Andalucía, la red de carreteras está constituida por "las carreteras que, discurriendo íntegramente en el territorio andaluz, no estén comprendidas en la red de carreteras del Estado y se encuentren incluidas en el Catálogo de Carreteras de Andalucía" y se pueden clasificar dentro de las siguientes categorías:

- La red principal, que comprende la red básica (Básica Estructurante y Básica de articulación) y la red intercomarcal.
- La red secundaria, compuesta por la red comarcal y la red local.
- La red metropolitana, definida por los correspondientes planes de transporte metropolitano.

La red principal canaliza los flujos de medio y largo recorrido, la red secundaria constituye el elemento de conexión de los núcleos de población reducida con la red principal, mientras que la red metropolitana es la base de las relaciones de los grandes núcleos andaluces.

A grandes rasgos, la Red de Carreteras en torno a Málaga está formada por un importante eje paralelo a la costa mediterránea (A-7 o Autovía del Mediterráneo), y otras dos vías que parten de Málaga y se adentran en el interior: la A-45 o Autovía de las Pedrizas y la A-357 o Autovía del Guadalhorce. Todas ellas son Autovías con calzadas separadas para cada sentido de circulación. Las dos primeras (A-7 y A-45) pertenecen a la Red Estatal, mientras que, la A-357 pertenece a la Red Autonómica. De titularidad privada y de peaje la AP-45 discurre de forma paralela a la A-45 y conecta con la circunvalación exterior de la ciudad.

La A-7 forma una circunvalación en torno a la ciudad, por lo que tiene comunicación con todas las demás vías. Desde la puesta en servicio de la circunvalación exterior, a su paso por la ciudad, la A-7 se denomina MA-20, mientras que la MA-21 antigua N-340 es denominada Avenida de Velázquez.

Además de estas vías principales, existen otras carreteras de tipo local con características diversas.

Se detallan a continuación las características de las carreteras sobre las que se apoya el acceso al sector objeto de análisis.

Arterias Principales

Son las carreteras que permiten el acceso desde los diferentes núcleos y que confluyen en un viario de segundo nivel para acceder al sector, en general son vías de gran capacidad y por tanto se estima que son capaces de asumir la carga de tráfico que se producirá una vez desarrollada el área objeto de estudio.

La Autovía del Mediterráneo A-7. Se trata de una autovía con calzadas separadas de 2 carriles por sentido según zonas, sin vías de servicio y con firme en buen estado. Discurre de sur a y constituye, por si misma, una nueva opción de entrada a la Ciudad desde el Oeste.

La MA-20: Se trata de una autovía con calzadas separadas de 2 carriles por sentido según zonas, con vías de servicio según tramos y con firme en buen estado.

La Autovía de las Pedrizas A-45 es una autovía con calzadas separadas de dos carriles por sentido y firme en buen estado. Atraviesa terreno muy accidentado. De forma paralela y de peaje, la AP-45 cumple la misma función y posee similares características con mejor trazado.

La Autovía del Guadalhorce A-357. Es una autovía de dos calzadas separadas con dos carriles por sentido, firme en buen estado y rasante horizontal hasta el cruce del Parque Tecnológico. De ahí en adelante es una carretera de calzada única 7/10 sin cruces a nivel y con firme en buen estado.

Viario de Acceso

Son las vías que facilitan el acceso al sector y por tanto sobre las que el impacto de tráfico será más acusado, siendo por tanto en estas vías donde se realizará el análisis.

La MA-22 es el principal eje viario de rango superior que facilitará el acceso al sector y por tanto sobre la que el impacto de tráfico será más acusado, siendo por tanto en la conexión con ella donde se realiza el análisis de detalle.

El resto de accesos al sector lo constituirán una serie de vías locales como son:

- La avenida Imperio Argentina con 2 carriles por sentido, sobre la cual pivota una red de calles que completan la red viaria interna de la zona de estudio.
- La calle Alicia Larrocha.
- El Boulevard Pilar Miró.
- El eje conformado por las calles Marylin Monroe y La Unión Mercantil.
- Nuevo vial, prolongación de la calle del Jalón
- El Camino de la Térmica.

Todas ellas conectan con la red de ámbito superior en zonas puntuales y, debido al reciente desarrollo de la zona (<15 años) se puede apreciar un diseño capaz de absorber una alta demanda de vehículos.

4.2. ANÁLISIS DEL TRÁFICO EN LA MA-22

Para la óptima caracterización del tráfico que circula por la red viaria del entorno se cuenta con las fuentes de documentación habitualmente utilizada en estudios de tráfico de características similares que en el caso que nos ocupa son los datos de aforos de diversas fuentes, como son: el trabajo de campo realizado ex profeso, la red de puntos de aforo del Área de Movilidad, y la red del Ministerio de Fomento.

4.2.1. Intensidades de Tráfico Red de Ámbito Metropolitano

La estación de aforo existente en las proximidades de la zona de estudio se encuentra situada en el PK 3+91 de la MA-22 de Acceso al Puerto de Málaga, que constituye el principal vial metropolitano de acceso al sector.

Figura 5: Localización Estación de Aforo (2019)

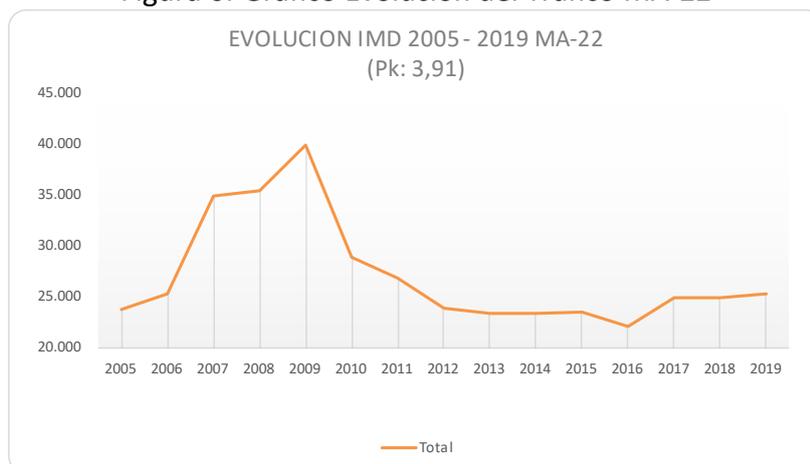


Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.

Los últimos datos disponibles corresponden al año 2019, siendo la Intensidad media diaria registrada de 25.325 vehículos, con volúmenes máximos en torno a 2.100 vehículos, en sentido de acceso a Málaga.

La evolución seguida por el tráfico en la MA-22, en los últimos años, es la siguiente:

Figura 6: Gráfico Evolución del Tráfico MA-22



Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

Teniendo en cuenta los años completos aforados y la situación de la estación se observa un constante decrecimiento de las intensidades en la MA-22 desde 2009, año a partir del cual se inicia un periodo en el que las intensidades se mantienen estables hasta el año 2016 a partir del cual se observa un incremento del 12% en 2017 hasta superar los 25.000

vehículos día, que se observaron en 2019. La ubicación de la estación de aforo es un factor importante que hay que tener en cuenta en el análisis su ubicación, se sitúa en viario urbano consolidado en un punto en el que confluyen, además de la MA-22 (Calle Pacifico), un eje urbano de importancia como es la "Ronda Intermedia" que sirve de eje distribuidor hacia la red urbana radial que caracteriza la ciudad de Málaga. Además de la ubicación la ejecución de numerosas obras en la ciudad y los desvíos necesarios por obras de larga duración como el metro de Málaga, han afectado notablemente a la evolución de las intensidades en la estación de aforo de referencia.

TABLA 2: Intensidad Media Anual

ESTACIÓN	2009	2014	2019
MA-308-2	39.838	23.307	25.325

Fuente: Mapa de Tráfico 2017 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

En los últimos cinco años de análisis, se observa un incremento de la tasa de crecimiento anual respecto al periodo de diez años de análisis. De este modo se observa durante el periodo 2009 -2019 un ritmo de decrecimiento del -4,4% anual y durante los últimos cinco años, en el periodo 2014-2019, las intensidades han crecido a un ritmo del 1,7% anual. En esta zona se deben de tener en cuenta dos factores que inciden directamente en el movilidad como son, por una parte la consolidación urbana de Litoral Oeste y, por otra, la recuperación de la "normalidad" en el viario urbano tras la reposición de desvíos afectados por obras que influye de forma generalizada en las intensidades a nivel general en la ciudad.

TABLA 3: Evolución Anual por Periodos

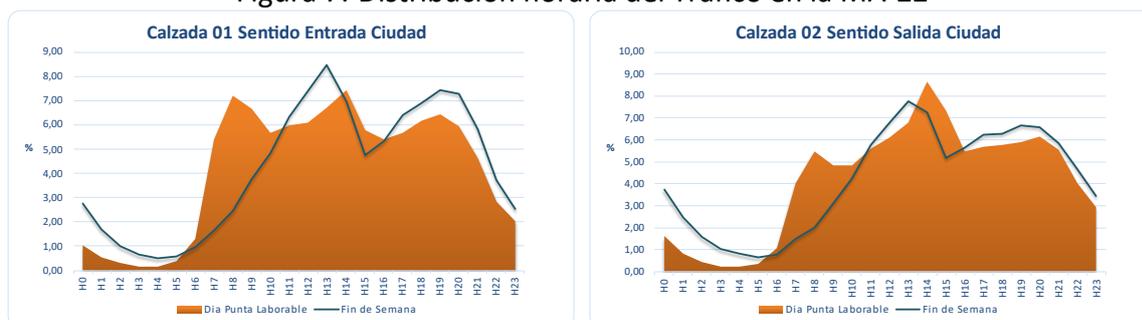
ESTACIÓN	2009 - 2014	2014 - 2019
MA-308-2	-4,4%	1,7%

Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

4.2.2. Distribución Horaria

Respecto a la distribución horaria del tráfico en día laborable las diferencias en las horas centrales del día son destacables en horas punta según el sentido de entrada o salida a la ciudad. Se observan valores en torno al 8% de la IMD, que son los valores máximos, y se alcanzan a las 14 horas en ambos sentidos; en sentido entrada el 7,45 %; mientras que, en sentido salida, la punta representa el 8,65%.

Figura 7: Distribución horaria del Tráfico en la MA-22



Fuente: Mapa de Tráfico 2017 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

En el gráfico se observan las diferencias existentes entre días laborables y festivos, en los primeros, el tráfico se concentra en el horario laboral tanto de mañana como de tarde, pero con un reparto más homogéneo. Sin embargo, para un día festivo las puntas son más acusadas y se concentran durante las horas del mediodía y de la tarde, claramente diferenciadas entre las 12 y las 14 horas, de entrada, a la ciudad, y entre las 18 y las 20. Las salidas son más acusadas al mediodía.

TABLA 4: Distribución Horaria del Tráfico

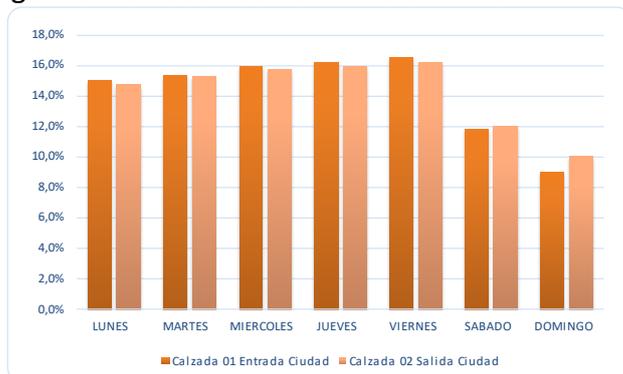
Hora	Calzada 1 Sentido Entrada Ciudad		Calzada 2 Sentido Salida Ciudad		Total	
	%	Vehículos	%	Vehículos	%	Vehículos
H0	1,03	149	1,64	244	1,34	393
H1	0,53	77	0,83	124	0,68	200
H2	0,30	43	0,44	66	0,37	109
H3	0,17	25	0,24	36	0,21	60
H4	0,17	25	0,23	34	0,20	59
H5	0,38	55	0,34	51	0,36	106
H6	1,31	190	1,09	162	1,20	352
H7	5,41	783	4,05	603	4,72	1.386
H8	7,19	1.041	5,46	813	6,31	1.854
H9	6,65	963	4,83	720	5,73	1.682
H10	5,69	824	4,85	723	5,26	1.546
H11	5,98	866	5,6	834	5,79	1.700
H12	6,08	880	6,11	910	6,10	1.790
H13	6,70	970	6,79	1.012	6,75	1.981
H14	7,45	1.078	8,65	1.289	8,06	2.367
H15	5,80	839	7,34	1.093	6,58	1.933
H16	5,40	782	5,48	816	5,44	1.598
H17	5,68	822	5,7	849	5,69	1.671
H18	6,16	892	5,76	858	5,96	1.750
H19	6,45	934	5,91	880	6,18	1.814
H20	5,94	860	6,15	916	6,05	1.776
H21	4,63	670	5,54	825	5,09	1.495
H22	2,85	413	4,05	603	3,46	1.016
H23	2,05	297	2,92	435	2,49	732
	100	14.474		14.897		29.371

Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

4.2.3. Distribución Semanal de la IMD

La distribución semanal de la IMD, presenta las características habituales de las ciudades en las que, durante los días laborables, no se observa una gran diferencia entre ellos, destacando únicamente como día punta el viernes, día que destaca sobre el resto de la semana. Respecto al fin de semana se observa un descenso de la IMD entre un 25% y un 23%, en sábado, respecto a la media semanal de laborables de 13.662 veh/día de entrada a la ciudad y de 14.462 veh/día de salida. El descenso en domingo es de un 43% en las entradas y un 36% en las salidas, alcanzándose de este modo en fin de semana valores inferiores a los 10.000 veh/día por sentido.

Figura 8: Variación Semanal de la IMD en la MA-22

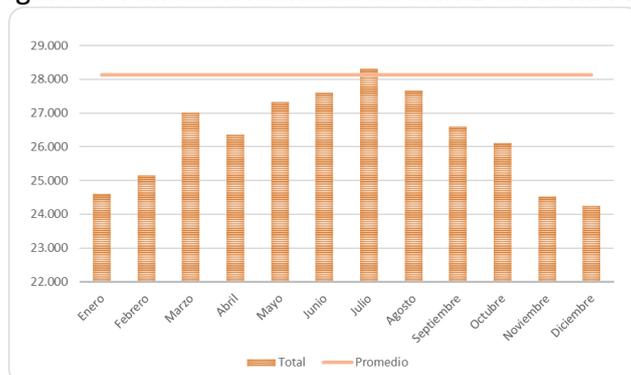


Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

4.2.4. Distribución Mensual de la IMD

Como se puede comprobar en el gráfico de variación mensual de la Estación E-308-2, destaca el factor estival dada la localización de la carretera, paralela a la línea de costa, el mes en el que se produce un mayor volumen de tráfico es julio que se corresponde con el mes punta, y que podría ser considerado como el mes de estudio del proyecto. No obstante, debido a las características del desarrollo objeto de estudio, el mes de proyecto y resultante de los valores anteriores, se considera junio, debido a que este mes es uno de los meses que se encuentra dentro del calendario académico de la mayor parte de los centros educativos y, de ello, es el que presenta un mayor coeficiente de variación respecto al promedio.

