



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



TRABAJO FINAL DE GRADO

**ENLACE ENTRE EL PEAJE DE LA AP-7 EN OROPESA
(PROVINCIA DE CASTELLÓN) Y LA N-340. ESTUDIO
DE SOLUCIONES.**



Autor: RUBIÓ SALOM, CARLA

Tutor: CAMACHO TORREGROSA, FRANCISCO JAVIER

Cotutor: PÉREZ ZURIAGA, ANA MARÍA

Titulación: GRADO EN INGENIERÍA CIVIL

Noviembre 2015



CONTENIDO DEL TRABAJO

01_ MEMORIA

ANEJOS:

Nº1: ESTUDIO DE TRÁFICO

Nº2: ESTUDIO DE SOLUCIONES

02_ PLANOS



MEMORIA



ÍNDICE

1. OBJETO.....	3
2. ANTECEDENTES	3
3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	4
4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL EMPLAZAMIENTO	4
4.1. CARTOGRAFÍA.....	4
4.2. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA	5
4.3. ANÁLISIS DE TALUDES Y DESMONTES.....	5
4.4. ESTUDIO DE MATERIALES	6
4.5. CLIMATOLOGÍA	6
4.6. ESTUDIO DE TRÁFICO	7
4.6.1. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO	8
5. OBRAS QUE COMPRENDE EL PROYECTO.....	10
5.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL.....	10
5.2. ESTUDIO DE SOLUCIONES Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	13



1. OBJETO

El objeto del presente trabajo es evaluar diferentes alternativas para la mejora de la conexión entre el peaje de la AP-7 en Oropesa (Castellón) con la N-340.

Se realiza un análisis de la situación actual, a nivel descriptivo, y un estudio de las posibles soluciones para mejorar la capacidad de la intersección y disminuir su peligrosidad.

El estudio se realiza a dos niveles, primero se analizan las alternativas que no suponen la construcción de un enlace (alternativas de bajo coste), y después se estudian las alternativas de enlace, discriminando entre las que permiten todos los movimientos entre las dos carreteras y las que sólo permiten la conexión directa, es decir, sin contemplar los cambios de sentido.

De las alternativas propuestas se analizan a mayor profundidad las tres que se estiman más viables.

2. ANTECEDENTES

En junio de 2003 la Dirección General de Carreteras de la Secretaría de Estado de Infraestructuras del Ministerio de Fomento redactó el Estudio Informativo N-340. Autovía Castellón – L'Hospitalet de L'Infant. En este documento se preveía el desdoblamiento de la N-340.

En abril de 2005 se firmó un Protocolo de Carreteras entre el Ministerio de Fomento y la Consellería de Infraestructuras y Transporte para el periodo 2005-2010, en el que entre otras actuaciones, están previstas la ejecución de la Variante de Benicassim y la Variante de Oropesa.

En diciembre de 2005 la Dirección de Carreteras del Ministerio de Fomento emitió Orden de estudio del desdoblamiento de la Duplicación de la variante de la N-340 a su paso por Oropesa, redactándose el Proyecto en 2008.

Actualmente, no está prevista a corto o medio plazo la licitación de estas obras, por lo que se propone una solución para este nudo, con el objeto de mejorar la capacidad de la misma y su seguridad vial.



3. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La intersección se encuentra al norte del municipio de Oropesa, en la provincia de Castellón. Se ubica a 1.200 metros de la costa aproximadamente, a la altura del punto kilométrico 997 de la N-340. El peaje se corresponde con la salida 45 de la AP-7.



Figura 1. Vista aérea de la localización del enlace. Fuente: Google Earth.

4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL EMPLAZAMIENTO

4.1. CARTOGRAFÍA

La cartografía que ha servido de base para la realización de este trabajo ha sido la misma que se utilizó en el Proyecto de Construcción de la Duplicación de la variante de la N-340 a su paso por Oropesa.

La cartografía que ha servido de base para la realización de este trabajo ha sido la misma que se utilizó en el Proyecto de Construcción de la Duplicación de la variante de la N-340 a su paso por Oropesa.



Dicha cartografía se obtuvo mediante métodos fotogramétricos, a partir de un vuelo digital. La restitución fotogramétrica se realizó a escala 1/1.000 con una equidistancia de curvas de nivel de 1m.

También se ha utilizado el vuelo a escala 1/10.000 del Instituto Cartográfico Valenciano.

