

MODIFICACIÓN PUNTUAL

PGOUB

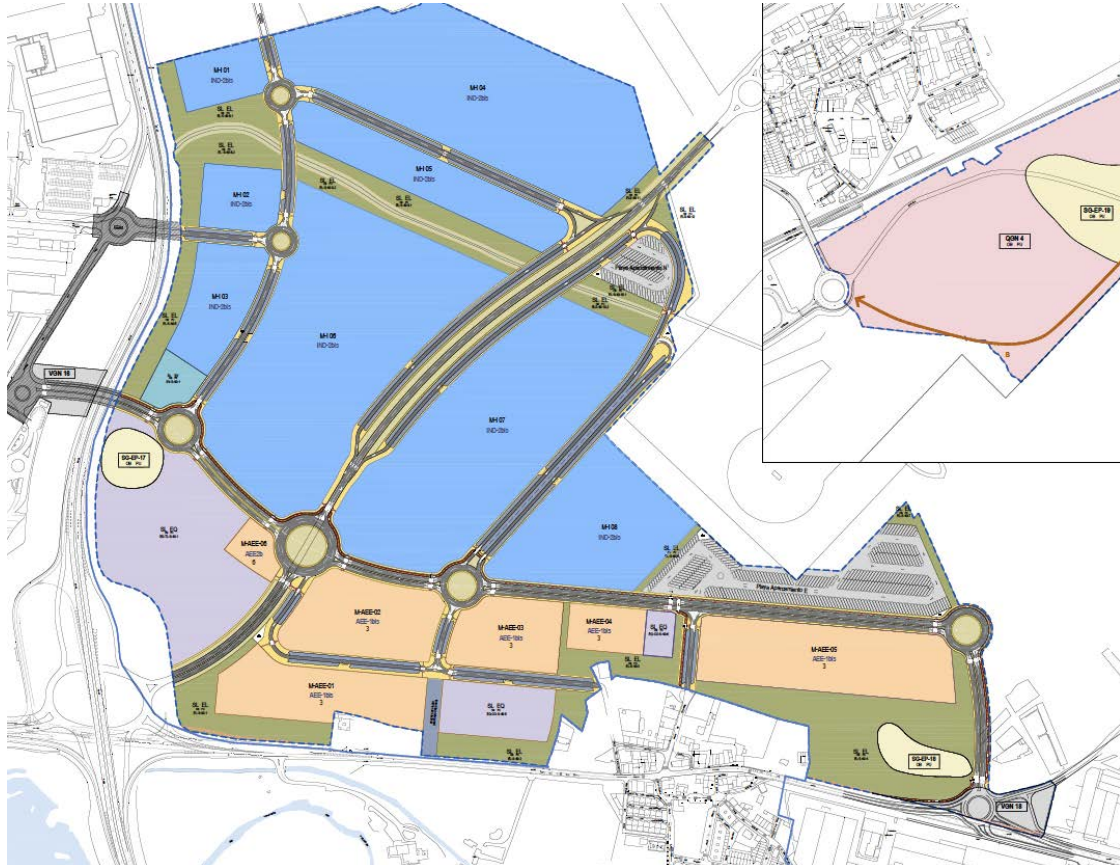
MODIFICACIÓN DEL PGOUB PARA LA DEFINICIÓN DE UN ÁMBITO DE
SUELO URBANIZABLE DE USO LOGÍSTICO E INDUSTRIAL EN EL
ENTORNO DEL AEROPUERTO

anejo A1
ESTUDIO DE TRÁFICO

documento para aprobación inicial

DOCUMENTACIÓN REFUNDIDA

MARZO 2024



ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S- 40 “AEROPUERTO SUROESTE” (BURGOS)

Marzo, 2024

Contenido

1.	Introducción y objetivos.....	4
2.	Metodología	5
2.1.	Descripción general.....	5
2.2.	Microsimulación de tráfico.....	6
2.3.	Capacidad de gloriets según HCM	7
3.	Toma de datos y justificación de los periodos de simulación	8
4.	Análisis de la situación actual.....	15
5.	Nuevo desarrollo. Descripción de la propuesta y estimación de la demanda generada.	27
6.	Análisis de la situación prevista con el nuevo desarrollo.	31
7.	Conclusiones	42

1. Introducción y objetivos.

En el presente estudio se expone el análisis de tráfico realizado ante el futuro desarrollo de un sector de suelo logístico industrial con la denominación S-40 "AEROPUERTO SUROESTE", al que seguirá el posterior desarrollo de otro sector colindante con el primero, con la denominación S-41 "AEROPUERTO SURESTE" en la ciudad de Burgos.

Cualquier nuevo uso del suelo en el que se comience a desarrollar una actividad, va a producir un incremento de mayor o menor magnitud en el tráfico de la zona, afectando en mayor medida tanto a los viales como a las intersecciones más próximas. En concreto, el nuevo desarrollo afecta principalmente a la actual vía de acceso al Aeropuerto de Burgos, así como a la N-120 y al enlace de esta con la A-1 y, en menor medida, a la salida de la A-1 adyacente a la factoría de Campofrío (c/ la Bureba) (ver Ilustración 1).

El presente estudio tendrá por lo tanto que verificar que la actividad del nuevo desarrollo no genera colas ni problemas de tráfico en los accesos ni en las intersecciones y enlaces de las carreteras antes mencionadas, estableciendo como criterio en lo que a afección al tráfico se refiere, que la nueva actividad no podrá suponer una degradación del nivel de servicio inicial (de acuerdo con el Manual de Capacidad) con la excepción de aquellos elementos con nivel de servicio preexistente A, que podrán pasar a un nivel B.

Por todos los motivos anteriormente expuestos, el objetivo principal de este informe es evaluar las repercusiones sobre el tráfico y la red viaria de una nueva actividad económica en la citada zona, concretamente de la implantación del citado uso logístico industrial, mediante la consecución de los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las generaciones y atracciones de tráfico previstas del futuro desarrollo.
- Determinar las demoras, colas y niveles de servicio del enlace de la A-1 con la N-120, salida de la A-1 junto a Campofrío y acceso por la N-120 en Castañares en la situación actual y futura con el desarrollo completo de la parcela S-40.
- Realizar una microsimulación de la zona que permita replicar las condiciones actuales y previstas del tráfico.
- Proponer aquellas medidas correctoras que sean necesarias para minimizar la afección al tráfico.

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
“AEROPUERTO SUROESTE” (BURGOS)

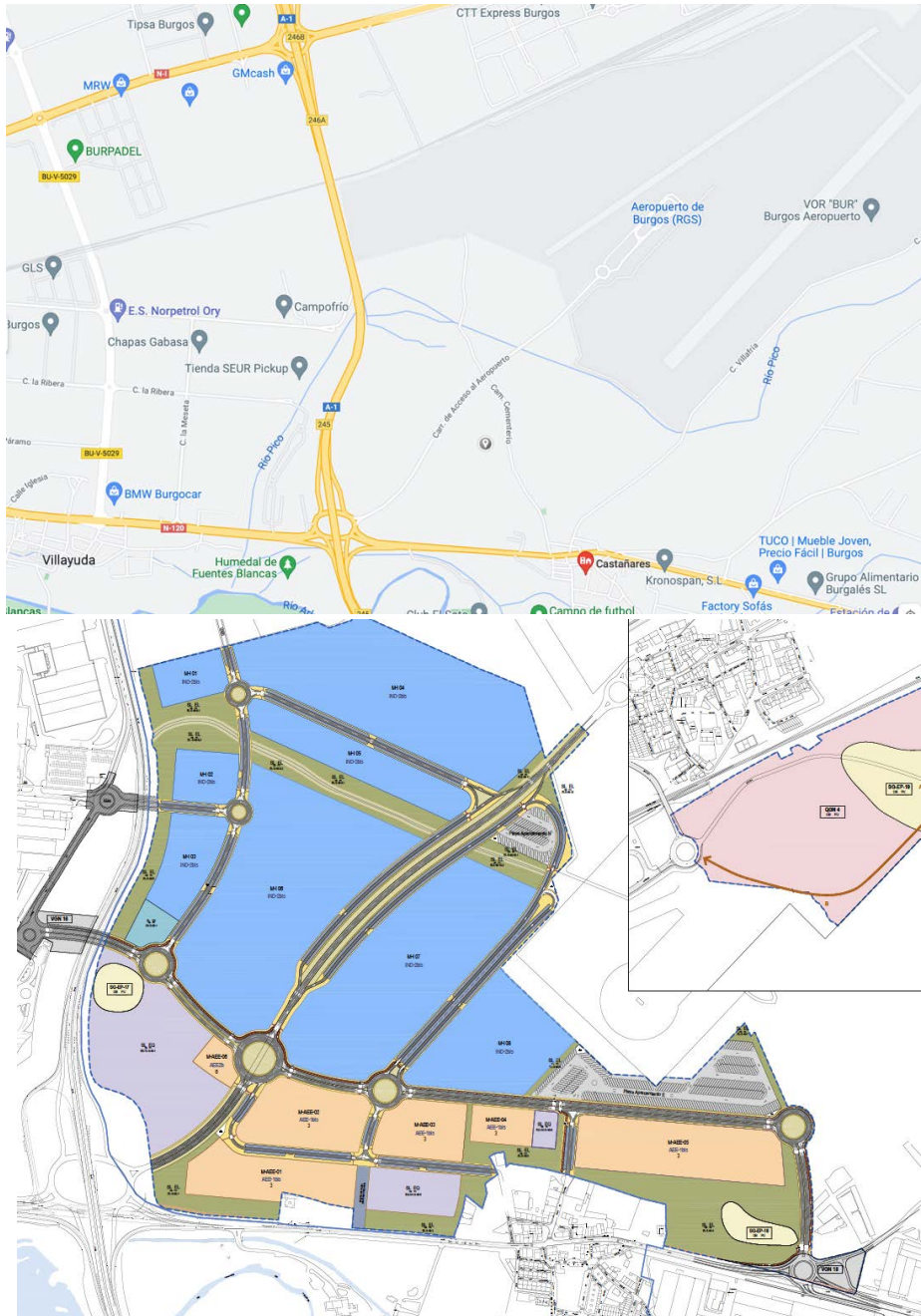


Ilustración 1 Emplazamiento previsto de la parcela S-40

2. Metodología

2.1. Descripción general

Para llevar a cabo este estudio, se ha calibrado un modelo de microsimulación de tráfico del área de estudio y, además, se ha analizado más en detalle el enlace que resuelve la intersección de la N-120 con la A-1, y la carretera de acceso al Aeropuerto de Burgos, empleando la metodología descrita en el Manual de Capacidad norteamericano: *Highway Capacity Manual* (HCM). Para ello ha sido necesario una

labor previa de toma de datos en la que se incluye la realización de aforos de tráfico, mediciones de longitudes de colas y recopilación de información adicional.

Posteriormente se ha simulado la situación actual para calibrar y validar el modelo y se ha estimado la nueva demanda generada por el desarrollo del polígono con los nuevos accesos propuestos. Esta será la situación de referencia para evaluar la afección real del nuevo desarrollo, una vez cuantificada la demanda generada mediante el uso del manual *TRIP-GENERATION*.

Con todo ello, se simula el escenario previsto, comparándose los resultados con la situación actual y la situación con el desarrollo completo del polígono con todas sus futuras parcelas en funcionamiento.

2.2. Microsimulación de tráfico

Este tipo de modelos permiten simular cada vehículo individualmente, pudiendo ser representados en la red vial. Estos modelos contienen procesos lógicos que reproducen el comportamiento de los vehículos y su interacción tanto con otros vehículos como con la red vial. Estos comportamientos incluyen lógicamente los procesos de aceleración, deceleración, adelantamientos, cambios de carril, movimientos de giro en intersecciones, aceptación de *gap*, etc. Todos ellos constituyen eventos que se van sucediendo y evolucionando a cada paso temporal de la simulación, por ejemplo de 0.1 segundos. Asimismo, la red vial puede ser también representada a nivel de carriles, pudiéndose incluir redes semafóricas y demás elementos operacionales de la vía.

El hecho de poder simular escenarios a escala mucho más detallada permite reproducir con mayor fidelidad los comportamientos de los vehículos ante determinadas situaciones. La simulación microscópica se basa en las tres etapas clásicas: construcción del modelo, simular-calibrar-validar y análisis de resultados.

Construcción del modelo:

La primera etapa es la de construir el modelo sobre el cual se van a realizar las simulaciones. Para ello, será necesario construir lo que se llama el modelo de la red vial a nivel de secciones (carriles, líneas de división...), intersecciones (giros, prioridades...), centroides y equipamiento (señalización solamente en este caso).

Calibración-Validación:

La calibración del modelo se basa a su vez en varios sub-modelos, entre los cuales se pueden destacar:

- El modelo del tráfico mediante la introducción de la demanda en base a una matriz origen-destino (O/D) o aforos; definir un patrón de llegadas para el tráfico, generalmente poissoniano o exponencial; definir los atributos de cada tipo de vehículos del área de estudio (dimensiones, aceleración, velocidad, tiempos de reacción, distancia en parada, etc.).
- El modelo de seguimiento de vehículos (*car following*) basado en el modelo empírico de Gipps que establece que la velocidad objetivo será función de la máxima velocidad deseada, la limitación de velocidad del vial y las limitaciones impuestas por el vehículo precedente.
- El modelo de cambio de carril (*lane changing*) también basado en el modelo de cambio de carril de Gipps que se basa en un diagrama de decisión. Este modelo no tendrá especial repercusión en el área de estudio al tratarse de una carretera de dos carriles y una intersección con giro e incorporación.
- El modelo de aceptación de *gap* (gap acceptance) que se basa en la regla lógica de brecha o hueco crítico para realizar una determinada maniobra.

2.3. Capacidad de glorietas según HCM

Esta metodología se basa en la estimación de la capacidad de cada acceso a la glorieta que dependerá del número de carriles del propio acceso y de la calzada anular y del flujo circulante que corta e impide la incorporación a la glorieta (tráfico de conflicto). Así, la capacidad de una entrada en una glorieta se expresa como:

$$C_{e,pce} = A \cdot e^{(-B \times 10^{-3})v_{c,pce}}$$

Donde:

$C_{e,pce}$: capacidad del carril, ajustado por vehículos pesados (pc/h)

$v_{c,pce}$: tráfico de conflicto (pc/h)

A y B : parámetros dependientes del número de carriles de entrada y de número de carriles de la calzada anular, dados por el HCM.

Previamente, los flujos deben ser corregidos incluyendo el factor de vehículos pesados y el factor de hora punta, a fin de analizar el peor valor de la intensidad horaria equivalente, resultante del peor periodo de 15 minutos medido.

Con la capacidad (c) y el volumen horario o intensidad de tráfico previsto, se calcula la tasa volumen/capacidad (x) y, con ella, la demora (d) en el periodo de análisis (T) mediante la formulación:

$$d = \frac{3,600}{c} + 900T \left[x - 1 + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{\left(\frac{3,600}{c}\right)x}{450T}} \right] + 5 \cdot \min[x, 1]$$

Finalmente, se obtienen las demoras por acceso y los niveles de servicio asociados (ver Tabla 1). El nivel de servicio global de la intersección se calcula como la media ponderada de las demoras de cada acceso, en función de sus flujos.

