



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**

Estudio de alternativas para la intersección de las carreteras N-435 y EX-105 en Almendral (Badajoz)

Trabajo Final de Grado

Autores:

Samuel Hernaiz Ágreda

José Antonio Abad Martínez

Tutor:

Francisco Javier Camacho Torregrosa

Titulación:

Grado en Ingeniería Civil



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. ANTECEDENTES | 2 |
| 1.1 Influencia socioeconómica | 3 |
| 1.2 Conflictos burocráticos | 4 |
| 1.3 Propuestas históricas de mejora | 5 |
| 1.4 Instalaciones y servicios afectados por la intersección | 6 |
| 1.5 Uso de los suelos y expropiaciones..... | 8 |
| 2. SITUACIÓN ACTUAL | 9 |
| 2.1 Estudio de Seguridad Vial | 9 |
| 2.1.1 Conexiones y principales conflictos locales asociados | 9 |
| 2.1.2 Accesos y patas de la intersección | 11 |
| 2.1.3 Conflictos de tráfico asociados a la intersección | 13 |
| 2.1.4 Nudos de comunicación de tráfico cercanos | 14 |
| 2.2 Estudio de tráfico | 17 |
| 3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS | 19 |
| 3.1 Alternativa 1 | 19 |
| 3.2 Alternativa 2 | 20 |
| 3.3 Alternativa 3 | 21 |
| 3.4 Elección y desarrollo alternativa 2..... | 22 |
| 4. CONCLUSIONES | 23 |
| BIBLIOGRAFÍA | 24 |
| Anejo Nº 1: Anejo fotográfico | 25 |
| Anejo Nº 2: Anejo de tráfico | 34 |
| Mediciones de aforo | 35 |
| Implementación del programa Kinovea: funcionamiento y resultados..... | 39 |
| Cáldulo de niveles de servicio | 42 |
| Anejo Nº3: Anejo de planos | 55 |

1. ANTECEDENTES

La carretera N-435 constituye un nexo de unión entre las ciudades de Badajoz y Huelva, situadas la primera en la comunidad de Extremadura y la segunda en Andalucía, y ambas muy próximas a la frontera con Portugal.

Así mismo, la EX-105 es una carretera de titularidad de la Junta de Extremadura (España); su categoría es básica y discurre por la provincia de Badajoz entre Don Benito y la frontera con Portugal. Esta misma carretera, a pesar de ser secundaria, tiene gran importancia dado que es la tomada por gran parte de los camiones relacionados con la industria del corcho, muy extendida en el sur de la provincia de Badajoz, para llegar a Portugal sin tener que alargar el trayecto por Badajoz.

En su transcurso, la EX-105 bordea la localidad de Torre de Miguel Sesmero entre los P.K. 109+400 y 110+200 y llega a la localidad de Almendral en el P.K. 111+600, donde se interseca con la N-435 en su P.K. 33+800 para después cruzar la población en forma de travesía. De esta manera, el cruce genera una importante repercusión en las conexiones y en la actividad de estas dos localidades, en distintos ámbitos y con distinta gravedad.

El municipio de Almendral se sitúa en el suroeste de la provincia de Badajoz, demarca el límite oriental de la comarca de Olivenza, lindando con el término de Badajoz y situado junto al municipio Torre de Miguel Sesmero. A 36 km. de Badajoz, su término municipal tiene una extensión de $67,5 \text{ km}^2$ y confina por el norte y oeste con el término de Badajoz, por el este con el de Torre de Miguel Sesmero y el de Nogales y por el sur con el de Barcarrota. Las principales actividades económicas son la ganadería y la agricultura, además del transporte de mercancías, especialmente el relacionado con la industria alcornquera de las regiones situadas al sur de la población. La evolución de la población ha sufrido un importante descenso, pasando de los 3.836 habitantes en el censo de población de 1920 y 3.581 habitantes en el de 1950 a 1.282 habitantes en el censo de población de 2016.

En torno a este municipio se sitúa la principal repercusión de la intersección a tratar.

El tramo de la N-435 entre Almendral, unos 400 metros antes del cruce a estudiar, y Barcarrota está considerado como uno de los más peligrosos de toda la red secundaria en España (Figura 1). Según un informe elaborado por EuroRAP, programa europeo de evaluación del riesgo en la carretera, en el que participa RACE, los 12,5 kilómetros que separan ambas localidades pacenses constituyen el tramo de carretera más peligroso de España.



Figura 1. Enclave general del tramo más peligroso de la N-435 en el que se sitúa la intersección con la EX-105 a la altura de Almendral.

Fuente: EL PAÍS.

En este espacio se han producido cinco accidentes mortales y graves en los últimos tres años, en los que tres personas han perdido la vida y cuatro han resultado heridas de gravedad. De estos cinco accidentes, uno de ellos corresponde a ciclomotores y motocicletas y otro a un vehículo pesado. Como principales deficiencias de este tramo destacan una baja consistencia en el diseño del trazado, un drenaje del firme muy deficiente, que lo hace extremadamente peligroso en condiciones de lluvia, y un exceso de incorporaciones al mismo nivel, ya sea de caminos de fincas, así como intersecciones problemáticas entre las que destaca la que se pretende tratar en este trabajo (Figura 2).



Figura 2. Cartografía general del tramo en el que se encuentra la intersección entre la EX-105 proveniente de Torre de Miguel Sesmero y la N-435 a su paso por Almendral. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Las condiciones del tramo peligroso de la N-435 entre Almendral y Barcarrota también son aplicables al que conecta Torre de Miguel Sesmero y Almendral en la EX-105 hasta llegar a la intersección con la N-435, que aglutina diversos problemas que a continuación se detallan.

1.1 Influencia socioeconómica

La intersección de Almendral afecta distintos ámbitos más allá de los meramente relativos al tráfico y a la seguridad vial. Se trata de un punto de enlace estratégico para el tráfico pesado proveniente del Sur de la provincia de Badajoz y de toda Andalucía Occidental en su tránsito hacia Lisboa y otras regiones del centro de Portugal.

Una de las industrias que más toneladas mueve al año en la región es la del corcho. El 10% de la producción mundial anual de tapones de corcho proviene de Extremadura y, en su inmensa mayoría, de la localidad pacense de San Vicente de Alcántara. En números redondos, significa 1.300 millones de tapones. Portugal sigue siendo el líder mundial en ese subsector agrario de enorme peso en diferentes comarcas de la zona.

Extremadura, con 250.000 hectáreas de alcornoque, es la segunda productora de corcho de España. Según datos de la Junta, el año pasado se alcanzaron las 24.000 toneladas. Andalucía alcanzó las 39.763. La tercera comunidad autónoma, a muy larga distancia, es Cataluña, con unas 4.000 toneladas (Fuente de los datos: Diario Hoy de Extremadura).

Por tanto, las rutas que conectan el Sur de Extremadura y el Suroeste de Andalucía con Portugal tienen gran relevancia en cuanto al tráfico pesado. La intervención en la intersección en Almendral ha de tener por tanto este factor muy en cuenta. En este sentido, es vital un cambio en el acceso a la estación de servicio para que los camiones no obstruyan la carretera nacional en situaciones de mucha afluencia, así como una especial atención a la travesía de la EX-105 a través de Almendral, que se detalla en el siguiente punto.

Del mismo modo, los accesos a las fincas y campos de la zona deben ser preservados y, si cabe, mejorados. La dehesa extremeña constituye otro de los grandes puntales económicos de la región, especialmente la industria jamonera.

1.2 Conflictos burocráticos

Hay varios conflictos legales que dificultan la ejecución rápida de una alternativa a la intersección, así como una solución de las otras deficiencias de tráfico en la zona.

Uno de los más sonados y recurrentes es el reiterado intento por parte de la Demarcación de Carreteras de que sea el Ayuntamiento de Almendral el encargado de mantener y mejorar la travesía de la EX-105 en la localidad pacense. Esta intención lleva años en disputa con la reivindicación de las autoridades de Almendral para que la Demarcación sea quien mejore y adecúe la travesía al gran aforo de tráfico, especialmente de mercancías, que alberga. Por tanto, desde hace más de diez años se pretende resolver esta cuestión sin éxito y la travesía de la EX-105 en Almendral (Figura 3) permanece sin una labor rigurosa de mantenimiento.



Figura 3. Travesía de la EX-105 en Almendral, cruzando la localidad por el Norte . Fuente: Visor Sigpac, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Otro de los conflictos que retrasan la solución a la intersección es el pago de las expropiaciones que van a ser necesarias para ejecutar cualquiera de las posibles alternativas. En este sentido hay una finca industrial en la que se encuentra un taller en las inmediaciones del cruce (Figura 4) que está calificada como suelo urbano y el alto precio de la expropiación también ha influido en que se lleve años sin ejecutar los trabajos de mejora de la intersección. Las expropiaciones del suelo rural presentan menos complicaciones más allá de las habituales en estos casos.