4.2. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

Se ha tenido acceso a la Memoria y Anejos del Proyecto de Duplicación de la N-340 a su Paso por Oropesa, y al Estudio Informativo N-340. Autovía Castellón – L'Hospitalet de L'Infant. Y además, se han consultado los mapas geológicos y el inventario de puntos de agua del IGME.

El enlace se sitúa en una zona de topografía horizontal en la plana de Oropesa - Torreblanca. Los terrenos están dedicados al cultivo de cítricos.

La zona de proyecto está situada sobre los depósitos cuaternarios de abanico aluvial típicos de la plana de Oropesa y que están constituidos por un conglomerado granosostenido pardo rojizo, con intercalaciones de capas de arcillas, arenas y costras calcáreas superficiales (caliches) muy cementadas. Su estratificación es subhorizontal con suave pendiente deposicional hacia el mar.

Los niveles freáticos en la zona, según la información disponible en el inventario de puntos de agua del IGME, no afectarán a la cimentación de las estructuras. Los niveles freáticos en la zona se encuentran a más de 11m de profundidad.

4.3. ANÁLISIS DE TALUDES Y DESMONTES

Las características geotécnicas más desfavorables de los materiales de la traza son las siguientes:

- Cohesión = 13 kN/m²
- $\Phi' = 26^\circ$
- $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$

Los cálculos de estabilidad de taludes se han realizado con los ábacos de Taylor, realizando las siguientes hipótesis:

- El material que forma el talud es homogéneo
- La resistencia a corte del material se define por un valor de la cohesión y un ángulo de fricción.
- La superficie del terreno natural sobre el talud es horizontal.



Con los parámetros citados anteriormente y las hipótesis realizadas, para un coeficiente de seguridad de 1,5 se obtienen los siguientes resultados:

TALUD	H	F
1H: 1V	8	1,92
2H:3V	8	1,2
2H:3V	5	1,88
2H:3V	6,32	1,5

Por lo tanto, para taludes de menos de 6 m de altura se puede disponer un talud 2H:3V con un coeficiente de seguridad superior a 1,5.

4.4. ESTUDIO DE MATERIALES

La totalidad de las muestras tomadas del terreno de la zona cumplen los requisitos de suelo tolerable según el artículo 330 del PG-3.

El proyecto es claramente deficitario en tierras, por lo que se tendrá que recurrir a préstamos.

La cantera más cercana es la Cantera "La Torreña", propiedad de LUBASA, situada en el Camino Romeral, en el término municipal de Castellón de la Plana, con coordenadas UTM (X = 732000 Y = 4434900) y dista 22 km de la zona de proyecto.

Se trata de una cantera con una capacidad de producción de 2.500.000 t/año, asociada a la planta de fabricación de hormigones y aglomerados del mismo nombre.

4.5. CLIMATOLOGÍA

El clima del ámbito donde se sitúa la obra ha sido caracterizado a gran escala como Mediterráneo subárido, cálido o de estíos secos, aunque otros factores como el régimen de humedad y la distribución anual de la pluviometría, apuntan hacia una caracterización de la zona como Mediterránea seca.

El régimen térmico está condicionado por el Mediterráneo, registrándose inviernos no muy fríos, debido a que el mar suaviza la temperatura, y veranos largos bastante secos y calurosos, con máximas entorno a los 30° C. las precipitaciones se concentran en primavera y otoño, presentando una marcada sequía estival.



4.6. ESTUDIO DE TRÁFICO

En el Anejo nº1 “Estudio de Tráfico” se analizan las cargas de tráfico que deberá soportar el enlace proyectado, ubicado en la carretera N-340, en el año puesta en servicio así como su evolución para el año horizonte. También se analiza el comportamiento de dicha carretera.

La información empleada para la determinación del tráfico, necesaria para conocer el Nivel de Servicio de la vía analizada y para el dimensionamiento de firmes, ha sido obtenida de los Mapas de Tráfico del Ministerio de Fomento del año 2013 y complementada con el aforo manual llevado a cabo por parte del tutor del presente proyecto.

Así, el tramo de carretera N-340 en el que se va a emplazar el enlace proyectado viene caracterizado por una IMD en el año 2013 de 10.882 vh/día.

Asimismo, a partir del aforo manual efectuado, sabemos la IMD en los distintos ramales del enlace.

