



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Estudio de soluciones para el acceso viario a una zona comercial del
PK 1041 al PK 1043 de la carretera N-340a en el término de
Benicarló (Castellón)

Presentado por

Estupiñá Martos, Iván

Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2018/2019

Fecha: Julio 2019

Tutor: Cuadrado Tarodo, Álvaro

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Grado, titulado *Estudio de soluciones para el acceso viario a una zona comercial del PK 1041 al PK 1043 de la carretera N-340a en el término de Benicarló (Castellón)* recoge varias alternativas a la actual situación del acceso por carretera al centro comercial *Costa Azahar* de Benicarló (Castellón). Los vehículos que circulan en sentido Valencia por la N-340a solo pueden acceder a la zona comercial a través de una obra de drenaje utilizada como paso inferior, con los consiguientes problemas de inundabilidad o reducido gálibo.

En el Estudio de soluciones se definen, se analizan y se comparan varias posibles soluciones que consisten en intersecciones y enlaces en el trazado de la N-340a a su paso por la zona comercial. Las que se proponen para su posterior análisis son la glorieta a nivel, la glorieta a distinto nivel y el enlace en diamante de pesas.

El trabajo desarrollado se ha basado en definir todos los parámetros que permiten diseñar los distintos nudos viarios y, a continuación, diseñarlos con ayudas de programas de dibujo como Autocad o Civil 3D. Dentro de cada una de las soluciones se abordan aspectos constructivos relacionados con la propia infraestructura como puedan ser materiales, estructuras o drenaje. Los trabajos de diseño y análisis requirieron, además, el estudio de condicionantes previos como la geología de la zona, aspectos relacionados con la hidrología o el tráfico y las limitaciones físicas en la zona de actuación.

Una vez acabadas la fase de diseño y de análisis, se elige la solución más conveniente siguiendo un análisis multicriterio que contempla con mayor peso los factores considerados más importantes, ellos son el económico y el impacto ambiental y socioeconómico.

Como objetivo principal, se busca dar solución a una situación problemática para los vehículos que desean acceder a la zona comercial en cuestión en condiciones de seguridad y comodidad. Además, podría incrementarse el número de personas que visitan el centro comercial, actualmente en proceso de abandono, con un efecto positivo para la economía local y regional.

ABSTRACT

This Final Degree Project, entitled *Study of solutions for road access to a commercial area from kilometeric point 1041 to kilometeric point 1043 of N-340a road in the municipality of Benicarló (Castellón)* includes several alternatives to the current situation of road access to the *Costa Azahar* shopping center in Benicarló (Castellón). Vehicles traveling in the direction of Valencia on the N-340a road can only access the commercial area through a drainage work used as a vehicular underpass, with the consequent problems of flooding or reduced gauge.

In the Study of solutions, several possible solutions consisting of intersections and road links on the N-340a road on its way next to the commercial area are defined, analyzed and compared. Those proposed for further analysis are the street-level roundabout, the roundabout at different level and the diamond-type intersection with roundabouts.

The work developed has been based on defining all the parameters that allow designing the different road junctions, and then designing them with designing programs such as Autocad or Autocad Civil 3D. Within each of the solutions, constructive aspects related to the infrastructure itself are addressed, such as materials, structures or drainage. The design and analysis work required, in addition, the study of previous conditions such as the geology of the area, aspects related to hydrology or traffic and physical limitations in the area of action.

Once the design phase and the analysis phase are finished, the most convenient solution is chosen, following a multicriteria analysis that considers with greater weight the factors considered most important: the economic factor and the environmental and socioeconomic impact.

The main objective is to solve a problematic situation for vehicles that are intended to access the commercial area with safety conditions. In addition, the number of people visiting the shopping center, currently in the process of being abandoned, could increase, with a positive effect for the local and regional economy.

RESUM

El present Treball Fi de Grau, titulat *Estudi de solucions per a l'accés viari a una zona comercial del PK 1041 al PK 1043 de la carretera N-340aall terme de Benicarló (Castelló)* recull diverses alternatives a l'actual situació de l'accés per carretera al centre comercial *Costa Azahar* de Benicarló (Castelló). Els vehicles que circulen amb sentit València per la N-340a solament poden accedir a la zona comercial a través d'una obra de drenatge utilitzada com a pas inferior, amb els corresponents problemes d'inundabilitat o reduït gàlib.

En l'Estudi de solucions es defineixen, s'analitzen i es comparen diverses possibles solucions que consisteixen en interseccions i enllaços en el traçat de la N-340a al seu pas per la zona comercial. Les que es proposen per a la seua posterior anàlisi són el giratori a nivell, el giratori a diferent nivell i l'enllaç de diamant amb peses.

El treball desenvolupat s'ha basat en definir tots els paràmetres que permeten dissenyar els diferents nusos viaris i, a continuació, dissenyar-los amb ajudes de programes de dibuix com Autocad o Civil 3D. Dins de cadascuna de les solucions s'aborden aspectes constructius relacionats amb la pròpia infraestructura com puguen ser materials, estructures o drenatge. Els treball de disseny i anàlisi van requerir, a més, l'estudi de condicionants previs com la geologia de la zona, aspectes relacionats amb la hidrologia o el tràfic i les limitacions físiques a la zona d'actuació.

Una vegada acabades les fases de disseny i d'anàlisi, es tria la solució més convenient seguint una anàlisi multicriteri que contempla amb major pes els factors més considerats més importants: l'econòmic i l'impacte ambiental i socioeconòmic.

Com a objectiu principal, es busca donar solució a una situació problemàtica per als vehicles que desitgen accedir a la zona comercial en qüestió en condicions de seguretat i comoditat. A més, podria incrementar-se el nombre de persones que visiten el centre comercial, actualment en procés d'abandó, amb un efecte positiu per a l'economia local i regional.

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO Nº1: ANTECEDENTES

ANEJO Nº2: GEOTECNIA

ANEJO Nº3: ESTUDIO DE TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

ANEJO Nº4: TRAZADO

ANEJO Nº5: DRENAJE

ANEJO Nº6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO Nº7: ANÁLISIS MULTICRITERIO

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

1. SITUACIÓN

2. PLANTAS GENERALES

3. PERFILES LONGITUDINALES

4. SECCIONES TIPO

5. DRENAJE

6. ESTRUCTURAS

**Documento nº1:
MEMORIA Y ANEJOS**

MEMORIA

MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1	8.2. SOLUCIÓN DE GLORIETA A DISITNTO NIVEL.....	7
2. ANTECEDENTES.....	1	8.3. SOLUCIÓN DE DIAMANTE DE PESAS.....	8
3. GEOTECNIA.....	1	8.4. OTRAS SOLUCIONES.....	8
4. TRAZADO.....	2	9. ANÁLISIS MULTICRITERIO.....	8
4.1. SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL.....	2	10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA.....	9
4.2. SOLUCIÓN DE GLORIETA A DISITNTO NIVEL.....	2	11. CONCLUSIONES.....	9
4.3. SOLUCIÓN DE DIAMANTE DE PESAS.....	3	12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO.....	9
5. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	4	13. NORMATIVA APLICADA.....	10
6. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME.....	5		
7. DRENAJE.....	5		
7.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	5		
7.2. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL DRENAJE LONGITUDINAL.....	6		
7.3. GLORIETA A NIVEL.....	6		
7.4. GLORIETA A DISITNTO NIVEL.....	6		
7.5. DIAMANTE DE PESAS.....	6		
8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	6		
8.1. SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL.....	6		

1. OBJETO

El objeto del presente trabajo, denominado *Estudio de soluciones para el acceso viario a una zona comercial del PK 1041 al PK 1043 de la carretera N-340a en el término de Benicarló (Castellón)*, es preparar un conjunto de documentos que definan y estudien una serie de propuestas consistentes en enlaces e intersecciones viarias que, de llevarse a cabo, podrían mejorar de manera sustancial el acceso por carretera al Centro Comercial *Costa Azahar* en Benicarló (Castellón).