Otras disputas que lastran el avance de una solución son los conflictos de intereses anteriormente mencionados por parte del personal que gestiona la estación de servicio, así como de los dueños de los dos bares que verían alterada su clientela ante un posible cambio del emplazamiento de la parada de autobuses tras la actuación.



Figura 4. Situación del taller que deberá ser expropiado en caso de una actuación en la intersección. Fuente: Google Maps.

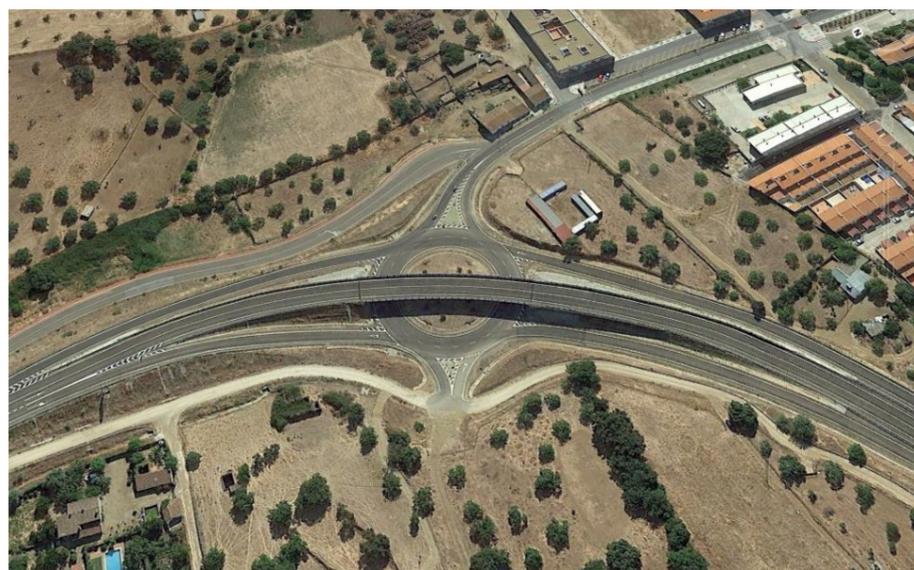
En definitiva, hay varios frentes burocráticos que retrasan una solución técnica que ya de por sí es complicada y precisa una intervención que tenga en cuenta un gran número de condicionantes.

1.3 Propuestas históricas de mejora

Dado que la problemática presentada no es nueva, sino que lleva varias décadas latente en Almendral y en toda la zona circundante a la intersección, no es la primera vez que se ha propuesto una alternativa para la intersección de la N-435 y la EX-105. La más importante y que mayor apoyo popular recibió fue en 1998, cuando el consistorio municipal formuló una propuesta de sobreelevación de la carretera N-435 con una rotonda inferior para solventar el cruce.

Esta idea es, sin duda, la más elegante desde el punto de vista técnico para cubrir todas las necesidades del tráfico en una intersección tan compleja de forma satisfactoria, incluso mejorando la capacidad de servicio de la vía principal. Sin embargo, es una de las actuaciones más costosas que se pueden ejecutar, y por ello se priorizaron otras cuestiones finalmente en aquel momento.

Unos años más tarde, en base a la misma idea, se proyectó una alternativa para el acceso a Barcarrota, la población situada 13 km al sur de Almendral. Ésta fue proyectada y aprobada en 2005 y ejecutada en 2006 (Figura 5). Esto reabrió el debate en Almendral acerca de la necesidad de esa misma solución propuesta en 1998.



*Figura 5.
Sobreelevación de
la N-435 y rotonda
inferior a la altura
de Barcarrota
Fuente: Google
Earth.*

La resolución en Almendral se dilató entre cambios de gobierno y las discrepancias con la Demarcación de Carreteras. En ese tiempo, otro conflicto que afectaba al tráfico cobró fuerza: cada vez que se producía un fallecimiento y había que realizar el cortejo fúnebre hacia el cementerio, éste se debía realizar sin más remedio que a través de 400 metros de la N-435, dado que el camposanto y el tanatorio se encuentran separados de Almendral por la propia carretera nacional. Con ayuda de la Guardia Civil, se tenía que cortar el tráfico durante el trayecto de aproximadamente 15 minutos de duración. En consecuencia, se proyectó un paso superior entre el pueblo y el cementerio, que se construyó en 2010 (Figura 6).



*Figura 6. Paso superior
construido en 2010 que
conecta la localidad de
Almendral con el
tanatorio y cementerio.
En la parte inferior puede
observarse la intersección
existente entre la N-435 y
la EX-105.*

Fuente: Google Earth.

Del mismo modo, la acera peatonal del paso superior solventó la circunstancia de los cruces de la carretera nacional a esa altura por parte de las personas que en cualquier momento del año se dirigían al cementerio para visitar a sus seres queridos fallecidos.

Este paso superior salva la N-435 a 250 metros al norte de la intersección con la EX-105. Según la Norma 3.1 IC de Trazado, de la Instrucción de Carreteras (“BOE” de 2 de febrero de 2000), esta circunstancia hace inviable una alternativa de sobreelevación de la N-435 a la altura de la intersección con rotonda inferior, dado que se incumpliría la distancia mínima de 100 metros entre el paso superior y el primer punto significativo del trazado en alzado de una obra de este tipo. Con este argumento se terminó de postergar una solución sobreelevada al cruce por parte de la Demarcación de Carreteras, a pesar de que el incumplimiento de dicha distancia mínima podría ser justificado sobradamente, como más adelante se repetirá.

1.4 Instalaciones y servicios afectados por la intersección

La solución a la intersección de Almendral puede pasar por distintas alternativas, pero en todas ellas se suma la complejidad añadida de los distintos servicios y las instalaciones que transitan el cruce, ya sea al mismo nivel, por aire o en su subsuelo.

Por aire cabe destacar el tendido eléctrico, que cruza la intersección del lado del paseo peatonal (Figura 7) y pocos metros más adelante en dirección a la piscina cruza la EX-105 también para darle servicio en su camino a Torre de Miguel Sesmero, donde vuelva a cruzar la carretera secundaria (Figura 8). En caso de alterar el trazado de la vía principal, se considera que la solución más efectiva es la sobreelevación de dos postes de alumbrado y la supresión de otros tres que se sitúen entre ellos.



Figura 7. Vista de la intersección y del cruce del tendido eléctrico entre el final del paseo peatonal y Almendral. Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Llegada a Torre de Miguel Sesmero desde la EX-105, con el cruce del tendido eléctrico proveniente de la piscina municipal al fondo.

Fuente: Elaboración propia.

Al mismo nivel, la intersección es un punto complejo en cuanto al drenaje. Su posición elevada respecto a las distintas salidas hace que el drenaje de las cunetas y las zonas adyacentes requiera un alto número de obras de drenaje transversal (ODT), tanto como para drenar transversalmente la llegada de la EX-105 desde Torre de Miguel Sesmero a la intersección (Figura 9), como para derivar esas aguas posteriormente al encauzamiento situado en la cuneta de la travesía de la EX-105 en Almendral al otro lado del cruce, aprovechando la pendiente positiva.



Figura 9. Arqueta de drenaje en la llegada de la EX-105 a la intersección de Almendral desde Torre de Miguel Sesmero.

Fuente: Elaboración propia.

A 200 y 300 metros respectivamente del cruce, en dirección Sur, se localizan sendas obras de drenaje transversal (ODT), destinadas a drenar el camino a Nogales así como las posibles crecidas del Arroyo de Fuente nueva en caso de precipitaciones intensas. En caso de alterarse el trazado principal de la N-435, alguna de las dos o incluso ambas deberán ser demolidas y el drenaje deberá ser nuevamente ejecutado. En las cuatro direcciones de salida de la intersección, el drenaje ha de ser encauzado en ligera contrapendiente, durante una distancia de hasta 100 metros en el caso de la dirección Sur hasta llegar a pendiente positiva. Esta circunstancia se da porque, a pesar de que el firme del nudo del cruce se encuentra elevado (sobre todo respecto a la zona urbana de Almendral), las cotas del terreno natural por el que discurre el drenaje trazan un escenario ligeramente contrario para el movimiento de aguas.