A fin de estimar la evolución temporal del tráfico en el ámbito en torno al enlace proyectado en el año puesta en servicio (2016), se ha partido de dichos valores de IMD para el año 2013 a los que se les han aplicado los incrementos de tráfico anual acumulativo correspondientes, propuestos en el Boletín Oficial del Estado.

Posteriormente se ha procedido a realizar la prognosis del tráfico para el año horizonte considerado, establecido una vez transcurridos 20 años desde la puesta en servicio del enlace, es decir, en el 2036. La estimación del número de vehículos que harán uso del enlace en dicho año se ha realizado de forma análoga a la previsión llevada a cabo para el año de puesta en servicio.

Así pues, los valores de IMD previstos para el año 2016 y 2036 han resultado ser:

IMD ENLACES. AFORO MANUAL					
PUNTO	DESCRIPCIÓN MOVIMIENTO	IMD 2006	IMD 2013	IMD 2016	IMD 2036
N-340 ACCESO A AUTOPISTA DE PEAJE					
1	Giro a derechas desde AP-7 a N-340	1257	1356	1402	1866
2	Giro a izquierdas desde AP-7 a N-340	447	482	498	663
3	Giro a izquierdas desde N-340 a AP-7	1426	1538	1590	2117
4	Giro a derechas desde N-340 a AP-7	455	491	507	675
5	N-340 dirección Barcelona	6940	7485	7739	10301
6	N-340 dirección Castellón	6805	7339	7589	10101
N-340 ACCESO NORTE A OROPESA					
7	N-340 dirección Barcelona	6664	7187	7431	9891
8	Incorporación a la N-340	2648	2856	2953	3930

Tabla 1. IMD de los puntos aforados manualmente en los enlaces. Elaboración propia.



ENLACE ENTRE EL PEAJE DE LA AP-7 EN OROPESA (PROVINCIA DE CASTELLÓN) Y LA N-340.
ESTUDIO DE SOLUCIONES.

IMD N-340. ESTACIÓN DEL MINISTERIO DE FOMENTO.							
ESTACIÓN	CATEGORÍA	CTRA.	PK	LOCALIDAD	IMD 2013	IMD 2016	IMD 2036
E-13-0	Permanente	N-340	996,48	Padrejon	10882	11252	14976

Tabla 2. IMD en la N-340. Elaboración propia.

En el presente apartado se realiza un estudio de la capacidad del tramo de la carretera N-340 afectada por el enlace proyectado, así como de los ramales del propio enlace. Se determinan los Niveles de Servicio tanto en la situación previa a la puesta en servicio del enlace como en la situación posterior a su implantación.

4.6.1. CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO

El Anejo nº1 “Estudio de Tráfico” incluye también un estudio de la capacidad del tramo de la carretera N-340 afectada por el enlace proyectado, así como de los ramales del propio enlace.

Los Niveles de Servicio se han determinado empleando el Manual de Capacidad de Carreteras (Highway Capacity Manual), considerando tanto la situación de puesta en servicio del enlace, como la situación posterior a su implantación. En dicho Manual la obtención del nivel de servicio se realiza mediante la medición de varios parámetros en función de la clase de carretera:

Clase I: Los conductores esperan viajar a velocidades elevadas.

Medición/Estimación: % TIEMPO EN COLA

Medición/Estimación: VELOCIDAD MEDIA RECORRIDO

Clase II: Los conductores no esperan viajar a velocidades elevadas.

Medición/Estimación: % TIEMPO EN COLA

En nuestro caso la carretera N-340 es de Clase I, por lo que el nivel de servicio se ha calculado tanto con el porcentaje de tiempo en cola como en la velocidad media de recorrido. La formulación empleada así como el desarrollo detenido de todos los cálculos realizados aparecen en el Anejo nº1 “Estudio de Tráfico”.

El Nivel de Servicio en la carretera N-340 se ha analizado en los siguientes casos:

- 1) Año 2013 - Situación previa a la puesta en servicio del nuevo enlace – N-340 actual.
- 2) Año 2016 – Puesta en servicio del nuevo enlace
- 3) Año 2036 – Enlace nuevo en el año horizonte

El caso 1 se corresponde a un **Nivel de Servicio E**, es decir, en hora punta la capacidad de la carretera se agota. Queda justificado el nivel de congestión que presenta actualmente la N-340 y consecuentemente, el desdoblamiento que se preveía en la misma.