Demora (sg/veh)	$x \leq 1.0$	$x > 1$
Glorietas		
0-10	A	F
>10-15	B	F
>15-25	C	F
>25-35	D	F
>35-50	E	F
>50	F	F

Tabla 1. Tabla de Niveles de servicio en base a demoras (HCM 2016)

3. Toma de datos y justificación de los periodos de simulación

La campaña de toma de datos ha consistido en la realización de conteos manuales y procesado de datos de video durante la hora punta de un día laborable en todos los accesos del enlace de la N.120 con la A-1, en la salida de la A-1 junto a la factoría de Campofrío y en la intersección semaforizada de la N-120 en Castañares. Para ello se instalaron cuatro cámaras de vídeo para monitorizar los giros y movimientos, el flujo circulante, los tiempos de reacción en las incorporaciones y la formación y disipación de colas (Ilustración 2, Ilustración 3).

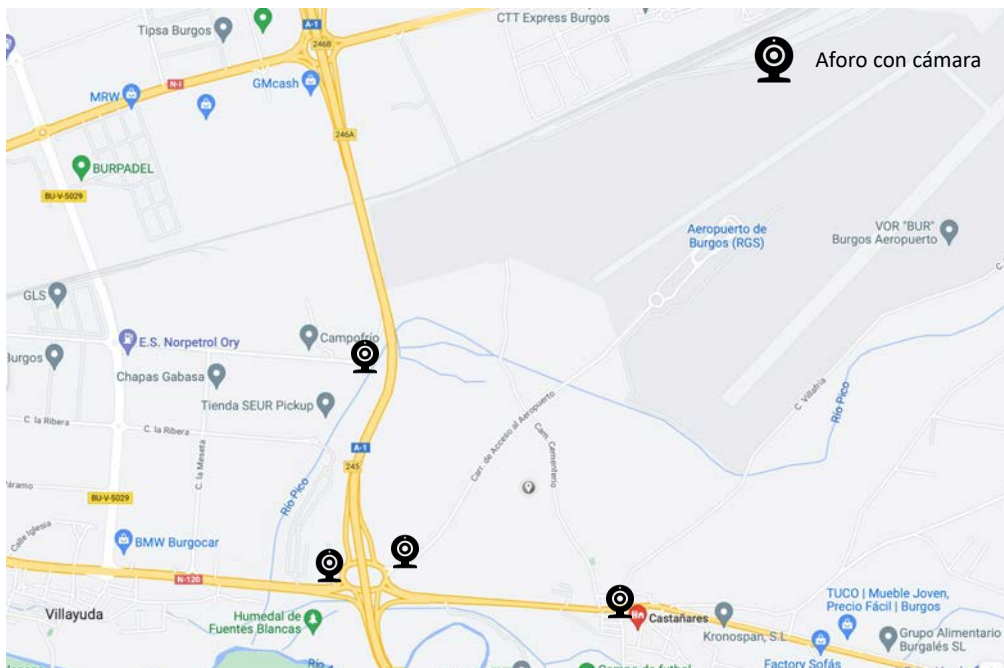


Ilustración 2 Puntos de aforo manual y con cámara



Ilustración 3 Aforos con cámara en el viario del área de estudio

Para determinar el periodo más adecuado de toma de datos, se ha consultado la versión más reciente del Mapa de Tráfico del MITMA, estando disponibles los datos de varias estaciones de aforo próximas, concretamente de la estación permanente BU-446-0, en el PK 256+62 de la A-1, BU-256-2, en el PK 107+90 de la N-120 y la BU-40-3 en la carretera de acceso al aeropuerto (BU-12) (mostradas en la Ilustración 4).

De todas ellas se han analizado los datos de intensidades medias diarias (IMD), porcentaje de pesados y estacionalidad de la IMD. Además, puesto que se dispone de una estación permanente, se han podido extraer resultados más detallados a nivel horario, flujos direccionales e intensidades de las horas 30 y 100. Así, si se analizan los datos mensuales de la IMD de la estación permanente BU-446-0 y de la BU-256-2, se puede ver que son los meses de julio y agosto los que más tráfico registran, así como octubre también para la BU-256-2 (Ilustración 5). Lógicamente, agosto no es un mes representativo a los efectos de este estudio en cuanto a que la actividad laboral baja considerablemente. Por ello, se adopta el mes de julio como el peor caso posible de coincidencia de IMD elevada con actividad alta en el nuevo desarrollo. Además, los días

laborables presentan mayor intensidad de tráfico que los fines de semana, por lo que se ha analizado el perfil horario de tráfico de los días laborables al objeto de determinar el periodo punta de la zona de estudio. Como puede verse en la Ilustración 6, el periodo punta es el comprendido entra las 14:00 y las 16:00, que en este caso coincide con la salida laboral por lo que se adoptará este periodo como el más representativo para analizar el impacto en el tráfico del nuevo desarrollo.

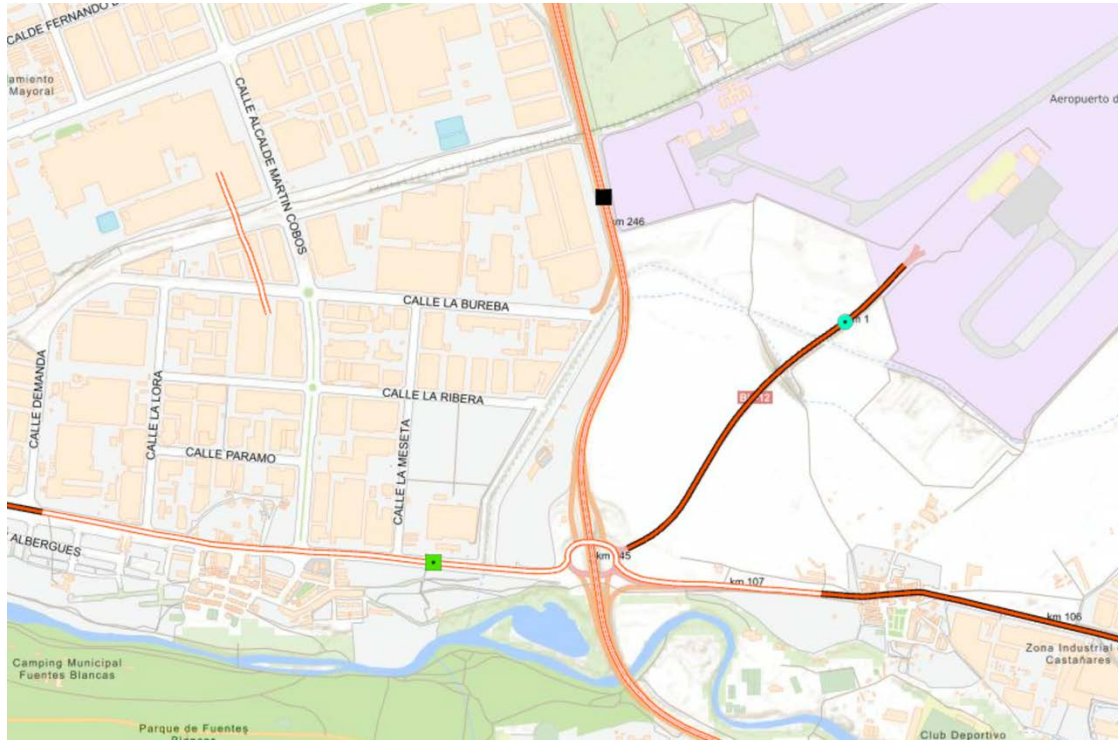


Ilustración 4 Localización de la estación permanente 33

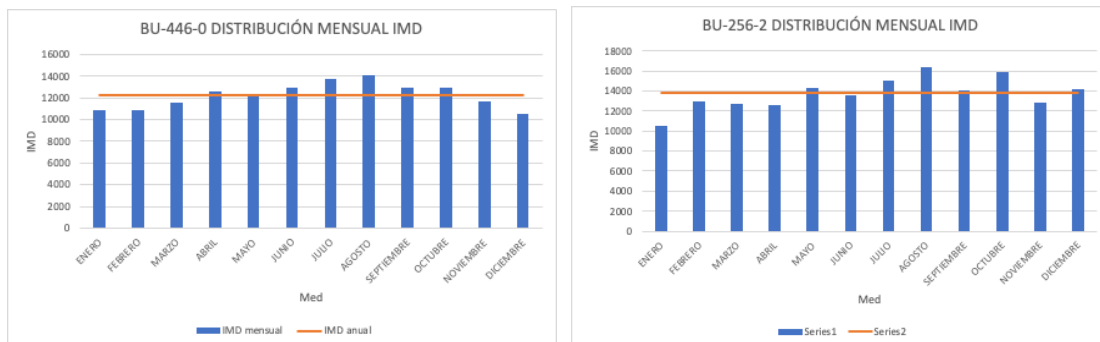


Ilustración 5 Distribución mensual de la IMD en la estación BU-446-0 (izda) y BU-256-2 (dcha.)

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
"AEROPUERTO SUROESTE" (BURGOS)

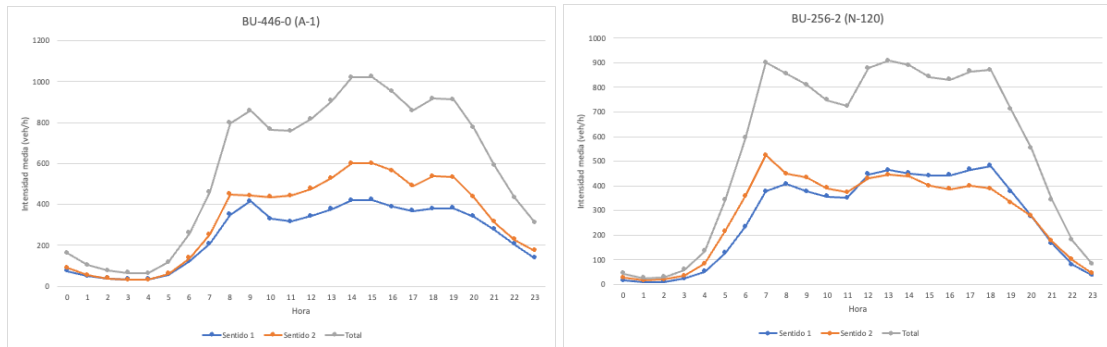


Ilustración 6 Distribución horaria por sentido en días laborables en la estación BU-446-0 (izda) y BU-256-2 (dcha.)

En base a este análisis previo y a las fechas disponibles, el conteo se decidió realizar el día 27 de julio de 2022, miércoles laborable con buen tiempo, de 12:00 a 16:00 horas, cubriendo así un periodo representativo, tal y como se acaba de justificar.

De cada acceso a la glorieta y resto de aforos se han realizado conteos en periodos de 15 minutos, obteniéndose los flujos entrantes, salientes y de conflicto, la distribución de tráfico entre ligeros y pesados y los factores de hora punta. La Ilustración 7 muestra una captura de pantalla del algoritmo de reconocimiento de imagen y seguimiento de objetos en funcionamiento para algunas de las cámaras empleadas en este estudio de aforo. Por su parte, en la Ilustración 8 se pueden ver los movimientos aforados y la ubicación de las cámaras en cada intersección.

Posteriormente, se han expandido estos datos al periodo punta anual. Para ello, se han analizado las relaciones entre la hora 30 y el valor horario obtenido en un día laborable de julio. Realizando este análisis, se obtiene que la hora 30 es un 10% de la IMD anual en la BU-446-0. Comparando este valor, con el valor horario punta de un día laborable de julio, se obtiene un factor de mayoración del 20.27% para que los aforos realizados sean equivalentes a dicha hora 30.

A continuación se detallan los flujos entrantes y salientes por hora en cada intersección, así como los respectivos factores de hora punta obtenidos de los aforos. Los puntos se detallan en la Ilustración 8.

C/BUREBA CON ACCESO A-1 (CAMPOFRÍO)				
Punto	Hora	Aforo (veh/h)	FHP	% Pesados
A	12:00-13:00	21	0.66	14.28%
	13:00-14:00	56	0.74	10.71%
	14:00-15:00	14	0.58	7.14%
	15:00-16:00	23	0.58	4.34%
B	12:00-13:00	120	0.81	56.66%
	13:00-14:00	162	0.75	42.59%
	14:00-15:00	111	0.82	45.94%
	15:00-16:00	97	0.76	44.32%

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
 "AEROPUERTO SUROESTE" (BURGOS)

ENLACE A-1 CON N-120				
Punto	Hora	Aforo	FHP	% pesados
A: A-1 (Norte)	12:00-13:00	193	0.75	19.63%
	13:00-14:00	268	0.87	16.42%
	14:00-15:00	313	0.73	14.38%
	15:00-16:00	280	0.74	21.79%
K: A-1 (Norte)	12:00-13:00	177	0.79	20.78%
	13:00-14:00	277	0.71	23.10%
	14:00-15:00	261	0.89	21.07%
	15:00-16:00	190	0.91	30.53%
D: N-120 (Oeste)	12:00-13:00	501	0.89	17.48%
	13:00-14:00	578	0.83	7.54%
	14:00-15:00	590	0.75	8.52%
	15:00-16:00	445	0.90	17.41%
C: N-120 (Oeste)	12:00-13:00	291	0.86	24.52%
	13:00-14:00	358	0.79	15.05%
	14:00-15:00	352	0.84	16.27%
	15:00-16:00	270	0.85	22.47%
Ñ: A-1 (Sur)	12:00-13:00	48	0.75	46.88%
	13:00-14:00	78	0.89	37.18%
	14:00-15:00	69	0.69	42.03%
	15:00-16:00	74	0.77	43.24%
E: A-1 (Sur)	12:00-13:00	98	0.88	24.29%
	13:00-14:00	140	0.73	15.00%
	14:00-15:00	123	0.73	15.45%
	15:00-16:00	110	0.86	30.00%
M_entran: N-120 (este)	12:00-13:00	344	0.69	20.91%
	13:00-14:00	582	0.68	16.15%
	14:00-15:00	567	0.70	15.52%
	15:00-16:00	396	0.87	26.01%
M_salén: N-120 (este)	12:00-13:00	326	0.73	14.42%
	13:00-14:00	602	0.89	7.84%
	14:00-15:00	466	0.74	7.30%
	15:00-16:00	379	0.82	16.09%
J_entran: aeropuerto	12:00-13:00	16	0.67	25.00%
	13:00-14:00	28	0.47	57.14%
	14:00-15:00	24	0.86	62.50%
	15:00-16:00	16	0.50	31.25%
J_salén: aeropuerto	12:00-13:00	2	0.50	50.00%
	13:00-14:00	3	0.38	33.33%
	14:00-15:00	2	0.50	50.00%
	15:00-16:00	2	0.50	50.00%

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
 "AEROPUERTO SUROESTE" (BURGOS)

INTERSECCIÓN N-120 – C/OBIDUS (CASTAÑARES)				
Punto	Hora	Aforo	FHP	% pesados
A_entran	12:00-13:00			
	13:00-14:00	596	0.89	15.77%
	14:00-15:00	513	0.89	15.20%
	15:00-16:00	336	0.79	28.57%
A_salén	12:00-13:00			
	13:00-14:00	613	0.93	17.46%
	14:00-15:00	582	0.80	15.12%
	15:00-16:00	479	0.87	26.72%
B_entran	12:00-13:00			
	13:00-14:00	653	0.95	17.76%
	14:00-15:00	619	0.81	15.51%
	15:00-16:00	511	0.89	25.83%
B_salén	12:00-13:00			
	13:00-14:00	590	0.91	18.31%
	14:00-15:00	546	0.91	19.96%
	15:00-16:00	382	0.80	31.94%
C_entran	12:00-13:00			
	13:00-14:00	4	0.50	0.00%
	14:00-15:00	6	0.75	66.67%
	15:00-16:00	3	0.75	66.67%
C_salén	12:00-13:00			
	13:00-14:00	4	0.25	25.00%
	14:00-15:00	20	0.71	55.00%
	15:00-16:00	5	0.42	80.00%
D_entran	12:00-13:00			
	13:00-14:00	22	0.92	18.18%
	14:00-15:00	22	0.92	13.64%
	15:00-16:00	10	0.50	20.00%
D_salén	12:00-13:00			
	13:00-14:00	20	0.56	20.00%
	14:00-15:00	43	0.77	32.56%
	15:00-16:00	27	0.48	7.41%