Figura 9: Variación Mensual de la IMD en la MA-22



Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

TABLA 5: Coeficientes de variación mensual (2019)

MES	IMD LIGEROS		IMD PESADOS		IMD TOTAL	COEF RESPECTO MEDIA
ENERO	24.595	94,07%	1551	5,93%	26.146	0,93
FEBRERO	25.158	93,20%	1836	6,80%	26.994	0,96
MARZO	27.014	93,20%	1.970	6,80%	28.984	1,03
ABRIL	26.365	93,01%	1981	6,99%	28.346	1,01
MAYO	27.319	93,09%	2029	6,91%	29.348	1,04
JUNIO	27.598	93,76%	1838	6,24%	29.436	1,05
JULIO	28.317	94,15%	1.758	5,85%	30.075	1,07
AGOSTO	27.652	93,97%	1774	6,03%	29.426	1,05
SEPTIEMBRE	26.597	93,27%	1.919	6,73%	28.516	1,01
OCTUBRE	26.122	93,43%	1837	6,57%	27.959	0,99
NOVIEMBRE	24.532	92,96%	1.859	7,04%	26.391	0,94
DICIEMBRE	24.254	93,70%	1631	6,30%	25.885	0,92
IMD	26.294	93,49%	1832	6,51%	28.126	1,00

Fuente: Mapa de Tráfico 2019 Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Elaboración Propia

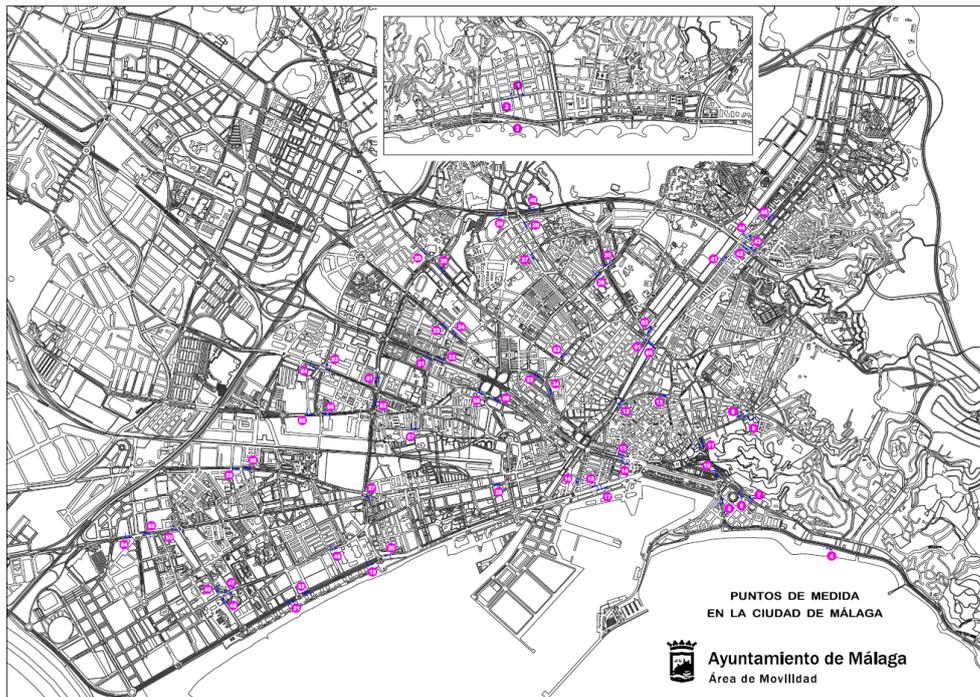
En el Anejo 01 se recogen con detalle los datos de la Estación de Aforo MA-308-2

5. DATOS DE AFORO COMPLEMENTARIOS

5.1.1. Intensidades de Tráfico Red Municipal

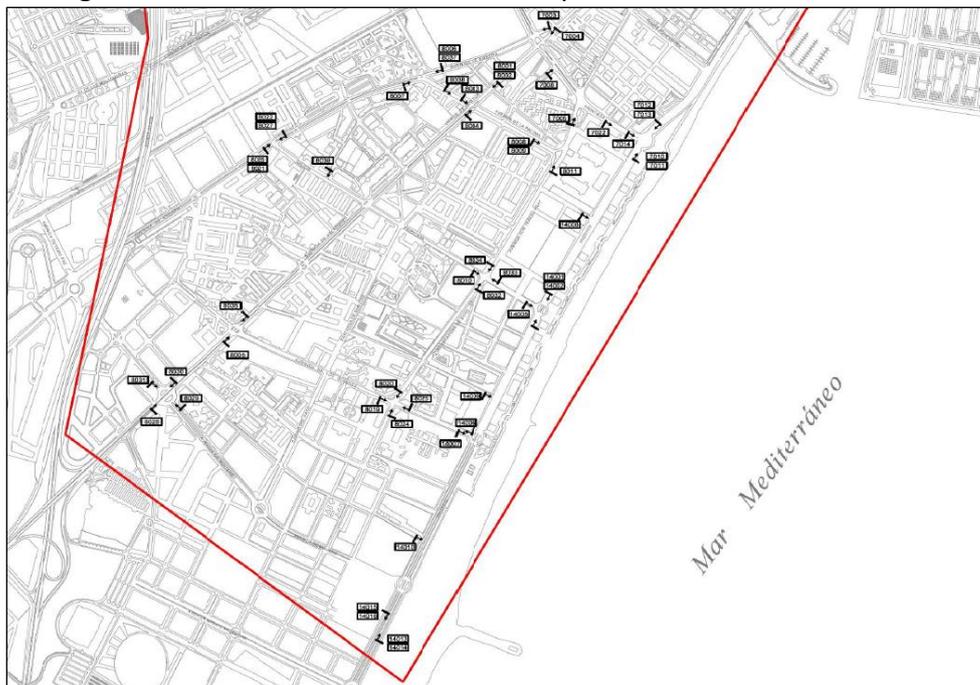
Dentro del ámbito de estudio existen puntos de medida del Área de Movilidad que se han tenido en cuenta para el desarrollo del modelo de asignación. Entre ellos se destacan los reflejados en las imágenes adjuntas que se corresponden con los situados en el distrito de Carretera de Cádiz y que forman parte los existentes en el conjunto de la ciudad.

Figura 10: Puntos de Aforos generales en la ciudad



Fuente: Área de Movilidad. Ayuntamiento de Málaga

Figura 11: Puntos de Aforo Red Municipal en el ámbito más cercano



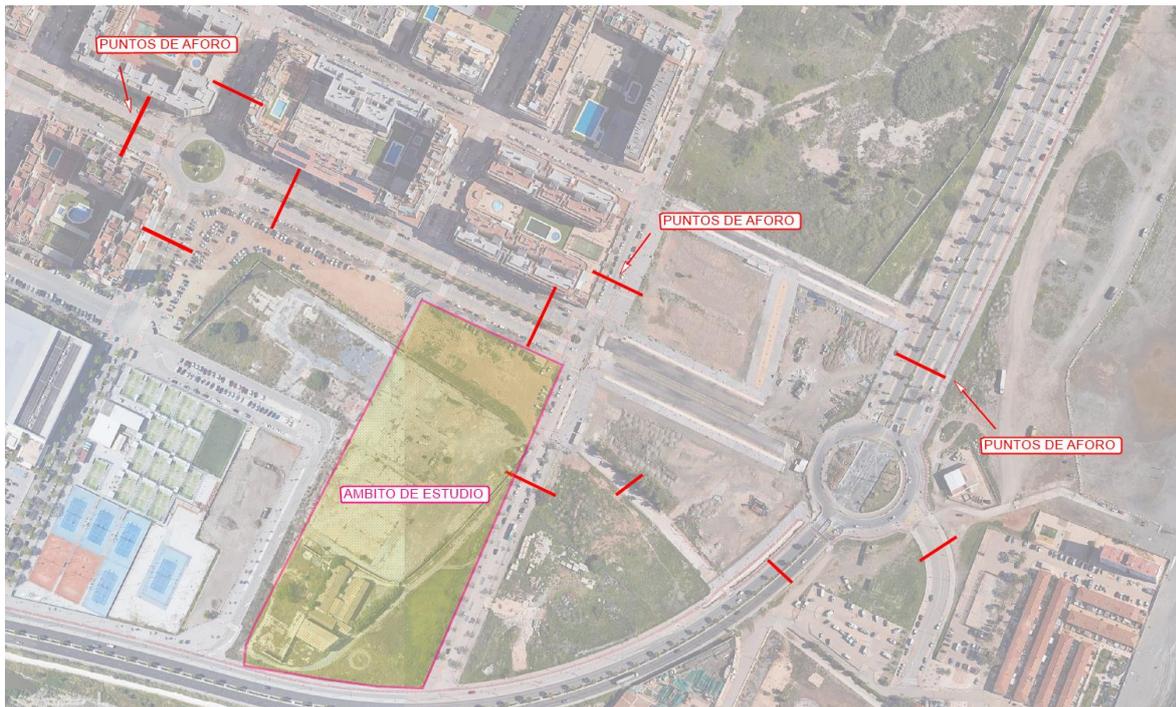
Fuente: Área de Movilidad. Ayuntamiento de Málaga

5.1.2. Intensidades de Tráfico Trabajo de Campo

En el marco del Estudio de Tráfico para el proyecto del Sector SUP-LO-2 U.E. II "El Pato" tuvo lugar una campaña de aforos en la red viaria contigua al ámbito de estudio. Esta campaña se realizó en un día laborable en las siguientes franjas horarias:

- 8:00 a 9:00
- 9:00 a 10:00
- 13:00 a 14:00
- 14:00 a 15:00

La ubicación de los mismos queda reflejada en la siguiente imagen:



6. ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO GENERADO Y ATRAÍDO POR EL SECTOR

6.1. DATOS BÁSICOS Y ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO

La estimación de los viajes generados es difícil de cuantificar de forma precisa, sin embargo, y basándose en experiencia similares, se pueden establecer unas ratios que permitan, a partir de la superficie y/o del número de viviendas, estimar los viajes en vehículo privado que se producirán como consecuencia del desarrollo del sector. En el caso del presente estudio, se trata de un equipamiento educativo cuyas características principales se han expuesto en el apartado de información urbanística y se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 6: Superficie Edificable para Estimación de Viajes

	SUPERFICIE	UNIDAD
PARCELA NORTE	5.201,49	M ² Edificables
PARCELA SUR	21.633,42	
TOTAL	26.834,91	

Fuente: Datos del Promotor y Elaboración Propia

Generalmente, en la mayor parte de los estudios de tráfico realizados, los índices utilizados se corresponden con los del TripGenerations Manual, que se basa en los estudios del ITE sobre observaciones en diferentes ciudades americanas, en el caso objeto de estudio, estas ratios se deben aplicar con cautela pues, por lo general, sobrestiman el número de visitantes, al estar basado en casos prácticos de ciudades de los EEUU con niveles de motorización y pautas de comportamiento distintas.

Del mismo modo se puede optar por realizar la estimación utilizando unas ratios mínimas de viajes generados/día de regulación de los estudios de evaluación de la movilidad generada de la Generalidad de Catalunya. Siendo ésta la primera Comunidad Autónoma que ha regulado los contenidos mínimos para este tipo de estudios, según el decreto 344/2006, de 19 de setiembre, de regulación de los estudios de evaluación de la movilidad generada., que indica: "En los estudios de evaluación de la movilidad generada se estimará el número de desplazamientos que generen las diferentes actividades y usos del suelo con las siguientes ratios mínimas de viajes generados/día, excepto de aquellos supuestos en que se justifique la adopción de valores inferiores".

TABLA 7: Ratios de Generación

	Viajes Generados/Día
Uso de vivienda	7 viajes/vivienda o 3 viajes/persona
Uso residencial	10 viajes /100 m ² de techo
Uso comercial	50 viajes /100 m ² de techo
Uso empresarial y de oficinas	15 viajes /100 m ² de techo
Uso industrial	5 viajes /100 m ² de techo
Equipamientos	20 viajes /100 m ² de techo
Zonas verdes	5 viajes /100 m ² de suelo
Franja costera	5 viajes /m de playa

Fuente: Generalidad de Cataluña

En los siguientes apartados, se describen detalladamente las hipótesis seguidas para la estimación del tráfico que se producirá. El uso principal a tener en cuenta es **Equipamiento**.

Los datos de partida son los siguientes:

TABLA 8: Superficie Computable y Ratio Aplicado

RATIOS DE GENERACIÓN DE VIAJES APLICADOS		
USO	SUPERFICIES COMPUTABLES	CUANTÍA DE GENERACIÓN
EQUIPAMIENTO	26.834,91 m ² de techo	T= 20 viajes/100 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Generándose un total de viajes diarios, para el uso indicado, que se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 9: Viajes Totales Diarios Estimados

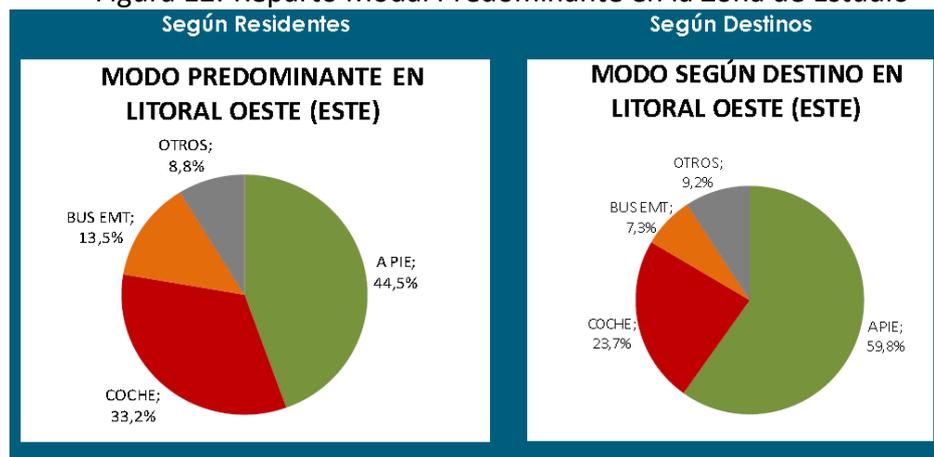
USO	VIAJES TOTALES
EQUIPAMIENTO	5.367

Fuente: Elaboración Propia

6.2. REPARTO MODAL

Dada la ubicación del sector y las características de los usos contemplados, para la distribución modal se considera que se realizarán, en vehículo privado, el 33,2% de los viajes estimados, acorde con los datos disponibles en el PEMUS de Málaga sobre movilidad mecanizada en la zona donde se inserta el sector objeto de estudio.

Figura 12: Reparto Modal Predominante en la Zona de Estudio



Fuente: PMUS Málaga

A partir de los viajes totales estimados y el reparto modal se obtiene la cifra de vehículos privados que tendrán como origen o destino el nuevo equipamiento.

TABLA 10: Viajes diarios en vehículo privado

USO	VIAJES TOTALES	VIAJES EN VEHÍCULO
EQUIPAMIENTO	5.367	1.782

Fuente: Elaboración Propia

6.3. CÁLCULO DEL NÚMERO DE VEHÍCULOS EN HORAS PUNTA

La distribución del tráfico a lo largo de la semana es distinta en días laborables, sábados y domingos. La variación semanal es más o menos acusada según el tipo y función de cada vía. Generalmente existen puntas acusadas en dos o tres horas de días laborables, mientras que para el resto las intensidades disminuyen considerablemente, a excepción de las que se produzcan motivadas por las superficies comerciales, que son más acusadas en viernes y sábado.

Para la distribución horaria de los viajes se ha aplicado la metodología de generación de viajes incluida en Trip Generation Manual 10th, estimándose el flujo de viajes en la hora punta. Este manual proporciona estadísticas utilizadas en el cálculo de ratios de generación de viajes para una amplia variedad de usos específicos del suelo, basado en la experiencia de más de 4.000 estudios de generación de viajes. Según los usos previstos en este manual, se han considerado el uso 550 que se corresponde con el uso previsto por el Estudio de Detalle.