Así mismo, cabe destacar las numerosas conexiones de servicios que atraviesan el subsuelo de la intersección. Un conducto de gas proveniente de Badajoz podría ver alterado su trazado y, con mucha mayor complejidad, el diseño en planta de una conexión de fibra óptica de Internet a alta velocidad tendría que ser recalculado desde 2.500 metros antes y hasta 2.500 metros después de la actuación en el cruce, si ésta le afectase. Se trata de un tendido de Internet de alta velocidad y especiales características diseñado para el uso docente universitario que abastece a la Universidad de Extremadura en sus instalaciones de Badajoz, y que llega hasta Sevilla donde da servicio a la Universidad de Sevilla. Su trazado no admite cambios de dirección bruscos y es por ello que constituiría una de las obras auxiliares más complejas. Más sencilla pero a tener en cuenta también es la red de Internet ordinaria proveniente de Torre de Miguel Sesmero hasta Almendral, que según la alternativa escogida variará o no su recorrido.

Dependiendo del grado de incidencia de la alternativa ejecutada sobre el terreno de la actual intersección, todas las obras derivadas de instalaciones de servicio público y privado en este caso habrán de ser solucionadas con los distintos propietarios y explotadores de las mismas. En este caso, las obras auxiliares de sobreelevación de dos postes de tendido eléctrico y derribo de los tres que se sitúan entre ellos se debe concretar con Endesa.

1.5 Uso de los suelos y expropiaciones

Por último, otro factor importante antes de poder llevar a cabo cualquier propuesta de solución en la intersección es el de la gestión de los usos del suelo, ya sea para la construcción de nueva obra lineal en el actual suelo ocupado por el trazado de las vías, o bien para valorar y expropiar debidamente la superficie de terreno necesaria para ejecutar obra lineal de nuevo trazado (Figura 10).

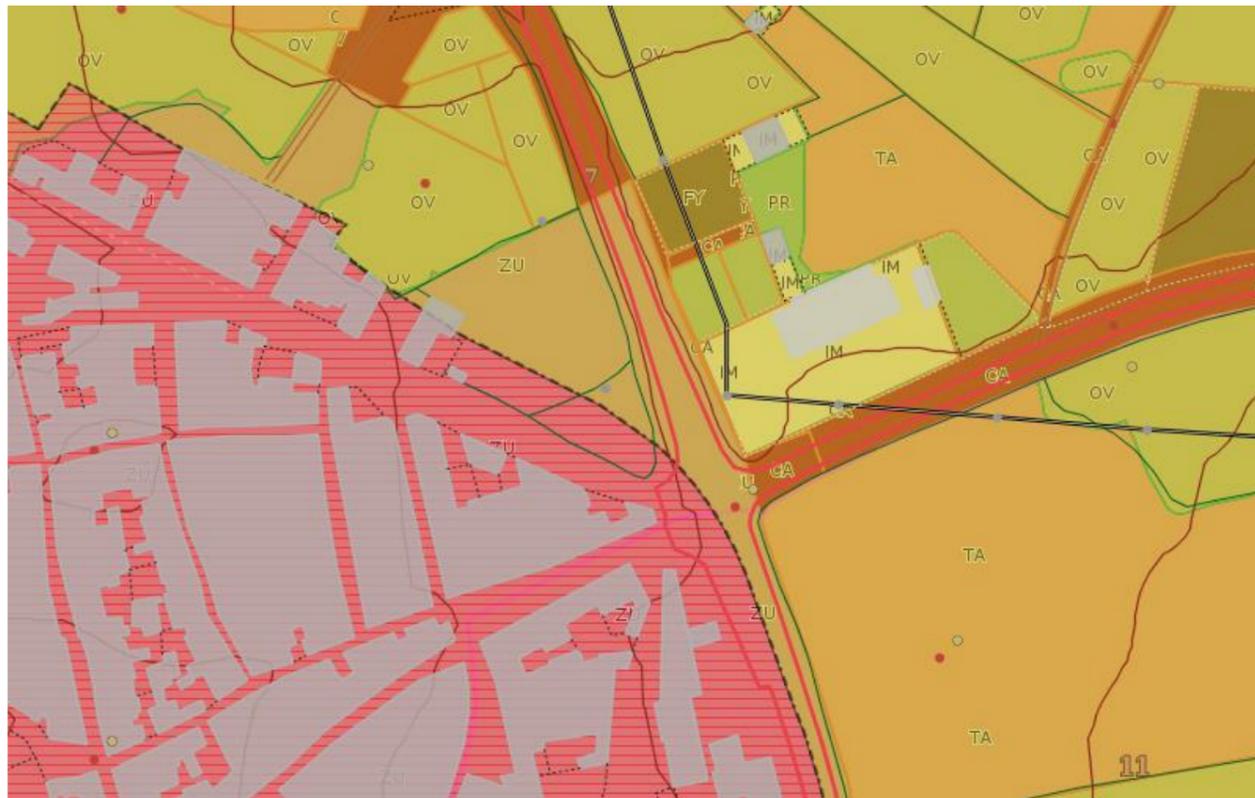


Figura 10. Usos del suelo en las inmediaciones de la intersección. A la derecha, en color gris, la parcela de suelo urbano perteneciente al taller mecánico que deberá ser expropiada. Fuente: IDE Extremadura.

En este caso, el suelo ocupado por la intersección tiene distintos usos: del lado de Almendral es en su mayor parte suelo urbano consolidado, del que por otra parte en ninguna de las alternativas sería necesario realizar expropiación. En el lado Este de la intersección, del lado de Torre de Miguel Sesmero, el suelo es en su práctica totalidad de tipo no urbanizable. Sin embargo, hay varias parcelas de suelo pertenecientes al taller mecánico mencionado en el apartado 1.6 (Figura 24) que conforman un total de 375757,53 metros cuadrados de suelo urbano, en su práctica totalidad consolidado. Este terreno será el más costoso en una probable expropiación, dado que el resto de suelo que puede ser necesario para edificar obra lineal en la actuación será de tipo no urbanizable.

En total, atendiendo a la información facilitada por técnicos e ingenieros en la zona, la partida del presupuesto destinada a este fin rondaría los 165.000 Euros.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Estudio de Seguridad Vial

2.1.1 Conexiones y principales conflictos locales asociados

En cuanto a estas conexiones locales en las que influye la intersección, destaca una circunstancia de este tramo de la EX-105 y es la situación de la piscina municipal en el P.K. 110+900, el punto medio entre las dos localidades (Figura 11). Esta piscina es de uso compartido entre las dos poblaciones y ello genera un gran tránsito extraordinario de peatones durante toda la temporada estival a través del paseo que recorre todo el tramo en paralelo a la calzada. Esto incrementa la gravedad de dos problemas cruciales en el paseo peatonal. Por un lado, el mal estado del paso subterráneo para cruzar la calzada de la EX-105 y acceder a la piscina; y por otro, uno de los conflictos más peligrosos a resolver en la intersección, que es la ausencia de paso inferior o superior para que los peatones puedan cruzar la intersección con la N-435 y, por consiguiente, transitar entre ambas localidades vecinas. Esta última circunstancia conlleva una situación muy poco habitual en los tiempos actuales como es la de cientos de habitantes de los dos pueblos transitando cada día el cruce en el que, por otro lado, no se respeta la velocidad máxima exigida de 50 km/h. Este problema adquiere su máxima representación a la hora del cierre de la piscina en verano, cuando decenas de personas tienen que hacer cola al en la misma intersección para cruzarla.



Figura 11. Conexiones locales cercanas a la intersección y piscina municipal de uso compartido entre Almendral y Torre de Miguel Sesmero. Fuente: Google Maps.

La pésima integración del paseo peatonal con la intersección genera un punto altamente peligroso para el tráfico rodado, así como especialmente para los peatones, mayoritariamente personas de avanzada edad (Figuras 12 y 13). Por el mismo motivo, numerosas personas en silla de ruedas cruzan la calzada de la EX-105 en verano para acceder a la piscina municipal, dado que el paso subterráneo carece de rampas o ayudas para estos casos, generando situaciones aún más peligrosas si cabe en caso de una distracción por parte de algún conductor (Figuras 14 y 15). A pesar de haber sido recientemente limpiado y desbrozado, sigue presentando un aspecto bastante descuidado y viejo, si bien el mayor motivo de su escaso servicio es la posición demasiado alejada de la entrada a la piscina. Tal y como se pudo comprobar in situ el último verano, este paso inferior es una infraestructura altamente infrutilizada en el acceso a la piscina, mientras que en la intersección con la N-435 una solución así sería vital para ambas poblaciones.



Figuras 12 y 13. Paseo peatonal adyacente a la EX-105 a la llegada a Almendral desde Torre de Miguel Sesmero, interrumpido por la intersección con la N-435. Fuente: Elaboración propia.



Figuras 14 y 15. Boca de entrada del paso inferior a la piscina en el paseo peatonal adyacente a la EX-105 y camino de salida hacia la entrada de la piscina municipal compartida entre Almendral y Torre de Miguel Sesmero. Fuente: Elaboración propia.