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
"AEROPUERTO SUROESTE" (BURGOS)



Ilustración 7 Conteo automático de vehículos empleando reconocimiento de imagen

ESTUDIO DE AFECCIÓN AL TRÁFICO DEL DESARROLLO DE SUELO LOGÍSTICO-INDUSTRIAL S-40
"AEROPUERTO SUROESTE" (BURGOS)

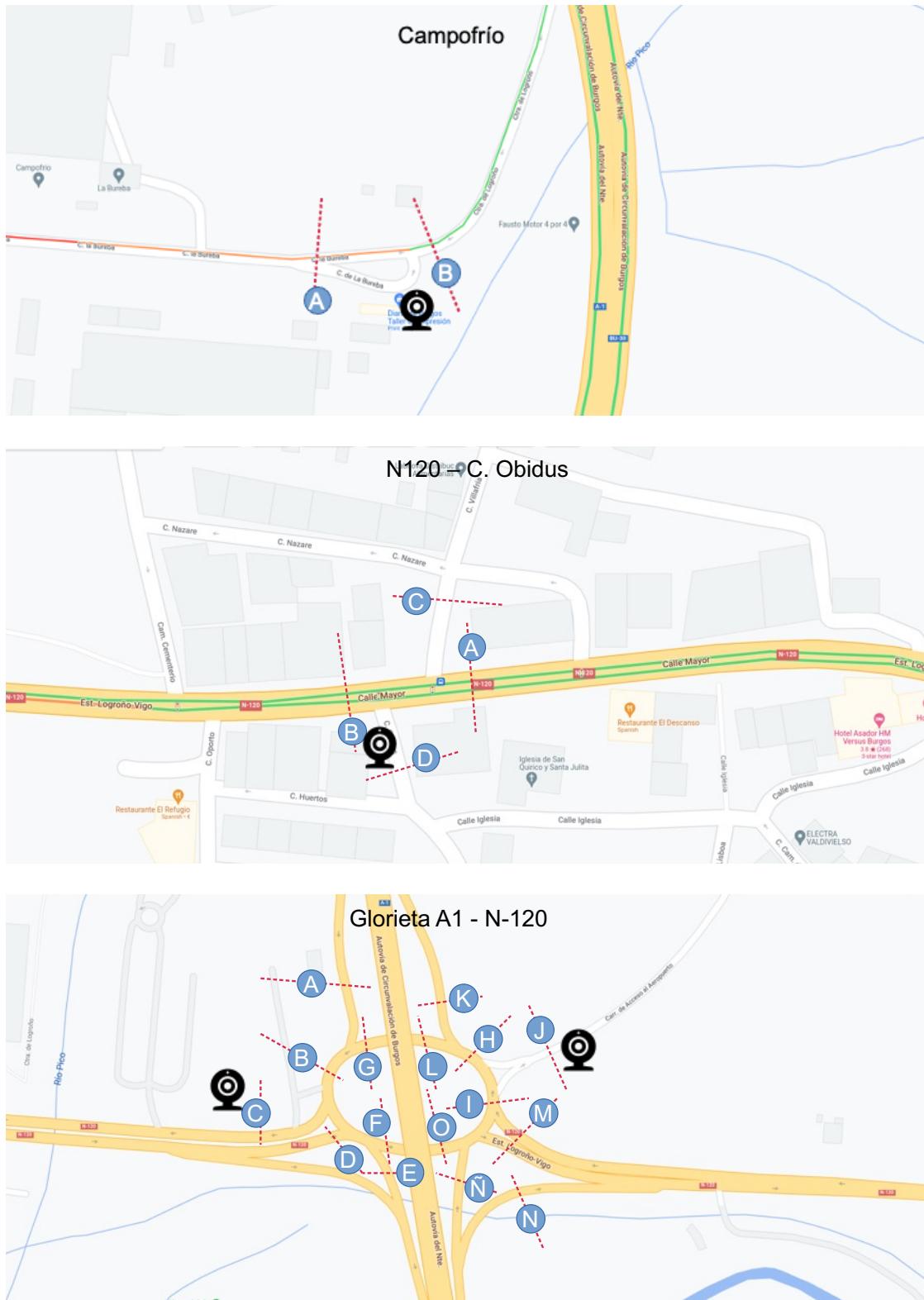


Ilustración 8 Puntos aforados en cada intersección analizada

4. Análisis de la situación actual.

Una vez recopilada toda la información, se codifica la red en el modelo de simulación (Ilustración 9), y se estiman las matrices de movimientos en base a los aforos y giros observados. El modelo deberá calibrarse con los datos medidos en la campaña de

aforo, para comprobar que las colas registradas y el comportamiento replicado se aproxima al observado.



Ilustración 9 Red codificada

Con los datos recogidos, se estima una primera matriz inicial de tráfico balanceando mediante el método de Furness una matriz semilla en el que los orígenes y destinos objetivo se estiman mediante los conteos (totales entrantes y salientes en los accesos que marcan el perímetro de la red). Con esta matriz, se aplica una metodología de estimación de matrices en base a foros en el que ya se introducen los aforos en puntos intermedios y giros registrados en cada intersección, obteniéndose una matriz de tráfico de vehículos ligeros y pesados que ya puede ser asignada a la red codificada.

La asignación de tráfico dará como resultado un patrón de flujos que debe replicar el tráfico observado (Ilustración 10), por lo tanto, se comprueban tanto el ajuste de los aforos con los flujos modelados como el comportamiento global del modelo. Como puede verse en la Ilustración 11, el ajuste obtenido es bueno, con un R^2 de 0.99 y una ecuación de la recta de regresión muy cercana a la deseada ($Y = X$). En esta ocasión, además de comprobar el ajuste de regresión, se empleó un segundo indicador más adecuado en estos casos en los que existe heterogeneidad entre flujos, denominado GEH. Este indicador de bondad de ajuste es empleado habitualmente en la administración norteamericana y está muy extendido ya en proyectos en Europa y España. Un estándar de validación de un modelo dice que se acepta aquél ajuste cuyo GEH sea inferior a 5 en más del 85 % de los casos. Como se puede apreciar en la Ilustración 12, todos los puntos presentan un buen indicador a excepción del flujo entrante por la calle Bureba, algo lógico puesto que este flujo se deriva exclusivamente del procedente de las empresas ubicadas en el último tramo, las cuales no se han

dotado de centroide en este modelo. Con todo ello, se está en disposición de validar el modelo para la situación inicial, esto es, con los flujos aforados.

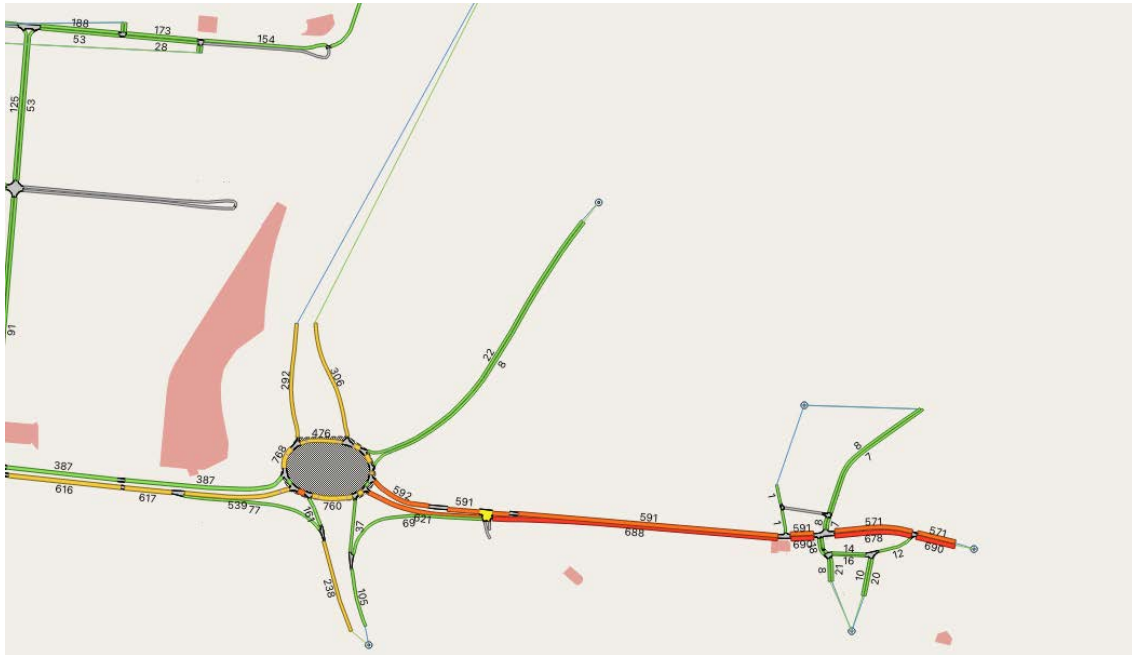


Ilustración 10 Asignación de tráfico con la matriz origen destino estimada con los aforos.

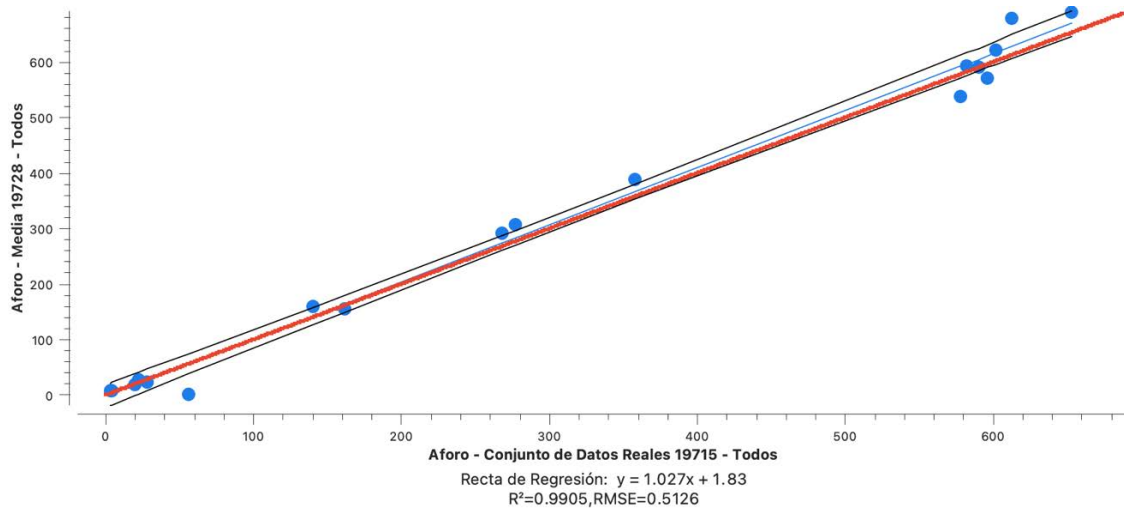


Ilustración 11 Ajuste de regresión de los aforos vs el tráfico reportado por el modelo

Sin embargo, de cara a un análisis más riguroso, y como ya se ha expuesto, se mayorarán estos flujos más de un 20% para acercarse a la hora 30 de proyecto. Por eso, se mayoran ambas matrices estimadas (ligeros y pesados), obteniendo unas nuevas matrices con mayor número de viajes que, asumiendo que el modelo ya está calibrado para la situación inicial de partida, reportará un escenario de hora 30 para la situación actual ya calibrado. De esta manera, y ya con los nuevos flujos mayorados, se puede comenzar con el análisis de los resultados de lo que se calificará como SITUACIÓN ACTUAL y que servirá de punto de referencia para los escenarios futuros con el nuevo desarrollo. De cada escenario se han realizado 10 replicaciones de la hora punta, obteniéndose la media.

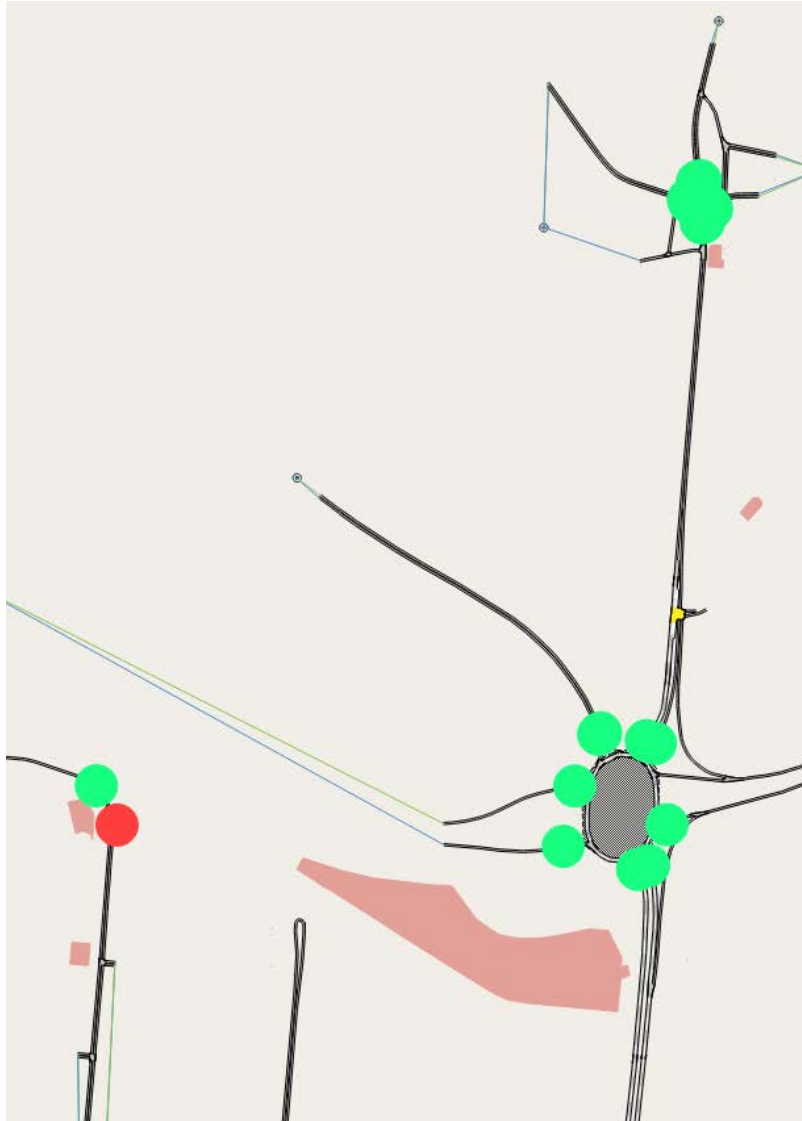


Ilustración 12 GEH estimado para los puntos de control en la situación actual

El análisis de las replicaciones reporta algunas retenciones en la N-120 motivadas por el semáforo del núcleo de Castañares (Ilustración 13). En el resto de la red, si bien se aprecia una densidad media de tráfico, no se han detectado mayores problemas (Ilustración 14).