En última instancia, y como objetivo fundamental del estudio, se decide la solución más idónea a raíz de la valoración y comparación entre alternativas a partir de un análisis multicriterio con la metodología del *Proceso analítico jerárquico (AHP)* por sus siglas en inglés).

Se han tenido en cuenta los principios básicos de elaboración de estudios de carreteras y sus requerimientos recogidos en el Artículo 9 de la Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras, así como el Artículo 11 de la mencionada Ley, en la que se clasifican los distintos tipos de estudios de carreteras atendiendo a su finalidad y contenido de sus determinaciones.

2. ANTECEDENTES

El Centro Comercial *Costa Azahar* es un área comercial situada junto a la carretera N-340a, en el término de Benicarló, al norte de la provincia de Castellón. Este gran recinto es el mayor espacio comercial de la comarca y, aunque atrajo a miles de visitantes diarios durante algunos años tras su apertura en 2003, actualmente está en proceso de abandono principalmente por las deficiencias en la infraestructura de los accesos por carretera.



Figura 2.1. Esquema de la situación actual y zona principal de futuras actuaciones. Fuente: elaboración propia.

El acceso más crítico es el norte, que da entrada a un mayor número de vehículos; aquellos que viajan desde Benicarló o Vinaròs (sentido Valencia). El acceso es, básicamente, una obra de drenaje transversal convertida en un paso inferior de reducido gálibo fácilmente inundable y que, por tanto, no permite el paso a vehículos con un gálibo mayor de 1,70 m o en periodos de precipitaciones intensas, cuando queda completamente anegado por el agua. El resto de entradas y salidas al/desde el centro comercial se concentran en una intersección en T con isleta separadora con poca capacidad y en la que se acumulan largas colas de vehículos en periodos de gran actividad.

Otro problema más allá de los accesos es la ubicación. Este centro comercial está ubicado junto al cauce de la Rambla de Alcalà, un barranco que no lleva agua durante gran parte del año pero que en época de precipitaciones intensas (la tan característica *gota fría* de esta zona) desborda y provoca que el área comercial y el acceso queden completamente anegados por el agua.

Otra serie de condicionantes como el cambio de titularidad de la vía principal por la construcción de una variante, la presencia de fábricas y viviendas o el trazado de caminos secundarios condicionan la concepción de las propuestas presentadas.

Finalmente, y en cuanto a antecedentes administrativos, el Ayuntamiento de Benicarló desarrolló y negoció con Demarcación de carreteras varios planes y propuestas con la intención de mejorar los accesos, aunque nunca salieron adelante.

3. GEOTECNIA

Todo el área que rodea la zona de actuación es muy llana con una altura media sobre el nivel del mar de 17 metros. Sobre ella, existe un potente recubrimiento de naturaleza cuaternaria (facies de gravas y conglomeráticas que afloran en el fondo de ramblas y barrancos) que puede llegar hasta 100 metros también sobre un sustrato carbonatado jurásico. Por tanto, la unidad geotécnica que se verá afectada en exclusividad por las obras de acceso al centro comercial puede definirse como *Cuaternario indiferenciado*.

En general, el terreno que rodea la zona de estudio se caracteriza por su simplicidad geológica y geomorfológica.

Por otra parte, se estudia un listado de yacimientos y canteras próximos a las obras del futuro acceso desde los que se puede abastecer material de suficiente calidad para, por ejemplo, el suelo estabilizado y el suelo seleccionado destinados a la creación de la explanada E-2. En general, el criterio de selección es que el material pertenezca a la unidad mencionada anteriormente, que fue clasificado como tolerable tras los ensayos de laboratorio realizados cerca de la zona de actuación.

- Canteras: *Peñas Aragonesas, Santa Magdalena, Cemex-Alcanar y La Alforja.*
- Yacimientos: *Gravera Domingo, Santa Magdalena y Cemex Alcanar.*

Por último, se procede a presentar cálculos de estabilidad de rellenos, de asientos debidos a la consolidación del propio relleno y de asientos debidos a la consolidación del terreno de apoyo. A partir de los resultados y de las características del terreno se deduce que no habrá mayores problemas a la hora de llevar a cabo alguna alternativa, en especial aquellas que requieren de estructuras cimentadas superficialmente en el terreno.

4. TRAZADO

En este apartado se introducen las distintas alternativas presentadas para dar solución al problema planteado y, a continuación, se estudia el trazado geométrico de los viales e intersecciones que definen la remodelación de los accesos al centro comercial para cada una de estas alternativas.

4.1. SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL

Esta solución plantea la disposición de una intersección giratoria que se sitúa en el actual cruce entre el camino de la Ratlla del Terme y el tronco de la N-340a. Recibe, por tanto, las siguientes conexiones:

- Camino de *la ratlla del terme*, dos conexiones, una a cada lado del tronco de la nacional (bidireccional).
- Tronco de la N-340a, dos conexiones, una de entrada y otra de salida (bidireccional).

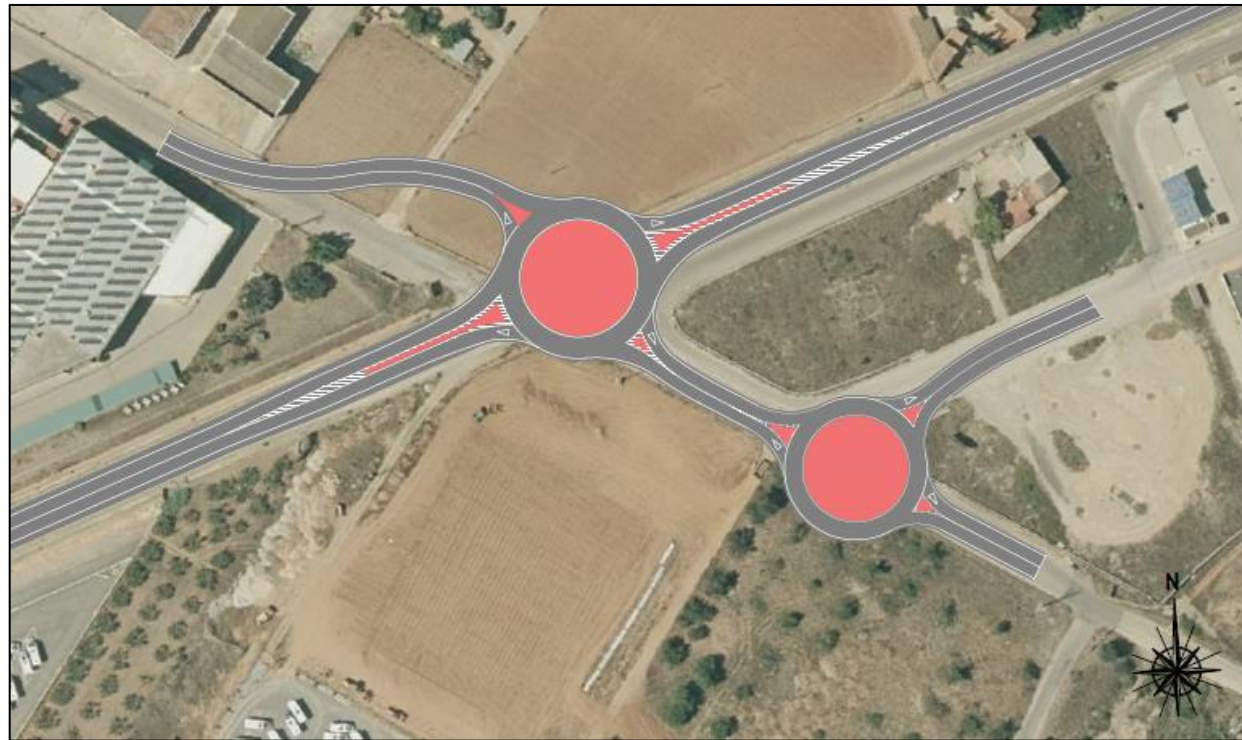


Figura 4.1.1. Imagen en planta con la solución proyectada. Fuente: elaboración propia.