Inciendo de nuevo en la intersección analizada, la problemática que la rodea se manifiesta en muchos puntos con distinta repercusión y posibilidades de solución. Uno de los frentes abiertos es la situación de la parada de autobuses, que obliga a los mismos a realizar una maniobra larga y peligrosa, especialmente los que llegan desde el Sur en sentido Badajoz, entorpeciendo el cruce completo y teniendo que repetir la maniobra marcha atrás para volver a salir con destino a la capital pacense. Una de las ideas que se proponen sería reubicar esta parada de forma integrada aproximadamente 50 metros al Sur de la situación actual, integrándola a un lado de la gasolinera existente, de tal forma que el desvío de los autobuses sea más sencillo y no entorpezca de forma directa la intersección (Figuras 16, 17 y 18). No obstante, esta propuesta, que lleva años debatiéndose en el pueblo, genera un conflicto de intereses entre el Hostal Restaurante Astigi, a la puerta del cual se encuentra la actual parada, y la cafetería aneja a la estación de servicio “Bar Los Rosales”, que saldría claramente beneficiada en cuanto a impacto económico indirecto con dicho cambio. Se trata de un problema nada despreciable dado el número de autobuses diarios que efectúan parada en la localidad en las rutas Badajoz – Huelva y especialmente Badajoz – Sevilla.



Figuras 16, 17 y 18. Movimientos de llegada y salida a y desde la estación de autobuses de Almendral en su ubicación actual, en sentido Huelva – Badajoz. Fuente: Elaboración propia.



Enlazando con la posible futura ubicación de la parada de autobuses, cabe resaltar otro de los puntos problemáticos que rodean la intersección, como lo es el acceso y la situación de la estación de servicio.

Dado el gran volumen de tráfico pesado que transita la N-435 y que toma la EX-105 en su ruta desde el Suroeste de España hacia Portugal en general y Lisboa en particular, esta estación de servicio es uno de los puntos de parada estratégicos. Como se constató en persona observando el tráfico durante varias horas seguidas, los tráilers y camiones de gran tonelaje que llegan desde el Sur han de invadir el carril contrario para girar hacia la gasolinera y, en caso de que ya haya varios de ellos repostando, el camión que pretende acceder a la zona de surtidores queda atravesado en la carretera nacional, taponando el tráfico en ambos sentidos durante más de un minuto en ocasiones, como se constató en diversas grabaciones y vídeos en las visitas in situ. Por tanto, hay un problema también apreciable de falta de espacio y adecuación de la estación de servicio al uso que tiene por parte de tantos vehículos de mercancías (Figura 19).



Figura 19. Camión taponando los dos carriles de la N-435 continuadamente al tratar de acceder a la estación de servicio de Almendral en la que ya hay vehículos repostando, acceso en sentido Huelva-Badajoz. Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Accesos y patas de la intersección

Otro de los aspectos clave que contribuyen a la conflictividad de la intersección es la llegada a la misma, aparte de de las tres patas provenientes de Almendral: la travesía urbana al norte de la localidad por la que continúa la EX-105 su camino dirección Portugal hasta Olivenza; la calle José Segundo Flores, que es la principal que conecta el centro urbano con el cruce; y la calle Egido Thovar que conecta con la zona Sur de la población (Figura 20). A ellas se añade el acceso interior desde la población hacia la estación de servicio.



Figura 20. Cartografía de la intersección en planta con la localidad de Almendral a la izquierda. Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Esta complejidad de ramas de intersección no hace sino generar más conflictos y accidentes de tráfico en los últimos años al sumarse a la pésima visibilidad de la N-435 dada la situación de esta última unos metros más elevada que la llegada desde Almendral, lo que genera un muro visual para la incorporación o el cruce de la misma (Figuras 21 y 22). Así mismo, entre las patas de intersección de Almendral hay problemas serios de visibilidad, especialmente entre la travesía de la EX-105 y la calle José Segundo Flores, ambas de doble sentido. Se encuentran en dirección al cruce de forma visualmente brusca justo tras la última construcción que los separa. Actualmente se resuelve esta unión con un stop en la travesía que, dadas las características del tráfico que la transita, rara vez se respeta completamente, generando numerosos choques laterales a lo largo de los años, así como inseguridad para los peatones que se dirigen hacia Torre de Miguel Sesmero y pasan por este punto antes de cruzar la calzada de la N-435.



Figuras 21 y 22. Llegada a la intersección en pendiente desde la travesía de la EX-105 (izquierda) y desde las calles José Segundo Flores y Egido Thovar (derecha), con el acceso a la estación de servicio a la derecha antes de acometer el cruce. Fuente: Elaboración propia.

La visibilidad también es complicada en este punto al encontrarse de frente la salida al cruce desde la EX-105 con un doble ceda el paso en pendiente para el acceso desde la N-435 a las distintas calles de Almendral. Es un giro muy cerrado especialmente si un camión de gran volumen se incorpora a la travesía de Almendral desde la N-435 llegando desde el Norte (Figura 23).



Figura 23. A la izquierda de la foto, llegada a la intersección en desnivel desde la travesía de la EX-105 en sentido Torre de Miguel Sesmero. A la derecha, llegada al cruce desde la N-435 en sentido Badajoz-Huelva, con un doble ceda para la incorporación a la EX-105 sentido Olivenza y para el acceso a las otras calles de Almendral que conectan con la intersección, así como el acceso local a la estación de servicio. Fuente: Elaboración propia.

2.1.3 Conflictos de tráfico asociados a la intersección

Si se analiza la intersección en sí, más allá de la problemática de sus inmediaciones, quedan en evidencia distintos conflictos de tráfico y deficiencias que conviene resolver urgentemente con la alternativa a adoptar frente al cruce actual.

La cuestión más evidente, sin duda, es la de la necesidad de todos los peatones de cruzar la carretera nacional en el cruce sobre la misma calzada, con el inmenso riesgo que esto conlleva (Figuras 24 y 25). Las personas, en gran número de edad avanzada, esperan en las señales de ceda y de stop de los vehículos un momento de baja circulación para entrar o salir de Almendral, poniendo en serio riesgo su integridad física, dado que, a pesar de los cinco dispuestos a la llegada del punto conflictivo, las señales de falso radar en todo el tramo y la restricción a 50km/h, los vehículos que no pretenden desviarse transitan el cruce a gran velocidad.

Adicionalmente, la curva próxima en la llegada desde el Norte al cruce limita considerablemente la visibilidad de los conductores ante una situación de este tipo en la que una o varias personas se encuentran cruzando la calzada. Como se detallará más adelante, tras casi una hora de grabación en vídeo y análisis y medición de velocidad mediante el software Kinovea, la velocidad real de llegada a la intersección es ampliamente superior a la máxima permitida.

En los días de mercado tanto en Almendral como en Torre de Miguel Sesmero, el paseo entre ambas localidades y por tanto la intersección es especialmente transitada por peatones, así como en verano en la hora de cierre de la piscina. Se trata de una situación anómala en la actualidad y que destaca negativamente, pese a que en los últimos 30 años ambos ayuntamientos han emitido diversas propuestas de pasos superiores e inferiores para solventarla. La nueva intersección ha de subsanar esta carencia satisfactoriamente.

Otro frente abierto para resolver por la alternativa que se ejecute es la preferencia de incorporación entre los vehículos que llegan de ambas localidades al cruce por la EX-105. Ambos se encuentran una señal de stop y coinciden a la misma altura de la N-435. Dada la complejidad de la intersección y el

alto volumen de tráfico de la carretera nacional, a menudo se generan colas en ambas llegadas de la EX-105 y por tanto conflictos al momento de decidir la prioridad en la incorporación en cualquiera de los dos sentidos, Badajoz o Huelva. Tal es la disyuntiva, que actualmente es la posición del sol la que determina quién tiene la prioridad de incorporación entre ambas llegadas al cruce. El vehículo con el sol de cara tiene la prioridad de paso, al ser el que se encuentra en situación más desfavorable de visibilidad. De esta forma, por las mañanas son los vehículos que salen de Almendral los que tienen la prioridad cuando el sol viene del Este, y a lo largo de la tarde son los provenientes de Torre de Miguel Sesmero los que la tienen cuando el sol avanza por el Oeste.



*Figuras 24 y 25.
Peatones cruzando la intersección en mitad del tráfico, como es habitual, tras el final del paseo que llega a Almendral desde Torre de Miguel Sesmero.
Fuente: Elaboración propia.*

Las colas y los tiempos de espera para los distintos movimientos que genera la intersección también dan lugar a infracciones graves de tráfico. Una que se ha podido observar in situ es la invasión de la EX-105 procedente de Torre de Miguel Sesmero por parte de vehículos que llegan desde el Sur por la N-435 en dirección Badajoz y se encuentran con una fila de coches o camiones en el mismo sentido de marcha parados o a un ritmo lento realizando un giro a izquierdas para entrar en Almendral o incorporarse a la travesía EX – 105 sentido Olivenza. También por poca paciencia o prisas los distintos stop en las inmediaciones del cruce no se realizan adecuadamente o directamente no se respetan. Esta situación genera ya de por sí en los movimientos internos colisiones o conflictos de tráfico, más si cabe con los peatones cruzando entre el tráfico rodado.