Ilustración 13 Colas en la N-120 en la intersección semafórica de Castañares

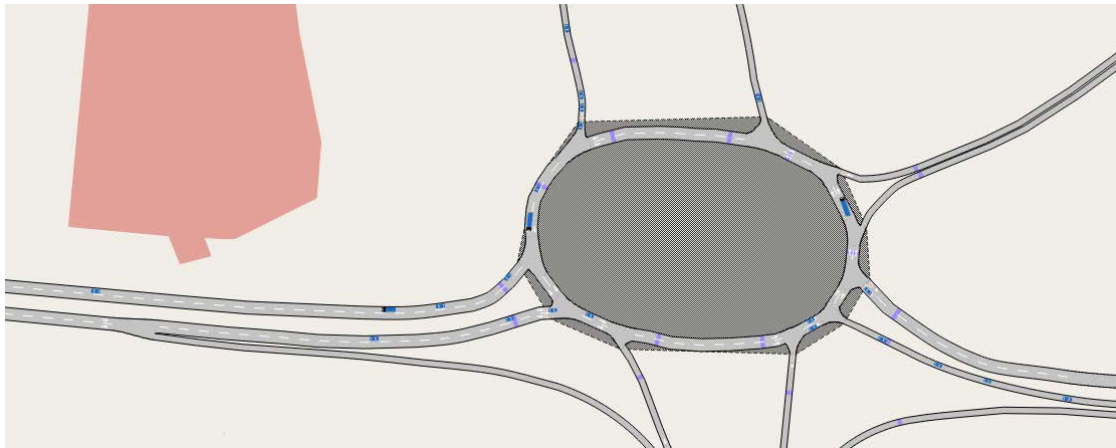


Ilustración 14 Captura de la simulación en la zona del enlace de la A-1 con la N-120

A continuación se detallan las leyendas (Ilustración 15) para la interpretación de los mapas de asignación de tráfico (Ilustración 16), densidades (Ilustración 17) y demoras (Ilustración 18) para la situación actual. Como puede verse, la N-120 es el vial que mayor intensidad y densidad soporta. Además, todos los puntos de demoras y colas de mayor longitud están asociados a la regulación semafórica de Castañares.



Ilustración 15 Leyenda de los mapas de asignación o intensidades (izquierda), densidades (centro) y tiempos de demora (derecha)

Con los flujos replicados, se han estimado los niveles de servicio de todas las intersecciones que se van a ver afectadas por el nuevo desarrollo. De cada intersección se detallará no solo su nivel de servicio en base al Manual de Capacidad norteamericano, sino también el valor de las demoras asociadas a dicho nivel y el percentil 95 de longitud de cola por acceso (en metros).

Comenzando con la intersección del ramal de la A-1 con la Bureba, junto a la factoría de Campofrío, los niveles de servicio obtenidos (Ilustración 19) son buenos en cuanto a que las intensidades registradas no son altas y a que el flujo mayoritario (el procedente de la A-1) tiene preferencia con respecto al flujo (actualmente residual) que cambia de sentido en la isleta. Estos resultados se reflejan en las reducidas demoras y nulas colas reportadas por el análisis realizado (Ilustración 20).

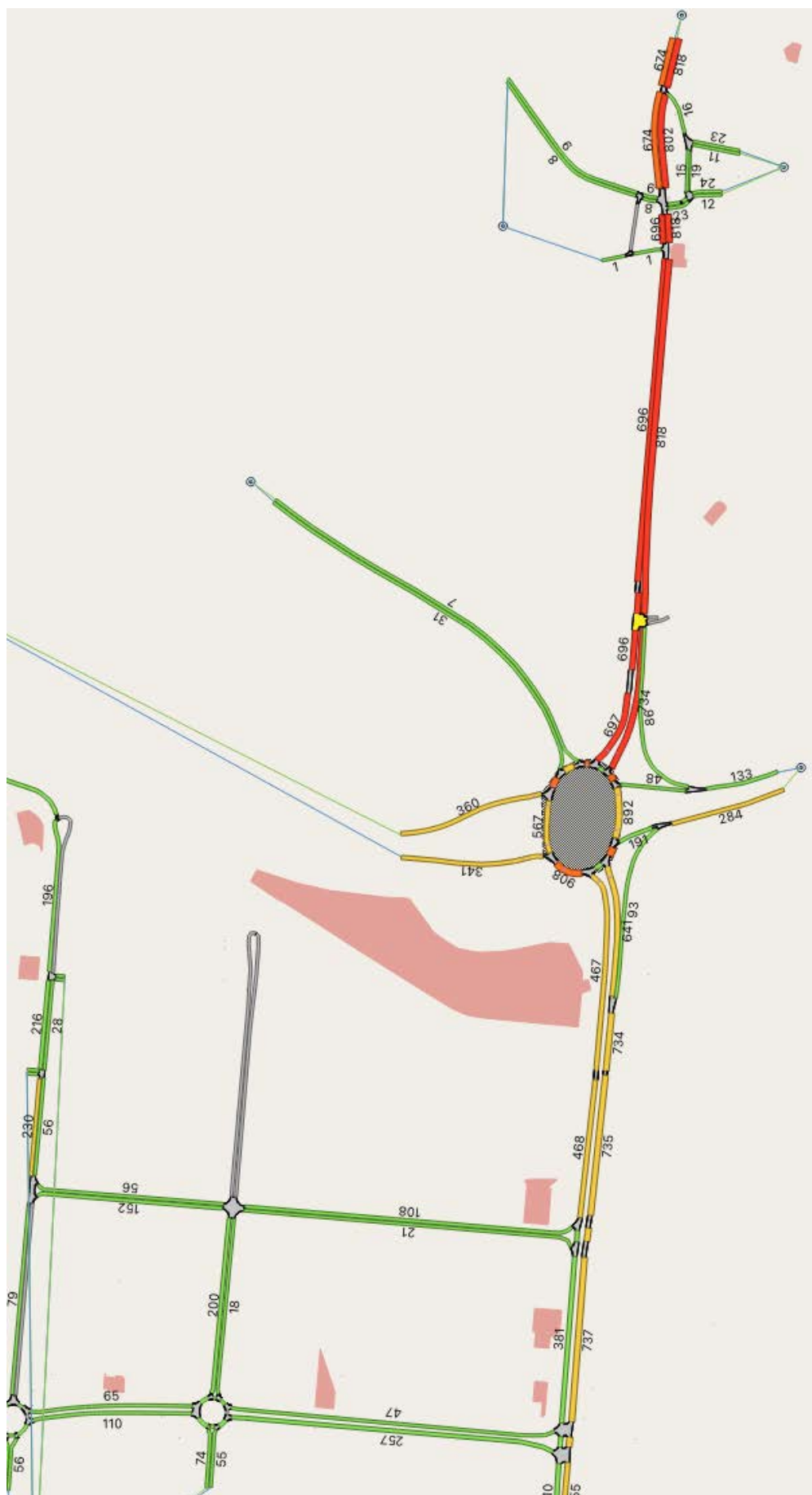


Ilustración 16 Asignación de tráfico para la situación actual (intensidades horarias)

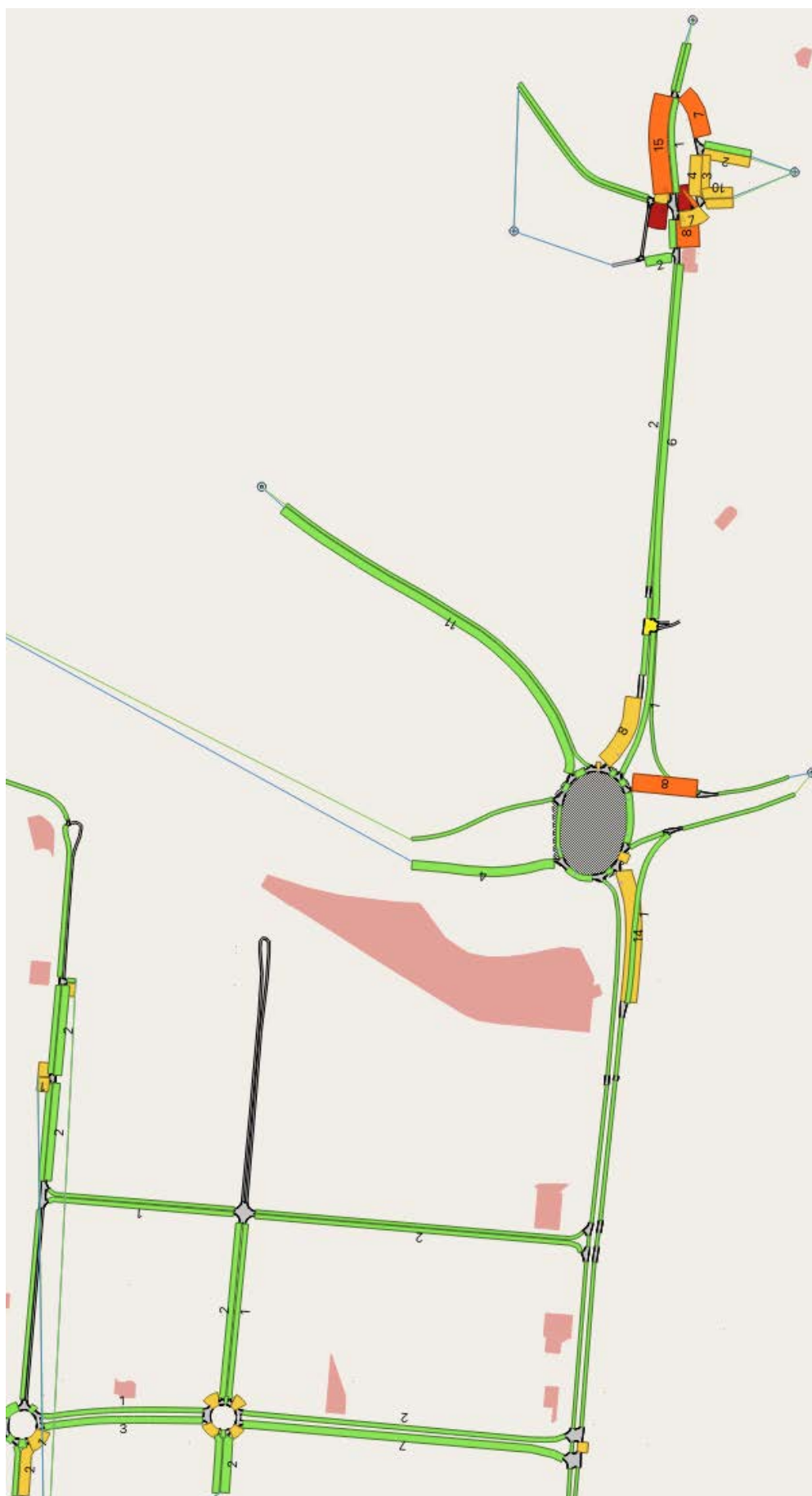


Ilustración 17 Densidad de tráfico para la situación actual (veh/km)

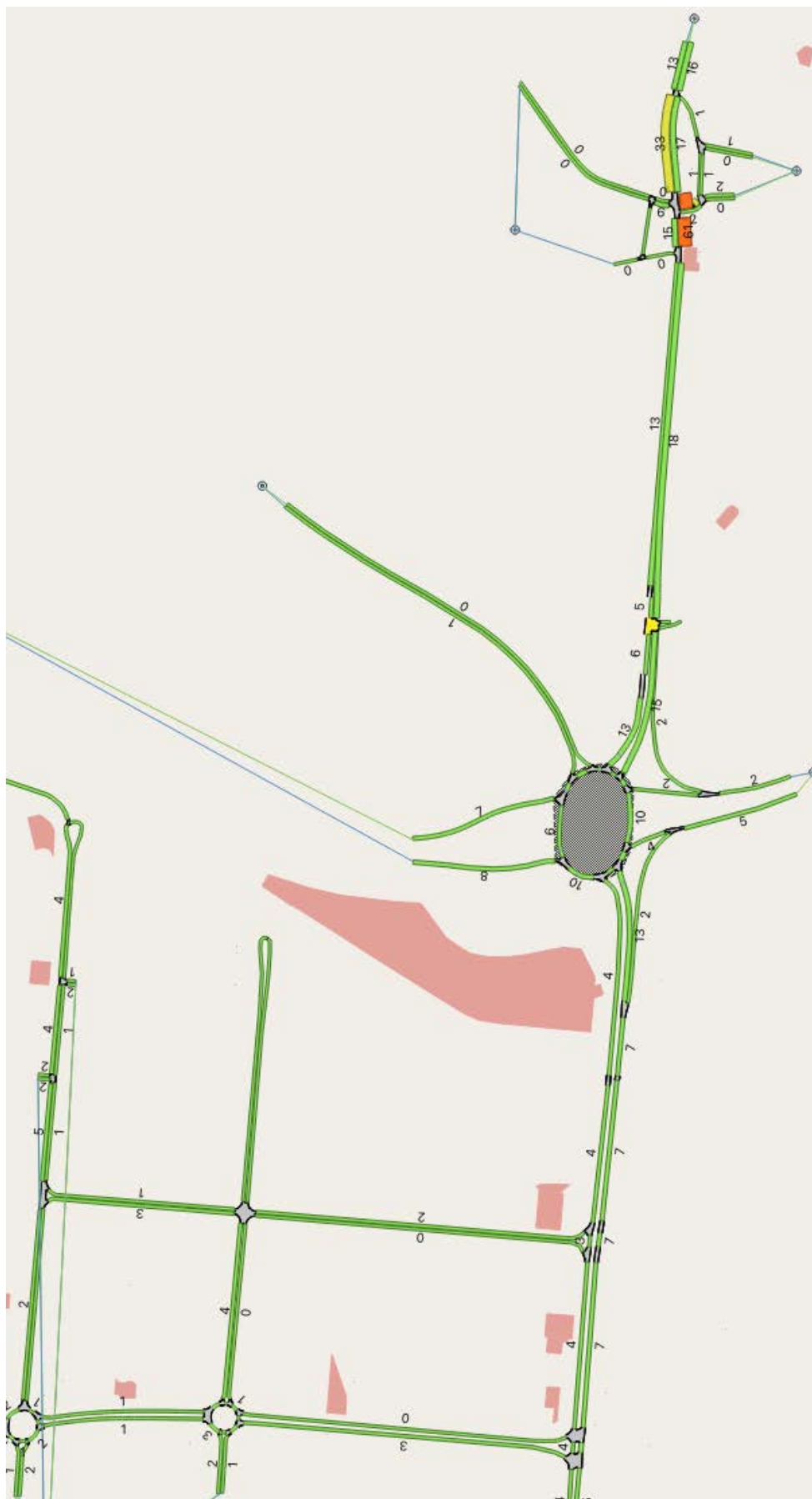


Ilustración 18 Tiempo de demora para la situación actual (valores en segundos)