Para esta solución no hace falta diseñar nuevos ramales o variantes de viales ya existentes más allá de la variación del trazado del tramo oeste del camino en las cercanías de la glorieta como se ve más adelante.

Se plantea, complementariamente a esta solución, la disposición de una segunda glorieta de menor diámetro que sustituya la intersección en T entre el camino de la Ratlla del Terme y el acceso a la zona comercial. Recibe tres conexiones bidireccionales: el acceso al centro comercial y los dos accesos del camino.

En general, estas y las glorietas de las soluciones que aparecen más adelante cumplen las siguientes características:

- Son de un carril, pues no se justifica la construcción de glorietas de 2 carriles ya que estas requieren que existan entradas o salidas con al menos dos carriles (no es nuestro caso) o una razón suficientemente justificada como una gran intensidad de tráfico. El estudio de capacidad para la glorieta principal en esta solución concluyó resultados favorables para 1 carril.
- Al ser glorietas periurbanas e interurbanas de un carril sus diámetros están comprendidos entre 35 y 45 metros, siguiendo lo establecido en la norma 3.1 IC.
- Se ha buscado cumplir los valores de separación entre accesos y los ángulos que establece dicha norma.
- En especial para esta solución, la glorieta ubicada en el tronco de la Nacional presenta isletas deflectoras en ambos brazos de la Nacional con una longitud de unos 85 metros. Se ha intentado cumplir lo estipulado en el documento de recomendaciones sobre dimensionamiento, señalización y balizamiento de glorietas de la Generalitat Valenciana, que establece longitudes mínimas de 60 metros para vías limitadas a 80 km/h.
- Los radios de entrada y salida de las principales vías en las glorietas están comprendidos entre 20 y 30 metros.
- Ninguna tangencia del borde derecho de una entrada con el borde derecho de la calzada anular se solapa con la correspondiente salida inmediatamente siguiente.
- Los perfiles longitudinales de las secciones anulares están formados por dos acuerdos parabólicos de reducida pendiente (sobre el 1%) imperceptibles para el conductor, y que tienen como objetivo facilitar el drenaje de la calzada.
- Para todas las soluciones, el ancho total de la calzada anular de un carril se determina conforme a lo establecido en la tabla 10.4 de la Norma 3.1 IC – Trazado, en función del número de carriles y el diámetro exterior en cada glorieta, una vez definidos.
- El peralte de la calzada anular se establece en un 2% hacia el exterior de la glorieta.
- Estas y otras características y criterios de diseño se desarrollan en el anejo correspondiente.

Por otro lado, y en referencia al diseño en planta de los ramales que conectan con la glorieta principal, se destaca la variación del tramo oeste del camino, que es la conexión con menos intensidad de vehículos, con el objetivo de que entre lo más perpendicular posible a la intersección giratoria.

4.2. SOLUCIÓN DE GLORIETA A DISTINTO NIVEL

Para esta alternativa se plantea la construcción de una intersección a cota del terreno sobre la que discurre a distinto nivel el tronco de la Nacional a partir de terraplenes y de dos pasos superiores de reducida luz sobre la calzada anular.

La glorieta a cota del terreno recibe las siguientes conexiones:

- Tramo oeste del camino de *la ratlla del terme* (bidireccional).

- Tramo este del camino de la ratlla del terme que conecta con la intersección que da acceso al centro comercial (bidireccional).

- Cuatro ramales unidireccionales consistentes en entradas y salidas al tronco de la Nacional para cada uno de los dos sentidos.

Además, también se plantea para esta solución la construcción de una segunda glorieta, de menor diámetro, que sustituya a la actual intersección en T que da acceso al área comercial con las mismas características que la que se planteó en la solución anterior.

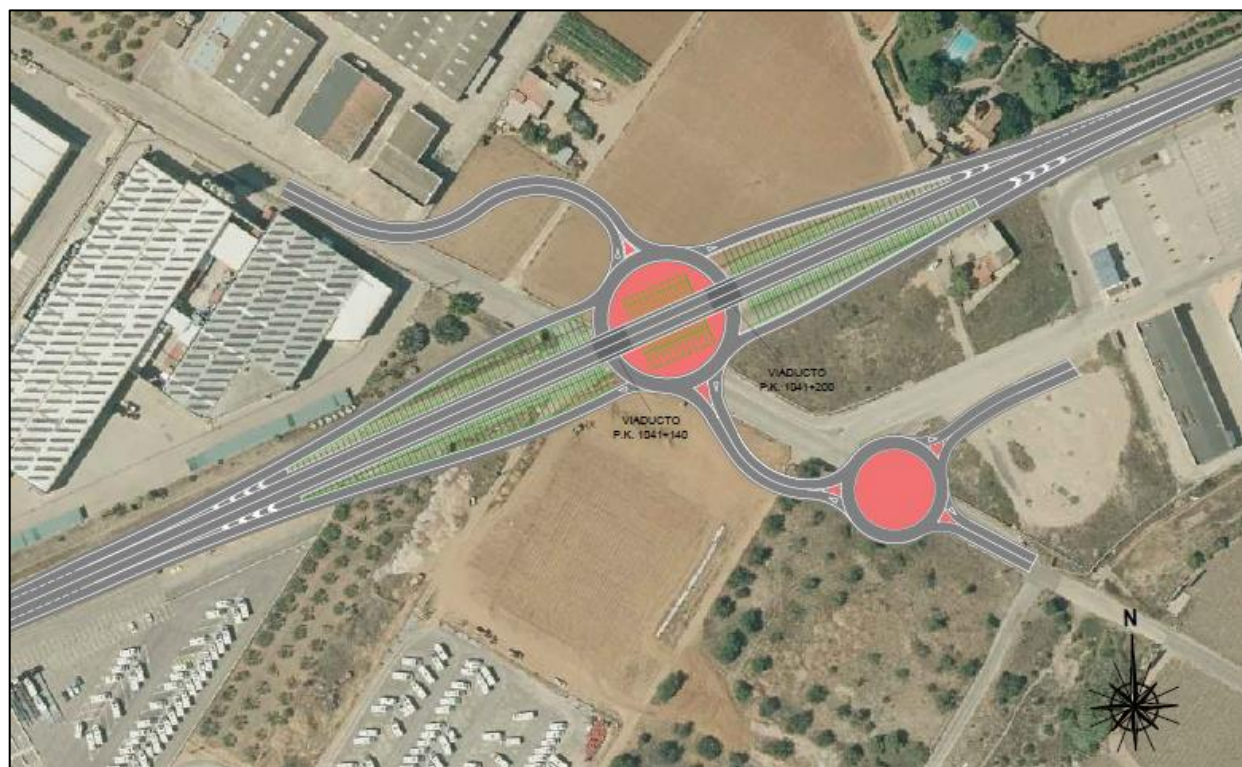


Figura 4.2.1. Imagen en planta con la solución proyectada. Fuente: elaboración propia.

La glorieta a distinto nivel estará sometida a menos tráfico que en la solución de glorieta a nivel al no absorber todo el tráfico del tronco de la Nacional. Sin embargo, se propone su diámetro exterior en 55 m, pues recibe un mayor número conexiones y el encaje geométrico de todas ellas es complicado con diámetros menores.