Figura 13: Porcentaje de distribución horaria de los viajes

ITE Trip Generation Rates - 10th Edition					
Pass-by rates from ITE Trip Generation Handbook - 2nd Edition					
(copyrights, Insitute of Transportation Engineers)					
Description/ITE Code	Units				
		AM In	AM Out	PM In	PM Out
Private School (K-8) 534	Students	55%	45%	47%	53%
Private School (K-12) 536	Students	61%	39%	43%	57%
Junior/ Comm. College 540	Students	84%	16%	63%	37%
Junior/ Comm. College 540	KSF ²	74%	26%	58%	42%
Junior/ Comm. College 540	Employees	74%	26%	58%	42%
University/College 550	Students	78%	22%	32%	68%
University/College 550	Employees	76%	24%	34%	66%
University/College 550	100M ²	76%	24%	32%	68%
Church 560	KSF ²	62%	38%	48%	52%
Synagogue 561	KSF ²	NA	NA	47%	53%
Mosque 562	KSF ²	NA	NA	67%	33%
Daycare Center 565	KSF ²	53%	47%	47%	53%
Daycare Center 565	Students	53%	47%	47%	53%
Daycare Center 565	Employees	53%	47%	47%	53%
Cemetery 566	Acres	70%	30%	33%	67%
Cemetery 566	Employees	70%	30%	33%	67%

Fuente: ITE y Aplicación integrada en TRANSCAD. Elaboración Propia

Por todo ello, del total de viajes generados por el equipamiento analizado, aplicando los porcentajes de hora punta correspondientes y las ratios in / out, que se indican a continuación, se calculan los viajes generados en los periodos punta considerado de mañana y tarde:

Equipamiento:

- Hora punta de la mañana: porcentaje de viajes totales 16,55%; ratio in/out: 76:24
- Hora punta de la tarde: porcentaje de viajes totales 17,90%; ratio in/out: 32:68

TABLA 11: Vehículos Horas Punta

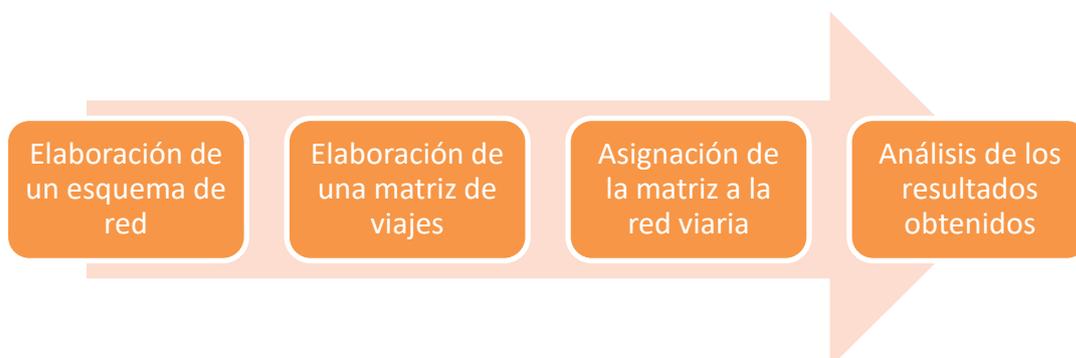
USO	Hora Punta	Entrada	Salida	Total
EQUIPAMIENTO	Mañana	224	71	295
	Tarde	102	217	319

Fuente: Elaboración Propia

7. ZONIFICACIÓN Y MODELO DE ASIGNACIÓN MACRO

7.1. PREPARACIÓN DEL MODELO Y AJUSTE

Una vez conocido el flujo de tráfico que, a grandes rasgos, tendrá como origen y/o destino el sector de "El Pato", el presente apartado tiene como objeto aproximarse con un grado de mayor detalle al comportamiento de los flujos estimados en las proximidades del sector.



El objetivo principal que se persigue con la construcción del modelo es el poder analizar el funcionamiento actual de la red de transporte y su posterior evaluación de propuestas y/o modificaciones del sistema, por ejemplo: reformulación del sistema, parcial o totalmente; restricción de paso de vehículos por áreas determinadas; modificación de itinerarios de líneas de transporte público, etc.

Por tanto, en los apartados siguientes, se describe la etapa de modelación en la cual se diseñará un modelo de transporte, utilizando como herramienta el software TRANSCAD, y que se resume en los siguientes puntos:

- Para el diseño del modelo se realiza una división en zonas del área en estudio, y la recolección y codificación de datos de planificación, calibración y validación.
- Para la elaboración de la red se considera la infraestructura vial existente.
- A partir de los datos de campo y de aforos automáticos de diversas fuentes se construyen las matrices origen-destino para el transporte privado.

- Con los datos de los aforos obtenidos en el viario se calibran las matrices de origen - destino y con ellos se ajustó la demanda de viajes por zona.
- Una vez ajustado se analizan el escenario con el desarrollo del sector, incluyendo la propuesta de red viaria y su conexión con la actual, recogida en el proyecto. Como resultados de las simulaciones se observa cómo se modifican los volúmenes y los tiempos de recorrido para cada una de las propuestas.

7.1.1. Zonificación

Un primer paso para abordar un modelo de red es proceder a definir la zonificación, que consiste básicamente en la división del territorio en áreas menores de características homogéneas. La zonificación que se establezca para soportar los análisis espaciales y territoriales de la movilidad condicionará la sensibilidad y nivel de detalle de los resultados y, en particular, de la modelización posterior, por lo que su definición requiere una atención especial.

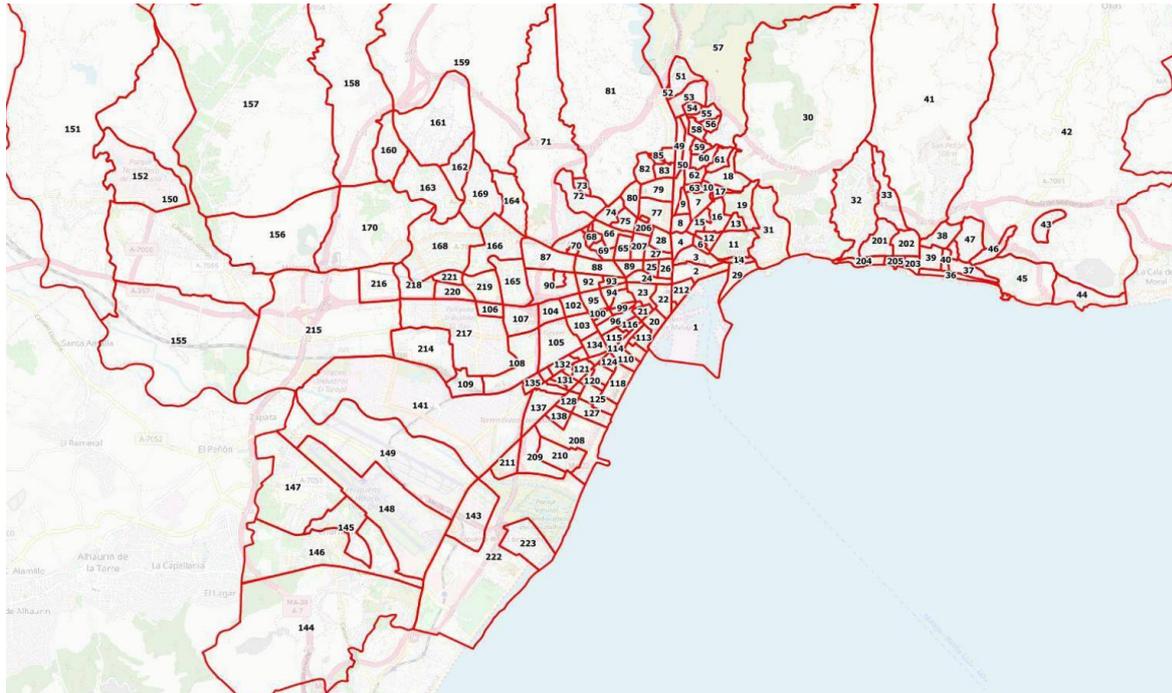
Esta zonificación debe de coincidir con las zonas de transporte definidas por la matriz origen/destino y con la utilizada en todo el estudio.

A cada una de las zonas se le asocia un nodo denominado centroide que en el modelo representa el punto de oferta o demanda (atracción) de los viajes de esa zona y se le conecta con los demás nodos de la red. De igual manera se definen los centroides que representan en los puntos de oferta o demanda de viajes desde otras ciudades hacia o desde el área metropolitana de estudio.

El centroide, generalmente se ubica en el centro de gravedad de la zona (que no tiene por qué coincidir con el centro geométrico, sino más bien con el centro de la actividad que se desarrolla ella, densidad de población y/o equipamientos). Pertenecen a la capa de nodos de la red, los cuales se diferencian del resto mediante una codificación específica.

Para el presente estudio se utiliza como zonificación base una división de la ciudad en 185 zonas, empleadas en diversos estudios, a la que se sumarán nuevas zonas, por división de las anteriores o por pertenecer al nuevo desarrollo, las cuales serán origen y/o destino de viajes.

Figura 14: Zonificación Base



Fuente: Elaboración Propia

Dado que en los diversos estudios realizados en la ciudad la zonificación de las zonas más alejadas del centro es muy agregada, para el presente, se ha optado por la desagregación de las zonas directamente afectadas con el objeto de poder representar mejor el tráfico a nivel macro. Las zonas 208, 209, 210 y 118 quedan divididas en dieciséis zonas, se mantiene los números indicados para no romper la estructura de la matriz y se desagregan las siguientes:

TABLA 12: Desagregación zona 208 "Almudena"

ZONA ACTUAL	ZONAS PARA ESTUDIO
208	208 Almudena
	308 Mainake
	309 Torre del Río
	310 Los Guindos
	311 Polígono Pacífico
	312 Sacaba Beach
	313 Butano

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo que en el caso anterior, la zona 209 "Palacio de Deportes" queda dividido en tres zonas, desagregándose del siguiente modo:

TABLA 13: Desagregación zona 209 "Palacio de Deportes"

ZONA ACTUAL	ZONAS PARA ESTUDIO
209	209 Palacio de Deportes
	314 Minerva

	315 Málaga 2000
--	-----------------

Fuente: Elaboración Propia

La zona 210 "Finca El Pato", objeto de estudio, queda dividido en dos zonas:

TABLA 14: Desagregación zona 209 "Palacio de Deportes"

ZONA ACTUAL	ZONAS PARA ESTUDIO
210	210 Finca El Pato
	316 Industrial la Térmica

Fuente: Elaboración Propia

La zona 118 "Tabacalera", alejada de la zona de estudio, pero con influencia directa en la MA-22 queda dividido en cuatro zonas, desagregándose del siguiente modo:

TABLA 15: Desagregación zona 118 "Tabacalera"

ZONA ACTUAL	ZONAS PARA ESTUDIO
118	118 Tabacalera
	317 Ave María
	318 Pacífico
	319 Torres de la Serna

Fuente: Elaboración Propia

De este modo la zonificación final del estudio se corresponde con las siguientes zonas, a las que en el escenario futuro se les suma la zona objeto de estudio (Nº 320).

TABLA 16: Zonificación Red

1	EL PUERTO	70	SAN MARTIN	135	SAN ANDRES 2º FASE
2	CASCO HISTÓRICO SUR	71	GRANJA SUAREZ	136	BARCELÓ
3	CASCO HISTÓRICO NORTE	72	CARLINDA	137	BONAIRE - VIRGEN DE BELÉN
4	OLLERÍAS	73	FINCA DE LA CORTA	138	PUERTA BLANCA
6	MADRE DE DIOS	74	MIRAFLORES DE LOS ÁNGELES	141	INDUSTRIAL GUADALHORCE
7	CAPUCHINOS	75	PARQUE VICTORIA EUGENIA	143	SAN JULIÁN
8	MOLINILLO	76	HOSPITAL CARLOS HAYA	144	MAZA OLIVARES
9	SEGALERVA	77	MARTIRICOS - LA ROCA	145	CASCO HISTÓRICO DE CHURRIA
10	MANUEL GORRIA	78	MATERNO	146	CHURRIANA (NUEVA)
11	LA VICTORIA	79	720 VIVIENDAS	147	LA NORIA
12	CRUZ VERDE - LAGUNILLAS	80	ARROYO DE LOS ÁNGELES	148	AEROPUERTO
13	COMPAS DE LA VICTORIA	81	EL LIMONERO	149	SAN ISIDRO
14	LA CORACHA	82	LA PALMA	150	CAMPANILLAS_00
15	SAN MILLÁN	83	LA UVA	151	SANTA ROSALÍA - MAQUEDA
16	CRISTO DE LA EPIDEMIA	84	LA PALMILLA	152	PTA_SUR
17	OLLETAS	85	26 DE FEBRERO	155	CASTAÑETAS
18	LOS MONTES	86	LA VIRREINA	156	ASPERONES_I
19	COLINA DE TOQUERO	87	CAMINO DE ANTEQUERA	157	COLMENAREJO, FRESNEDA Y DI
20	FORTUNY	88	PADRE MODÉJAR	158	CERRO LANZA
21	ESTACIÓN R.E.N.F.E.	89	HAZA DE CUEVAS	159	PARTIDO DE VERDIALES
22	PERCHEL SUR	90	LA BARRIGUILLA	160	PUERTO SOL
23	LA AURORA	91	PORTADA ALTA	161	FUENTE ALEGRE - MORILLAS -

24	HILERA	92	CARRANQUE OESTE	162	LOS TOMILLARES - MORALES
25	ZAMARRILLA	93	CARRANQUE ESTE	163	SANTA ISABEL - EL TOMILLAR
26	PERCHEL NORTE	94	CARRANQUE SUR	164	FINCA CABELLO
27	TRINIDAD SUR	95	GARCÍA GRANA	165	HACIENDA CAPITÁN
28	TRINIDAD NORTE	96	LA UNIÓN	166	LA COLONIA - LA PALMA
29	LA MALAGUETA	97	ESTACIÓN AUTOBUSES	168	EL CÓNSUL
30	LIMONAR ESTE	98	LOS TILOS NORTE	169	EL ATABAL
31	LIMONAR OESTE	99	LOS TILOS SUR	170	LOS ASPERONES
32	CERRADO DE CALDERÓN	100	SANTA JULIA	201	PEDREGALEJO NÚCLEO
33	LA MOSCA	101	SANTA MARTA	202	PEDREGALEJO NÚCLEO
36	PALO PLAYA	102	LOS CORAZONES	203	PEDREGALEJO PLAYA
37	EL PALO NÚCLEO	103	LA ASUNCIÓN	204	PEDREGALEJO PLAYA
38	VILLAFUERTE NORTE	104	SANTA CRISTINA	205	PEDREGALEJO PLAYA
39	VILLAFUERTE SUR	105	TIRO DE PICHÓN	206	BAILEN
40	VILLAFUERTE ESTE	106	HUERTA DEL CORREO	207	BAILEN
41	SAN ANTÓN	107	CORTIJO ALTO	208	MAINAKE
42	OLÍAS	108	CORTIJO DE TORRES	209	MAINAKE
43	JARAZMÍN	109	LOS PRADOS	210	MAINAKE
44	LA ARAÑA	110	HUELIN	211	GUADALMAR
45	EL CANDADO	111	ECHEVARRÍA DE HUELIN	212	MUELLE DE HEREDIA
46	LA PELUSA	112	JARDÍN DE LA ABADÍA I	213	MUELLE DE HEREDIA
47	MIRAFLORES DEL PALO	113	PARQUE AYALA	214	EL VISO
48	LAS CUEVAS	114	CASTANY	215	EL TARAJAL
49	SAGRADA FAMILIA	115	LA PRINCESA	230	ESPERANTO
50	CIUDAD JARDÍN	116	LA ISLA	231	HILERA ESTE (CENTRO COMERCIAL)
51	SAN JOSÉ	117	JARDÍN DE LA ABADÍA II	308	MAINAKE
52	LOS LIMONEROS	118	TABACALERA	309	TORRE DEL RIO
53	HUERTA NUEVA	119	GIRÓN	310	LOS GUINDOS
54	ALEGRÍA DE LA HUERTA	120	LAS DELICIAS	311	POL COM PACIFICO
55	JARDÍN DE MÁLAGA	121	EL TORCAL - SAN CARLOS	312	SACABA BEACH
56	HACIENDA LOS MONTES	122	REGIO	313	BUTANO
57	CORTIJILLO BAZÁN - MONTES	123	GAUCÍN - EUROPA	314	MINERVA
58	PARQUE VIRGINIA - LOS CASI	124	25 AÑOS DE PAZ	315	MÁLAGA 2000
59	LOS CIPRESES	125	PARQUE MEDITERRÁNEO	316	IND LA TÉRMICA
60	MANGAS VERDES	126	SIXTO	317	AVE MARIA
61	MONTE DORADO	127	SANTA PAULA	318	PACIFICO
62	PARQUE DEL SUR	128	LA PAZ	319	TORRES DE LA SERNA
63	LAS FLORES	129	LA LUZ NORTE	320	UAX
65	GAMARRA	130	LA LUZ SUR	501	A-7 ESTE
66	MARTÍNEZ DE LA ROSA	131	VISTA FRANCA	502	A-45
67	MONTE PAVERO	132	SAN ANDRES	503	A-357
68	NUEVA MÁLAGA NORTE	133	DOS HERMANAS	504	A-404
69	NUEVA MÁLAGA SUR	134	DEPÓSITOS REPSOL	505	A-7 OESTE

Fuente: Elaboración Propia

7.2. PREPARACIÓN DE LA RED

Una vez actualizada la zonificación, el siguiente paso es la elaboración de un grafo de la red viaria del entorno, mediante la utilización del software Transcad en la que se vuelcan los datos de generación – atracción, estimados en los apartados anteriores. Sobre la base cartográfica de la ciudad a una escala adecuada se ha seleccionado la red viaria actual y futura que facilita el acceso al sector entre las distintas zonas consideradas como nodos generadores y atractores de viajes al sector.