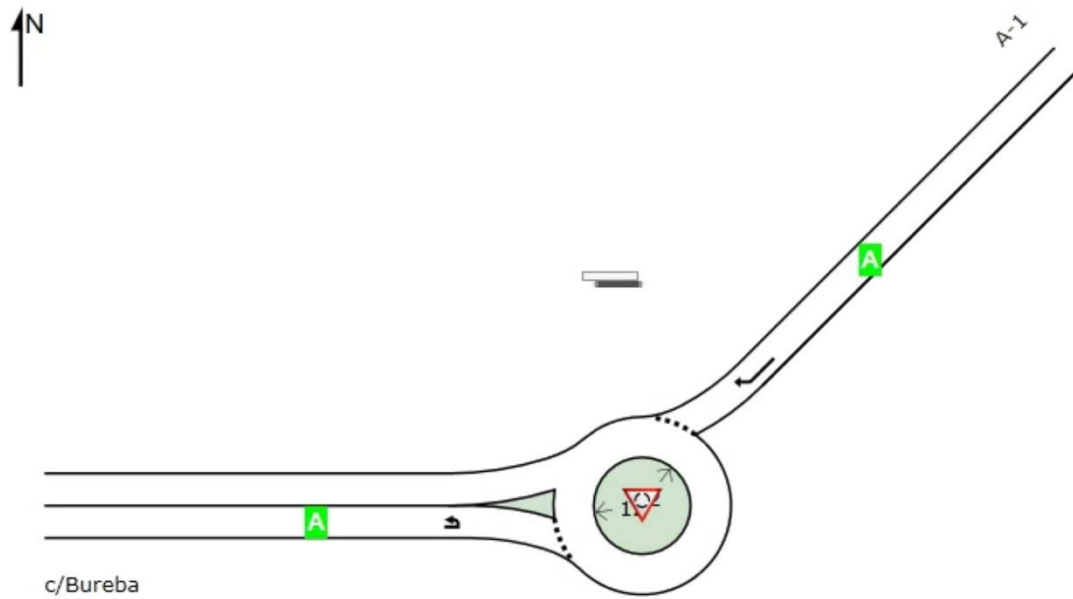


Ilustración 19 Niveles de servicio en la intersección de Campofrío para la situación actual

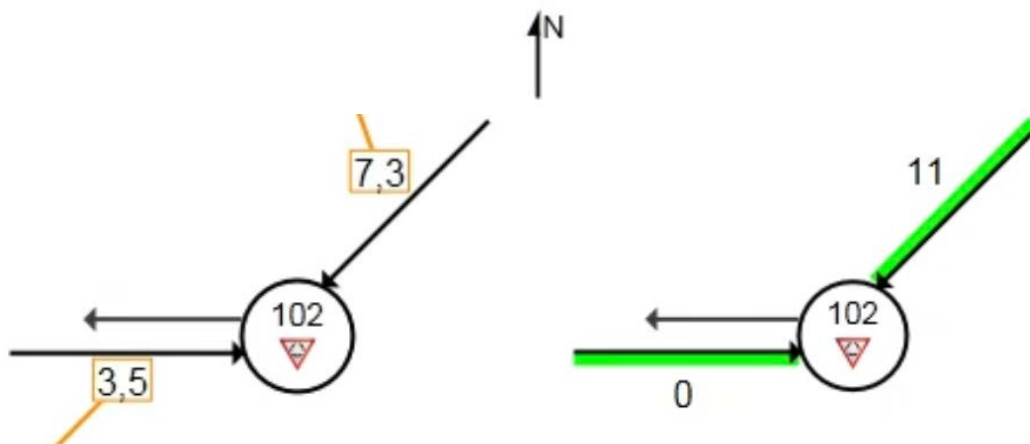


Ilustración 20 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la intersección de Campofrío

La siguiente intersección a analizar es el enlace entre la A-1 y la N-120. Aquí, los niveles de servicio obtenidos con los flujos mayorados reportan comportamientos dispares según el acceso analizado. Así, el acceso oeste (N-120) presenta un nivel de servicio A en su carril izquierdo, y un nivel de servicio C en su carril derecho, motivado por la mayor utilización de este último. El otro acceso de la N-120 (desde Castañares) presenta niveles de servicio B en ambos carriles. La carretera del aeropuerto presenta un nivel de servicio C, motivado principalmente por el elevado factor de hora punta introducido y el flujo circulante que entra en conflicto con él e impide un acceso inmediato a los vehículos. Aun así, este nivel sigue siendo bueno. El acceso sur (A-1) presenta un buen nivel de servicio, mientras que el acceso norte (A-1) es el que peor valor reporta, con un nivel D (Ilustración 21). Las demoras asociadas a estos niveles de

servicio se representan en la Ilustración 22. En la Ilustración 23 puede apreciarse que las longitudes de colas (percentil 95) no son elevadas y en ningún caso afectarán al flujo normal en el resto del viario.

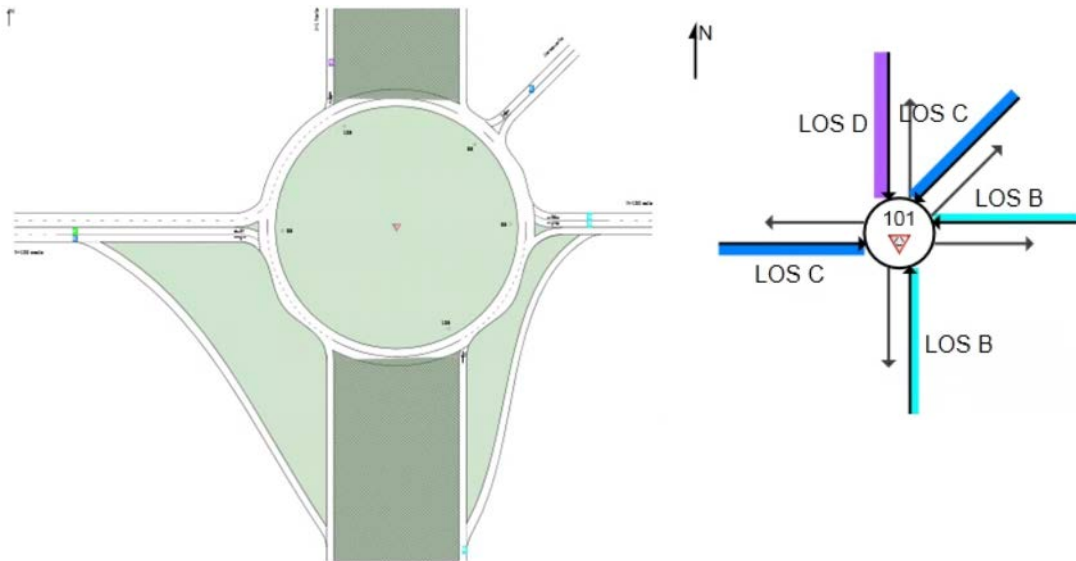


Ilustración 21 Niveles de servicio en el enlace de la A-1 con la N-120 para la situación actual.

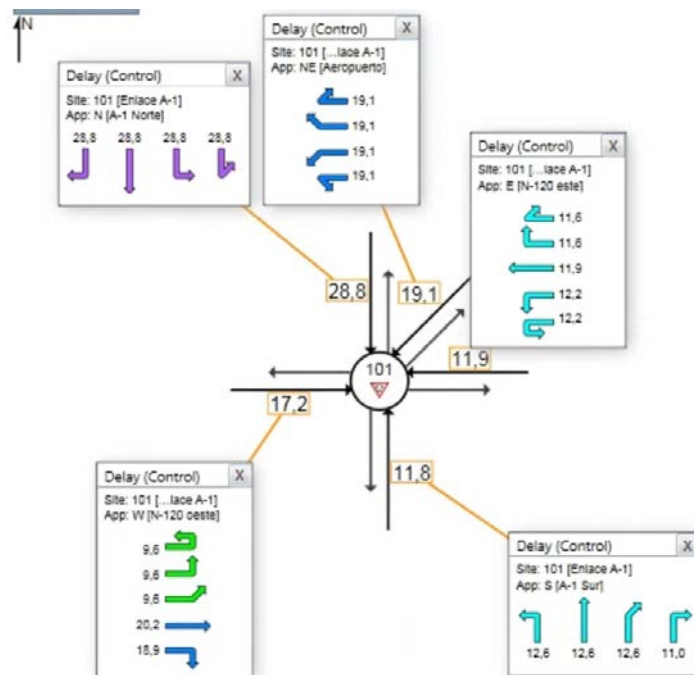


Ilustración 22 Demoras por acceso en segundos/veh en el enlace de la A-1 con la N-120 para la situación actual.

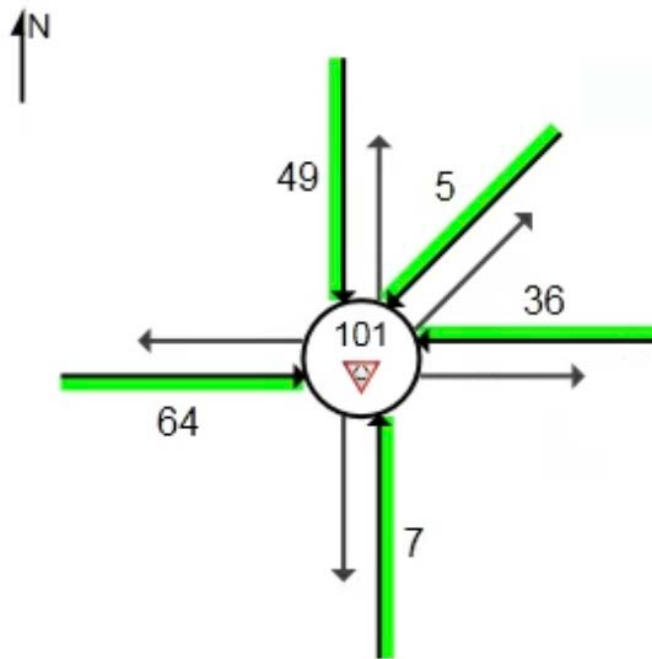


Ilustración 23 Percentil 95 de longitud de cola (en metros) por acceso en el enlace de la A-1 con la N-120 para la situación actual.

Finalmente, se analiza la intersección regulada semafóricamente de la N-120 a su paso por el núcleo urbano de Castañares. Esta intersección presenta una regulación basada en tres fases semafóricas: una primera fase, que será la principal para el paso de vehículos por la N-120, permitiéndose los giros a la izquierda (lógicamente cediendo el paso). La segunda fase tiene por objeto dar paso a los vehículos procedentes de la c/ Villafria (acceso norte). Finalmente, la tercera y última fase da paso a los vehículos de la calle Obidus de Castañares (acceso sur). El ciclo semafórico es muy largo, de aproximadamente 180 segundos, destinándose apenas 30 segundos para el verde de las fases 2 y 3 conjuntamente. El esquema de funcionamiento se muestra a continuación:

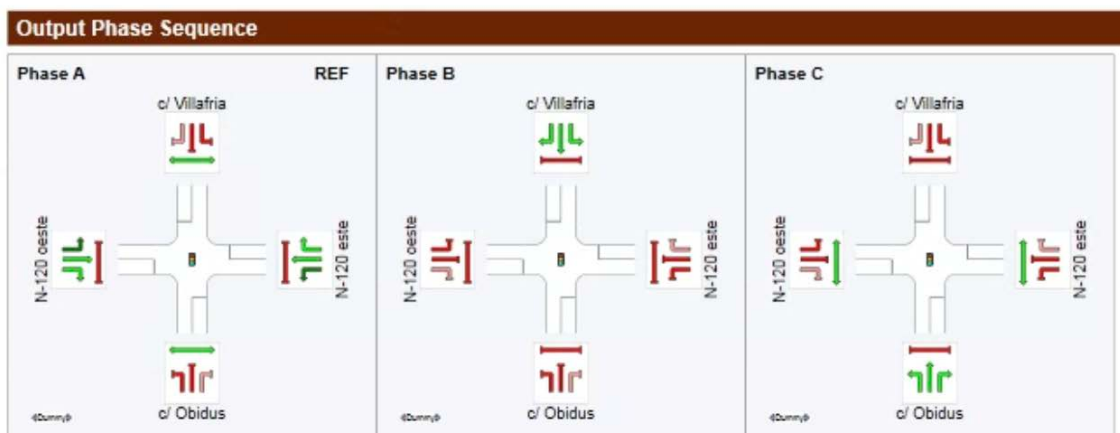


Ilustración 24 Secuencia de fases de la intersección semafórica de Castañares

Los niveles de servicio asociados a esta intersección se muestran en la Ilustración 25. Como puede verse, los valores obtenidos son C y D para la N-120 y D y E para los

accesos transversales a esta, motivado fundamentalmente por los largos ciclos empleados, que hace que las demoras sean altas independientemente del tráfico en la N-120. Por otro lado, los niveles de servicio en la N-120 son lógicos debidos a la elevada densidad e intensidad registradas a su paso por esta población. Las demoras en estos accesos son elevadas, marcadas por los tiempos semafóricos y las máximas longitudes de cola llegan a ser elevadas en la N-120 (Ilustración 26).

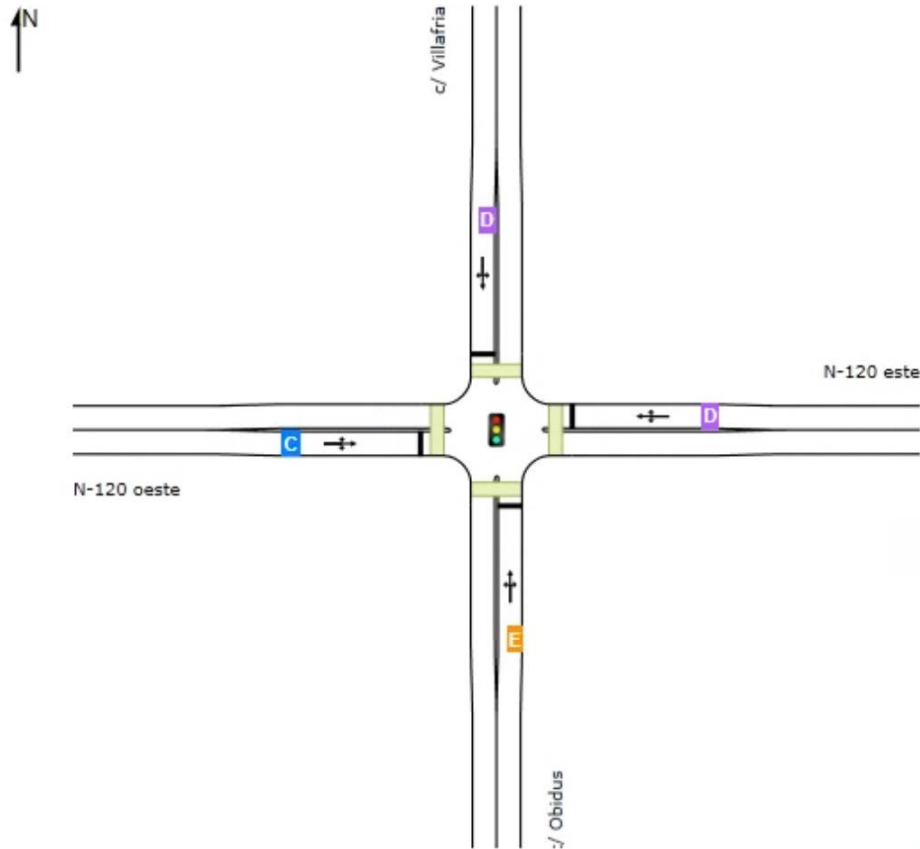


Ilustración 25 Niveles de servicio en la intersección semafórica de Castañares para la situación actual.