En cuanto a ramales, se destaca:

- El alzado del nuevo tronco a distinto nivel de la Nacional está definido por pendientes de 1,67% en el lado sur y 5,33% en el norte conectadas por un acuerdo parabólico convexo tal como se puede apreciar en el plano de perfiles longitudinales correspondiente. Estos valores vienen dados por factores como la cota del terreno, la necesidad de alcanzar un gálibo sobre la calzada anular de la glorieta de 5,3 metros o el punto donde empieza el tramo en terraplén en cada extremo del tronco limitado por las viviendas e instalaciones colindantes.

- Los cuatro ramales unidireccionales, con longitudes que rondan los 200 metros, están diseñados a partir de dos alineaciones circulares de elevado radio con objetivo de separar progresivamente estos ramales del tronco principal en pendiente. Los carriles de aceleración y deceleración se estiman en 30 y 45 metros respectivamente siguiendo lo dispuesto en la tabla 8.2 de la norma 3.1 IC sobre trazado.

- La alternativa de glorieta a distinto nivel permite menos flexibilidad a la hora de entroncar las dos conexiones del camino a la glorieta al recibir esta un número mayor de conexiones respecto a la solución de glorieta a nivel. Por esta razón es necesario variar el trazado en planta del camino a ambos lados de la glorieta para que las dos entradas sean lo más perpendiculares posible, siempre teniendo en cuenta las limitaciones de ocupación, sobre todo en el tramo oeste por la presencia de la fábrica de pinturas.

4.3. SOLUCIÓN DE DIAMANTE DE PESAS

Se trata de un enlace de tipo diamante en el que existen dos intersecciones giratorias, una a cada lado del tronco de la N-340a, conectadas por un paso superior que cruza dicho tronco. Estas glorietas también deberán dar acceso a los viales correspondientes a los caminos, a los ramales de incorporación y de salida de la Nacional, así como entroncar el vial que da acceso al recinto comercial.

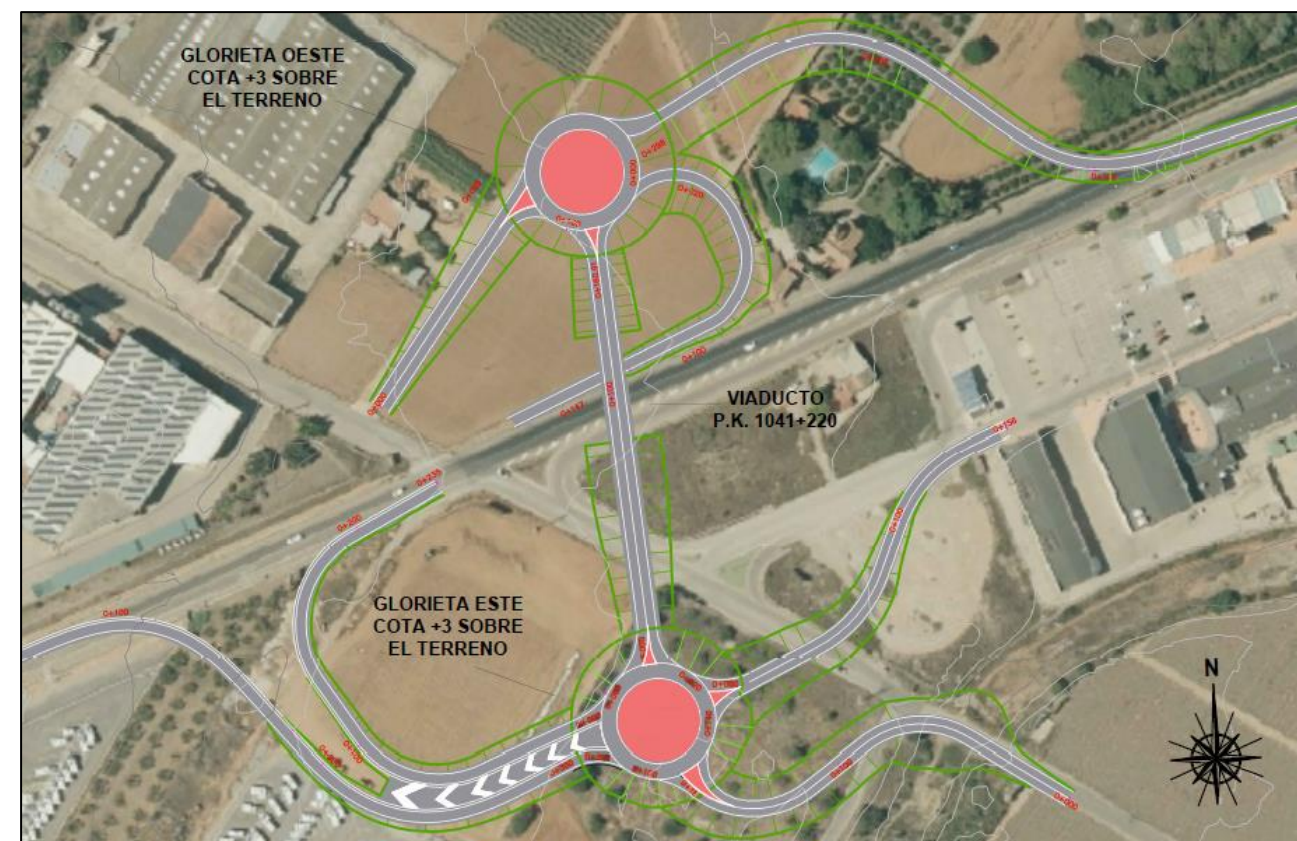


Figura 4.3.1. Imagen en planta con la solución proyectada. Fuente: elaboración propia.

Las dos glorietas se plantean con un diseño similar, con un diámetro exterior de 40 metros.

La glorieta este sustituye a la actual intersección en T que se encuentra en la única salida habilitada del Centro Comercial. Esta glorieta recibe las siguientes conexiones:

- Camino de *la ratlla del terme* (bidireccional).
- Acceso de entrada y salida a la zona comercial (bidireccional).
- Ramal que permite el paso a distinto nivel sobre el tronco de la N-340a y que conecta con la glorieta oeste (bidireccional).
- Dos ramales unidireccionales de incorporación y salida de la Nacional.

Por otro lado, la glorieta oeste, recibirá las siguientes conexiones:

- Camino de *la ratlla del terme* (bidireccional), que además da acceso a la fábrica junto a la glorieta.
- Ramal que permite el paso a distinto nivel sobre el tronco de la N-340a (bidireccional).
- Dos ramales unidireccionales de incorporación y salida de la Nacional.

Ambas glorietas estarán en terraplén, a 3 metros de la cota del terreno. La finalidad es que las pendientes del tramo entre glorietas se suavicen al no tener que partir desde la cota del terreno hasta el mínimo de 5,3 metros sobre el tronco de la Nacional.

Para el diseño en ramales se considera lo siguiente:

- A causa del reducido espacio disponible para proyectar una solución, especialmente en el lado oeste, dos de los ramales tienen forma de lazo en rampa y enlazan el tráfico entrante o saliente de las glorietas con el de la vía principal. Los ramales en cuestión son los de incorporación a la Nacional para ambos sentidos y, estos, no presentan la misma alineación ya que en el lazo oeste hay menos margen de actuación a causa de la vivienda colindante.
- El encaje del camino es complejo; su trayectoria cambia en el lado este pocos metros antes de llegar a la glorieta con una curva de reducido radio por la limitación del cauce del barranco. En el lado oeste el trazado del camino también varía pocos metros antes de llegar a la glorieta oeste. En este caso no resulta un hecho tan problemático, ya que en este tramo del camino los vehículos circulan a una velocidad mucho menor.
- El tramo recto entre glorietas es un tramo recto, ligeramente esviado respecto al tronco de la Nacional, cuyo alzado se compone por las pendientes de cada extremo del tramo, unidas a la pendiente en la zona del paso superior, que es de un 2% hacia la glorieta oeste.