2.1.4 Nudos de comunicación de tráfico cercanos

La singularidad de la intersección estudiada es tal que afecta directamente al tráfico de otros nudos de comunicación de tráfico rodado. Especialmente se centra la atención en dos cayados: uno se encuentra en la N-435 y otro en la EX-105 (Figura 26).

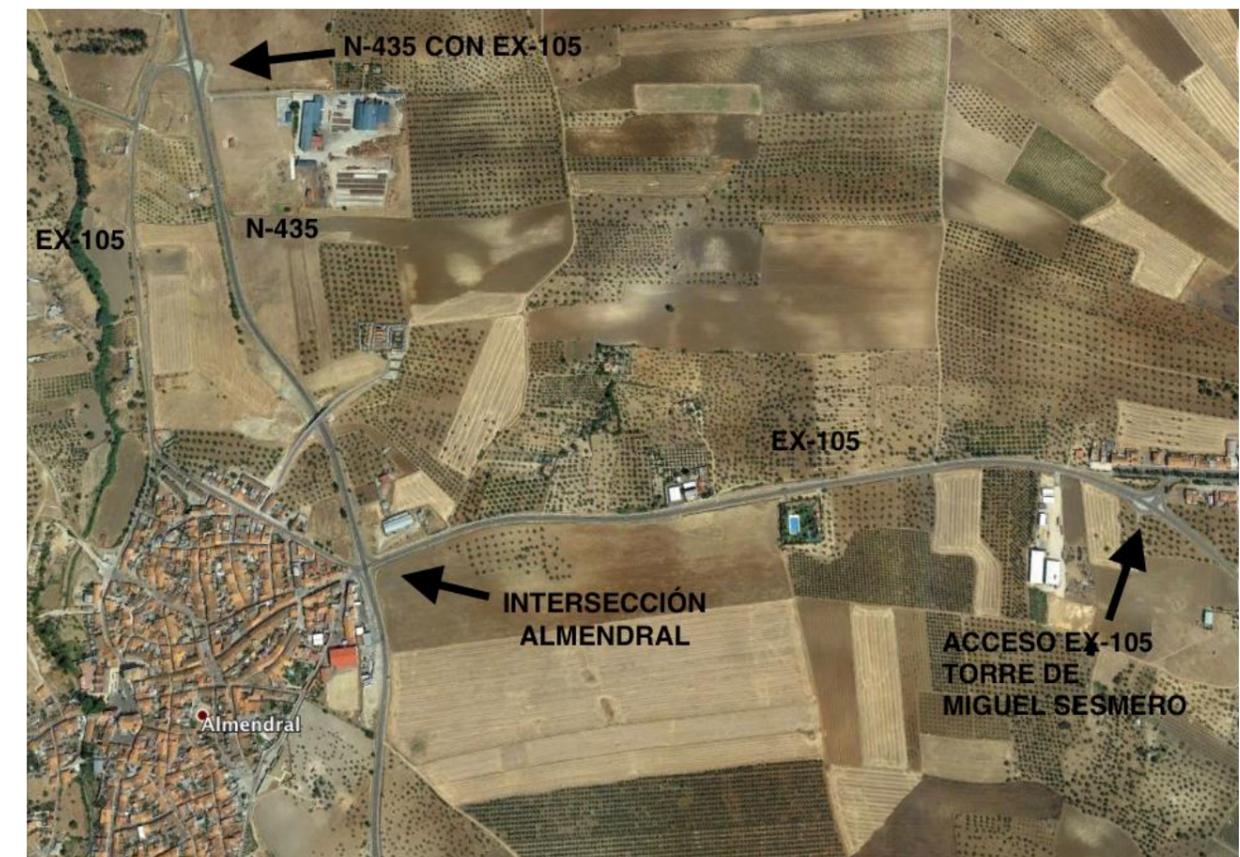


Figura 26. Situación de los dos nudos de tráfico más cercanos a la intersección: el que conecta la N-435 con la EX- 105 al Norte de la intersección de Almendral y el que da acceso a Torre de Miguel Sesmero desde la EX-105, al Este de Almendral. Fuente: Google Earth y elaboración propia.

El primero de ellos se sitúa en el P.K. 32+900, a algo menos de un kilómetro al Norte de la intersección (Figuras 27 y 28). Conecta con la EX-105 en su P.K. 112+800, 800 metros después de haber atravesado Almendral rumbo a Olivenza. Es entendible que los vehículos que llegan en dirección a Huelva por la N-

435 y quieren incorporarse a la carretera EX-105 hacia Olivenza transiten este cayado y no la intersección entre las dos carreteras más al Sur. No obstante, llama poderosamente la atención, tras la familiarización con la zona y distintas grabaciones, que es a través de este cayado también por donde acceden a Almendral sus habitantes cuando llegan desde el Norte (Badajoz, La Albuera), en lugar de hacerlo por la intersección que se sitúa en la verdadera entrada al pueblo y debería permitir circular una parte mayor del camino por una vía secundaria más importante como lo es la N-435. Lo hacen así por comodidad, ya que este cayado les evita encontrarse con el tráfico y los conflictos que genera el cruce. De este modo, para entrar a Almendral desde el Norte, este cayado de mucha menor capacidad que el cruce es la opción más escogida.

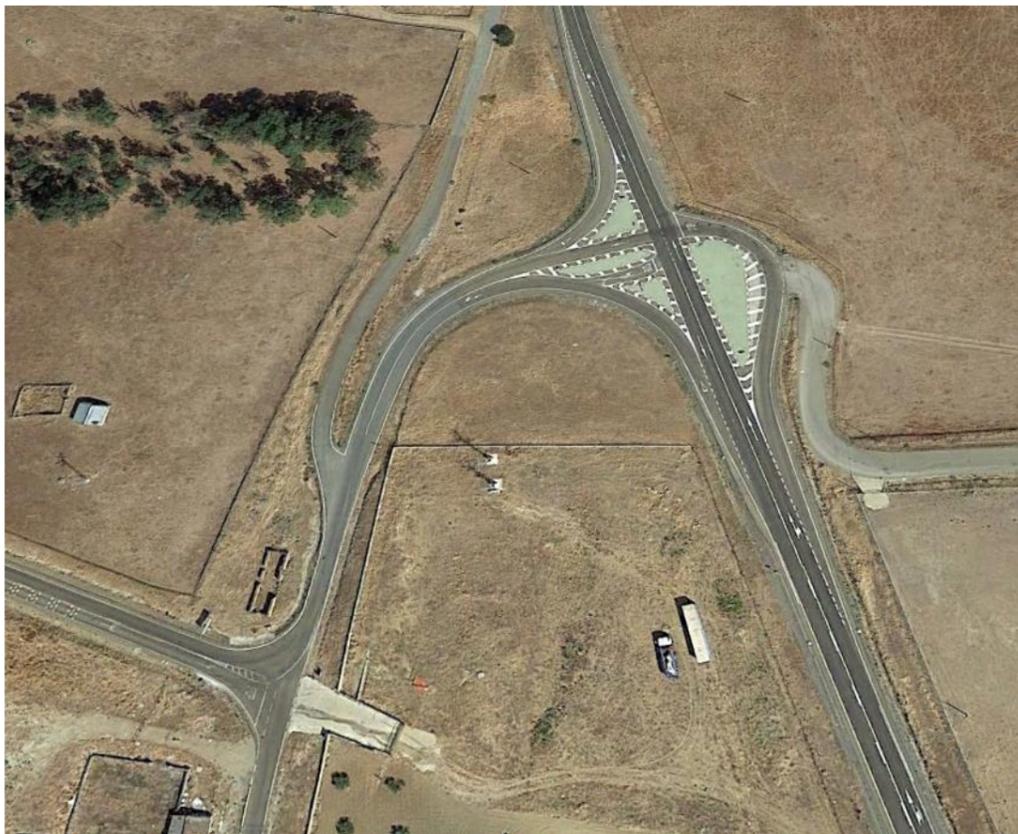


Figura 27. Nudo que conecta la N-435 y la EX-105 al Norte de Almendral, visto en planta ligeramente desde el Sur. Fuente: Google Earth.



Figura 28. Nudo que conecta la N-435 y la EX-105 visto desde el Norte (en la llegada desde Badajoz – la Albuera hacia Almendral, situada al fondo); se aprecia a la derecha el trazado de la EX-105 tras la intersección de Almendral y la travesía que recorre el Norte de la localidad. Fuente: Google Earth.