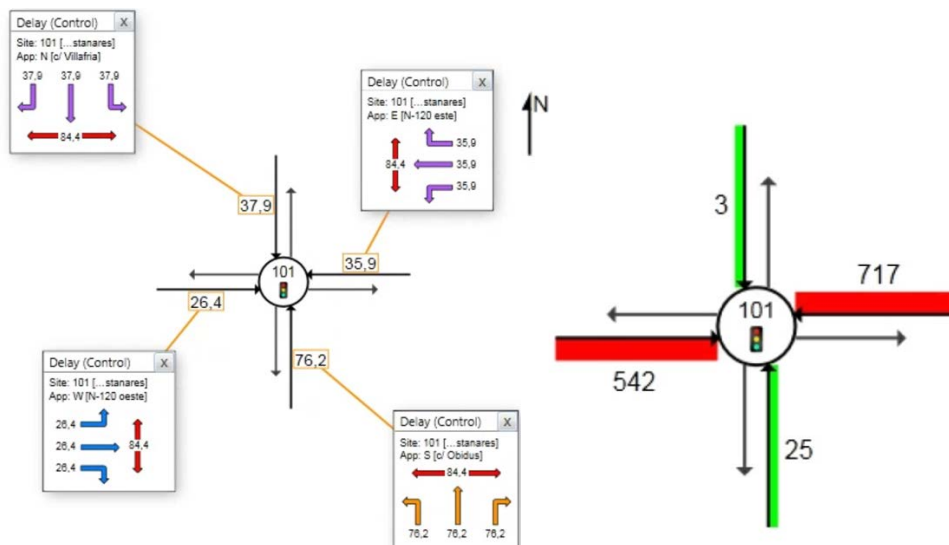


Ilustración 26 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la intersección de Castañares para la situación actual

5. Nuevo desarrollo. Descripción de la propuesta y estimación de la demanda generada.

El sector "S-40 Aeropuerto Suroeste" estará ubicado en el área comprendida entre la A-I, la N-120 y el aeropuerto de Burgos, estando prevista una continuación denominada "S-41 Aeropuerto Sureste". (Ilustración 27). Las manzanas de uso logístico-industrial se disponen en la zona Norte del sector, colindante con el recinto del Aeropuerto de Burgos, lo más distantes posible de los usos residenciales del núcleo de Castañares. Se plantean un total de once manzanas con este uso, ocho de ellas al sur del Río Pico y tres al norte. Se han ordenado un total de ocho manzanas, de superficie entre los 11.000 m²s y los 110.000 m²s que permitan, en el futuro, la distribución de parcelas de diferentes tamaños en función de las necesidades del mercado de suelo Logístico-Industrial.

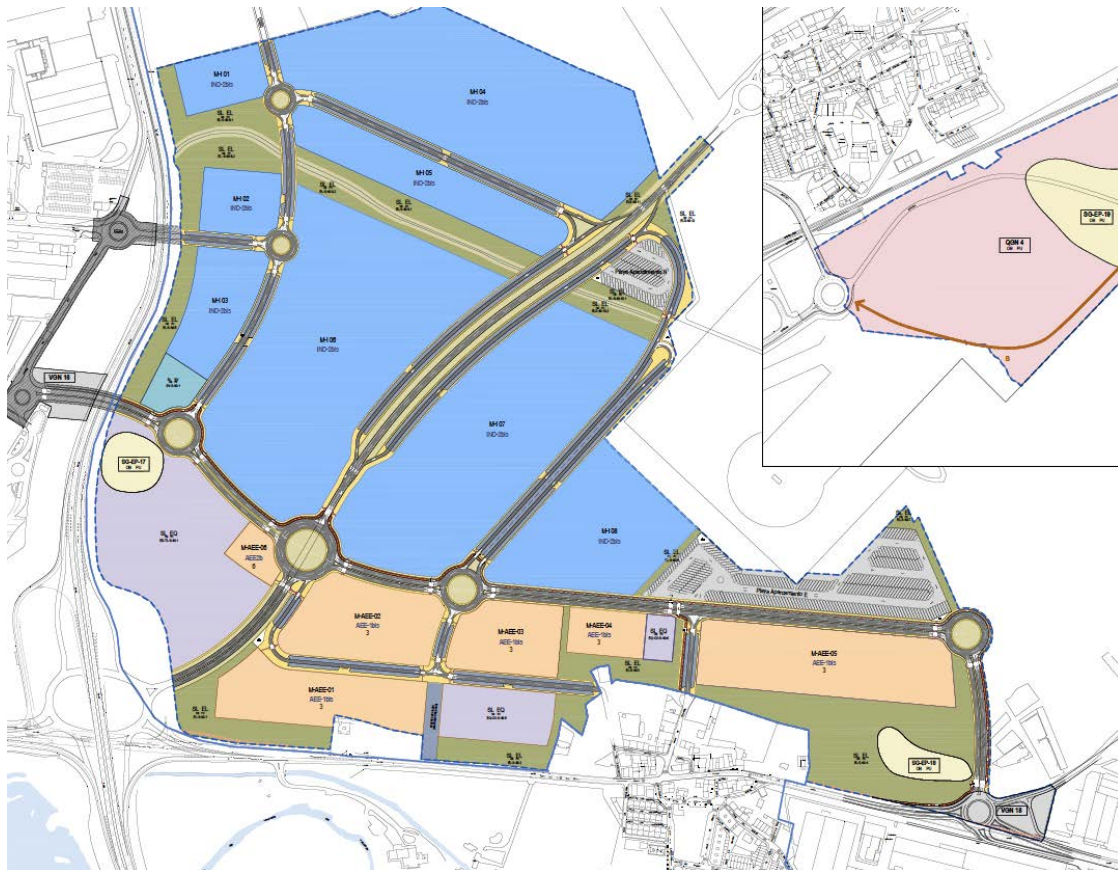


Ilustración 27 Nuevo desarrollo polígono

La localización de las manzanas de uso Logístico-Industrial al Norte, permite la ordenación de un Área de Actividad Económica en la franja del ámbito situada más al Sur, próxima a la N-120 y apoyada en su mayor parte en el viario estructurante. Por un lado, este viario dota a las cinco manzanas ordenadas, de un alto grado de accesibilidad y, por otro lado, el hecho de que se sitúen al Sur del Sector, les ofrece un alto grado de visibilidad desde el corredor de la N-120 y, a la vez, permite una transición entre los

usos residenciales del núcleo urbano de Castañares y las manzanas meramente industriales situadas al Norte.

Para analizar la influencia del nuevo desarrollo y posteriormente del impacto sobre este de la nueva superficie comercial en el tráfico y la movilidad de la zona será imprescindible estimar los viajes en cada hora de análisis que ésta va a generar. Esto es, la demanda inducida. Para ello se ha recurrido al Manual de Generación de Viajes *Trip Generation* (ITE, 2017), el cuál ajusta modelos de producción de viajes sobre las observaciones realizadas en usos o actividades similares. Así, el número de viajes en coche en la hora punta de tráfico en un día laborable producidos por unas superficies de estas características vienen dados por las siguientes expresiones, en función del uso del suelo adoptado, mostradas en la Tabla 2 acorde al plan de desarrollo del suelo del mismo (Ilustración 27). De estos viajes el manual recomienda tomar un reparto aproximado en función del tipo de actividad para la atracción / generación en función del tipo de suelo de cada actividad (Tabla 2).

Uso del suelo	Variable independiente (X)	Viajes producidos periodo punta de tráfico laborable (Y) PM	% atrae (entran)	% genera (salen)
Industrial Park	Superficie bruta edificable (1000 pies cuadrados)	$Y = 0.4 \cdot X$	0.21	0.79
Business Park	Superficie bruta edificable (1000 pies cuadrados)	$\ln(Y) = 0.85 + 0.9 \cdot \ln(X)$	0.26	0.74
Manufacturing	Superficie bruta edificable (1000 pies cuadrados)	$Y = 13.51 + 0.155 \cdot X$	0.45	0.55
High-Cube Transload and Short-Term Storage Warehouse	Superficie bruta edificable (1000 pies cuadrados)	$Y = 0.16 \cdot X$	0.33	0.67

Tabla 2 TRIP GENERATION: Viajes producidos según uso del suelo (ITE)

Es decir, aplicando las expresiones anteriores a la superficie edificable de cada parcela, o agregación de ellas, y posteriormente aplicando los factores de los viajes generados y atraídos se obtienen finalmente la demanda inducida por el nuevo desarrollo. El principal inconveniente de este manual reside en la conocida sobreestimación de viajes, fruto de la extrapolación de ratios de Estados Unidos a España, donde la movilidad, las características socioeconómicas de los ciudadanos y el uso del coche presentan unas tasas claramente inferiores. Sin embargo, para estar del lado de la seguridad, se adoptarán como buenos estos valores. Además, se adoptará la hipótesis de un 100% de demanda inducida, es decir, toda la demanda del nuevo uso genera vehículos que antes no circulaban por esa zona, y que no circularían de no desarrollarse.

De esta manera, asumiendo que las parcelas de uso logístico e industrial se distribuyen en la zona norte del desarrollo, la zona central está destinado a uso productivo de actividad variada y el resto a diversos usos complementarios, se obtienen las superficies y viajes totales generados mostrados a continuación (Tabla 3). Como puede verse, el nuevo desarrollo generará un total de 767 viajes en la hora punta, de los cuales 277 serán entrantes y 489 salientes.

Sup. Edif.(m²)	Comentarios	Sup. (1000 ft²)	Uso TRIP	Total viajes	entran	salen
100205	Logístico	1078.60	High-Cube Transload and Short-Term Storage Warehouse	173	57	116
37538	Productivo Industrial/Comercial	404.06	Industrial Park	162	34	128
157580	SG Equipamiento público	1696.18	Business Park	43	11	32
224896	Industrial	2420.76	Manufacturing	390	175	214
	Total			767	277	489

Tabla 3 Demanda inducida por el nuevo desarrollo según el TRIP GENERATION para la hora punta

En lo que se refiere al nuevo viario propuesto, el nuevo desarrollo contempla cuatro puntos de acceso:

- El principal será a través de la carretera del aeropuerto BU-12, a la que se accede desde el enlace de la A-1 con la N-120. Este acceso canalizará sin duda la mayor parte de los vehículos procedentes del sur de la A-1 y toda la zona oeste a través de la N-120.
- Un segundo acceso se realizará a través de la calle Bureba, prolongando el actual vial frente a la factoría de Campofrío y permitiendo así a los vehículos procedentes del norte, a través de la A-1, un acceso cómodo y sin apenas interferencias con el resto del tráfico.
- Un tercer acceso paralelo al anterior, prolongando la calle La Ribera y salvando la A-1 mediante paso a distinto nivel.
- El cuarto y último acceso se realizará mediante glorieta con la N-120 cercana a la zona industrial de Castañares, la cual canalizará el acceso de los vehículos procedentes del este desde la N-120.

En relación a las conexiones del nuevo desarrollo, y tal y como se indica en la “Memoria vinculante de la modificación del PGOUB para la definición de un ámbito de suelo urbanizable de uso logístico e industrial en el entorno del aeropuerto” es importante recalcar con respecto a la N-120 que, si bien la IMD de esta carretera es superior a 5000 vehículos, estas conexiones quedan condicionadas a la efectiva puesta en servicio del tramo Burgos-Ibeas de la A-12, cuya ejecución está comprometida por el Ministerio de Transportes en el Plan de Infraestructuras (PITVI) 2012-2024, momento en que, con

toda seguridad, la IMD de la N-120 será en ese tramo inferior a 5000 veh/h y proponer, además, la cesión del tramo de la N-120 colindante con los sectores S-40 y S-41 al Ayuntamiento de Burgos, una vez puesta en servicio el mencionado tramo de la A-12.

Por su parte, la BU-12 presenta una limitación de velocidad de 80 km/h, si bien tiene una longitud de apenas 1,3 kms y limitación de velocidad a 40 km/h en los accesos a las actuales glorietas y a 60 km/h en los 250 metros anteriores, con lo que considerando el tramo de aceleración de los vehículos a la salida de las glorietas deja apenas 800 metros de longitud para desarrollar la velocidad máxima permitida. Además, la sección transversal es de dos carriles de 3,50 metros y arcenes exteriores de 1,50 metro, por lo que dicha sección puede corresponderse, según la Norma 3.1- IC Trazado, con una carretera de tipo C-70/C-60. Complementariamente, la propia modificación del PGOUB tiene como finalidad convertir en suelo urbanizado el terreno ubicado a ambos márgenes de la BU-12, con lo que dicho tramo pasaría a ser considerado como un tramo urbano. Por otro lado, este reducido tramo tiene como única finalidad la de accesibilidad al aeropuerto, no soportando tráfico de paso ni, por lo tanto, servir como elemento canalizador de la movilidad de la zona. Por todo ello, se estima justificado considerar la BU-12, dada su sección, finalidad y futuro entorno urbano como carretera del tipo C-60 a efectos de cumplimiento de las distancias mínimas en conexiones fijadas por la referida Norma 3.1.

En adición a lo anterior, con la nueva glorieta propuesta en la BU-12, la distancia de esta con la glorieta del enlace de la A-1 es de 290 metros, mientras que con la del aeropuerto será de 928 metros. Es evidente que con estas distancias no se podrán desarrollar velocidades elevadas ni de manera sostenida, (lo que además, contribuirá a calmar el tráfico en la vía), reforzando la consideración de esta vía como tipo C-60.

Finalmente, es importante aclarar que se va a omitir cualquier acceso por la zona norte del nuevo desarrollo (N-I), al objeto de sobrecargar intencionadamente los accesos anteriormente descritos, especialmente el enlace de la A-1 con la N-120. De esta manera, se garantiza el análisis funcional de los mismos en el peor escenario

Estos cuatro accesos están conectados mediante el viario interior del nuevo desarrollo (ver esquema viario de la Ilustración 28), lo que contribuirá a eliminar tráfico superfluo tanto de la A-1 como de la N-120.

Con todo ello, se asumirá que los orígenes y destinos de estos nuevos viajes se repartirán proporcionalmente a los actuales tráfico de las carreteras.



Ilustración 28 Viario previsto para el nuevo desarrollo

6. Análisis de la situación prevista con el nuevo desarrollo.

Una vez estimada la demanda y codificado en el modelo la nueva configuración del viario propuesto (Ilustración 29), se pueden simular los nuevos escenarios para evaluar la afección real prevista una vez implementado el nuevo desarrollo. Al igual que en la situación actual, se realizarán 10 replicaciones de la hora punta simulada.

La asignación de tráfico incorporando los 767 nuevos viajes y el nuevo viario interno refleja una redistribución de las intensidades, variando la carga en la red vial existente. Como puede verse en la Ilustración 30, el nuevo vial interno canaliza tráfico no solo de acceso al nuevo desarrollo, sino también constituye una alternativa a la zona este de la N-120 tanto desde la A-1 como de la zona industrial de Burgos. De esta manera, el nuevo viario consigue reducir sensiblemente el tráfico tanto en la N-120 no solo en su travesía por Castañares sino también en su tramo oeste, empleando algunos vehículos la calle Bureba y La Ribera para, a través de la nueva conexión bajo la A-1, continuar su recorrido hacia Castañares y otras zonas. Por otra parte, este mismo acceso hace que se descargue el enlace de la A-1 con la N-120, puesto que ahora los vehículos tienen esta alternativa, actualmente inexistente. Lógicamente, esto no ocurre en sentido



Ilustración 30 Asignación de tráfico para la situación prevista (intensidades horarias)



Ilustración 31 Densidad de tráfico para la situación prevista (veh/km)



Ilustración 32 Tiempo de demora para la situación prevista (valores en segundos)

Analizando nuevamente cada intersección a nivel individual, en el desarrollo previsto se contemplan tres nuevas intersecciones que no existen en la situación actual y que igualmente deben ser analizadas: glorieta de la N-120 en Castañares (acceso sureste al nuevo desarrollo), glorieta de entronque con la carretera del aeropuerto (acceso principal) y nueva glorieta en la isleta de cambio de sentido en la calle Bureba junto a Campofrío (acceso noroeste, reordenando la actual intersección).