5. ESTUDIO DE TRÁFICO

Para caracterizar el tráfico en el viario existente en la zona de actuación se cuenta con los siguientes datos:

- Datos de tráfico del Ministerio de Fomento. Fichas y tablas del Mapa de Tráfico 2017.
- Aforo realizado durante la realización de este Estudio a propósito del mismo. Este aforo se realizó un día festivo de la última semana del mes de marzo de 2019, con una duración 1 hora en cada uno de los dos accesos actuales.

La principal conclusión extraída de los datos del Ministerio es la caída drástica de vehículos, especialmente pesados, en la N-340a en 2016 a consecuencia de la apertura al tráfico de la variante de la N-340 entre Benicarló y Vinaròs en octubre de 2015, que desvió gran parte del tráfico, y en su mayoría tráfico pesado.

A partir de la información disponible del Ministerio y de la obtenida de los aforos realizados con motivo de este estudio y, asumiendo algunas suposiciones e hipótesis, se obtienen las intensidades medias de vehículos en los dos accesos al centro comercial para el año horizonte. Se considera que el año de puesta en servicio es 2021 y, por tanto, el año horizonte resulta de sumar 20 años a ese año: 2041.

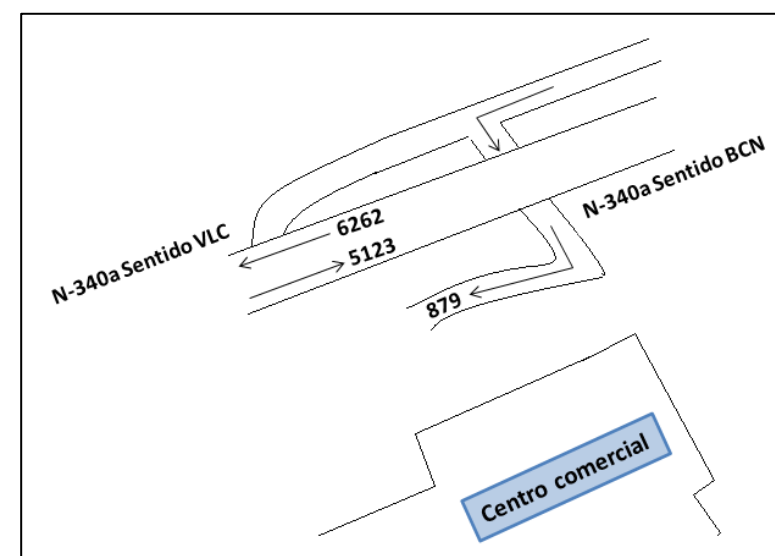


Figura 5.1. Intensidades medias diarias de vehículos en el acceso Norte en 2041. Fuente: elaboración propia.

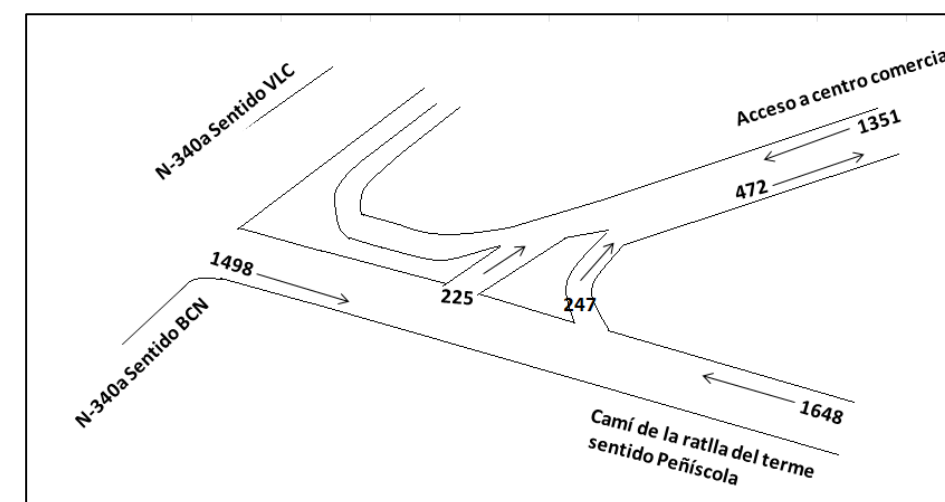


Figura 5.2. Intensidades medias diarias de vehículos en el acceso Sur en 2041. Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la capacidad de glorietas se aplica la fórmula de Kimber, en la que se basa el método TRRL (*Transport Road and Research Laboratory*) de Reino Unido. Esta formulación permite calcular la capacidad de una entrada utilizando tanto la geometría de la intersección circular como el tráfico circulante en frente de dicha entrada. Se parte de la hipótesis de que la relación entre los dos tráficos, el que circula por el anillo y el entrante es una relación lineal o cuasi-lineal del tipo: $Q_e = k \cdot (F - f_c \cdot Q_c)$.

Los resultados para la glorieta de la alternativa de glorieta a nivel, que es la más desfavorable a efectos de capacidad, concluyen que el índice de saturación para todas las entradas es aceptable:

Entrada	Capacidad ($Q_e = k \cdot (F - f \cdot Q_c)$)	Saturación ($0 < i_e / Q_e < 1$)
A (Nacional sur)	1150,94	0,58
B (Camino este)	908,44	0,32
C (Nacional norte)	1129,93	0,59
D (Camino oeste)	764,46	0,08

6. DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

La categoría de tráfico es T2 para todas las alternativas planteadas y se adopta una categoría de explanada E-2. Por motivos de continuidad y simplificación, se decide mantener el mismo paquete de firme existente tanto en intersecciones como viales, sin diferenciar distintas secciones, excepto en caminos asfaltados y tramos en estructuras. Los detalles se pueden apreciar en los correspondientes planos de secciones tipo.

Conforme a lo anterior, la sección de firme adoptada es la 221, tanto en calzada como en arcenes.

SECCIÓN 221		
Calzada y arcenes		
Capas	Espesor	Descripción
Rodadura	5 cm	- Mezcla bituminosa continua en caliente, AC16 surf S. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,50 % en masa respecto al total del árido seco.
Riego adherencia	-	- Emulsión asfáltica catiónica C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m ² .
Intermedia	8 cm	- Mezcla bituminosa en caliente tipo AC22 bin S. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,00% en masa respecto al total del árido seco.
Riego adherencia	-	- Emulsión asfáltica catiónica C60B3 ADH, dotación 0,50 Kg/m ² .
Base	12 cm	- Mezcla bituminosa en caliente tipo AC32 base G. - Betún 50/70. - Dotación mínima de ligante 4,00% en masa respecto al total del árido seco.
Riego imprimación	-	- Emulsión C50BF4 IMP o C60BF4 IMP, dotación 1,00 kg/m ² .
Subbase	25 cm	- Zahorra artificial.

Figura 6.1. Esquema de las capas que componen la sección de firme considerada. Fuente: elaboración propia.

7. DRENAJE

Para el diseño del drenaje se sigue la "Norma 5.2.- IC Drenaje Superficial". Este documento establece que las principales obras de drenaje deben cumplir dos objetivos principales:

- Evitar que las obras diseñadas supongan una barrera física para la escorrentía superficial.

- Evacuar el caudal procedente de la plataforma de manera que se garantice el correcto funcionamiento de la carretera en momentos de climatología adversas

7.1. SITUACIÓN ACTUAL

El centro comercial supone un obstáculo para el caudal de agua que baja desde la línea del ferrocarril hasta el cauce de la rambla de Alcalá. Además, está ubicado en una llanura aluvial de alto riesgo de inundabilidad por desbordamiento del cauce.