A la hora de modelar es necesario tener en cuenta algunos atributos necesarios para alimentar la red vial iniciando con los arcos y nodos, seguido se algunas características asociadas a ellos. La estructura de la red vial de la Ciudad de Málaga la constituye un conjunto de vías que actúan de soporte a los modos de transporte existentes para el desplazamiento de la población.

En el modelo se ha clasificado la red viaria de la ciudad teniendo en cuenta la clasificación existente en el PMUS de Málaga y que sirve como base para la implementación sobre la misma de las características asociadas a cada tipología y que son fundamentales en el proceso de asignación.

TABLA 17: Clasificación Red Viaria

CÓDIGO	CLASIFICACIÓN
1	Autovías, Red Arterial Metropolitana
2	Enlaces, Red Arterial Metropolitana
3	Red Arterial Urbana, 1er Orden
4	Red Arterial Urbana, 2º Orden
5	Red Secundaria Interbarrio 1ª Categoría
6	Red Secundaria Interbarrio 2ª Categoría
7	Conectores

Fuente: Elaboración Propia

7.2.1. Capacidad de la Red Viaria

En la red elaborada se ha dotado para cada uno de los viales una capacidad teórica, utilizando como referencia la tabla adjunta donde se puede comprobar la capacidad teórica del viario en función del ancho de la misma.

TABLA 18: Capacidad Teórica Red Viaria

Anchura (m)	6	7	7,5	9	10	12	13,5	15	18	20	22
Autovía								3000		4500	
Vías Urbanas	1200	1350	1500	2000	2200	2000	2200	2400	3000	3300	3600
Calles	500 a 800	600 a 1000	750 a 1200	900 a 1600	1100 a 1800	800 a 1200	900 a 1350	1000 a 1500	1300 a 2100	1500 a 2300	1600 a 2600

Fuente: Manchón, F.; Santamera, J., 1995 y Elaboración Propia

7.2.2. Funciones Volumen – Tiempo

A partir de la clasificación y la capacidad de cada uno de los arcos de la red se procede a otorgarles una función de congestión que permita al modelo representar el comportamiento real del viario.

La función volumen-tiempo del Bureau of PublicRoads (BPR) son las encargadas de llevar a cabo la citada tarea. Estas funciones de demora relacionan la intensidad, es decir el

volumen de vehículos asignados, con el tiempo de recorrido para cada arco. La formulación genérica adoptada es la siguiente:

$$T = l \left[t_o + a \left(\frac{i}{c} \right)^b \right]$$

Siendo:

- T Tiempo medio de recorrido del arco (min)
- l Longitud del arco (km)
- t_o Tiempo medio de recorrido de 1 km a flujo libre (min/km)
- i Volumen o intensidad de vehículos (veh/h).
- c Capacidad teórica del arco (veh/h por carril)
- a,b Parámetros de ajuste

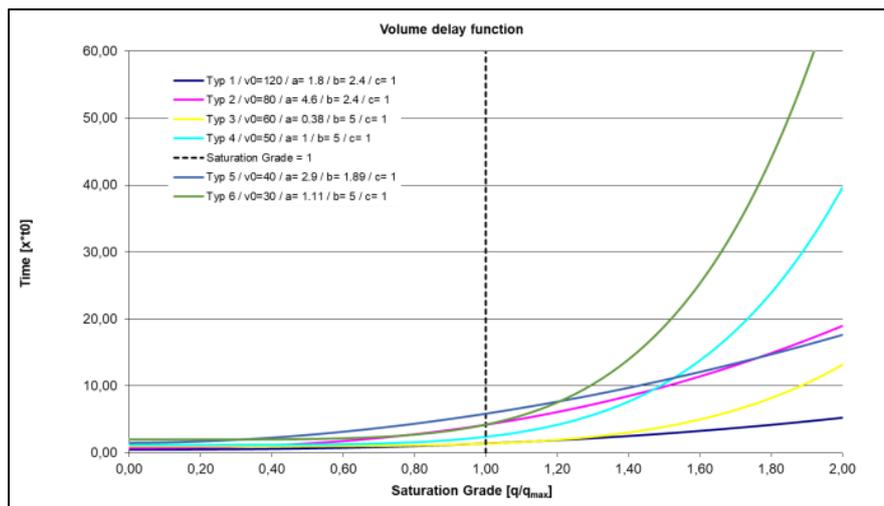
Para cada una de las seis tipologías de arcos señaladas en el punto anterior se les asignan los siguientes parámetros:

TABLA 19: Parámetros Alfa y Beta

TIPO	COD_TIPO	CAPACIDAD POR CARRIL	VELOCIDAD	ALPHA	BETA
Autovías. Red Arterial Metropolitana	1	1800	120	1,8	3,1
Enlaces. Red Arterial Metropolitana y Urbana	2	1800	80	4,6	2,4
Red Arterial Urbana 1er Orden	3	1200	60	0,38	5
Red Arterial Urbana 2º Orden	4	1000	50	1	5
Red Secundaria Interbarrio 1ª Categoría	5	900	40	2,9	1,89
Red Secundaria Interbarrio 2ª Categoría	6	700	30	1,11	5
Conectores	7	9999	-	-	-

Fuente: Manual de Capacidad y Elaboración Propia

Figura 15: Representación Gráfica Funciones Volumen – Tiempo



Fuente: Elaboración Propia

El modelo de asignación a utilizar es el denominado método del equilibrio. De forma general se basa en la definición de equilibrio de usuario de Wardrop: “Una red está en equilibrio cuando ningún usuario disminuye su tiempo de viaje cambiando de itinerario”. La principal ventaja sobre otros métodos (incremental, estocástico, etc. Es que se puede garantizar su convergencia hacia una solución única, y por lo tanto se pueden comparar alternativas diferentes de una forma más rigurosa. Para poder asignar la red se deben de añadir, como mínimo, los siguientes campos, que representan las características del viario:

- ID: identificador interno del sistema o “Id” asignado por TransCAD de manera automática, determinado por el modelo según orden de construcción.
- Length: Longitud real del arco expresado en kilómetros.
- DIR: Variable dicotómica para la caracterización del sentido de circulación de la vía: 1 y -1 significa arco de sentido único; 0 significa arco de doble sentido.
- Jerarquía: Clasificación viaria según funcionalidad.
- Capacidad: Capacidad viaria total de cada segmento.
- Velocidad: Se define en función de las características de las vías. Las unidades para introducir la velocidad son los Km/h.
- Tiempo: El tiempo a flujo libre, expresado en minutos, se calcula para cada arco en función de la longitud real de los arcos y de la velocidad asignada. Las unidades para introducir el tiempo son minutos.
- Alpha: Valor del parámetro alfa que opera en la función BPR (Bureau of PublicRoads) del arco.
- Beta: Valor del parámetro beta que opera en la función BPR (Bureau of PublicRoads) del arco.

7.3. ELABORACIÓN DE MATRIZ ACTUAL Y AJUSTE DEL MODELO.

Según lo indicado en la Nota de Servicio 5/2014 sobre “Prescripciones y recomendaciones técnicas para la realización de estudio de tráfico de los Estudio Informativos, Anteproyectos y Proyectos de carreteras” en el apartado 6.3.4 Métodos de asignación, debe validarse el método de asignación aplicado. Por lo tanto, un paso previo, antes de la utilización de la

red con los datos de las previsiones de tráfico estimado, es la constatación de que el modelo responde de forma fehaciente a la realidad del ámbito analizado. Para ello, en primer lugar, se parte de una matriz semilla en la que están representados los flujos de tráfico que será asignada la red y, en segundo lugar, se realiza un ajuste de la misma a los aforos observados, para la hora punta de análisis. Este proceso se lleva a cabo mediante el empleo del algoritmo del Equilibrio de Usuario (UE), que realiza iteraciones hasta lograr una solución convergente de forma similar y permiten obtener una matriz general de movilidad estimada, denominada ODME (del inglés Origin – Destination Matrix Estimation).

La matriz semilla utilizada ha sido empleada en diversos estudios en la ciudad de Málaga y se encuentra en constante actualización.

En el proceso, en cada una de estas iteraciones, los flujos de tráfico se calculan incorporando la capacidad de relacionar los efectos de retención y los tiempos de viaje según el volumen de tráfico existente en la vía.

Los Inputs que se necesitan para la preparación de la asignación y estimación de la matriz son los aforos contenidos en las columnas "AB_AFORO" y "BA_AFORO" en los que se introducen los datos de aforo existentes.

El proceso de cálculo determina el origen – destino de la matriz final (ODME) que minimiza la diferencia entre el volumen asignado y el observado en los aforos realizados, todo ello de manera iterativa (convergencia).

Los resultados que se obtienen tras la aplicación de un proceso de asignación son, entre otras:

- Volumen de vehículos totales por arco: Para cada uno de los arcos del grafo se obtiene la carga de vehículos totales asignados.
- Ratio V/C: ratio volumen/capacidad por cada sentido de circulación.
- Representación gráfica de los volúmenes de tráfico: Representación de los volúmenes de vehículos asignados a cada arco, a través de unas bandas de grosor proporcional al número de autos identificados.

Una vez realizada la asignación en la red objeto de estudio se procede a contrastar los resultados obtenidos en la misma con los observados en la realidad, facilitados por el Área de Movilidad, este proceso es fundamental dado que constituye el principal indicador de si el modelo responde de forma fidedigna al comportamiento de la movilidad observada y se realiza de dos formas, que son:

- Grado de ajuste mediante regresión lineal que muestra las variaciones que presenta el modelo respecto a los aforos de tráfico considerados. En la práctica, como queda demostrado con el estadístico GEH, un valor muy elevado de R2 como el obtenido puede ocultar importantes desviaciones que no son garantes de un buen ajuste.
- Mediante el parámetro estadístico GEH, aceptado por la mayoría de los consultores y académicos como un indicador de calibración sobre la red y cuya formulación es:

$$GEH_i = \sqrt{\frac{(C_i - A_i)^2}{(C_i + A_i)/2}}$$

Dónde:

C_i es el dato observado y A_i es el dato asignado por el modelo en el arco i

$$\%T = \frac{\sum_{j=1}^n Modelado_j}{\sum_{j=1}^n Observado_j}$$

Dónde:

J representa cada arco individual con aforo, tomando n como el total de los arcos con aforo en la red.

Mediante este parámetro estadístico valores con alto porcentaje de diferencia que podrían ser considerados no válidos, pueden ser aceptados. Esto demuestra, y de ahí su uso, que ante un amplio rango de flujos las diferencias absolutas o relativas pueden conducir a un error de ajuste que tiene su repercusión en la toma de decisiones apoyadas en el modelo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Como se puede observar, la relación entre los datos de aforo considerados y los flujos resultantes del modelo, arrojan un coeficiente de correlación $R^2= 95\%$, para la hora punta de la mañana (08h).

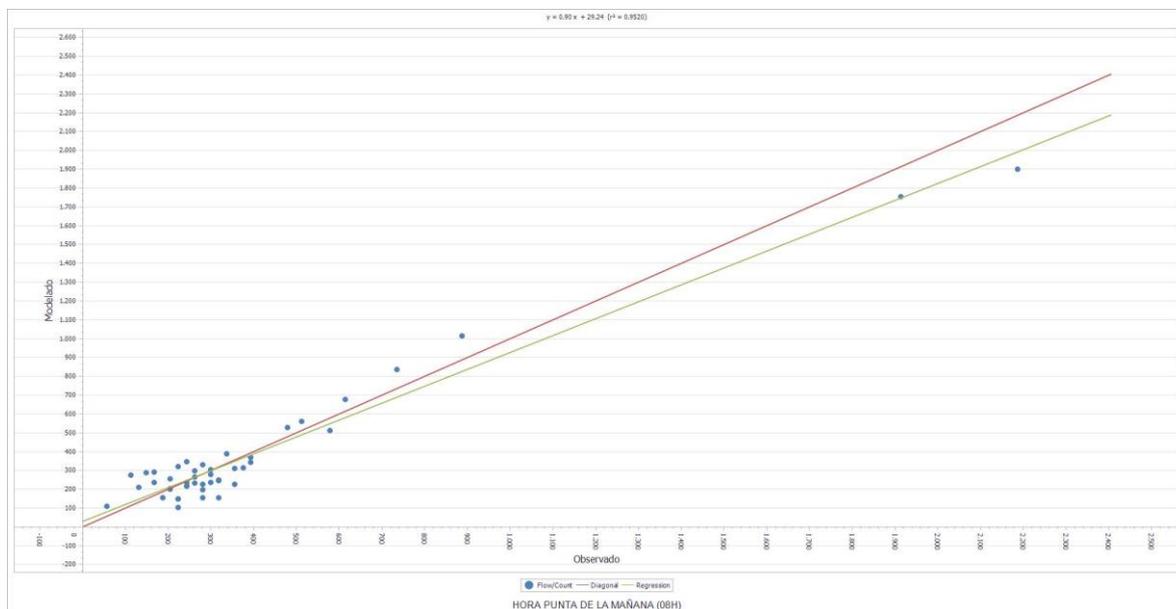


TABLA 20: Ajuste Aforos Hora Punta de la Mañana

ID	PM_AB	PM_BA	AB Aforo	BA Aforo	AB Flow Est	BA Flow Est	Dif AB (ABS)	Dif BA (ABS)	% Dif AB	% Dif BA	GEH_AB	GEH_BA
34	262		266		4		1%		0.2		34	262
409	300	355	305	228	5	127	2%	36%	0.3	7.4	409	300
428	168	300	235	277	67	23	40%	8%	4.7	1.3	428	168
438	205	205	201	203	4	2	2%	1%	0.3	0.1	438	205
453	224	244	149	218	75	26	33%	11%	5.5	1.7	453	224
454	281	244	198	237	83	7	30%	3%	5.4	0.4	454	281
459	393	187	345	154	48	33	12%	18%	2.5	2.6	459	393
460	300	281	237	156	63	125	21%	45%	3.9	8.5	460	300
501	262	318	232	156	30	162	12%	51%	1.9	10.5	501	262
505	244	337	346	390	102	53	42%	16%	5.9	2.8	505	244
4998	376	512	313	560	63	48	17%	9%	3.4	2.1	4998	376
7336	615		678		63		10%		2.5		7336	615
7338	888		1016		128		14%		4.1		7338	888
7340	479		529		50		10%		2.2		7340	479
7344	1913		1754		159		8%		3.7		7344	1913
7346	2187		1899		288		13%		6.4		7346	2187
8251	224	131	320	209	96	78	43%	60%	5.8	6.0	8251	224
9211	281	112	331	275	50	163	18%	145%	2.8	11.7	9211	281
9259	149	168	287	293	138	125	92%	74%	9.3	8.2	9259	149
9261	318	224	248	103	70	121	22%	54%	4.2	9.5	9261	318
9270	393		368		25		6%		1.3		9270	393
9275	579		514		65		11%		2.8		9275	579
9281	205	735	255	836	50	101	24%	14%	3.3	3.6	9281	205
9285		355		309		46		13%		2.5	9285	
9346	318		245		73		23%		4.4		9346	318
9347		281		227		54		19%		3.4	9347	
9355	56	262	109	298	53	36	95%	14%	5.8	2.2	9355	56
9362	224	244	149	218	75	26	33%	11%	5.5	1.7	9362	224

Fuente: Modelo Transcad y Elaboración Propia

Como se puede observar, en la hora punta de la mañana, con un total de 45 puntos de aforo utilizados para el ajuste en el ámbito de estudio, el número de arcos que reproducen los datos observados con un GEH inferior a 12 asciende al 100% del total e inferior a 10 el 96%, lo que se considera un buen ajuste.

TABLA 21: Resumen Valores GEH Hora Punta de la Mañana

	ESTADÍSTICA	%
<=5	30	67%
<=10	43	96%
<=12	45	100%

Fuente: Elaboración Propia

En la hora punta de la tarde (14h), la relación entre los datos de aforo considerados y los flujos resultantes del modelo, arrojan un coeficiente de correlación $R^2 = 94\%$.