Comenzando por esta última, puede verse que los niveles de servicio siguen siendo igualmente buenos, con niveles A en los accesos (Ilustración 33), no alterando el funcionamiento de la intersección con respecto a la situación actual. Estos niveles están asociados a unas demoras y unas longitudes de cola máximas reducidas (Ilustración 34).

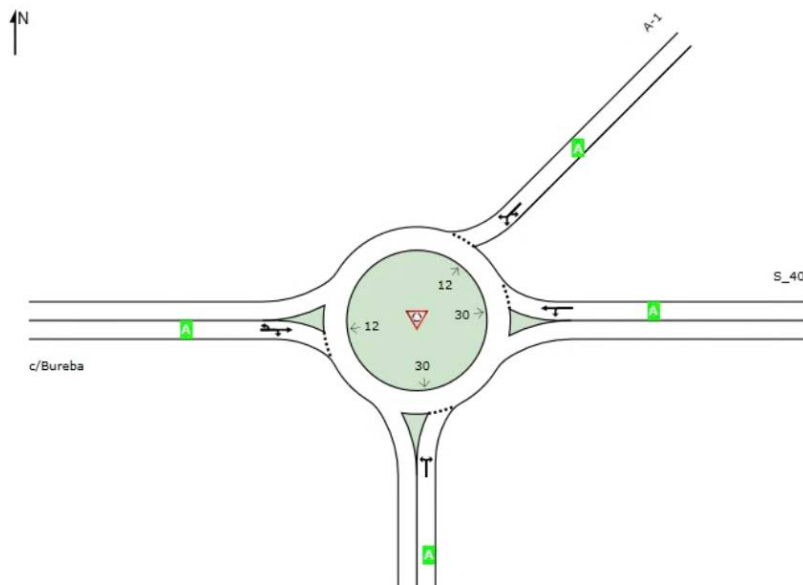


Ilustración 33 Niveles de servicio en la intersección de Campofrío para la situación prevista

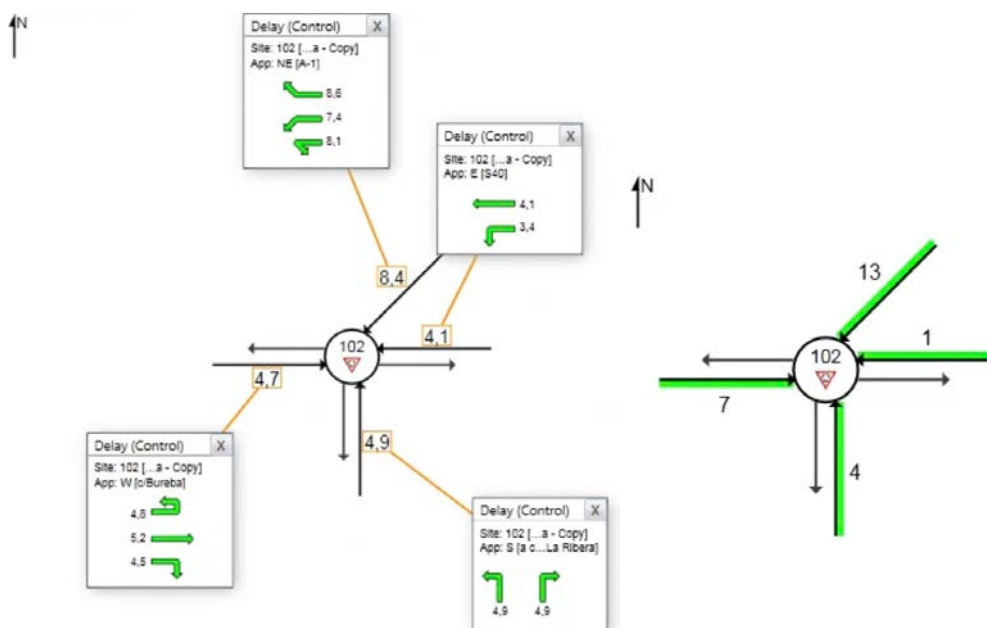


Ilustración 34 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la intersección de Campofrío para la situación prevista

La siguiente intersección a analizar será la nueva glorieta en la N-120, cercana a la zona industrial de Castañares. Como puede verse en la Ilustración 35, los niveles de servicio obtenidos son buenos en todos sus accesos, con nivel B en el acceso este de la N-120 y A/C en los accesos oeste y norte (N-120) y norte (S-40). Las demoras asociadas al nivel de servicio C están muy cercanas al límite con el nivel B (Ilustración 36), y las máximas longitudes de cola esperadas son plenamente asumibles sin que lleguen a afectar a intersecciones colindantes.

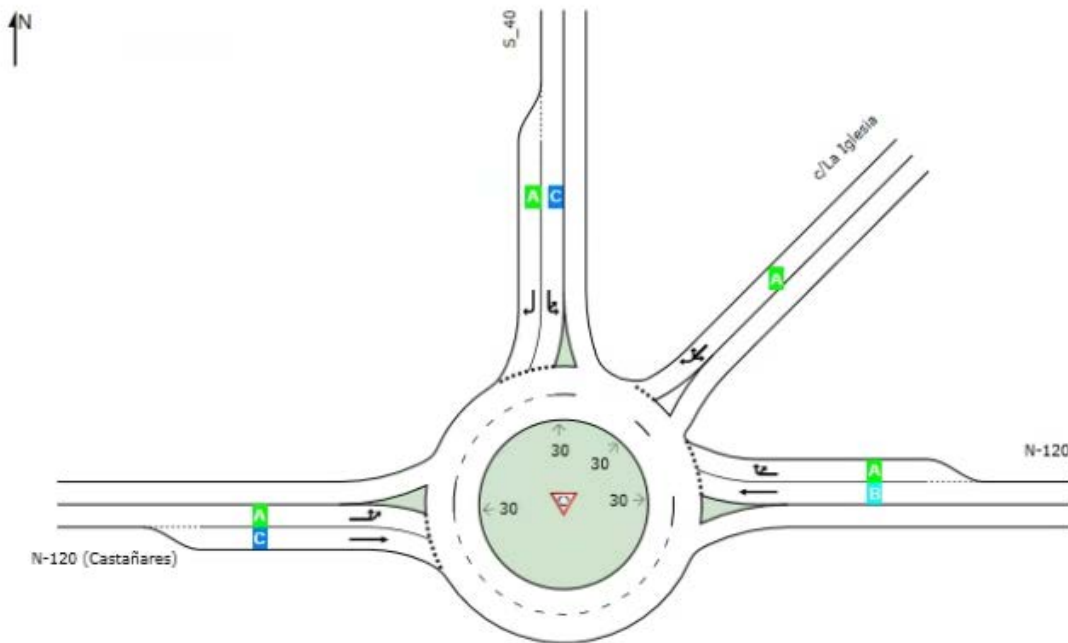


Ilustración 35 Niveles de servicio en la nueva glorieta de la N-120 en Castañares para la situación prevista

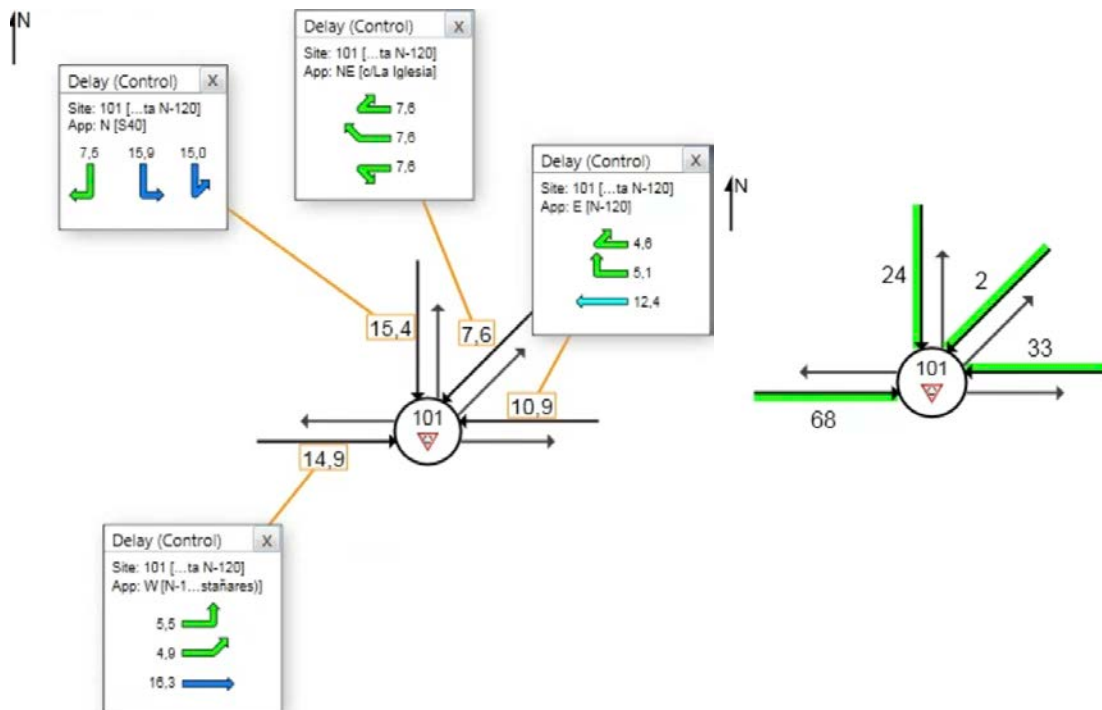


Ilustración 36 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la nueva glorieta de la N-120 en Castañares para la situación prevista

Para finalizar con el análisis de las nuevas intersecciones introducidas en el nuevo desarrollo, en la Ilustración 37 se muestran los resultados de niveles de servicio de la nueva glorieta de acceso al mismo desde la carretera del aeropuerto. Como puede comprobarse, los niveles de servicio son muy buenos en todos los accesos (nivel A) con demoras y colas muy reducidas (Ilustración 38).

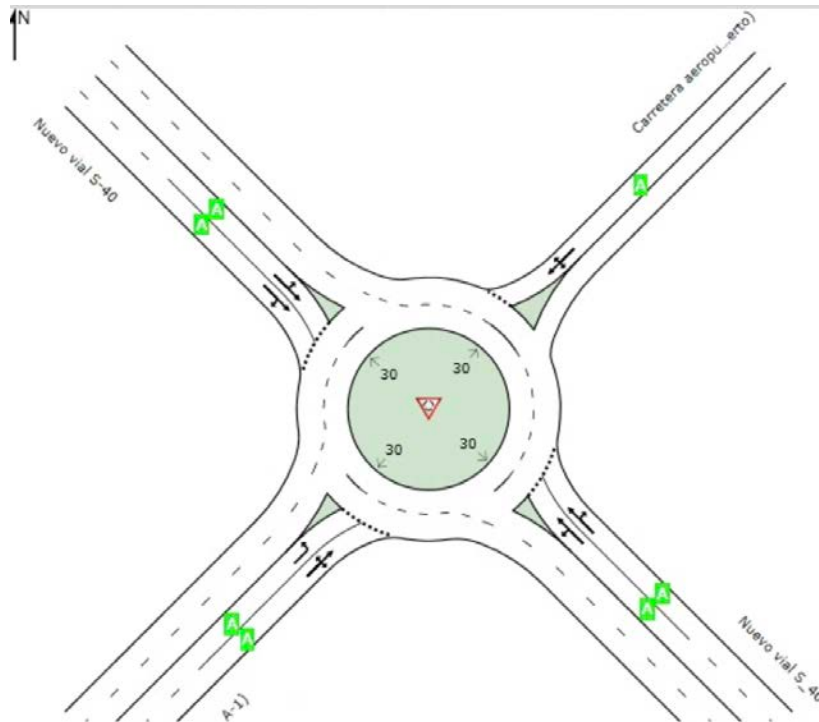


Ilustración 37 Niveles de servicio en la nueva glorieta de la carretera al aeropuerto para la situación prevista

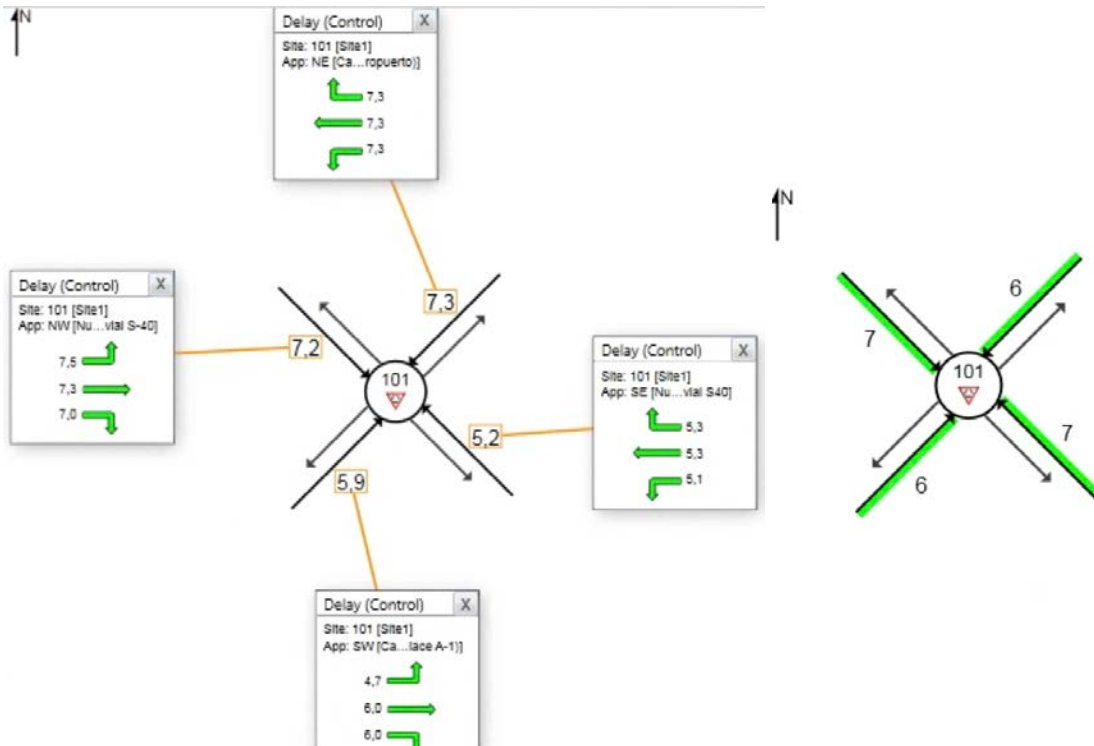


Ilustración 38 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la nueva glorieta de la carretera al aeropuerto para la situación prevista

En lo que respecta a las intersecciones ya existentes, la intersección regulada con semáforos del núcleo de Castañares se ve beneficiada por el nuevo desarrollo en cuanto a que el nuevo viario interno del mismo capta tráfico de paso de la N-120, aliviando la alta intensidad que sufre este núcleo. Tal y como se puede observar en la Ilustración 39, los niveles de servicio se mantienen con respecto a la situación actual, mejorándose incluso los acceso este (N-120), que pasa de D a C. Los valores de demoras y longitudes de cola también se mantienen e incluso mejoran (Ilustración 40).