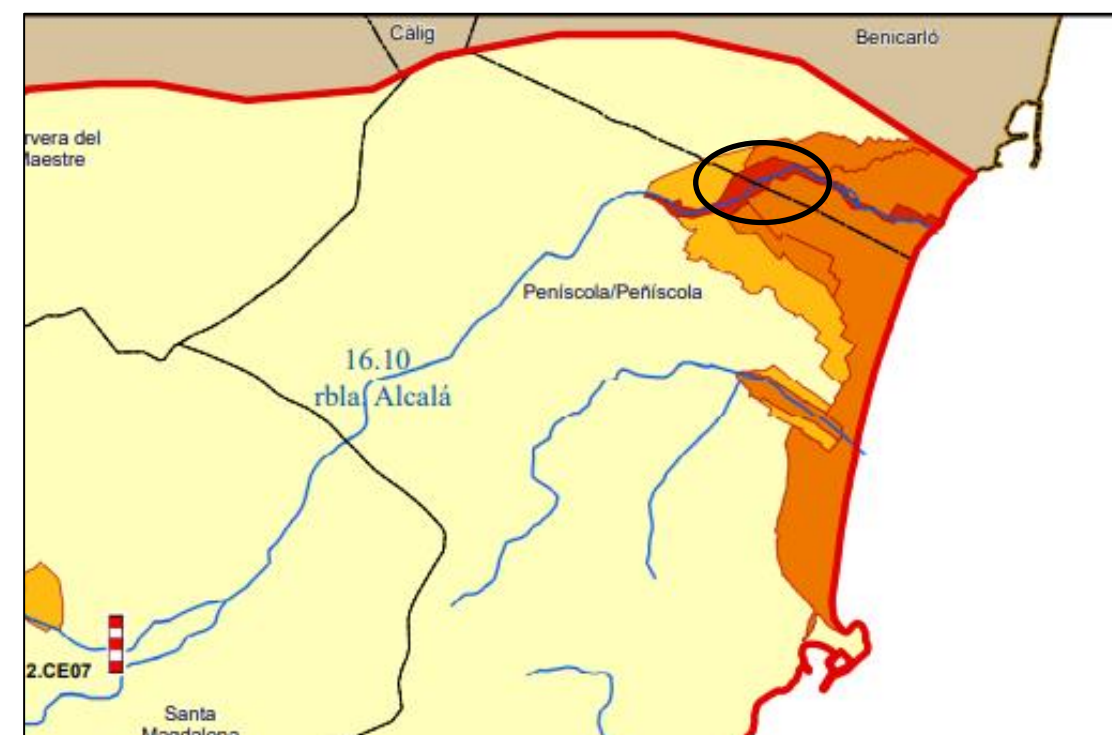


Figura 7.1.1. Riesgo de inundación en la cuenca de la Rambla de Alcalá. La zona de actuación está íntegramente en zona de alto riesgo (color rojo). Fuente: Emergencias Generalitat Valenciana.

Las principales obras de drenaje que existen en la actualidad consisten en:

- Cunetas laterales de sección triangular con dimensiones aproximadas son de 1,5 m de ancho en coronación y 0,80 m de profundidad, en ambos lados de la plataforma del tronco de la Nacional.

- Pasos salvacunetas de unos 50 cm de diámetro.

- Una ODT que se emplaza por debajo del P.K. 1041+800 del tronco de la Nacional, y actualmente sirve de acceso al recinto para los coches que acceden por la vía de servicio donde comienza la obra (acceso norte).

Esta ODT continúa en un segundo tramo por debajo del aparcamiento del centro comercial y se prolonga al otro lado del mismo, a escasos metros de la Rambla de Alcalà.

7.2. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL DRENAJE LONGITUDINAL

Para el cálculo del drenaje longitudinal se sigue el método racional una vez definida la cuenca vertiente principal desde la que puede llegar agua a los elementos de drenaje que se estudian. El caudal de proyecto se obtiene con el caudal máximo anual correspondiente al período de retorno de 25 años.

El caudal de proyecto resultante para la cuenca definida y el período de retorno mencionado es 3,58 m³/s. Con este dato se dimensionan las obras de drenaje longitudinal de la siguiente manera:

- Pasos salvacunetas: colectores de materiales poliméricos de 1000 mm de diámetro.
- Cunetas: cuneta trapezoidal simétrica revestida de hormigón in situ de base 0,5 m, taludes 1:1, profundidad de 0,75 m y ancho en coronación de 2 m.

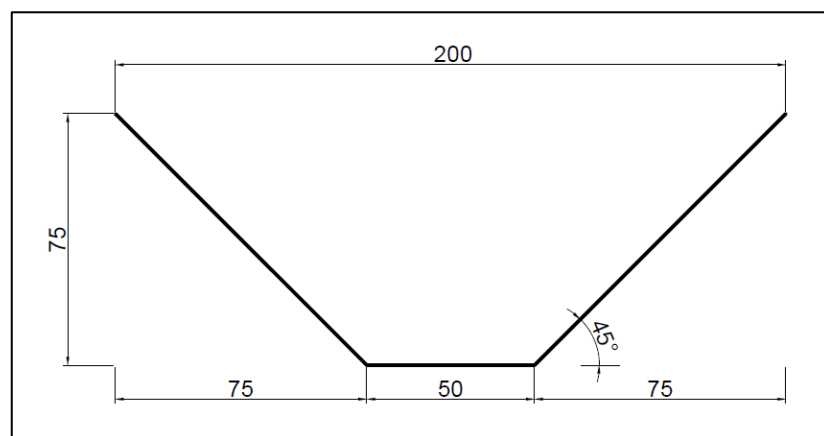


Figura 7.2.1. Dimensiones en centímetros de la cuneta trapezoidal propuesta. Fuente: elaboración propia.

7.3. GLORIETA A NIVEL

La tipología de esta solución no supone ni implica una variación sustancial del drenaje actualmente existente, por lo que la solución propuesta consiste simplemente en la reposición de las cunetas laterales, desplazándolas a su nueva ubicación en función de las aristas de explanación nuevas dadas por la glorieta y el tronco de la Nacional. Las nuevas cunetas se repondrán con la sección propuesta en el epígrafe anterior.

Además, se ejecutarán pasos salvacunetas (OTDL) con las dimensiones obtenidas del cálculo hidráulico.

7.4. GLORIETA A DISTINTO NIVEL

En este caso se aplica lo dispuesto para la solución anterior más los elementos de drenaje necesarios para el paso superior de la Nacional sobre la glorieta. La escorrentía del tablero se dirigirá fuera de la calzada gracias a las pendientes de la superficie pavimentada, recogiénola mediante imbornales que constan de un elemento de captación (una rejilla) y un tubo, y que vierten al exterior de la estructura. Además, en los estribos de ambos pasos superiores se deben proyectar bajantes para conducir a su pie los caudales recogidos por los imbornales y que lleguen a ellos.

En cuanto al tramo en terraplén, también se proyectan bajantes que recogen el agua de la calzada del tronco a distinto nivel y que la conducen a cunetas de pie de terraplén que conectan con las cunetas de los ramales de enlace mediante sendas obras de drenaje transversal.

7.5. DIAMANTE DE PESAS

En este caso la complejidad de la red de drenaje aumenta y haría falta estudiarla en profundidad en caso de desarrollar esta alternativa.

En todo caso, para la escorrentía del tablero y los tramos en terraplén, se puede seguir lo mencionado en el epígrafe anterior.

8. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Una vez definidas las diferentes soluciones propuestas, se evalúa en este punto las características de las mismas desde distintos criterios. Las conclusiones que aquí se deduzcan servirán para la justificación de las decisiones tomadas en el análisis multicriterio.