NIVEL DE SERVICIO N-340						
CASO	1		2		3	
ATS (Velocidad media de recorrido)	44,07	D	47,13	C	43,51	D
PTSF (% tiempo en cola)	82,63	E	83,79	E	90,82	E
	E		E		E	

Tabla 3. Nivel de servicio en la N-340. Elaboración propia.

Para el año de puesta en servicio (2016), en cuanto a la velocidad media de recorrido, se produce una mejora en la N-340 por la presencia de las vías colectoras-distribuidoras del enlace. No obstante, en cuanto al estudio del porcentaje de tiempo en cola, la N-340 sigue siendo deficiente. Con lo que la carretera N-340 sigue con un **Nivel de Servicio E**, es decir, se sigue agotando la capacidad de la carretera en hora punta. Factor que se agrava con el paso del tiempo.

Por otra parte, en el Anejo nº1 “Estudio de Tráfico” se procede también al análisis del Nivel de Servicio de los ramales del enlace. Los casos estudiados son los siguientes:

- 1) Año 2016 – Ramal Entrada Monte
- 2) Año 2016 – Ramal Salida Monte
- 3) Año 2016 – Ramal Colectora Mar
- 4) Año 2016 – Ramal Entrada Mar
- 5) Año 2016 – Ramal Salida Mar
- 6) Año 2036 – Ramal Entrada Monte
- 7) Año 2036 – Ramal Salida Monte
- 8) Año 2036 – Ramal Colectora Mar
- 9) Año 2036 – Ramal Entrada Mar
- 10) Año 2036 – Ramal Salida Mar

Los valores obtenidos de la aplicación del Manual de Capacidad se resumen a continuación:

NIVEL DE SERVICIO ENLACE				
RAMAL	Año 2016		Año 2036	
	Densidad	N.S.	Densidad	N.S.
Entrada monte		A		A
Salida monte	6,16	A	8	A
Colectora mar		A		A
Entrada mar	10,29	B	12,29	B
Salida mar	4,72	A	8,15	A

Tabla 4. Nivel de servicio en el enlace.



Como conclusión de los resultados obtenidos se puede indicar que el enlace funciona perfectamente tanto en el año de puesta en servicio como en el año horizonte, ya que el máximo nivel de servicio que se obtiene es un Nivel de Servicio B en el ramal de salida al mar.

5. OBRAS QUE COMPRENDE EL PROYECTO

5.1. DESCRIPCIÓN DEL ESTADO ACTUAL

La N-340 es una carretera de titularidad estatal, de calzada única y con una velocidad máxima de circulación en el tramo de 100 km/h. Los accesos a las propiedades colindantes no están restringidos. Se trata de una carretera con una IMD importante, de 10.882 vehículos día con un 24,76% de vehículos pesados, según los datos del Mapa de Aforos del Ministerio de Fomento del año 2013.

La AP-7 es una autopista de peaje, con dos carriles por sentido de circulación, y una velocidad máxima de circulación de 120 km/h.

La conexión entre la carretera nacional y el peaje está resuelta mediante una intersección en T canalizada. Se disponen carriles de almacenamiento y espera para realizar los giros a izquierda. Los giros a derecha no disponen de carriles de aceleración ni deceleración. Con la configuración actual de la intersección no están permitidos los cambios de sentido dentro de una carretera, aunque sí están permitidos los cambios de sentido entre ambas. En la siguiente imagen se adjunta un mapa de la intersección:



Figura 2. Vista aérea de la intersección. Fuente: Google Earth.

Los movimientos de la intersección se resuelven de la siguiente manera:

- Conexión N-340 dirección Barcelona – Peaje AP-7: giro a izquierda con carril de almacenamiento y espera, mediante una señal de STOP.
- Conexión N-340 dirección Castellón – Peaje AP-7: ramal directo sin carril de deceleración. Este movimiento interfiere con el descrito anteriormente, resuelto con un Ceda el Paso.
- Conexión Peaje AP-7 – N-340 dirección Barcelona: giro a izquierda. Hay un STOP en la intersección, seguido de un carril de almacenamiento y espera en la N-340.
- Conexión Peaje AP-7 – N-340 dirección Castellón: ramal directo sin carril de aceleración. La interferencia con el tráfico que circula por la N-340 se resuelve mediante un STOP.

Los enlaces más próximos a la intersección son:

- Enlace Oropesa Norte. La distancia entre este enlace y la intersección es de aproximadamente 600 metros. La entrada no tiene carril de aceleración, mientras que la salida sí que lo tiene.