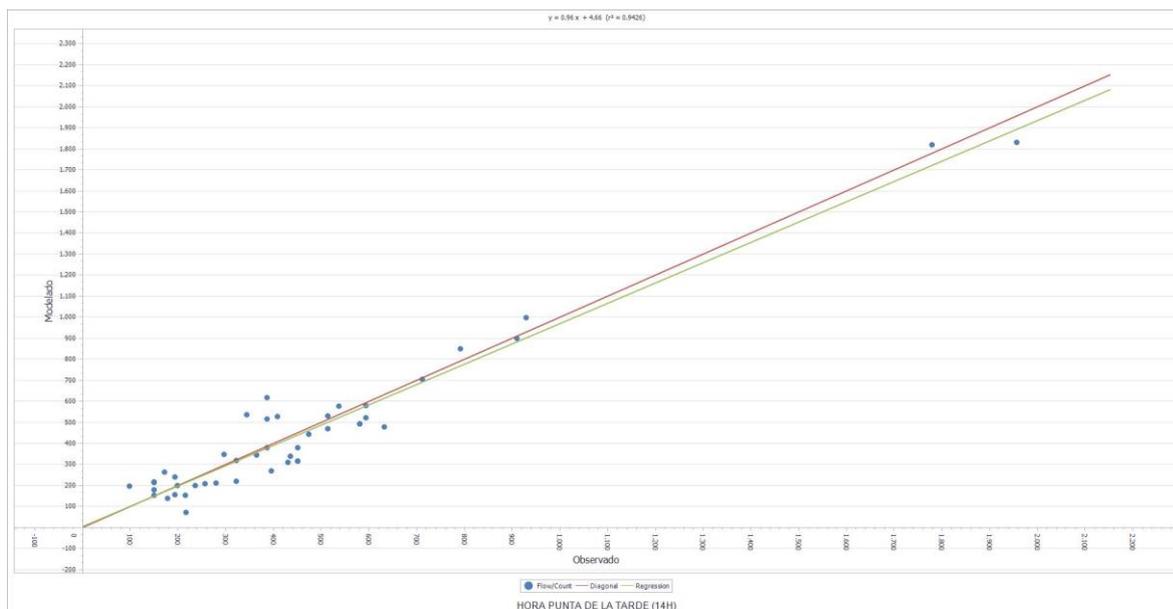


TABLA 22: Ajuste Aforos Hora Punta de la Tarde

ID	PM_AB	PM_BA	AB Aforo	BA Aforo	AB Flow Est	BA Flow Est	Dif AB (ABS)	Dif BA (ABS)	% Dif AB	% Dif BA	GEH_AB	GEH_BA
34	194		241		47		24%		3.2		34	194
409	322	322	319	220	3	102	1%	32%	0.2	6.2	409	322
428	408	365	528	344	120	21	30%	6%	5.6	1.1	428	408
438	178	198	139	199	39	1	22%	1%	3.1	0.1	438	178
453	451	580	315	494	136	86	30%	15%	6.9	3.7	453	451
454	215	386	153	380	62	6	29%	2%	4.6	0.3	454	215
459	395	474	269	442	126	32	32%	7%	6.9	1.5	459	395
460	451	430	379	311	72	119	16%	28%	3.5	6.2	460	451
501	150	236	154	199	4	37	3%	15%	0.3	2.5	501	150
505	386	537	617	578	231	41	60%	8%	10.3	1.7	505	386
4998	593	593	521	580	72	13	12%	2%	3.1	0.5	4998	593
7336	910		899		11		1%		0.4		7336	910
7338	929		997		68		7%		2.2		7338	929
7340	514		531		17		3%		0.7		7340	514
7344	1779		1820		41		2%		1.0		7344	1779
7346	1957		1830		127		6%		2.9		7346	1957
8251	344	386	538	517	194	131	56%	34%	9.2	6.2	8251	344
9211	150	150	181	215	31	65	20%	43%	2.4	4.8	9211	150
9259	172	150	265	218	93	68	54%	45%	6.3	5.0	9259	172
9261	632	217	478	73	154	144	24%	66%	6.5	11.9	9261	632
9270	435		338		97		22%		4.9		9270	435
9275	712		705		7		1%		0.3		9275	712
9281	296	791	347	851	51	60	17%	8%	2.9	2.1	9281	296
9285		194		157		37		19%		2.8	9285	
9346	280		212		68		24%		4.3		9346	280
9347		257		209		48		19%		3.1	9347	
9355	514	98	469	196	45	98	9%	100%	2.0	8.1	9355	514
9362	451	580	315	494	136	86	30%	15%	6.9	3.7	9362	451

Fuente: Modelo Transcad y Elaboración Propia

Del total de 45 puntos de aforo utilizados para el ajuste en el ámbito de estudio en la hora punta de la tarde, el ajuste se asemeja al obtenido anteriormente con un GEH inferior a 12 en el 100% de las observaciones e inferior a 10 en el 96%.

TABLA 23: Resumen Valores GEH Hora Punta de la Tarde

	ESTADÍSTICA	%
<=5	31	69%
<=10	43	96%
<=12	45	100%

Fuente: Elaboración Propia

Las siguientes imágenes muestran el tráfico resultante del modelo en el escenario de calibración para las horas puntas consideradas y que constituyen el punto de partida del análisis. El ajuste ha tenido que realizarse sin contemplar la puesta en servicio de la conexión entre la avenida Imperio Argentina y la MA-22, a través de la glorieta remodelada. Se realiza de esta forma con objeto de utilizar los aforos existentes y poder reproducir fielmente las condiciones de tráfico observadas dado que se trata de la etapa de calibración del modelo. En los escenarios futuros la glorieta remodelada y su conexión con la avenida Imperio Argentina será punto de partida.

Figura 16: Intensidades Escenario Base Hora Punta de la Mañana (08h)



Figura 17: Intensidades Escenario Base Hora Punta de la Tarde (14h)



7.4. OBTENCIÓN DE MATRICES FUTURAS

Las matrices de viajes son la representación matemática de la movilidad entre cada par de zonas origen/destino. Estas matrices están basadas en encuestas de movilidad que permiten valorar el número de viajes que se producen entre una determinada zona de origen y destino.

Las matrices de viajes vienen condicionadas por los siguientes aspectos:

- Zonificación que determina el nivel de detalle de la matriz.
- Modos de transporte considerados: modos públicos y/o privados.
- Periodos horarios ya que se pueden generar matrices independientes para la hora punta y valle o una matriz diaria.
- Los viajes procedentes de la matriz de vuelcan a la red mediante los centroides y conectores.

Con los datos de flujos de entrada y salida en las horas punta se ha procedido a la elaboración de una matriz que representa las entradas y salidas al sector desde los diversos puntos considerados.

Cada uno de estos puntos, denominados centroides en el grafo de la red, representa un origen y/o un destino que, a través de los conectores y la red viaria, distribuyen los viajes entre cada par de centroides.

Es por ello por lo que además de los considerados en apartados anteriores (Zonificación Base) dentro de la zona de estudio se ha creado una **nueva zona 320** que representa la parcela de equipamiento en desarrollo. La creación de esta nueva zona permite conocer de forma más detallada la distribución de los flujos de tráfico que pueden hacer uso de la conexión del sector con la MA-22.

Figura 18: Centroides y Modelo de Red del Sector (Situación Propuesta)



8. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS Y CÁLCULO DE CAPACIDAD

La simulación realizada se plantea en base a tres escenarios, en las horas punta más desfavorables (Horas 08 y 14): Escenario 00 de Calibración, que representa la situación en el momento de la toma de datos de campo, en el que no se puede acceder a la avenida Imperio Argentina desde la MA-22; Escenario 01, de puesta en servicio, considerando tres años desde la fecha actual (2027), teniendo en cuenta el desarrollo del sector objeto del estudio con la apertura del equipamiento educativo; Escenario 02, se corresponde con el Año Horizonte 2047 (20 años desde puesta en servicio).



En la simulación de la puesta en servicio se han incluido las soluciones de acceso al sector, así como, la mejora de la glorieta de la MA-22 para su conexión con la avenida Imperio Argentina, esta mejora consiste en la transformación en glorieta partida regulada por semáforo, con la misma configuración que las existentes en la mayor parte del trazado de la MA-22.

Al asignar la matriz obtenida, en apartados anteriores, el modelo permite conocer los posibles itinerarios seguidos por los vehículos hasta acceder al sector objeto de estudio. En las figuras resultantes del proceso de simulación se ilustra el funcionamiento de la red y las intensidades resultantes, diferenciando el tráfico ajeno al sector y el generado por el mismo.

Tras la asignación del tráfico estimado a la red se verifica la funcionalidad de la misma una vez desarrollado en su totalidad el sector.

Figura 20: Escenario Futuro 02 (Año 2047) Hora Punta de la Mañana (08h)

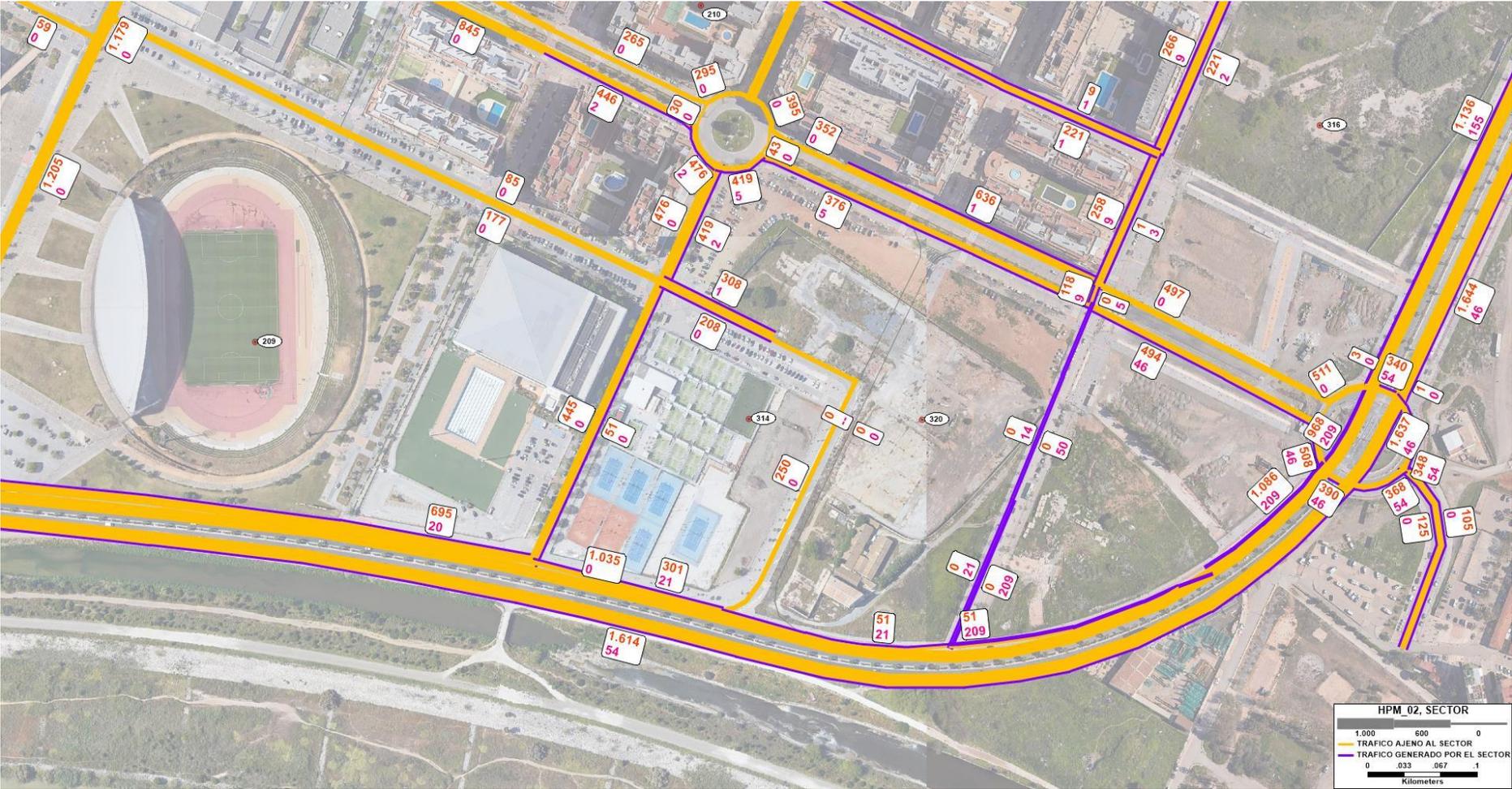


Figura 21: Escenario Futuro 01 (Año 2027) Hora Punta de la Tarde (14h)



8.1. CÁLCULOS DE CAPACIDAD DE INTERSECCIÓN REGULADA

Dado que el objeto del presente estudio es el análisis del tráfico generado por el equipamiento y su afección la carretera estatal. Se analiza la glorieta partida, con regulación semafórica, en la que el eje prioritario es la MA-22 y sirve de conexión con la avenida Imperio Argentina, principal acceso a la parcela objeto de estudio.

Para el análisis de la glorieta, se realiza una simulación para verificar su funcionamiento y la capacidad de los grupos de movimientos existentes en la misma. La mejor forma de comprobarlo, dentro de un entorno urbano el que se ubica es mediante la realización de una microsimulación del flujo de tráfico. Para ello se ha utilizado el software "TRANSMODELER", que permite el análisis de intersecciones urbanas con semáforos o sin ellos, siendo su principal aplicación el análisis de corrientes discontinuas, siendo este el caso del presente estudio. El software tiene capacidad de modelado, y animación del movimiento vehicular, si bien, en este caso se opta por la microsimulación analítica.

Entre las funciones del modelo destacan:

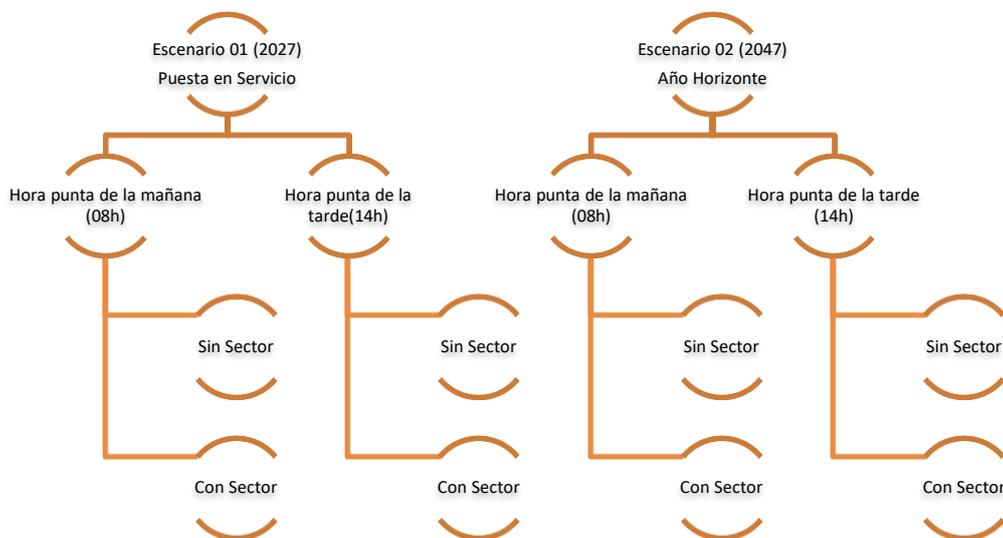
- Análisis de capacidad en intersecciones sin semáforos siguiendo la metodología del HCM 2010.
- Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas siguiendo la metodología del HCM 2010. Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo optimizando fases, longitud del ciclo y desplazamientos y genera los diagramas de Tiempo – espacio.
- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o de la red y crea una animación del mismo.
- Trabaja con los diferentes tipos de controladores: de tiempo fijo y actuado.

El software reporta el nivel de servicio de la glorieta o intersección en general y particularizado para cada uno de los movimientos regulados, basándose en la metodología del HCM 2010. Proporciona, por tanto, una idea general de cómo está funcionando la intersección y cuanta capacidad extra queda disponible para manejar las fluctuaciones del tráfico e incidentes.