8.1. SOLUCIÓN DE GLORIETA A NIVEL

- **Proceso constructivo:** La implantación de las dos glorietas se realizaría paralelamente y abarcaría 6 grandes capítulos (además de los de gestión de residuos y seguridad y salud) que se dividen en diversas actividades:

1. Demoliciones y actuaciones previas
2. Movimientos de tierras
3. Firmes y pavimentos
4. Drenaje
5. Señalización, balizamiento y finalización de la obra
6. Iluminación y jardinería

- **Tiempo de ejecución estimado:** se estima en seis semanas.

PLAN DE OBRA: SOLUCIÓN DE GLORIETA CENTRAL		SEMANAS					
Nº	ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6
1	DEMOLICIONES Y ACTUACIONES PREVIAS	■					
2	MOVIMIENTOS DE TIERRAS		■				
3	FIRMES Y PAVIMENTOS			■			
4	DRENAJE			■			
5	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y FINALIZACIÓN DE LA OBRA						■
6	ILUMINACIÓN Y JARDINERÍA						■
7	GESTIÓN DE RESIDUOS	■					
8	SEGURIDAD Y SALUD	■					

Figura 8.1.1. Plan de obra para la solución de glorieta a nivel. Fuente: elaboración propia.

- **Expropiaciones:** resulta un importe estimado de 110.885 €.

- **Impacto ambiental:** balance positivo por su baja ocupación y por el impacto socioeconómico positivo para el centro comercial a consecuencia de la mejora de los accesos

- **Gestión de residuos:** las toneladas de RCDs se estiman en 883,6 t.

- **Seguridad vial:** mayor seguridad en todas las trayectorias y sustitución de la actual intersección en T que daba acceso al centro comercial; de poca capacidad y poco clara para los conductores.

- **Valoración económica:** el coste directo total estimado para esta alternativa asciende a **312.100,54€**.

8.2. SOLUCIÓN DE GLORIETA A DISTINTO NIVEL

- **Proceso constructivo:** más largo y complejo que en la alternativa de glorieta a nivel. Por un lado deben construirse las glorietas a cota de terreno y sus conexiones, también a la misma cota. Por otro lado se debe remplazar el actual tronco por el que pasará sobre la glorieta.

En este caso se enumeran los siguientes capítulos:

1. Demoliciones y actuaciones previas
2. Movimientos de tierras
3. Firmes y pavimentos
4. Estructuras
5. Drenaje
6. Señalización, balizamiento y finalización de la obra
7. Iluminación y jardinería
8. Gestión de residuos
9. Seguridad y salud

- **Tiempo de ejecución estimado:** se estima en cinco meses y medio o 22 semanas.

En este caso se representan en el diagrama barras de distintos colores en función de la fase que se lleva a cabo.

- En rojo: Fase 1. Construcción de las glorietas a cota del terreno.

- En azul: Fase 2. Construcción del tronco a distinto nivel.

- En verde: Fase 3. Actividades finales.

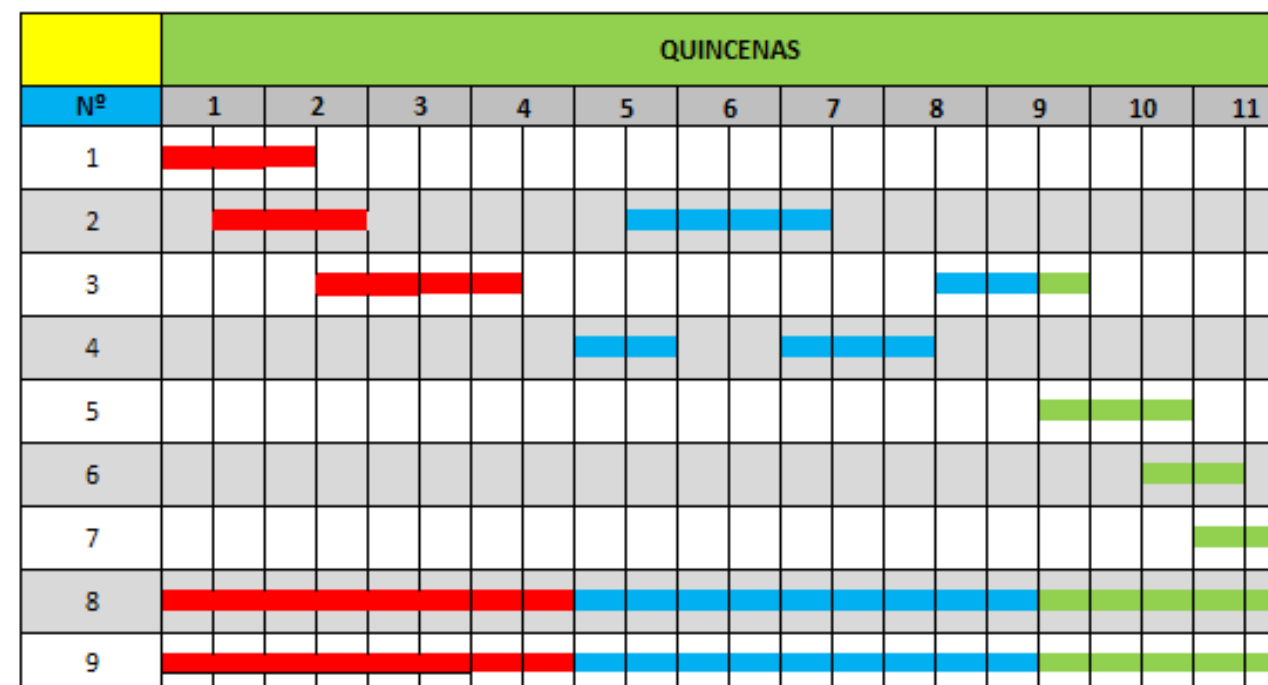


Figura 8.2.1. Plan de obra para la solución de glorieta a distinto nivel. Fuente: elaboración propia.
(1. Demoliciones y actuaciones previas 2. Movimientos de tierras 3. Firmes y pavimentos 4. Estructuras 5. Drenaje 6. Señalización, balizamiento y finalización de la obra 7. Iluminación y jardinería 8. Gestión de residuos 9. Seg. y salud)

- **Expropiaciones:** resulta un importe estimado de 270.000 €.

- **Impacto ambiental:** mayor ocupación de terrenos, fundamentalmente agrícolas y mayor movimiento de tierras en el proceso constructivo que puede provocar mayores emisiones de polvo que repercutan sobre las viviendas e industrias cercanas, así como a los cultivos. Se suma el impacto producido al tráfico circulante por la nacional durante la fase de construcción del tronco a distinto nivel.

Los efectos positivos siguen siendo la mejora de los accesos tanto a la fábrica como al centro comercial y, en consecuencia, la revalorización de la zona y la mejora de la accesibilidad.

- **Gestión de residuos:** las toneladas de RCDs se estiman en 4125 t.

- **Seguridad vial:** el tráfico de la vía principal sin intención de desviarse en su trayecto no intersecciona con el de la vía secundaria, con lo que se evita buena parte de conflictividad entre vehículos, especialmente entre los vehículos pesados que aún circulan por la Nacional después de las obras de la variante. Además, las pendientes del tronco a distinto nivel permiten una regulación de la velocidad del tráfico de la vía principal en un tramo recto sin curvas.

- **Valoración económica:** el coste directo total estimado para esta alternativa asciende a **892.546,99 €**.

8.3. SOLUCIÓN DE DIAMANTE DE PESAS

- **Tipología estructural de paso superior:** tras analizar una serie de condicionantes iniciales, se llega a la conclusión de que las tipologías estructurales consistentes en puentes isostáticos con vigas prefabricadas sobre las cuales se hormigona una losa "in situ" son las más adecuadas para el caso de estudio. De entre ellas, se propone el puente con doble viga en artesa prefabricada por sus buenos resultados en obras cercanas y por ser una solución habitual y ampliamente estudiada.