El segundo a tener en cuenta es el situado en la EX-105 que conecta esta vía con la entrada a Torre de Miguel Sesmero (Figura 29). En este caso hay tres factores que lo hacen especialmente peligroso: lo poco que se respeta el Stop de entrada a la población accediendo en sentido Don Benito (dirección Este desde Almendral); la excesiva velocidad con la que se transita la vía, como se pudo comprobar in situ mediante grabaciones de vídeo y observación del tráfico; y el pésimo estado del firme, agrietado y degradado. Pese a la señalización de esta última circunstancia (Figura 30), la excesiva confianza de los conductores locales, confiados en el menor flujo de tráfico respecto a la N-435 y a la misma EX-105 al Oeste de Almendral y la llegada en curva al cayado (Figura 31), junto con los tres factores anteriormente nombrados, se han cobrado varias vidas en los últimos años, así como numerosos accidentes y conflictos de tráfico.

En este tramo de firme peligroso entre Almendral y Torre de Miguel Sesmero, el acceso a la piscina municipal de ambas localidades, así como los distintos accesos a fincas y campos circundantes, precisan una solución clara y renovada con la alternativa a adoptar en la intersección tratada.



Figura 29. Acceso desde la EX-105 a la llegada a Torre de Miguel Sesmero; el paseo peatonal proveniente de Almendral finaliza y se integra satisfactoriamente a la izquierda con las aceras urbanas de la localidad Fuente: Google Earth.



Figura 30. Señalización de firme en mal estado a la salida de Torre de Miguel Sesmero hacia Almendral en la EX-105. Fuente: Elaboración propia in situ.



Figura 31. Llegada en curva al cayado que da acceso a Torre de Miguel Sesmero desde Almendral. Vista desde el final del paseo peatonal que sí se integra con la zona urbana de Torre de Miguel Sesmero. Fuente: Elaboración propia in situ.

2.2 Estudio de tráfico

Para el estudio de tráfico fue necesario conocer las intensidades horarias de todos los movimientos que se pueden originar en la intersección. Para ello se ha realizado un aforo de tráfico, el cual se adjuntará en el anejo de tráfico.

Para poder interpretar el aforo realizado, se adjunta a continuación un croquis con las letras que se ha asignado a cada pata de la intersección.



Figura 32. Croquis de patas de la intersección para mejor entendimiento del cálculo de niveles de servicio. Elaboración propia.

Las mediciones se realizaron entre las 07:30 y las 09:30, debido a que dicho horario suponía un mayor flujo de vehículos en la zona.

El punto estratégico en el que se han tomado las mediciones es el siguiente:



Figura 33. Situación del punto de toma de datos y mediciones. Elaboración propia.

Para el cálculo de los niveles de servicio de la situación actual se tuvo que realizar una grabación mediante una cámara de video de alta definición. Dicha grabación se introdujo en el programa informático (KINOVEA) con el fin de obtener las velocidades a las que los vehículos entran y salen de la intersección. Dichos cálculos obtenidos se adjuntarán en el anejo de tráfico.

La grabación se realizó tratando de colocar la cámara lo más disimuladamente posible con el objetivo de evitar que los conductores se vieran afectados por dicha presencia y consecuentemente redujeran la velocidad y distorsionaran la muestra de tráfico obtenida.

El punto donde se colocó la cámara para realizar la grabación fue el siguiente:



Figura 34. Situación del punto de grabación en vídeo. Elaboración propia.

El método utilizado para determinar los niveles de servicio fue a través del Highway Capacity Manual 6th Edition, una guía para el análisis de movilidad multimodal. Los principales objetivos de este método son los siguientes:

- Definir las medidas de rendimiento y describir los métodos de recogida de datos de tráfico.
- Proporcionar metodologías para estimar y predecir las medidas de rendimiento.
- Explicar las metodologías a un nivel de detalle que permita a los lectores comprender los factores que afectan la operación multimodal.

Inicialmente se procedió a analizar el nivel de servicio de la carretera convencional en la que se localiza la intersección.

Para el desarrollo de los futuros cálculos era necesario determinar qué clase de carretera era la N-435. Se le asignó clase 2 debido a que la intersección se encuentra en una carretera convencional en la cual no necesariamente se espera viajar a altas velocidades y generalmente estas instalaciones sirven para realizar viajes relativamente cortos.

A continuación se muestra el rango de variación de cada nivel de servicio.

| LOS | Class I Highways | | Class II Highways PTSF (%) | Class III Highways PFFS (%) |
|-----|-------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------------|
| | ATS (mi/h) | PTSF (%) | | |
| A | >55 | ≤35 | ≤40 | >91.7 |
| B | >50-55 | >35-50 | >40-55 | >83.3-91.7 |
| C | >45-50 | >50-65 | >55-70 | >75.0-83.3 |
| D | >40-45 | >65-80 | >70-85 | >66.7-75.0 |
| E | ≤40 | >80 | >85 | ≤66.7 |
| F | Demand exceeds capacity | | | |

Note: For Class I highways, LOS is determined by the worse of ATS-based LOS and PTSF-based LOS.

Figura 35. Rango de variación de cada nivel de servicio. HCM 6.0.

Los resultados obtenidos mostraron que la carretera N-435 presenta un nivel de servicio C en dirección norte y un nivel de servicio B en dirección sur. El desarrollo de los cálculos se incluirá en el anejo de tráfico.

La capacidad de dicha carretera en sentido sur es de 1151 veh/h, mientras que en sentido norte es de 1237 veh/h.

En cuanto al nivel de servicio de la intersección actual, se ha podido observar que el nivel de servicio que ofrece no ha sido una de las causas mayores para plantearse dicho estudio de alternativas, ya que no ofrece un nivel de servicio peligroso.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Giro a la izquierda desde la calle principal C (Movimiento 1): LOS A
- Giro a la izquierda desde la calle principal A (Movimiento 4): LOS A
- Calle menor lado norte: LOS C
- Calle menor lado sur: LOS B

El desarrollo de los cálculos se incluirá en el anejo de tráfico.

A continuación se adjunta la tabla que a partir del control de demora de cada carril nos indica qué nivel de servicio presenta.

| Control Delay (s/veh) | LOS by Volume-to-Capacity Ratio | |
|-----------------------|---------------------------------|-------------|
| | $v/c \leq 1.0$ | $v/c > 1.0$ |
| 0-10 | A | F |
| >10-15 | B | F |
| >15-25 | C | F |
| >25-35 | D | F |
| >35-50 | E | F |
| >50 | F | F |

Note: The LOS criteria apply to each lane on a given approach and to each approach on the minor street. LOS is not calculated for major-street approaches or for the intersection as a whole.

Figura 36. Nivel de servicio en función de control de demora. HCM 6.0.

Tras obtener los niveles de servicio de la carretera convencional y de la situación actual, se prosiguió con la obtención de los niveles de servicio de las tres alternativas a estudiar.

Para la primera alternativa (Glorieta de un solo carril), al presentar todos los carriles de entrada un control de demora entre 0-10 s/veh se obtuvo un LOS A.

El desarrollo de los cálculos se incluirá en el anejo de tráfico.

Respecto a la segunda alternativa (Dos glorietas), al disponer de dos glorietas se tuvo que calcular dos niveles de servicio distintos. La primera glorieta objeto de estudio es la encargada de unir la nacional N-435, dicha glorieta presento los siguientes resultados de nivel de servicio:

- Carril de entrada hacia el este: LOS A
- Carril de entrada hacia el oeste: LOS A
- Carril de entrada hacia el norte: LOS A
- Carril de entrada hacia el sur: LOS A

En la segunda glorieta, la encargada de controlar el tráfico local, también se obtuvieron un LOS A en todos los carriles de entrada, ya que el control de demora en todos ellos oscilaba entre 0-10 s/veh. El desarrollo de los cálculos se incluirá en el anejo de tráfico.

La alternativa 3 al presentar una sobreelevación, los vehículos que deseen circular a lo largo de la nacional N-435 evitarán el paso por la glorieta. De esta manera, el tráfico que tendrá que gestionar la glorieta se verá aminorado de manera importante en comparación a la alternativa 1.

Por ello, el nivel de servicio que presentan todos los carriles de entrada de la glorieta es LOS A.

3. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1 Alternativa 1

La primera alternativa que se propone es la menos intrusiva de las tres y la más sencilla de ejecutar técnicamente. Se trata de una rotonda simple que reorganice las patas de la intersección y normalice y suavice el solapamiento de los distintos movimientos.

En el estudio de tráfico se ha comprobado que con un diseño de rotonda de carril simple ya se cumple con un nivel de servicio clase A, con lo que esta tipología de rotonda sería la elegida.