A continuación, y según lo indicado anteriormente, se analizan cada uno de los escenarios que se describen:

- **Escenario 01 (Año Horizonte 2027)** se corresponde con el escenario de puesta en servicio del equipamiento objeto de estudio.
- **Escenario 02 (Año Horizonte 2047)** se realiza con objeto de comprobar el funcionamiento de la red viaria, en la que se contempla un crecimiento del tráfico ajeno al equipamiento del 1,44%, a partir de los valores reflejados en el Escenario 01.

En ambos escenarios el análisis se realiza para las dos horas punta consideradas y teniendo en cuenta el tráfico sin el desarrollo del equipamiento y con el desarrollo del mismo.



8.2. CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

Se define el nivel de servicio en intersecciones reguladas por semáforos en términos de demora, que es una medida de la molestia, frustración, consumo de carburante y el tiempo de viaje perdido por el conductor. Puede describir a la intersección por completo, para los diferentes accesos a la misma por separado y para cada uno de los grupos de carriles. La demora puede medirse directamente en la calle o estimarse utilizando los procedimientos descritos en el Manual de Capacidad.

El Manual de Capacidad de Carreteras, traducido al español por la Asociación Técnica de Carreteras de España, establece 6 niveles de servicio denominados: A, B, C, D, E y F que van de mejor a peor. Las condiciones de operación de estos niveles para sistemas viales de circulación continua son:

El Nivel de Servicio A (óptimo) es aquél en el que la situación percibida por los vehículos o usuarios es muy próxima a la deseada. Existe poca interacción entre vehículos, y cuando uno alcanza a otro, puede adelantarlo sin sufrir ninguna demora. El nivel general de comodidad y conveniencia proporcionado por la circulación al conductor, pasajero o peatón, es excelente. No se producen incidencias en cada trayectoria, y las que se producen se disipan sin afectar a la circulación.

Cuando se da el Nivel de Servicio B (bueno), la situación percibida por los usuarios es similar a la deseada. La capacidad de maniobra de los distintos vehículos se ve sólo ligeramente afectada por los otros. La libertad de la selección de las velocidades deseadas sigue relativamente inafectada, aunque disminuye un poco la libertad de maniobra en relación con la del nivel de servicio A. El nivel de comodidad y conveniencia es algo inferior a los del nivel de servicio A, porque la presencia de otros comienza a influir en el comportamiento

individual de cada uno. Los conductores tienen una razonable libertad para seleccionar su velocidad y su carril.

El Nivel de Servicio C (normal), pertenece al rango de flujo estable, pero marca el comienzo del dominio en el que la operación de los usuarios individuales se ve afectada de forma significativa por las interacciones con los otros usuarios. La selección de velocidad se ve afectada por la presencia de otros, y la libertad de maniobra comienza a ser restringida. El nivel de comodidad y conveniencia desciende notablemente. Las velocidades y las maniobras resultan más controladas por los mayores volúmenes. La mayor parte de los conductores ven restringida su libertad de elegir la velocidad, cambiar carriles o rebasar.

Un aumento de la demanda respecto al nivel anterior, hace que se alcance el Nivel de Servicio D (aceptable). Este Nivel de Servicio representa una circulación de densidad elevada, aunque estable. La velocidad y libertad de maniobra quedan seriamente restringidas, y el conductor o peatón experimenta un nivel general de comodidad y conveniencia bajo. Los pequeños incrementos de flujo generalmente ocasionan problemas de funcionamiento. Se acerca al flujo inestable, con velocidades de operación tolerables, pero que pueden ser considerablemente afectadas por los cambios en las condiciones del tránsito. Los conductores tienen poca libertad de maniobras, pero las condiciones son tolerables por periodos cortos.

Cuando se alcanza la capacidad, Nivel de Servicio E (malo). Se forman largas colas, y la densidad es muy alta. La velocidad de todos se ve reducida a un valor bajo, bastante uniforme. La libertad de maniobra para circular es extremadamente difícil, y se consigue forzando a un vehículo o peatón a "ceder el paso". Los niveles de comodidad y conveniencia son enormemente bajos, siendo muy elevada la frustración de los conductores o peatones. La circulación es normalmente inestable, debido a que los pequeños aumentos de flujo o ligeras perturbaciones del tránsito producen colapsos.

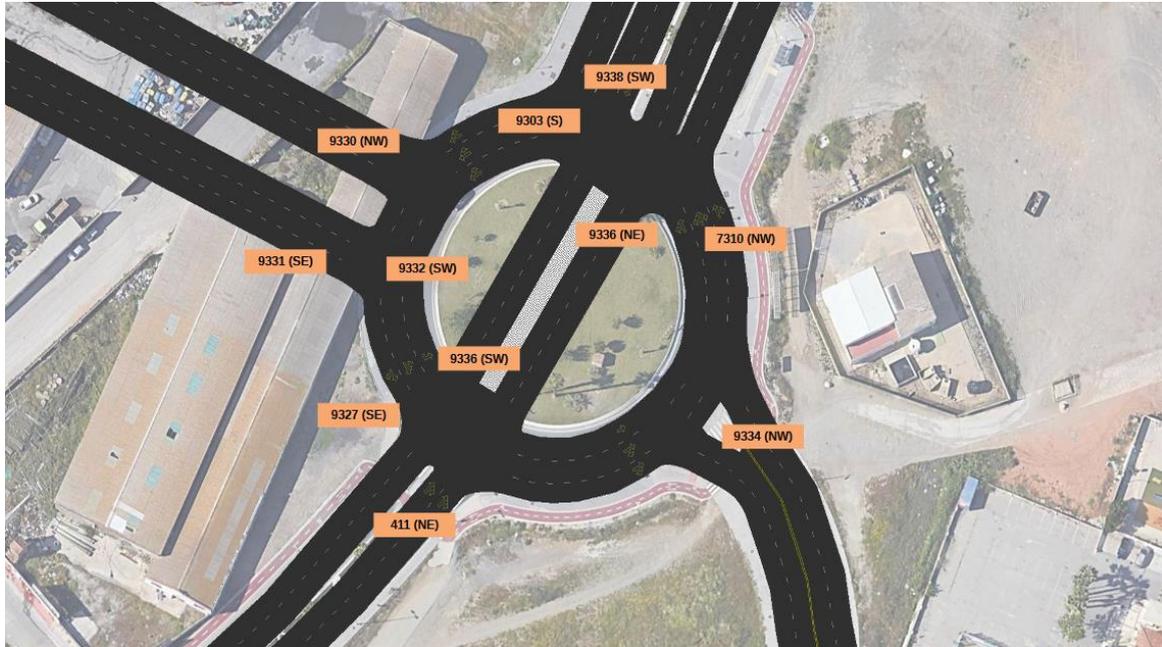
En el Nivel de Servicio F (pésimo), los usuarios experimentan una congestión. Representa condiciones de flujo forzado. Esta situación se produce cuando el flujo de tráfico que se acerca a un punto, excede la cantidad que puede pasar por él. En estos lugares se forman colas, donde la operación se caracteriza por la existencia de ondas de parada y arranque, extremadamente inestables.

En el siguiente cuadro se muestra el nivel de servicio para una intersección, regulada con semáforo, en función de los tiempos de demora:

DEMORA	Nivel de Servicio
0 – 10	A
10 – 20	B
20 – 35	C
35 – 55	D
55 – 80	E
> 80	F

El esquema de la glorieta analizada y los movimientos existentes la misma se muestra en la imagen adjunta:

Figura 23: Identificador de intersecciones



8.3. REGULACIÓN ENSAYADA

Se han realizado varios ensayos para la regulación y configuración de la glorieta, presentado en el estudio la que podría adecuarse mejor en los diferentes escenarios y con objeto de mantener los niveles de servicio inalterables entre la situación sin equipamiento y con equipamiento.

Tras los ensayos realizados se determina que para el escenario 01 la duración del ciclo sea igual a 110 segundos y la distribución por fases diferente según la hora de análisis, priorizando en ambos casos a la MA-22 con más de segundos de verde en la fase 1.

Figura 24: Regulación ensayada Hora Punta de la Mañana (08h) Escenario 01

Phasing			
Item Name Signal States			
ID	7	2	3
Green	60.0	27.0	6.0
Yellow	3.0	3.0	3.0
Red Clearance	2.0	2.0	2.0
Link Time	5.0	5.0	5.0
Phase Walk + FDW	15.0	15.0	15.0
Coordinated	Yes	No	No
Split	65.0	52.0	13.0
Net Min Green	13.0	13.0	13.0

Figura 25: Regulación ensayada Hora Punta de la Tarde (14h) Escenario 01

Phasing			
Item Name Signal States			
ID	1	2	3
Green	57.0	30.0	8.0
Yellow	3.0	3.0	3.0
Red Clearance	2.0	2.0	2.0
Lost Time	5.0	5.0	5.0
Pre Walk - FIDW	15.0	15.0	15.0
Coordinated	Yes	No	No
Split	62.0	35.0	13.0
Eye Max Green	13.0	13.0	13.0

En el escenario 02 debido a que se observa, empleado el ciclo anterior, una merma en los niveles de servicio; se opta por incrementar la duración a 115 segundos y, del mismo modo, una distribución por fases dependiendo de la hora analizada.

Figura 26: Regulación ensayada Hora Punta de la Mañana (08h) Escenario 02

Phasing			
Item Name Signal States			
ID	1	2	3
Green	60.0	32.0	8.0
Yellow	3.0	3.0	3.0
Red Clearance	2.0	2.0	2.0
Lost Time	5.0	5.0	5.0
Pre Walk - FIDW	15.0	15.0	15.0
Coordinated	Yes	No	No
Split	65.0	37.0	13.0
Eye Max Green	13.0	13.0	13.0

Figura 27: Regulación ensayada Hora Punta de la Tarde (14h) Escenario 02

Phasing			
Item Name Signal States			
ID	1	2	3
Green	63.0	29.0	8.0
Yellow	3.0	3.0	3.0
Red Clearance	2.0	2.0	2.0
Lost Time	5.0	5.0	5.0
Pre Walk - FIDW	15.0	15.0	15.0
Coordinated	Yes	No	No
Split	68.0	34.0	13.0
Eye Max Green	13.0	13.0	13.0

8.4. ANÁLISIS DE LA GLORIETA ESCENARIO 01

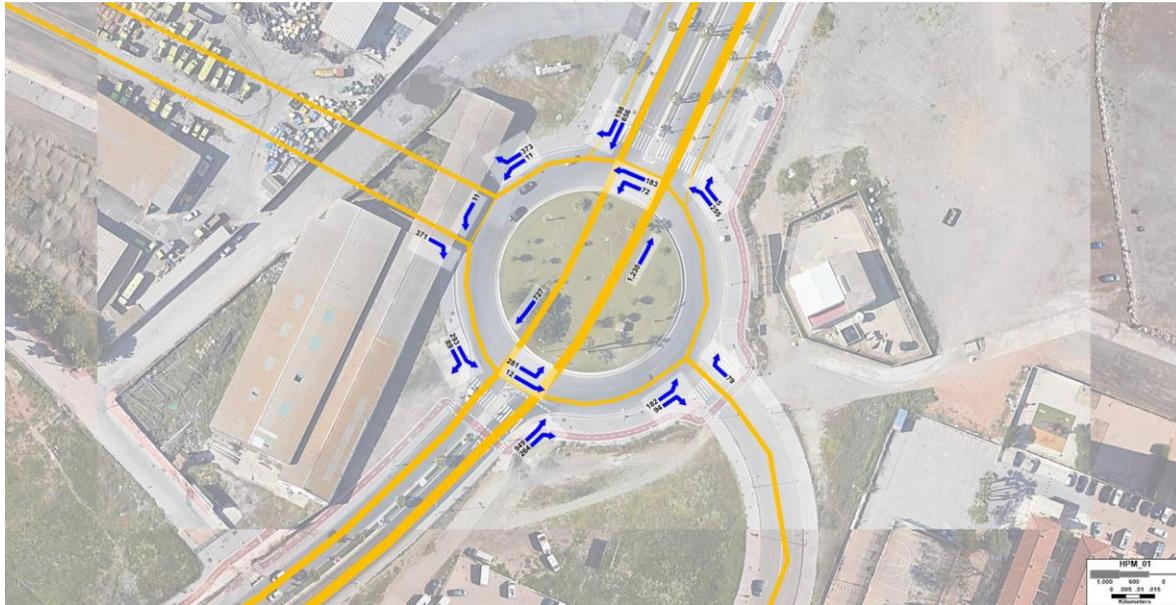
Este escenario se corresponde con el año de la puesta en servicio del centro educativo, que se estima se producirá en tres años a contar a partir del año actual 2024, siendo, en este caso, el año 2027.

Las siguientes imágenes muestran los movimientos previstos en la glorieta, obtenidos de la macrosimulación, y que se tienen en cuenta para el análisis del nivel de servicio de la misma.

Los resultados obtenidos muestran niveles de servicio óptimos en la MA-22, que se mantienen cuando se suma el tráfico generado por el equipamiento. La principal diferencia radica en la disminución del nivel de servicio, pasando de "B" a "C," en la MA-22 sentido salida de la ciudad, debido al incremento de las intensidades en la hora punta de la tarde. Al igual que en la hora punta de la mañana, el tráfico previsto para el equipamiento, no supone un empeoramiento de las condiciones normales.

El resultado más desfavorable "Nivel D" se localiza en el riñón sur de la glorieta que canaliza el acceso a la avenida Imperio argentina desde la MA-22.

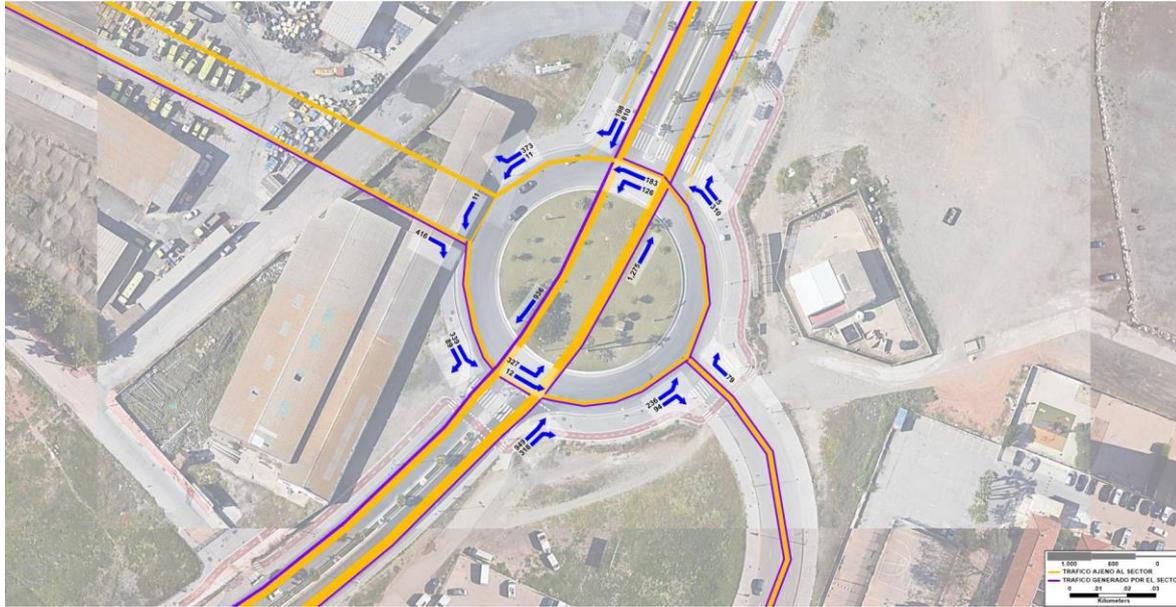
Figura 28: Movimientos hora punta de la mañana. Escenario 01 (2027) Sin equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.213	17,9	B
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.230	12,4	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	854	16,1	B
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	727	14,3	B