- **Proceso constructivo:** De nuevo, los grandes grupos de actividades son:

1. Demoliciones y actuaciones previas
2. Movimientos de tierras
3. Firmes y pavimentos
4. Estructuras
5. Drenaje
6. Señalización, balizamiento y finalización de la obra
7. Iluminación y jardinería
8. Gestión de residuos
9. Seguridad y salud

- **Tiempo de ejecución estimado:** se estima en cuatro meses y medio o 17 semanas.

Nº	QUINCENAS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	█								
2		█	█	█					
3					█	█	█		
4				█	█				
5					█	█			
6								█	█
7									█
8	█	█	█	█	█	█	█	█	█
9	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Figura 8.3.1. Plan de obra para la solución de diamante de pesas. Fuente: elaboración propia.

(1. Demoliciones y actuaciones previas 2. Movimientos de tierras 3. Firmes y pavimentos 4. Estructuras 5. Drenaje 6. Señalización, balizamiento y finalización de la obra 7. Iluminación y jardinería 8. Gestión de residuos 9. Seg. y salud)

- **Expropiaciones:** el valor estimado supera el millón de euros. Sin embargo, es probable esta cifra esté muy hinchada por el valor supuesto de precio por m2 de terreno urbano, seguramente muy superior al valor real de los terrenos expropiados.

- **Impacto ambiental:** durante la fase de construcción es mayor a causa de la ocupación y afección a un mayor número de terrenos y el mayor movimiento de tierras previsto: emisiones de polvo, ruidos, transporte de materiales y elementos pesados...

Aunque no se afecta el espacio de la fábrica o de la vivienda, se considera el impacto paisajístico.

Los impactos positivos se basan fundamentalmente en la prácticamente nula afección a la vía principal, tanto en su trazado como a su tráfico en fase de construcción y en la de operación, y en la mejora de la seguridad vial. De nuevo, se destaca el impacto económico positivo para la zona y su posible revitalización a raíz de la construcción de la obra.

- **Gestión de residuos:** las toneladas de RCDs se estiman en 5435 t.

- **Seguridad vial:** La solución planteada evita incorporaciones peligrosas a la Nacional así como intersecciones poco seguras, ya que las planteadas son, de nuevo, glorietas.

El punto más negativo a la vista de la propuesta es la variación de la traza del camino a su llegada a la glorieta este con la intención de que sea posible su entronque con esta. El problema radica en que el camino de la Ratlla del Terme es prácticamente recto en todo su recorrido, por lo que los vehículos circulan a una velocidad bastante mayor a la permitida y deseada. Este hecho podría resultar problemático con la curva a izquierdas antes de la llegada a la intersección, por lo que se debería regular la velocidad de los vehículos que quieran acceder a la misma.

- **Valoración económica:** el coste directo total estimado para esta alternativa asciende a **1.078.926,81 €**.

8.4. OTRAS SOLUCIONES

Otras soluciones que no han sido consideradas en el Estudio y que, a consecuencia, no se evalúan en el análisis multicriterio son:

- Solución de glorieta partida
- Solución de enlace en trompeta
- Repintado

9. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Los criterios con los que se van a evaluar a las distintas soluciones son los siguientes:

- Economía
- Impacto ambiental y socioeconómico.

- Funcionalidad
- Proceso constructivo y mantenimiento
- Seguridad vial

Se ha decidido realizar un análisis multicriterio de tipo AHP (Proceso de Análisis Jerárquico).

Los resultados finales tras la aplicación del método son:

Glorieta a nivel	Glorieta a distinto nivel	Diamante de pesas	Solución cero
0,3504	0,2438	0,1731	0,2374

Por lo que la solución más idónea entre las planteadas es la de intersección en glorieta a nivel.

10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA

Se adjunta la valoración económica de la solución elegida desglosada por capítulos:

VALORACIÓN ECONÓMICA: SOLUCIÓN GLORIETA A NIVEL	COSTE DIRECTO (€)
TOTAL CAPÍTULO 1. DEMOLICIONES Y ACTUACIONES PREVIAS	16.938,94€
TOTAL CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO DE TIERRAS	78.590,34€
TOTAL CAPÍTULO 3. FIRMES Y PAVIMENTOS	176.662,2€
TOTAL CAPÍTULO 4. DRENAJE	126,96€
TOTAL CAPÍTULO 5. SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y FINALIZACIÓN DE LA OBRA	27.778,23 €
TOTAL CAPÍTULO 6. SEGURIDAD Y SALUD	9.002,90€
TOTAL CAPÍTULO 7. GESTIÓN DE RESIDUOS	3.007,97€
COSTE DIRECTO TOTAL	312.100,54€

Por lo que el coste directo total estimado o Presupuesto de Ejecución Material para la solución de glorieta a nivel, que fue la seleccionada en el análisis multicriterio, asciende a la expresada cantidad de TRESCIENTOS DOCE MIL CIEN EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (312.100,54€).

Valencia, 15 de julio de 2019

El autor del Estudio



Iván Estupiñá Martos

11. CONCLUSIONES

Si algo tienen en común todos los proyectos (en el sentido más amplio de la palabra) en el campo de la ingeniería civil es su fin último: el progreso y, por tanto, mejora de la calidad de vida de la sociedad. El caso que se ha desarrollado en el presente Estudio no es una excepción.

Siendo consciente el autor de que un Proyecto o Estudio de estas características es siempre mejorable, pero valorando también todo el trabajo realizado, se concluye que:

Con el trabajo presentado en esta memoria y que se desarrolla en los distintos anejos y planos se considera haber cumplido el objeto del presente Estudio: definir, estudiar y valorar distintas soluciones para el problema descrito y, en última instancia, elegir la más idónea con la intención de que pueda ser desarrollada en más profundidad como Proyecto de Construcción en un futuro próximo.

Valencia, 15 de julio de 2019

El autor del Estudio



Iván Estupiñá Martos

12. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO

El presente Estudio está integrado por dos documentos: *Memoria y anejos y Planos*. La estructuración es la siguiente.

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJO Nº1: ANTECEDENTES

ANEJO Nº2: GEOTECNIA

ANEJO Nº3: ESTUDIO DE TRÁFICO Y DIMENSIONAMIENTO DEL FIRME

ANEJO Nº4: TRAZADO

ANEJO Nº5: DRENAJE

ANEJO Nº6: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO Nº7: ANÁLISIS MULTICRITERIO

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

1. SITUACIÓN
2. PLANTAS GENERALES
3. PERFILES LONGITUDINALES
4. SECCIONES TIPO
5. DRENAJE
6. ESTRUCTURAS

13. NORMATIVA APLICADA

El listado siguiente enumera la normativa consultada para la redacción de este estudio. Se incluyen recomendaciones de diseño sin carácter normativo.

- *Recomendaciones para redacción de los proyectos de Trazado y Construcción de Carreteras*. Ministerio de Fomento (2014).
- *Norma de Trazado 3.1-IC*. Ministerio de Fomento (2016).
- *Norma 6.1-IC. Secciones de firmes*. Ministerio de Fomento (2003).
- *Norma 5.2-IC. Drenaje*. Ministerio de Fomento (2016).
- *Máximas lluvias diarias en la España Peninsular*. Ministerio de Fomento (1999).
- *Guía de nudos viarios*. Ministerio de Fomento (2012).
- *Recomendaciones sobre dimensionamiento, señalización y balizamiento de glorietas*. Generalitat Valenciana (2015).
- *The traffic capacity of roundabouts*. Kimber R.M., Transport and Road Research Laboratory (TRRL) (1980).
- *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)*. Ministerio de Fomento (2014).
- *Guía de cimentaciones en obras de carretera*. Ministerio de Fomento (2009).