Con este diseño de intersección, el impacto sobre los terrenos existentes es mínimo (Figura 37). Sólo sería necesaria la expropiación de una parcela mínima en la zona de los talleres más próxima al cruce, para poder prolongar el paseo peatonal que proviene de Torre de Miguel Sesmero. Se ejecutaría un paso peatonal justo al Norte de la rotonda, que se enlazaría con otro paso peatonal para cruzar la travesía de la EX-105. Esta medida también ayudaría a que los vehículos moderasen su velocidad de llegada a la intersección, junto con medidas adicionales de estrechamiento visual.

Ayudándonos del programa Autodesk Civil 3D 2019, tratamos de solventar en esta alternativa el desnivel del cruce existente. Se ejecutaría la rotonda a la cota más baja del terreno, que coincide con la de las primeras casas de Almendral. De este modo el movimiento de tierras sería necesario en el lado Este de la intersección y la nivelación del final actual del paseo peatonal con su prolongación, que se ejecutaría con las mismas características de pavimento. Con ayuda del programa AutoCad 2019 hemos elaborado una presentación sencilla y visual del trazado en planta.

En cuanto al drenaje, se aprovecharía el movimiento de tierras para renovar las arquetas de drenaje situadas en el lado Este de la intersección, así como los encauzamientos a contrapendiente existentes dada la nueva cota de la intersección.

Se propone cambiar la ubicación de la parada de autobús a una posición anexa a la Estación de servicio actual, para evitar maniobras de tanta complejidad como las que han sido observadas in situ. Por último, se reacondicionaría el paso inferior de peatones a la altura de la piscina municipal con el fin de darle mayor visibilidad y accesibilidad al acceso correcto. Se

ejecutaría una rampa con hormigón en masa aprovechando parte del ancho de las escaleras para habilitar esta infraestructura a las personas con movilidad reducida.

En general, se trata de la alternativa más sencilla pero no por ello desdeñable dado que también es la que presenta un menor coste de actuación y una menor complejidad burocrática y técnica.

La mayor parte de conflictos locales quedan resueltos con esta solución, no obstante, el flujo de tráfico principal (N-435) queda ralentizado y mermado. Del mismo modo, el flujo peatonal no queda muy optimizado y está a expensas de las posibles colas de entrada a la rotonda.



Figura 37. Planta general del trazado de la Alternativa 1. Elaboración propia.

3.2 Alternativa 2

La segunda alternativa que se plantea para actuar sobre la intersección consiste en desviar ligeramente la N-435 hacia el Este a su paso por la actual intersección y ejecutar dos rotondas distintas: una destinada al tráfico local, emplazada aproximadamente donde el actual cruce; y una segunda que gestiona el flujo principal de tráfico. Ambas rotondas quedan conectadas por una pata, y parte del espacio actualmente ocupado por la N-435 ha de ser redistribuido (figura 38).



Figura 38. Planta general de la Alternativa 2. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la figura 38, esta solución comporta un impacto mucho mayor sobre los terrenos situados en las inmediaciones del cruce actual. La complejidad técnica es superior a la de la primera alternativa, pero logra una mayor eficacia que otras opciones sin elevar el coste sobremanera.

El tramo de la N-435 entre el desvío de la carretera proveniente de Badajoz y la rotonda de tráfico local a disponer queda inutilizado salvo por un nuevo encauzamiento de drenaje y la prolongación del paseo peatonal a su llegada a Almendral. Este paseo salva el trazado resultante de la carretera nacional mediante un paso inferior sencillo y se integra de este modo perfectamente desde el trazado de la EX-105 hasta el entramado urbano de Almendral. La rotonda destinada al tráfico principal se propone ejecutada a una cota superior a la local, tanto para favorecer el paso inferior de peatones como para facilitar la ejecución de la rotonda local a una cota similar a la de las últimas edificaciones de Almendral.

El tramo de EX-105 que queda en desuso con el nuevo trazado no lo hace del todo ya que sigue acogiendo el paseo peatonal y dos accesos a fincas colindantes. Junto al paso inferior también se integra una obra de drenaje transversal; es una de las tres que se ejecutan en esta actuación, junto con las situadas en los puntos en que el nuevo trazado de la N-435 se vuelve a solapar con el trazado actual.

En la salida al Sur desde la rotonda de tráfico local de Almendral, se aprovecha el antiguo trazado de la N-435 para enlazar con el nuevo trazado proveniente de la rotonda mayor.

Otra circunstancia importante de esta opción afecta a la estación de servicio, dado que el espacio que queda entre el antiguo y el nuevo trazado de la N-435 se puede aprovechar para edificar un aparcamiento y una zona de descanso de amplias dimensiones, que mejoren la funcionalidad y los atascos del tráfico pesado para repostar, así como que ofrezcan espacio adicional de aparcamiento por el efecto indirecto de la nueva situación de la parada de autobuses, que pasa a estar próxima a la estación de servicio.

Adicionalmente, en el apartado de drenaje se ejecuta un encauzamiento en el tramo en desuso de la N-435, otro entre el paso inferior y la obra de drenaje transversal contigua, un tercero que bordea la rotonda de tráfico local y conecta con el encauzamiento existente ya en Almendral; y un cuarto a contrapendiente en el enlace entre la rotonda local y la N-435 en sentido Sur.

Por último, las instalaciones del cruce actual se ven afectadas en su mayoría, precisando una sobre elevación del tendido eléctrico (3 postes intermedios derribados y los dos exteriores sobre elevados), así como un nuevo trazado de la red de internet de alta velocidad.

3.3 Alternativa 3

La tercera alternativa propuesta para actuar sobre la intersección entre la N-435 y la EX-105 es similar a la idea inicial de 1998 comentada a los antecedentes, así como la ejecutada en la misma N-435 a la altura de Barcarrota (Badajoz). Se trata de una sobreelevación de la carretera nacional con una rotonda inferior que resuelva el tráfico local de la EX-105 y las travesías urbanas.

Se emplearía un sistema de losas prefabricadas y unos pasos peatonales similares a los de la alternativa 1, que sin embarco bordeasen también la glorieta por debajo del puente.

Pese a que, según la norma 3.1IC, los acuerdos verticales no cumplirían la distancia mínima con el paso elevado del cementerio, sería claramente justificable vistas las carencias de tráfico y seguridad vial que podría solventar la actuación.

En cuanto al nivel de servicio ofrecido, sigue siendo la mejor opción de las 3 incluso con carriles únicos de incorporación y salida entre la N-435 y la rotonda inferior (Figura 39).

Las expropiaciones afectarían a una superficie superior a la de la alternativa 1 (rotonda simple), sobre todo dado el movimiento de tierras necesario, tanto de terraplén como de desmonte.

La maquinaria, mano de obra y materiales son los que disparan el coste de esta alternativa, que se destaca como la más costosa de las tres con amplio margen. Por otro lado, técnicamente se considera que es la que resuelve los conflictos de tráfico y seguridad vial de manera más eficaz, sobre todo liberando el flujo de tráfico principal de la N-435 de interferencias, lo que aporta una gran calidad al servicio que puede ofrecer esta actuación. La rotonda inferior queda liberada del tráfico principal y puede dar servicio a los movimientos locales de una manera mucho más holgada que la proyectada en la alternativa 1.

Por otro lado, el drenaje se resolvería de manera similar a la de la alternativa 1, añadiendo dos obras de drenaje transversal en cada sentido del paso superior.

En esta alternativa se mantiene la situación de la estación de autobuses, dado que ya quedaría enclavada al lado del único acceso a la estación de servicio; se estima que la mayor fluidez en esta rotonda facilitará lo suficiente las maniobras pertinentes.

La mayor tara para la elección de esta alternativa es el coste económico, que además impediría la entrada en proyecto de otras actuaciones accesorias como la mejora de accesos a la piscina. Además, la partida destinada a las instalaciones en la intersección también es alta dado el desvío y la sobreelevación necesarios del tendido eléctrico y de internet.



Figura 39. Planta general del trazado de la Alternativa 3. Elaboración propia.

3.4 Elección y desarrollo alternativa 2

Una vez realizada una comparativa y un estudio teniendo en cuenta diversos parámetros técnicos, económicos y medioambientales, así como la situación socioeconómica y los precedentes de la zona, se escoge actuar en base a la alternativa 2, consistente en dos rotondas y un paso inferior de peatones.

Se considera que esta opción incurre en un coste claramente inferior que la alternativa 3, que precisa un movimiento de tierras y unos materiales mucho más significativos. Respecto a la alternativa con la vía principal sobreelevada y rotonda inferior, la alternativa 2 resuelve de manera menos elegante la problemática técnica pero asegura una mayor probabilidad de ver la luz, dada la demora que ya en 1998 supuso la puesta en marcha de una actuación similar a la de la alternativa 3.