Lane Group	9312 (SW) (SWB)	9311 (SE) (SEB)	9316 (SW) (SWB)	9317 (SE) (SEB)	411 (NE) (NEB)	7308 (NE) (NEB)	9314 (NW) (NWB)	9315 (NE) (NEB)	7310 (NW) (NWB)	9318 (SW) (SWB)	9317 (S) (SB)	9316 (NE) (NEB)	7309 (SW) (SWB)
Adjusted Flow, veh/h	11	371	727	140	142	551	1213	84	182	78	182	137	5
Adjusted Saturation Flow, veh/h	5628	4628	3652	1881	1918	1717	3811	1876	3832	3652	5628	1881	1897
Capacity (c), veh/h	3233	1536	2156	589	810	548	2079	1707	3309	1267	3233	482	1229
Available Capacity (a), veh/h	3233	1165	2156	461	471	471	2079	466	140	970	3233	462	1229
Volume-Capacity Ratio (X)	0.0034	0.242	0.337	0.233	0.233	0.185	0.583	0.055	0.055	0.0628	0.0563	0.276	0.104
Flow Ratio (q/C)	0.55	0.32	0.55	0.32	0.32	0.32	0.55	0.88	0.88	0.32	0.55	0.25	0.88
Assigned Phase	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2
Uniform Delay (d1), s/veh	11.4	27.7	13.9	28.4	27	27.1	16.7	1.07	1.07	26.1	11.7	34.4	8.02
Incremental Delay (d2), s/veh	0.0019	0.373	0.424	0.913	0.895	0.746	1.21	0.0614	0.0317	0.0959	0.0332	1.48	0.171
Control Queue Delay (d3), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay Calibration (K)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Progression Adjustment Factor (PF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Control Delay (d), s/veh	11.4	28.1	14.3	29.3	27.8	27.8	17.9	1.13	1.11	26.2	11.8	35.9	8.19
Level Of Service	B	C	B	C	C	C	B	A	A	C	B	D	A
Total Delay, vehicle-h	0.0348	2.89	2.9	1.14	1.1	0.79	6.02	0.0398	0.056	0.875	0.894	1.27	0.292
Right Turned (RT), veh/h	0.1	7.5	16.6	3.9	2.0	1.9	20.7	0.2	0.4	1.5	2.2	1.9	0.2
Percentile Back of Queue (PBQ), vehicle	0.1	7.5	10.7	4.0	2.1	2.0	21.1	0.2	0.4	1.5	2.2	4.1	0.2
Effective Green Time, s	60.0	35.0	60.0	35.0	35.0	35.0	60.0	35.0	35.0	35.0	60.0	35.0	35.0
Approach Volume, veh/h	11	371	727	140	142	551	1213	84	182	78	182	137	5
Approach Delay, s/veh	11.4	28.1	14.3	29.3	27.8	27.8	17.9	1.13	1.11	26.2	11.8	35.9	8.19

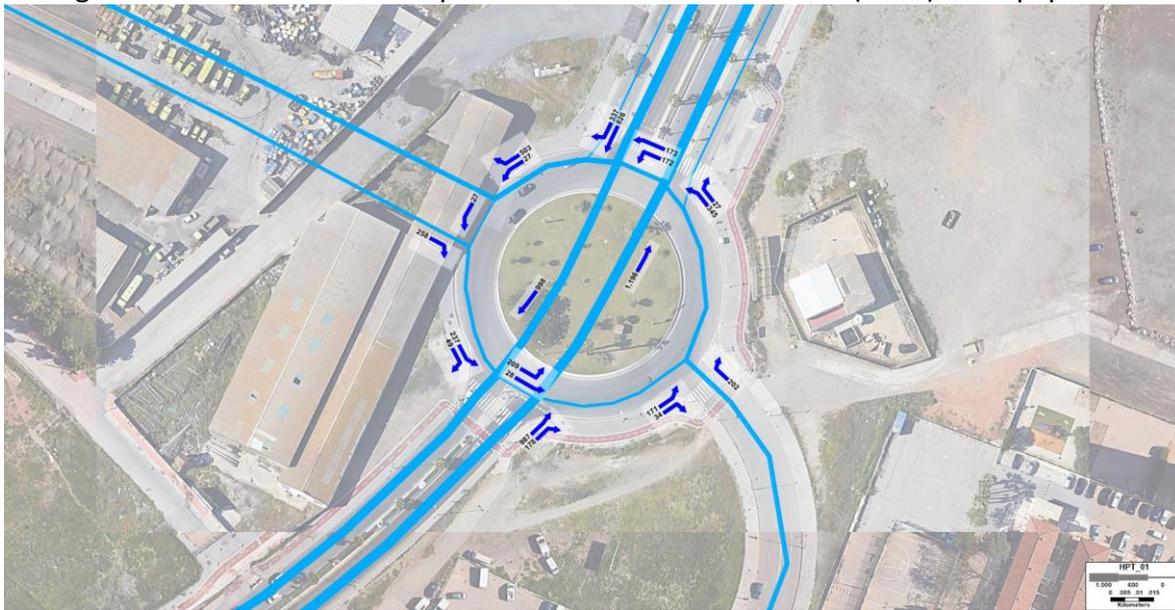
Figura 29: Movimientos hora punta de la mañana. Escenario 01 (2027) Con equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.267	18,4	B
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.275	12,6	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.008	17,5	B
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	936	15,5	B

Lane Group	9312 (SW) (SW/BL)	9311 (SE) (SE/BL)	9316 (NW) (SW/BL)	9327 (NE) (SE/BL)	411 (NE) (NE/BL)	708 (SE) (SE/BL)	9314 (NW) (SW/BL)	9313 (SE) (SE/BL)	7310 (NW) (SW/BL)	9318 (SW) (SW/BL)	9317 (SE) (SE/BL)	9316 (NE) (SE/BL)	7303 (SW) (SW/BL)
Adjusted Flow, veh/s	11	418	836	1673	165	159	1267	112	218	79	236	154	155
Adjusted Saturation Flow, veh/s	6008	4020	3952	1811	1912	1702	3786	3776	3828	3828	1881	1880	1674
Capacity (s), veh/s	3233	1836	2156	589	656	842	2070	1707	3207	1287	3233	462	1229
Available Capacity (s), veh/s	2233	1185	2156	462	470	416	2070	168	940	970	3233	462	1229
Volume-to-Capacity Ratio (v/c)	0.0034	0.221	0.38	0.277	0.252	0.195	0.612	0.0658	0.0658	0.0709	0.1301	0.1205	0.00352
Green Ratio (g/C)	0.55	0.32	0.55	0.32	0.32	0.32	0.55	0.66	0.66	0.32	0.55	0.25	0.66
Assigned Phase	T	2+3	T	2+3	2+3	2+3	T	2	2	2+3+T	T	T	2+3+T
Uniform Delay (d1), s/veh	11.4	28	14.9	28.9	27.2	27.1	17.1	1.99	1.98	26.1	11.8	36.2	1.92
Incremental Delay (d2), s/veh	0.0019	0.435	0.639	1.12	1.1	0.76	1.36	0.0743	0.0384	0.0859	0.6438	1.35	0.00441
Initial Queue Delay (d3), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay (d4), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay (d5), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Progression Adjustment Factor (PF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Control Delay (d), s/veh	11.4	28.4	15.5	30	28.3	27.8	18.4	1.16	1.12	26.2	11.8	37.5	1.92
Level of Service	B	C	B	C	C	C	A	A	A	C	B	A	A
Total Delay, veh*s	0.0348	3.28	4.04	1.36	1.3	0.781	6.48	0.0383	0.0678	0.575	0.779	1.59	0.00148
Fully Stopped (FS), veh*s	0.1	8.4	14.5	4.6	2.3	1.9	22.1	0.3	0.5	1.5	2.9	4.8	0.2
Percentiles 85th of Queue (Q85), veh/s	0.1	8.5	14.7	4.8	2.5	2.0	22.5	0.3	0.5	1.5	2.9	4.8	0.2
Effective Green Time, s	60.0	35.0	60.0	35.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0	60.0	35.0
Approach Volume, veh/s	11	418	836	1673	165	159	1267	112	218	79	236	154	155
Approach Delay, s/veh	11.4	28.4	15.5	30	28.3	27.8	18.4	1.16	1.12	26.2	11.8	37.5	1.92

Figura 30: Movimientos hora punta de la tarde. Escenario 01 (2027) Sin equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.165	19,6	B
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.196	14,0	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.163	21,6	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	998	17,9	B

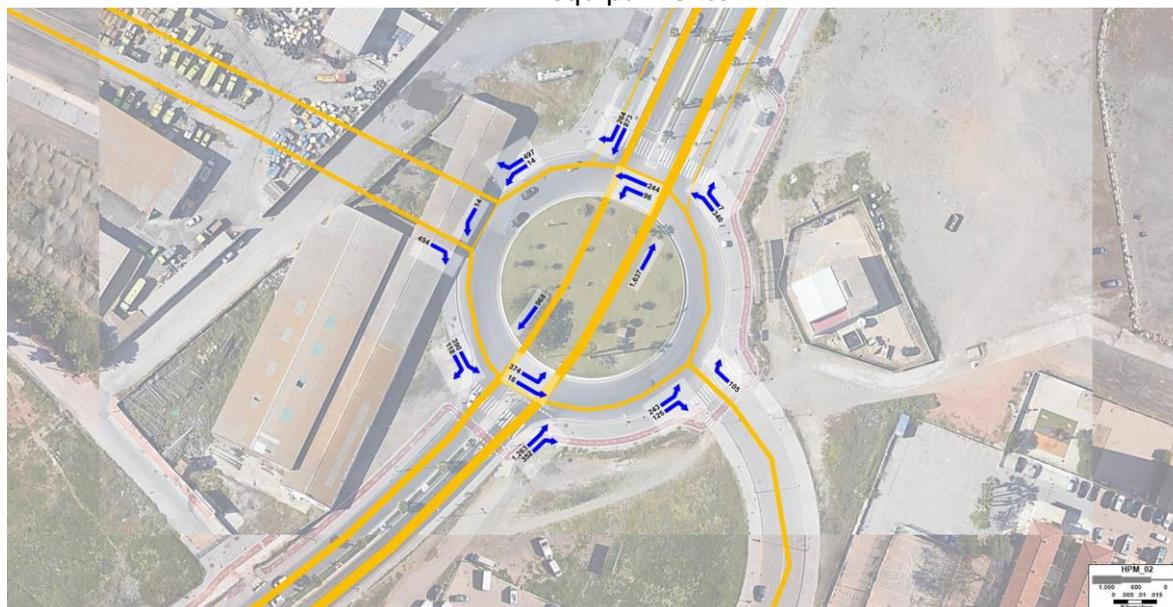
Lane Group	9132 (SW) (SWB)		9131 (SE) (SEB)		9136 (SW) (SWB)		9137 (SE) (SEB)		411 (NE) (NEB)		7088 (NE) (NEB)		9134 (NW) (NWB)		9135 (NE) (NEB)		7110 (NW) (NWB)		9138 (SW) (SWB)		9137 (S) (SB)		9136 (NE) (NEB)		7101 (SW) (SWB)		
	T	R	T	R	L+T	T+R	T	R	T	R	T	R	T	L+T	L+R	T+R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	
Adjusted Flow, veh/s	27	268	398	104	107	77	1166	69	136	250	171	174	73	27	1163	0	1198	530	628	1688	1688	1688	1688	1688	1688	1688	1688
Adjusted Saturation Flow, veh/s	6528	4828	3952	1881	1935	7775	3850	1976	3900	3952	5928	1881	1870	1674	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947	3947
Capacity (C), veh/s	3072	1688	2568	858	858	613	1928	1707	3168	1365	3072	513	1179	1445	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735
Available Capacity (veh/s)	3072	1217	2568	813	813	484	1935	639	1064	1079	3072	513	1179	456	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735	1735
Volume-Capacity Ratio (X)	0,00879	0,155	0,487	0,161	0,161	0,128	0,584	0,0404	0,0404	0,148	0,0557	0,34	0,147	0,0187	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Green Ratio (g/C)	0,52	0,35	0,52	0,35	0,35	0,35	0,52	0,86	0,86	0,35	0,52	0,27	0,86	0,86	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Adjusted Flow	1	242	1	243	243	243	1	2	2	243	1	2	243	1	243	243	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Incremental Delay (d), s/veh	12,8	24,2	17,1	25,4	24,4	18,3	1,07	1,08	24,8	13,1	33,1	5,2	1,03	16,4	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Incremental Delay (d ₀), s/veh	0,0082	0,197	0,833	0,528	0,515	0,421	1,26	0,0444	0,0225	0,229	0,0345	1,8	0,283	0,0238	2,08	5,88e-05	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808	0,808
Initial Queue Delay (d ₁), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay (d ₂), s/veh	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Progression Adjustment Factor (PF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Control Delay (d _c), s/veh	12,8	25,1	17,9	28	25,1	24,9	19,6	1,11	1,08	25,1	13,2	34,8	5,47	1,08	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8
Level Of Service	B	C	B	C	C	C	B	A	A	C	B	C	A	A	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Total Delay, veh-s	0,0082	1,8	4,97	0,753	0,73	0,532	6,33	0,0213	0,0407	1,41	0,628	1,69	0,458	0,00796	6,99	0,000355	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
Fully Stopped (N _{fs}), veh/s	0,3	4,9	16,9	2,7	1,6	1,2	21,0	0,2	0,3	3,8	2,2	0,3	0,3	0,0	20,4	0,0	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
Percentile Rank of Queue (R _q), veh/s	0,3	4,9	17,2	2,8	1,7	1,2	21,3	0,2	0,3	3,9	2,3	0,4	0,4	0,0	21,4	0,0	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	
Effective Green Time, s	57,0	38,0	38,0	38,0	38,0	57,0	85,0	85,0	38,0	57,0	30,0	85,0	85,0	57,0	30,0	85,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0	57,0
Approach Volume, veh/s	27	268	398	104	107	77	1166	69	136	250	171	174	73	27	1163	0	1198	530	628	1688	1688	1688	1688	1688	1688	1688	1688
Approach Delay, s/veh	12,8	24,2	17,9	25,4	24,4	18,3	1,07	1,08	24,8	13,1	33,1	5,2	1,03	16,4	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8

8.4.1. Análisis de la Glorieta Escenario 02

Este escenario se corresponde con el año horizonte 2047 y se realiza con objeto de comprobar el funcionamiento de la red viaria, en la que se contempla un crecimiento del tráfico ajeno al equipamiento del 1,44% anual, a partir de los valores reflejados en el Escenario 01.

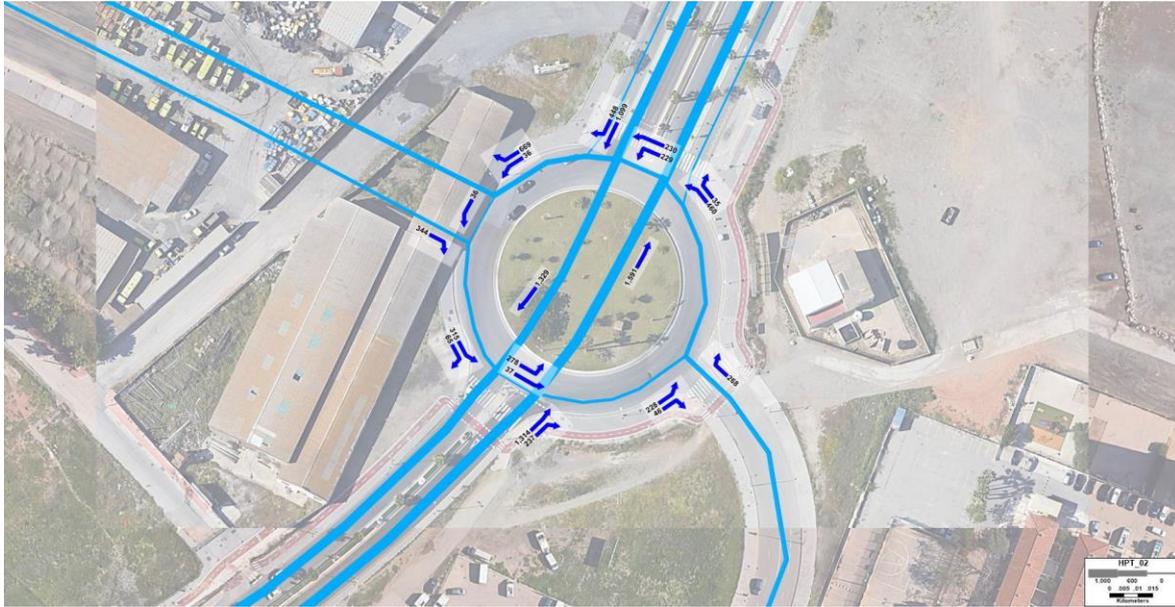
Los resultados obtenidos muestran una pérdida del nivel de servicio en la MA-22, en ambos sentidos, pasando de un nivel "B" a "C", debido al incremento tendencial del tráfico. Del mismo modo que en el Escenario 01, estos niveles se mantienen cuando se suma el tráfico generado por el equipamiento. El resultado más desfavorable sigue localizado en el riñón sur de la glorieta "Nivel D" que da acceso a la avenida imperio Argentina desde la calzada sur de la MA-22.