Figura 3. Vista aérea del enlace Oropesa Norte. Fuente: Google Earth.

- Enlace con la CV-148. Este enlace se ubica a aproximadamente 1.800 metros al norte de la intersección. Los ramales de entrada y salida sí disponen de carriles de cambio de velocidad.



Figura 4. Vista aérea del enlace con la CV-148. Fuente: Google Earth.



5.2. ESTUDIO DE SOLUCIONES Y JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En el Anejo nº2 “Estudio de Soluciones” que forma parte del presente Proyecto se efectúa un estudio de soluciones relativo a la geometría del enlace.

Se analizan un total de cuatro alternativas, tres más la alternativa cero, partiendo de una serie de factores condicionantes de tipo técnico, económico, físico, medio-ambiental y social presentes en el ámbito donde se desarrolla la actuación y que restringen la elección de la solución final, permitiendo descartar de entrada una serie de tipologías.

Las alternativas consideradas están bastante definidas, sobretodo por los condicionantes técnicos y físicos, impuestos por las carreteras a enlazar y cuyo nexo común es el mantenimiento de la continuidad.

La definición de la geometría del enlace debe ajustarse en la medida de lo posible a la topografía existente.

En primer lugar se han descartado aquellas posibilidades que claramente no son viables; la justificación de las razones consideradas quedan recogidas en el Anejo nº2 “Estudio de Soluciones”. Posteriormente se realiza un estudio algo más profundo con el abanico de aquellas tipologías que podrían ser las más adecuadas.

Alternativas no viables

- a) Repintado de marcas viales
- b) Glorieta partida
- c) Glorieta
- d) Glorieta a distinto nivel
- e) Enlace con glorietas tipo pesa
- f) Enlace tipo trébol

Alternativas viables

Las principales características a satisfacer por las alternativas consideradas como viables se resume básicamente en la necesidad de un adecuado entronque de las vías a conectar, favoreciendo la descongestión de la N-340.

En este sentido, se han tratado diversas posibilidades de manera que podamos cerciorarnos de estudiar todas las alternativas viables posibles para poder conseguir la mejor solución. La descripción de estas soluciones se desarrolla en el Anejo nº2 “Estudio de Soluciones”. Seguidamente se relacionan las tres soluciones alternativas relativas a la configuración geométrica del enlace, entre las que se encuentra la solución óptima:

- ALTERNATIVA 1: Implantación de carriles de cambio de velocidad
- ALTERNATIVA 2: Enlace tipo trompeta
- ALTERNATIVA 3: Enlace tipo trompeta con vías colectoras



ENLACE ENTRE EL PEAJE DE LA AP-7 EN OROPESA (PROVINCIA DE CASTELLÓN) Y LA N-340.
ESTUDIO DE SOLUCIONES.

MEMORIA

La evaluación comparativa de las distintas soluciones alternativas se realiza mediante un Análisis Multicriterio -desarrollado en el mencionado Anejo nº2- considerando aspectos como la funcionalidad, el coste económico, el impacto ambiental generado así como la seguridad vial y el cumplimiento de la normativa. Se asigna un peso relativo a cada una de las variables consideradas en la valoración.

CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DEL ENLACE									
VARIABLES	PESO	ALTERNATIVA 0		ALTERNATIVA1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado	Valor	Valor ponderado
Funcionalidad	3,5	1	3,5	4	14	7	24,5	10	35
Economía	3	10	30	9	27	5	15	4	12
Impacto Ambiental	1,5	10	15	9	13,5	3	4,5	2	3
Seguridad Vial y Normativa	2	2	4	4	8	7	14	10	20
VALORACIÓN GLOBAL/100			52,5		62,5		58		70

Tabla 5. Valoración global del Análisis Multicriterio.

Los resultados obtenidos de dicho análisis permiten determinar la que será la solución finalmente adoptada, es decir, la **ALTERNATIVA 3** correspondiente a la tipología “**Enlace tipo Trompeta con Vías Colectoras**”. La justificación de dicha elección obedece a los motivos que se resumen a continuación:

- La funcionalidad del enlace es máxima, se permiten realizar todos los movimientos. Además de quedar el enlace integrado con el enlace Oropesa Norte, descongestionando el tráfico.
- El acceso a los distintos caminos y propiedades privadas quedan recogidos en las vías colectoras-distribuidoras, evitando así el acceso directo desde estos a la N-340, consiguiendo máxima seguridad en la circulación.