Respecto a la alternativa 1, técnicamente la alternativa escogida supone una mejora de las prestaciones de cara al tráfico, ya que reduce los tiempos de demora ampliamente y genera un espacio viario mucho mayor para gestionar el tráfico. La alternativa 1, a pesar de ser la opción más económica, difícilmente solucionaría la congestión generada en el punto problemático a tratar, y ralentizaría sobremanera el flujo principal en una vía que para la región es de vital importancia en clave económica. En caso de ejecutar una rotonda simple, cuestiones como la aglomeración en la estación de servicio seguirían quedando abiertas, y el flujo principal Badajoz-Huelva encontraría en Almendral un claro punto lento de paso.

En el aspecto económico, después de entrevistar in situ al alcalde en noviembre de 2018 y a varios ingenieros que históricamente han estudiado propuestas de la intersección, el coste de ejecución de la alternativa 2 rondaría los 2 millones de euros, siendo la partida más costosa la destinada a los firmes, seguida de la de explanaciones.

En cuanto a la selección de la explanada y de la sección de firme de rotondas y ramales, después de comentar in situ los estudios realizados históricamente en la zona, para la primera es necesario aporte de material desde cantera o préstamo, dado que el natural de la zona difícilmente cumpliría la capacidad portante de la explanada; para la sección de firme en glorieta y ramales bastaría con una capa inferior de zahorra artificial y una capa superior de mezcla bituminosa en caliente. Estas propuestas son respaldadas por la normativa vigente.

Dentro de los tramos de nuevo trazado de la N-435 y la EX-105, se propone una sección tipo similar a las existentes en el resto del trazado, mejorando los riegos de adherencia e imprimación.

Se proponen carriles de 3,5 metros de anchura, arcenes de 1,5 metros de anchura, bermas de 2,5 metros de anchura y cunetas revestidas de 2 metros de anchura (figura 40)

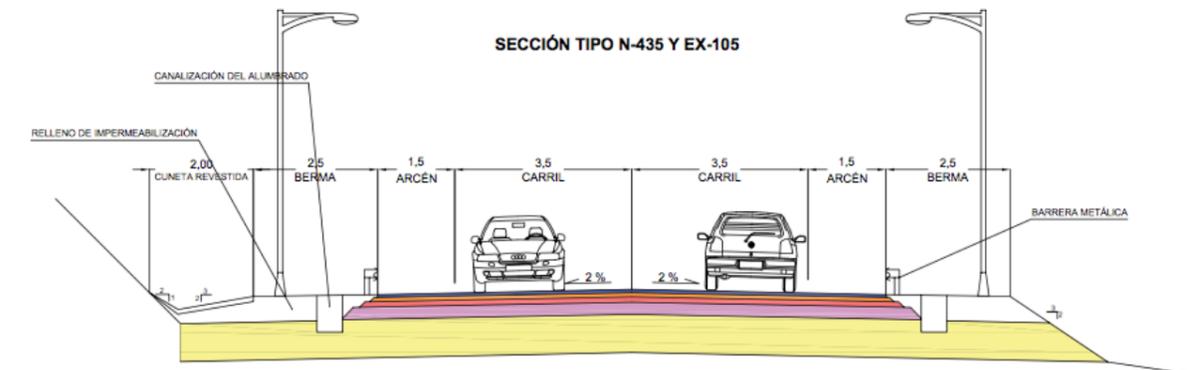


Figura 40. Sección tipo de N-435 y EX-105. Elaboración propia con AutoCad.

En cuanto al paso inferior de peatones y la estructura que conlleva, ésta se propone con marcos prefabricados de hormigón armado, que permitirán una ejecución más sencilla y exacta. Se propone de igual modo, aprovechando el nuevo trazado de la EX-105, un reacondicionamiento de la zona de parking de la piscina municipal, así como del paso inferior desde el paseo peatonal a la entrada de la piscina, dejándolo en consonancia con el de nueva edificación que salvará la N-435.

Inciendo de nuevo en lo referente a las expropiaciones, tras comentar con el alcalde de Almendral y los técnicos de la zona anteriores actuaciones y con ayuda de los mapas de usos del suelo de SITEX, se ha valorado que la partida destinada a este fin y demás indemnizaciones rondará los 150.000 euros. Este importe es superior al que generaría una actuación en base a la alternativa 3, pero se ve ampliamente compensado en mano de obra, materiales y movimiento de tierras. Los terraplenes y desmontes generados en las explanaciones de las dos glorietas son de un volumen muy inferior al necesario para sobreelevar la carretera nacional, y de esta forma los acuerdos verticales también son más sencillos de justificar teniendo en cuenta el paso superior hacia el cementerio mencionado anteriormente.

En definitiva, se valora que, entre las tres alternativas propuestas, la alternativa 2 es la que ofrece un mejor balance entre la eficacia técnica y la rentabilidad económica y es por tanto la solución escogida

4. CONCLUSIONES

Tras haber analizado los antecedentes de la zona, los mayores puntos conflictivos en cuanto al tráfico y a la seguridad vial, y tras haber indagado in situ en cuanto a la situación socioeconómica y demás factores necesarios en una actuación de esta trascendencia, se ha tomado conciencia y orden de magnitud del reto que supone hacer frente satisfactoriamente a una problemática conjunta de este tipo.

Es de resaltar la visión cercana sobre el proyecto que se ha adquirido durante el proceso de trabajo tras haber colaborado con autoridades y técnicos de la zona y haber observado en varios momentos y situaciones cómo se comportaba la intersección para tener una mayor capacidad de decisión a la hora de valorar posibles medidas.

En definitiva, se ha acabado optando por una opción de equilibrio económico y técnico para solventar la intersección, pero se ha demostrado que las otras alternativas también son viables y, de hecho, en otras circunstancias, pueden llegar a ser las más apropiadas. Esto último quedó patente en el caso de la ejecución de nuevo trazado del paso de la N-435 por la vecina localidad pacense de Barcarrota entre 2005 y 2006.

Por todo ello, con este estudio se ha mejorado la capacidad de análisis, aprendiendo a no despreciar una alternativa en un primer momento antes de comprobar concienzudamente su posible éxito al ser ejecutada.

Tras haber realizado los estudios pertinentes de seguridad vial y tráfico en la intersección, se ha podido comprobar que dentro de la aptitud de las tres opciones, la alternativa escogida (alternativa 2) tenía más posibilidades técnicas que la alternativa 1 de prestar un servicio satisfactorio y más posibilidades económicas que la alternativa 3 de tener viabilidad burocrática y económica en cuanto a ejecución en una zona con necesidad latente de mayor inversión en infraestructuras viarias como lo es la comunidad autónoma de Extremadura en general y la provincia de Badajoz en particular.

En cuanto al trabajo académico, por necesidad, se ha progresado en diversos programas de modelización de tráfico y dibujo como lo son Autodesk Civil 3D, Autodesk AutoCad o Kinovea y en aplicaciones imprescindibles de trabajo como Microsoft Excel.

Ha sido enriquecedor de igual manera aplicar en campo lo aprendido durante el Grado en Ingeniería Civil, valorando las soluciones ejecutadas y a ejecutar tanto en Almendral como en las poblaciones más próximas. El trato humano y las entrevistas técnicas y de antecedentes tanto al alcalde de Almendral como a varios técnicos de la zona han sido de vital importancia para comprender tanto la complejidad de la actuación como su necesidad. A todos ellos cabe agradecer el tiempo empleado y su inestimable ayuda, así como al profesorado de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos por la base tecnológica y científica impartida a lo largo de los años.

Los autores del proyecto:

Samuel Hernaiz Ágreda
José Antonio Abad Martínez

Valencia, junio de 2019.

BIBLIOGRAFÍA

HIGHWAY CAPACITY MANUAL 6TH EDITION. A GUIDE FOR MULTIMODAL MOBILITY ANALYSIS.

Ayuntamiento de Almendral.

Junta de Extremadura.

Instituto Geográfico Nacional.

Ministerio de Fomento.

AfoEx 2016.

<https://pnoa.ign.es/>

<http://sitex.gobex.es/SITEX/>

<https://ciudadano.gobex.es/web/infraestructuras/aforos>

https://www.youtube.com/results?search_query=kinovea+tutorial+espa%C3%B1ol

<http://www.almendral.es/>

<http://www.juntaex.es/web/>

https://elpais.com/politica/2017/07/19/actualidad/1500487381_353269.html

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=SIOSE>

https://www.elperiodicoextremadura.com/noticias/extremadura/tramo-carretera-mas-peligroso-pais-halla-extremadura_1031669.html

<https://www.hoy.es/prov-badajoz/carretera-peligrosa-espana-20170725110558-nt.html>

<https://www.20minutos.es/noticia/2916791/0/la-n435-badajoz-carretera-mas-peligrosa/>