Figura 32: Movimientos hora punta de la mañana. Escenario 02 (2047) Sin equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.615	26,0	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.637	18,2	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.137	21,8	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	968	18,2	B

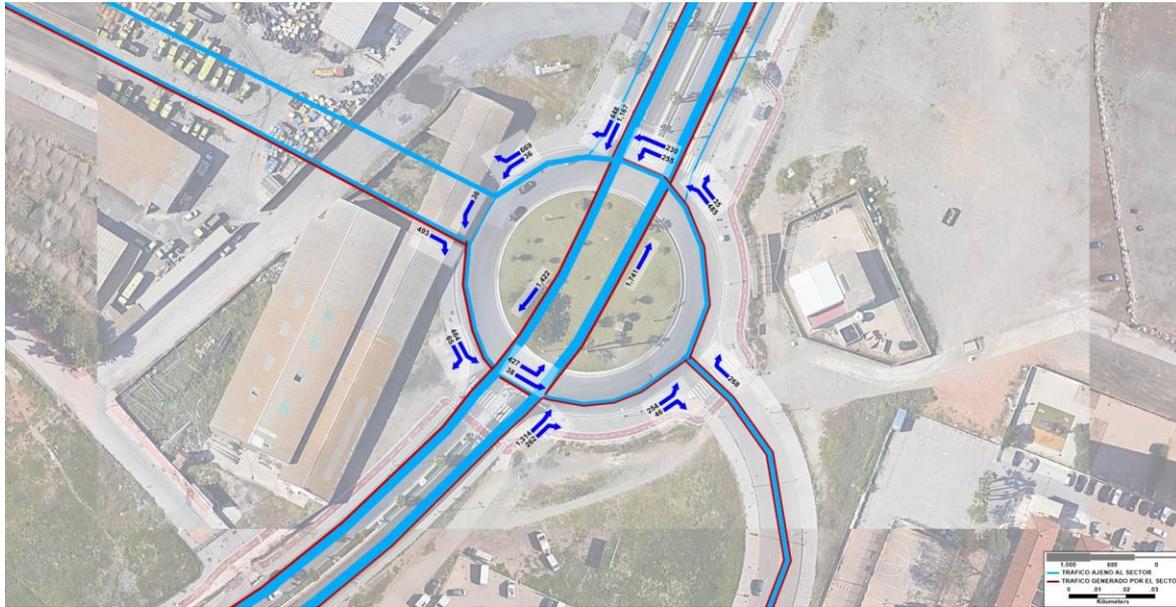
Figura 34: Movimientos hora punta de la tarde. Escenario 02 (2027) Sin equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.551	21,8	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.591	15,5	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.547	26,8	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.329	19,0	B

Lane Group	9332 (SW) (SWb)	9331 (SE) (SEb)	9336 (SW) (SWb)	9337 (SE) (SEb)	411 (NE) (NEb)	7308 (NE) (NEb)	9334 (NW) (NWb)	9335 (NE) (NEb)	7310 (NW) (NWb)	9338 (SW) (SWb)	9337 (SE) (SEb)	9336 (NE) (NEb)	7303 (SW) (SWb)
Adjusted Flow, veh/h	54	344	1209	139	142	100	1851	92	182	268	243	332	35
Adjusted Saturation Flow, veh/h	5928	4628	3952	1881	1925	1746	3883	1976	3883	3952	5928	1881	1865
Capacity (c), veh/h	3248	1553	2165	805	819	562	2127	1718	3377	1272	3248	474	1226
Available Capacity (ca), veh/h	3248	1553	2165	805	819	562	2127	1718	3377	1272	3248	474	1226
Volume-to-Capacity Ratio (X)	0.00431	0.221	0.614	0.23	0.23	0.182	0.729	0.0538	0.0538	0.211	0.0748	0.49	0.188
Control Ratio (g/C)	0.55	0.32	0.55	0.32	0.32	0.55	0.87	0.87	0.32	0.55	0.29	0.87	0.87
Assigned Phase	1	2+3	1	2+3	2+3	1	2	2+3	1	2	2+1+3	2+1+3	1
Uniform Delay (d1), s/veh	11.8	28.5	17.7	29.3	28.1	27.8	19.6	1.04	1.02	28.4	12.3	38.4	8.42
Incremental Delay (d2), s/veh	0.0024	0.329	1.31	0.888	0.866	0.71	2.24	0.0395	0.0303	0.378	0.0448	3.58	0.339
Control Delay (d), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay Calibration (k)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Progression Adjustment Factor (PF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Control Delay (d), s/veh	11.8	28.8	19	30.2	28.9	28.5	21.8	1.1	1.05	28.8	12.3	42	8.76
Level Of Service	B	C	B	C	C	C	A	A	C	B	D	A	A
Total Delay, veh-h	0.0458	2.78	7.02	1.17	1.15	0.807	3.4	0.0382	0.053	2.14	0.831	2.71	0.58
Perly Stopped (NS), veh-h	0.2	7.2	24.8	4.0	2.3	1.7	31.7	0.3	0.4	5.6	3.1	7.9	0.4
Permissible Back of Queue (PBQ), veh	0.2	7.2	25.2	4.2	2.5	1.8	32.3	0.3	0.4	5.7	3.2	8.4	0.5
Effective Green Time, s	63.0	37.0	63.0	37.0	37.0	63.0	100.0	37.0	63.0	29.0	100.0	100.0	63.0
Approach Volume, veh/h	14	344	1209	139	142	100	1851	92	182	268	243	332	35
Approach Delay, s/veh	11.8	28.8	19.0	30.2	28.9	27.8	21.8	1.1	1.05	28.8	12.3	42	8.76

Figura 35: Movimientos hora punta de la tarde. Escenario 02 (2047) Con equipamiento.



ACCESO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	DEMORA MEDIA (SEG-VEH)	NIVEL DE SERVICIO
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.576	22,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	1.741	16,9	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.615	29,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	1.422	19,9	B

Lane Group	9332 (SW) (SWB)	9331 (SE) (SEB)	9336 (SW) (SWB)	9327 (SE) (SEB)	411 (NE) (NEB)	7308 (NE) (NEB)	9334 (NW) (NWB)	9335 (NE) (NEB)	7310 (NW) (NWB)	9338 (SW) (SWB)	9337 (S) (S)	9336 (NE) (NEB)	7303 (SW) (SWB)
Adjusted Flow, veh/h	7	8	7	1	1-17	1-8	1	1	1-17	1-8	7	7	1-8
Adjusted Saturation Flow, veh/h	514	493	1422	254	377	353	1876	501	389	268	397	245	242
Capacity (c), veh/h	5928	4828	3952	1881	1909	1710	3880	1876	3883	3952	5928	1881	1866
Capacity (c), veh/h	3248	1553	2185	605	614	550	2126	1718	3377	1272	3248	474	1226
Available Capacity (ca), veh/h	3248	1717	2185	474	481	431	2126	488	378	997	3248	474	1226
Volume-to-Capacity Ratio (v/c)	0.0431	0.317	0.657	0.383	0.383	0.187	0.741	0.0589	0.0589	0.211	0.0915	0.517	0.198
Green Ratio (g/C)	0.55	0.32	0.55	0.32	0.32	0.32	0.55	0.87	0.87	0.32	0.55	0.25	0.87
Assigned Phase	T	2x3	T	2x3	2x3	2x3	T	2	2	2x3	T	2	2x1x3
Custom Delay (d ₁), s/veh	11.8	29.5	18.4	31.2	28.9	27.8	19.8	1.05	1.02	28.4	12.4	38.8	8.42
Incremental Delay (d ₂), s/veh	0.0024	0.538	1.58	1.82	1.58	0.752	2.38	0.0655	0.0333	0.378	0.0558	3.99	0.363
Control Delay (d _c), s/veh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Incremental Delay Calibration (k)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Progression Adjustment Factor (PF)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Control Delay (d _c), s/veh	11.8	30	19.9	32.8	30.5	28.6	22.2	1.11	1.09	28.8	12.4	42.8	8.79
Level Of Service	B	C	B	C	C	C	A	A	A	C	B	B	A
Travel Delay, s/veh	0.0458	4.17	7.88	1.95	1.84	0.817	9.71	0.0312	0.0584	2.74	1.02	2.92	0.00997
Perch Stopped (D ₀), s/veh	0.2	10.6	27.6	6.5	3.4	1.7	32.5	0.3	0.4	5.6	3.9	8.4	0.4
Percentile Back of Queue (P ₈₀), veh/s	0.2	10.7	28.0	6.8	3.7	1.8	33.2	0.3	0.4	5.7	3.9	9.0	0.5
Effective Green Time, s	63.0	37.0	63.0	37.0	37.0	63.0	100.0	100.0	100.0	37.0	63.0	37.0	100.0
Approach Volume, veh/h	14	493	1422	254	377	353	1876	501	389	268	397	245	242
Approach Delay, s/veh	11.8	30.0	19.9	31.0	29.2	27.8	19.8	1.1	1.1	28.8	12.4	42.2	8.79

8.4.2. Comparativa Accesos a Glorieta desde MA-22

A modo de resumen se indican los valores de saturación y nivel de servicio, en cada escenario, en el eje de la MA-22 a su paso por la glorieta analizada.

TABLA 24: Comparativa Demoras y Niveles de Servicio. Hora Punta de la Mañana

ACCESO	ESCENARIO 01 (2027)				ESCENARIO 02 (2047)			
	SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO		SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO	
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	17,9	B	18,4	B	26,0	C	27,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	12,4	B	12,6	B	18,2	B	18,7	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	16,1	B	17,5	B	21,8	C	24,3	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	14,3	B	15,5	B	18,2	B	19,9	B

TABLA 25: Comparativa Demoras y Niveles de Servicio. Hora Punta de la Tarde

ACCESO	ESCENARIO 01 (2027)				ESCENARIO 02 (2047)			
	SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO		SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO	
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	19,6	B	19,8	B	21,8	C	22,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	14,0	B	15,0	B	15,5	B	16,9	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	21,6	C	22,7	C	26,8	C	29,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	17,9	B	18,6	B	19,0	B	19,9	B

Aunque en todos los escenarios de análisis el funcionamiento de la glorieta es adecuado, se observa en el año horizonte una lógica pérdida de capacidad por el incremento tendencial de las intensidades que se palia con cambios en la regulación propuesta que se adecuen a las intensidades existentes en el momento.

9. CONCLUSIONES

Tras el análisis realizado, se determina que la puesta en servicio y actividad del equipamiento educativo propuesto en el sector "EL PATO - MINERVA" del PGOU de Málaga, no supone una afección significativa al nivel de servicio de la carretera MA-22.

En el presente Estudio de Tráfico se ha analizado la capacidad del eje de la MA-22 en la glorieta que da acceso al sector, para ello se han realizado las siguientes tareas:

- ETAPA 1: Se analiza la evolución de la red viaria en el entorno de estudio desde el punto de vista de la oferta viaria existente (accesos y capacidad) como de la demanda (tráfico que discurre por la red viaria). La principal fuente de información la constituye el Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento 2019 (última publicación existente en la fecha de redacción del presente documento) debido a los años posteriores con restricciones por la COVID), cuyos datos se complementan con trabajos de campo realizados en el entorno.
- ETAPA 2: En este apartado se determinan los desplazamientos que generarán como consecuencia del desarrollo del sector. Para ello se consideran diversas hipótesis del tráfico generado según los distintos usos, que están basadas en estudios de similares características. Generalmente, en la mayor parte de los estudios de tráfico realizados, los índices utilizados se corresponden con los del Trip Generations Manual y/o ratios mínimas de viajes generados/día de regulación de los estudios de evaluación de la movilidad generada de la Generalitat de Catalunya.
- ETAPA 3: La realización del estudio de tráfico se fundamenta en la necesidad de comprobar el funcionamiento de la red viaria con las soluciones de acceso propuestas y el sector desarrollado. Se utiliza el software Transcad y Transmodeler para asignar a la red viaria una matriz futura de viajes en la que se incluyen la evolución de la movilidad en el entorno de estudio más los viajes que genera el sector objeto de estudio. Una vez asignada la matriz en los escenarios considerados se analiza el funcionamiento los elementos de la red viaria teniendo como objetivo fundamental la definición de su nivel de servicio, es decir: de su límite de eficacia y de su nivel de eficiencia operativa desde la perspectiva del usuario, en distintos escenarios (presentes o futuros), siguiendo los criterios del manual de capacidad (HCM 2010).

La simulación realizada se plantea en dos escenarios, en las horas punta de la mañana y de la tarde: Escenario 01, representa la situación de la red viaria en el año de puesta en servicio 2027, con las previsiones de crecimiento con y sin desarrollo del sector; el Escenario 02 se corresponde con el año Horizonte 2047 (20 años desde puesta en servicio) con y sin desarrollo del sector.

La mayor parte del tráfico generado que accede al equipamiento desde la MA-22, tanto en sentido oeste como este, lo hace por la vía de servicio; cambiando de sentido en la glorieta o continuando por la MA-22 hasta alcanzar el acceso a la vía de servicio.

Se han realizado varios ensayos para la regulación y configuración de la glorieta, presentado en el estudio la que podría adecuarse mejor en los diferentes escenarios y con

objeto de mantener los niveles de servicio inalterables entre la situación sin equipamiento y con equipamiento.

Tras los ensayos realizados se determina que para el escenario 01 la duración del ciclo sea igual a 110 segundos y la distribución por fases diferente según la hora de análisis, priorizando en ambos casos a la MA-22 con más de segundos de verde en la fase 1.

A modo de resumen se indican los valores de saturación y nivel de servicio, en cada escenario, en el eje de la MA-22 a su paso por la glorieta analizada.

TABLA 26: Comparativa Demoras y Niveles de Servicio. Hora Punta de la Mañana

ACCESO	ESCENARIO 01 (2027)				ESCENARIO 02 (2047)			
	SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO		SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO	
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	17,9	B	18,4	B	26,0	C	27,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	12,4	B	12,6	B	18,2	B	18,7	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	16,1	B	17,5	B	21,8	C	24,3	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	14,3	B	15,5	B	18,2	B	19,9	B

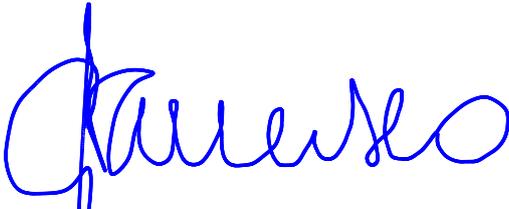
TABLA 27: Comparativa Demoras y Niveles de Servicio. Hora Punta de la Tarde

ACCESO	ESCENARIO 01 (2027)				ESCENARIO 02 (2047)			
	SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO		SIN EQUIPAMIENTO		CON EQUIPAMIENTO	
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	19,6	B	19,8	B	21,8	C	22,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO ACCESO A CIUDAD)	14,0	B	15,0	B	15,5	B	16,9	B
MA-22 (ANTES DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	21,6	C	22,7	C	26,8	C	29,2	C
MA-22 (INTERIOR DE GLORIETA, SENTIDO SALIDA DE CIUDAD)	17,9	B	18,6	B	19,0	B	19,9	B

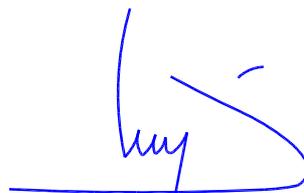
A tenor de los resultados obtenidos en los escenarios de análisis se concluye que el desarrollo del sector no implica un empeoramiento de los niveles de servicio, la solución

para resolver problemas derivados de incrementos puntuales de las intensidades y, como consecuencia de ello, una disminución de los niveles de servicio, es el establecimiento de planes de tiempo que regulen la intersección priorizando los movimientos en los que se detecten las mayores intensidades.

Málaga, febrero de 2024



FRANCISCO JOSÉ RUEDA MONTERO
Ingeniero Técnico Industrial



SALVADOR GARCÍA DURÁN
Ingeniero Técnico de Obras Públicas.
Ingeniero Civil