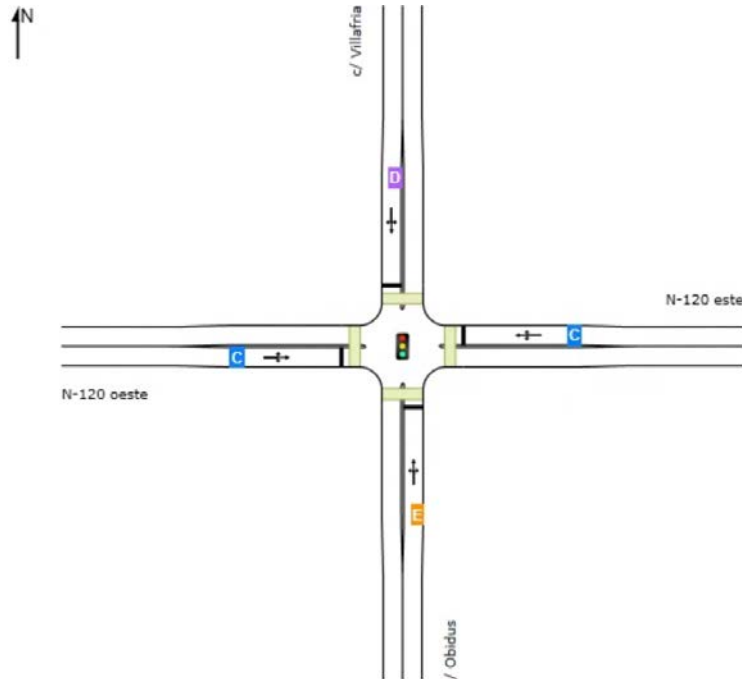


Ilustración 39 Niveles de servicio en la intersección semafórica de Castañares para la situación prevista.

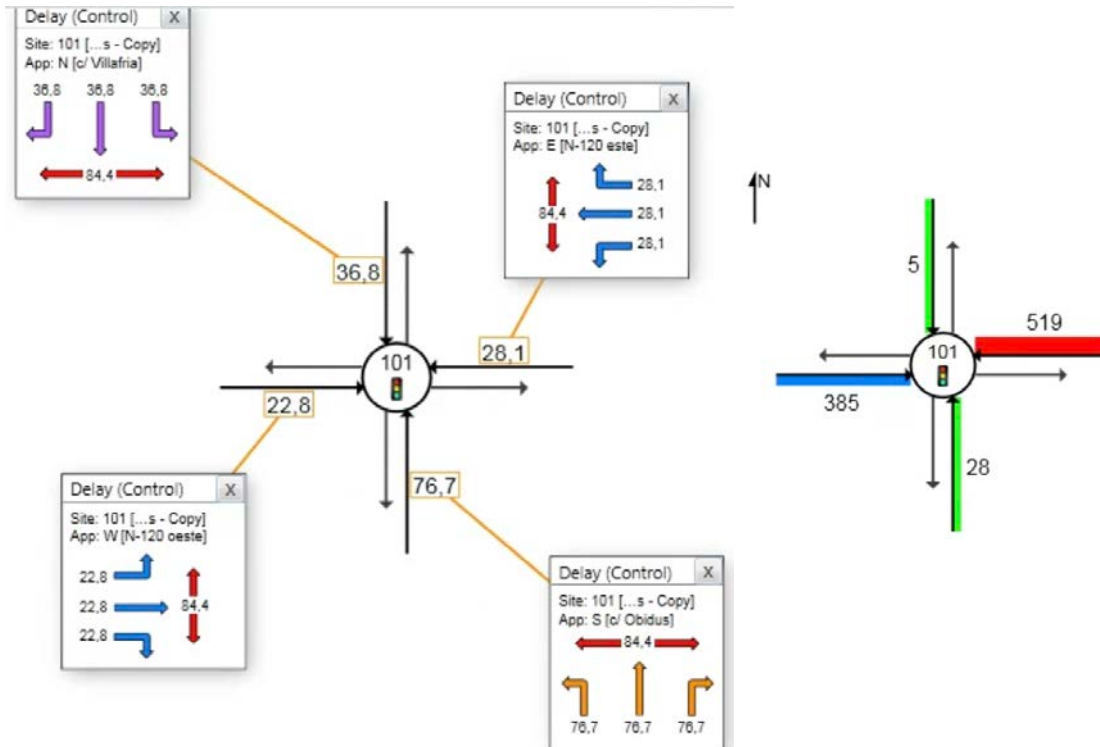


Ilustración 40 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en la intersección de Castañares para la situación prevista

Finalmente, queda por analizar el enlace entre la A-1 y la N-120. Detallando el resultado por acceso, en la Ilustración 41 se puede ver que el acceso oeste (N-120) sigue presentando un buen nivel de servicio, manteniéndose el nivel A en su carril izquierdo, y manteniéndose el nivel de servicio C en su carril derecho. El otro acceso de la N-120 (desde Castañares) mejora a nivel de servicio A en el carril exterior y mantiene el B en el interior. En lo que respecta a los accesos desde la A-1, el acceso sur se mantiene con el nivel de servicio B mientras que el acceso norte incluso mejora puesto que se ve descargado por la nueva alternativa que se ofrece más al norte desde la calle Bureba y en nuevo viario interior del nuevo desarrollo, con lo que se pasa de un nivel de servicio D a C. El único acceso que empeora en su nivel de servicio es la carretera del aeropuerto, que pasa de un nivel C a E si la sección de entrada es de un solo carril. Las demoras asociadas y las longitudes de cola obtenidas (todas ellas sin repercusión en el resto del viario), se muestran en la Ilustración 42.

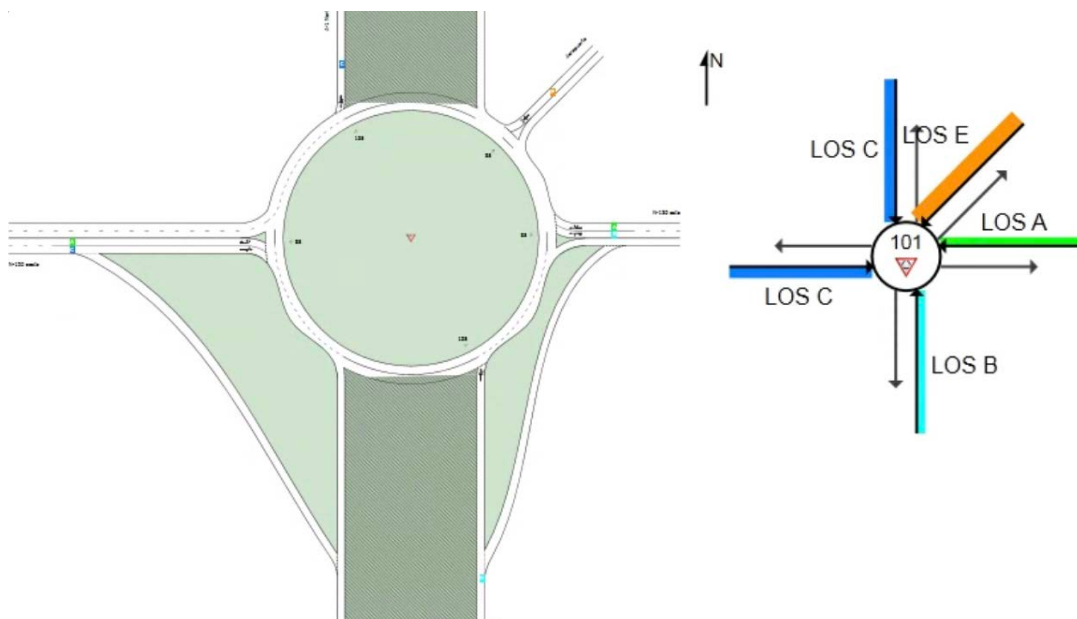


Ilustración 41 Niveles de servicio en el enlace de la A-1 con la N-120 para la situación prevista.

De cara a mejorar el funcionamiento del enlace y minimizar el efecto del nuevo desarrollo en el mismo, se podría mejorar el nivel de servicio del acceso de la carretera al aeropuerto añadiendo un sobrecancho en el tramo final del mismo para aumentar en un carril de longitud reducida (20 metros) en la zona adyacente a la línea de ceda el paso. Con esta sencilla medida, se consigue mejorar sensiblemente el nivel de servicio del acceso, conservando los niveles de servicio en todos los accesos con respecto a la situación actual (Ilustración 43). Lógicamente, esta medida tiene un efecto positivo no solo en las demoras sino también en las máximas longitudes de cola esperadas (Ilustración 44).

41

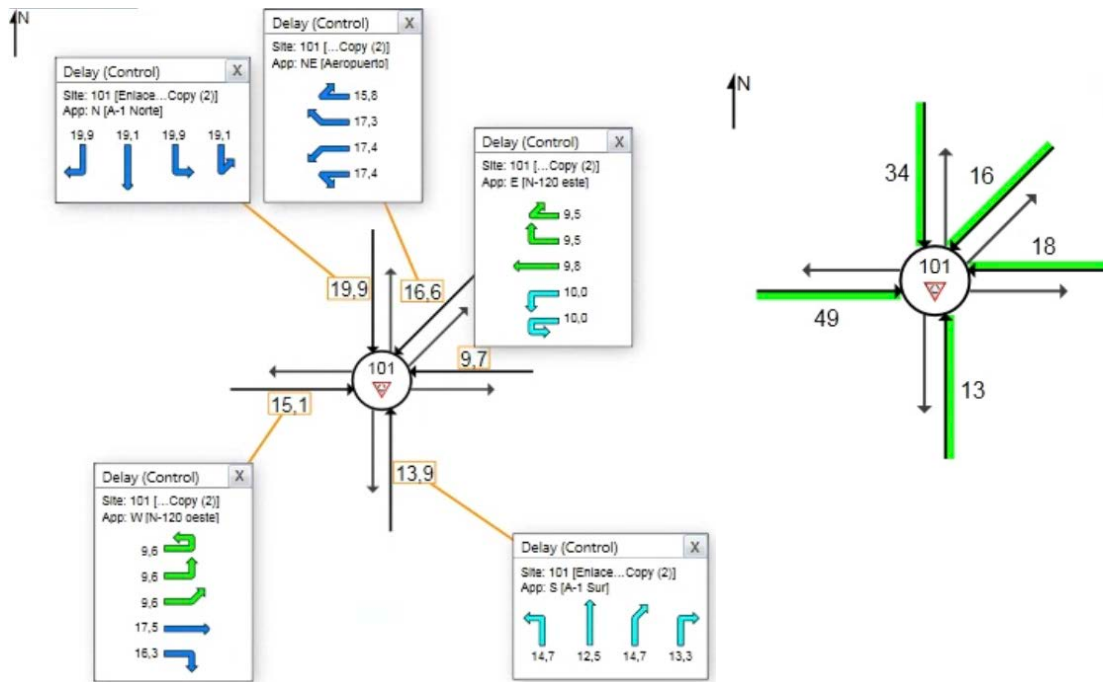


Ilustración 44 Demoras por acceso en segundos/veh (izquierda) y longitud de cola en metros (percentil 95, derecha) en el enlace de la A-1 con la N-120 para la situación prevista, incorporando la mejora propuesta

7. Conclusiones

En este informe se ha analizado la repercusión en el tráfico del nuevo desarrollo "S-40 Aeropuerto Suroeste". Dicho desarrollo se pretende implantar en los terrenos comprendidos entre la A-1, la N-120 y el Aeropuerto, por lo que serán los enlaces e intersecciones de estos viales los que puedan verse más afectados.

Para ello, en primer lugar se ha estudiado la situación actual, entendiendo como tal la que se presenta con la intensidad de la hora 30 de tráfico, lo que ya de por sí es un análisis desde el punto de vista de la seguridad a fin de garantizar un impacto mínimo en la zona. Este estudio se ha realizado siguiendo un doble análisis: por un lado se ha empleado un modelo de microsimulación de tráfico que permita simular el tráfico a nivel de cada vehículo individual y permita analizar el efecto red del nuevo desarrollo y la configuración viaria en cada caso; y por otro lado, se han hecho estudios individualizados de cada intersección crítica, estimando los niveles de servicio, demoras y longitudes máximas de cola siguiendo la metodología del Manual de Capacidad norteamericano. Posteriormente, se ha estimado la nueva demanda inducida por el nuevo desarrollo y, por consiguiente, el nuevo tráfico que se espera en la zona. En este proceso, se han simulado los escenarios más desfavorables, desde el punto de vista de generación de viajes, adoptando las siguientes hipótesis:

- El 100% de la demanda generada por el nuevo desarrollo es demanda inducida, es decir, nuevos viajes que no entrarían en la zona de estudio si el nuevo desarrollo no existiera.

- La punta de demanda del nuevo desarrollo será coincidente con las puntas de tráfico (hora 30).
- No se consideran vehículos accediendo al nuevo desarrollo por el viario de la zona norte (N-I), por lo que toda la demanda se concentrará en los accesos desde la A-1 y la N-120.

Según los usos del suelo previstos, y aplicando las producciones de viajes del manual *Trip Generation* (ITE), en su última edición, se obtiene que el nuevo desarrollo generará un total de 767 viajes en la hora punta, de los cuales 277 serán entrantes y 489 salientes. Con esta nueva demanda, se ha estudiado nuevamente la situación prevista en el tráfico, analizando la red viaria e intersecciones. De la modelización y simulaciones realizadas se ha comprobado que los accesos principales al nuevo desarrollo y su viario interior consiguen una redistribución del tráfico en los accesos, minimizando la afección al sistema viario existente. De esta manera, el acceso norte junto a Campofrío y La Ribera absorbe tráficos de travesía de la N-120, descargando además parte de los actuales flujos de entrada al enlace de la A-1 con la N-120. Por su parte, el acceso de la N-120 en Castañares contribuye a aliviar la travesía urbana por dicho núcleo, a la vez que permite absorber los tráficos adicionales que se generen en esa zona, siendo una conexión más directa con la zona industrial Gamonal-Villímar de Burgos. Finalmente, el acceso por la carretera del aeropuerto, que es el principal en lo que a tráfico se refiere, tampoco supone ningún problema, puesto que el tráfico de la carretera está actualmente muy por debajo de su capacidad. **La IMD estimada de la carretera al Aeropuerto es de 4530 veh.**

Los niveles de servicio obtenidos en las intersecciones con el nuevo desarrollo tampoco presentan variaciones significativas, siendo igualmente buenos en las nuevas intersecciones generadas y llegando incluso a mejorar los de las intersecciones existentes fruto de la ya mencionada redistribución de tráficos.

Por lo tanto, **en base al análisis realizado, se concluye que el impacto del nuevo desarrollo en el tráfico será mínimo y no producirá un empeoramiento de los niveles de servicio actuales.** Como única recomendación, en caso de estimarse conveniente para conservar el nivel de servicio del acceso al enlace de la A-1 con la N-120 desde la carretera al aeropuerto, se podría añadir un sobreaño en esta carretera para aumentar un carril los últimos 20 metros del mismo. Esta recomendación no sería necesaria en caso de adoptar en la nueva ordenación una sección de dos carriles por sentido.

En Santander, a 13 de marzo de 2024

Fdo. Borja Alonso Oreña.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Responsable del estudio, Nº colegiado 27.263