

ANEJO Nº III: **ESTUDIO DE SOLUCIONES**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CONDICIONANTES PREVIOS.....	1
2.1 CONDICIONANTES TOPOGRÁFICOS.....	1
2.2 CONDICIONANTES DEL TERRENO	1
2.3 CONDICIONANTES PAISAJÍSTICOS	1
2.4 CONDICIONANTES MORFOLÓGICOS	1
3. CRITERIOS A TENER EN CUENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	1
3.1 FUNCIONALIDAD.....	1
3.2 ECONOMÍA.....	2
3.3 CONSTRUCCIÓN (PLAZOS Y MÉTODOS)	2
3.4 IMPACTO AMBIENTAL	2
3.5 CONSERVACIÓN	2
4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES.....	2
4.2 OPCIÓN 1: PASO INFERIOR A LA AUTOVÍA	2
4.2.1 PASO INFERIOR PREFABRICADO CON PARAMENTO HORIZONTAL MEDIANTE LOSAS FABRICADAS IN SITU	3
4.2.2 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU MEDIANTE PÓRTICO	3
4.2.3 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU CON FORMA DE BÓVEDA	3
4.2.4 PASO INFERIOR EJECUTADO MEDIANTE UN CAJÓN HINCADO.....	3
4.2.5 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU MEDIANTE MARCO	3
4.2.6 PASO INFERIOR PREFABRICADO EN OBRA MEDIANTE MARCO	3
5. ANÁLISIS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DECISIÓN ADOPTADOS.....	3

1. INTRODUCCIÓN

Con el estudio de soluciones se pretende realizar la elección de la alternativa de ejecución del paso inferior más óptima para la realización del presente proyecto.

Para ello, se aplicarán unas técnicas multicriterio que ponderarán cada alternativa, de manera que se escogerá la alternativa con mejor puntuación ponderada.

2. CONDICIONANTES PREVIOS

Existen una serie de antecedentes de diverso tipo que influye en el planteamiento de posibles soluciones ante la problemática expuesta.

2.1 CONDICIONANTES TOPOGRÁFICOS

La autovía A-7 en proyecto, presenta una formación en terraplén. Esto condicionará obviamente el planteamiento de soluciones, dada la situación y las características del terreno en la zona estudiada.

Al observar detenidamente el trazado del ramal de acceso a la autovía, dirección Valencia, se observa que ésta discurre por un terraplén, por lo que éste va a ser el condicionante principal a la hora de escoger una alternativa u otra debido a que económicamente parece inviable la ejecución de un paso superior para proceder a la reordenación del tráfico.

2.2 CONDICIONANTES DEL TERRENO

La información completamente desarrollada en cuanto a este aspecto se trata en el anejo geológico y geotécnico, número dos de este proyecto.

En resumen, para la estructura de paso inferior proyectada, se establecen parámetros a saber como los siguientes:

- Coeficiente de balasto (Köger y Scheidig): $1,28 \text{ kp/cm}^3$
- Carga de hundimiento en las aletas 1 y 2: 643,08 KPa
- Carga de hundimiento en las aletas 3 y 4: 667,98 KPa

2.3 CONDICIONANTES PAISAJÍSTICOS

El trazado del paso inferior en esta zona, en forma de terraplén crea un inevitable efecto barrera que supondrá su completa valoración y consideración. Entre las soluciones que se presentan como viables, el paso inferior es, a priori la solución que mejor satisface este aspecto.

2.4 CONDICIONANTES MORFOLÓGICOS

Obviamente, los condicionantes morfológicos, como las dimensiones del camino existente, y la entidad del mismo son factores que influyen en el tipo de solución a tomar.

En nuestro caso disponemos de una serie de datos morfológicos del entorno donde se habrá de ubicar la obra objeto de estudio, como son la anchura del tronco del trazado superior existente en ese punto kilométrico, la inclinación del terreno, la tipología de relleno a emplear en el terraplén con sus características, etc.

De la misma manera la solución adoptada habrá de definir otros aspectos como la anchura de paso, el gálibo vertical en su caso, la disposición del eje en su cruce con el tronco de la autovía, el ángulo de esviaje con respecto al eje del trazado, etc.

3. CRITERIOS A TENER EN CUENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Los criterios que se tendrán en cuenta para valorar cada alternativa que se proponga de una manera razonable serán los expuestos en este epígrafe. Todos estos factores serán sopesados en el análisis de las diferentes alternativas planteadas.

3.1 FUNCIONALIDAD

Uno de los criterios a tener en cuenta es la funcionalidad, es decir, lo útil que va a ser la estructura para solventar el problema o la necesidad planteada en el estudio.

3.2 ECONOMÍA

Se dará gran importancia a este aspecto también, ya que es una limitación importante, teniendo en cuenta que no se trata de un camino de gran entidad ni con grandes intensidades de tráfico, caso en el que sí estaría justificada una mayor inversión.

3.3 CONSTRUCCIÓN (PLAZOS Y MÉTODOS)

Se atenderá también a los métodos constructivos empleados para la ejecución de la solución propuesta, dando prioridad a aquellos que no resulten de gran dificultad o plazo necesario.

3.4 IMPACTO AMBIENTAL

Hará referencia a la mejora que nos va a generar dicha infraestructura en el entorno en el cual se desarrolla la solución adoptada.

3.5 CONSERVACIÓN

La conservación de la obra tendrá también cierta importancia, ya que se persigue una solución, obviamente duradera, entre otras características. Este aspecto es esencial en la fase de uso y explotación de la infraestructura.

4. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

En primer lugar, y para llegar a la solución óptima y más adecuada, se proponen diferentes soluciones o alternativas para la reposición de dicho camino. Las alternativas han sido las siguientes:

- ALTERNATIVA A: Paso inferior prefabricado con paramento horizontal mediante losas fabricadas in situ.
- ALTERNATIVA B: Paso inferior ejecutado in situ mediante pórtico.
- ALTERNATIVA C: Paso inferior ejecutado in situ con forma de bóveda.
- ALTERNATIVA D: Paso inferior ejecutado mediante un cajón hincado.
- ALTERNATIVA E: Paso inferior ejecutado in situ mediante marco.
- ALTERNATIVA F: Paso inferior prefabricado en obra mediante marco.

4.2 OPCIÓN 1: PASO INFERIOR A LA AUTOVÍA

En esta alternativa, surgen varios subtipos de solución, debido a que podemos ejecutar el paso inferior con diversas técnicas o procedimientos, que determinan una u otra solución.

Atendiendo al procedimiento de instalación podemos diferenciar entre:

- Pasos prefabricados
- Pasos ejecutados in situ

Dentro de estas dos tipologías, encontramos variantes que pasamos a detallar en los próximos puntos.

4.2.1 PASO INFERIOR PREFABRICADO CON PARAMENTO HORIZONTAL MEDIANTE LOSAS FABRICADAS IN SITU

Al efectuar este tipo de unión entre un elemento prefabricado y un elemento ejecutado in situ, a nivel estructural, se genera una rótula o unión simple, aumentando el momento máximo, o lo que es lo mismo ofreciendo una mayor resistencia a flexión como estructura.

Un aspecto a tener en cuenta es que se producirá, un aumento de las necesidades estructurales de la losa (se produce un incremento de sección en esta a la vez que aumenta la cuantía de acero por metro cúbico) y, a la par, se generará un sobrecoste.

4.2.2 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU MEDIANTE PÓRTICO

Esta solución centra su atención en la ejecución de zapatas corridas para sostener los hastiales del paso, sobre los que reposa la losa superior.

Esta solución se apoya en la competencia del terreno para apoyar la citada estructura en zapatas corridas sin tener que llegar a cerrarlas, convirtiéndose en un marco completo.

4.2.3 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU CON FORMA DE BÓVEDA

Con este sistema se obtiene un gran rendimiento y un gran ahorro de tiempo, siempre y cuando tengamos grandes luces.

En este caso el paso inferior tiene una longitud inferior a los 40 metros. La sección también será mayor para permitir el paso de vehículos.

4.2.4 PASO INFERIOR EJECUTADO MEDIANTE UN CAJÓN HINCADO

Esta solución tiene la ventaja que atravesamos el terraplén sin interrumpir el tráfico superior, pero suele ser complejo el hincado ya que se tienen que utilizar gatos hidráulicos, y suelen tener problemas de desviaciones en planta y alzado.

4.2.5 PASO INFERIOR EJECUTADO IN SITU MEDIANTE MARCO

Esta solución consiste en un marco de hormigón fabricado in situ, que mejora las condiciones de estabilidad con respecto a casos anteriores ya que presenta un cimiento mayor, entendiéndose que el terreno presente una capacidad portante suficiente.

4.2.6 PASO INFERIOR PREFABRICADO EN OBRA MEDIANTE MARCO

Esta alternativa consiste en una estructura similar a la anterior, con la diferencia que se fabricará junto al terraplén y luego se trasladará a su posición final, con la ventaja que el marco se realizará sin interrumpir el tráfico superior, que sólo será cortado cuando se coloque.

5. ANÁLISIS EN FUNCIÓN DE LOS CRITERIOS DE DECISIÓN ADOPTADOS

A continuación se realiza, mediante comparación en tablas de las diferentes alternativas que se acaban de mencionar, el análisis aplicando técnicas multicriterio, una herramienta muy solvente y eficaz a la hora de comparar y valorar posibles soluciones.

Se observan diferentes técnicas como son:

- Método de suma simple, mediante asignación de juicios en lugar de calificaciones numéricas a los criterios de cada alternativa.
- Método del valor técnico ponderado (VTP), mediante la asignación de valores numéricos y coeficiente de ponderación, llamados “pesos” a los criterios de cada alternativa.
- Método PRES, método que se centra en la alternativa que es óptima porque es superior a los demás desde el mayor número de criterios.

Consideramos pues, el más completo el método PRES, originario de la Universidad Politécnica de Valencia, para el análisis de las alternativas consideradas. Su procedimiento completo se halla en la fuente de bibliografía empleada: “*Las fases del proyecto y su metodología*” del autor y profesor Eliseo Gómez-Senent Martínez.

La nomenclatura que vamos a utilizar es la mostrada al inicio del apartado 4 de este mismo anejo, que se corresponde con:

- ALTERNATIVA A: Paso inferior prefabricado con paramento horizontal mediante losas fabricadas in situ.
- ALTERNATIVA B: Paso inferior ejecutado in situ mediante pórtico.
- ALTERNATIVA C: Paso inferior ejecutado in situ con forma de bóveda.
- ALTERNATIVA D: Paso inferior ejecutado mediante un cajón hincado.
- ALTERNATIVA E: Paso inferior ejecutado in situ mediante marco.
- ALTERNATIVA F: Paso inferior prefabricado en obra mediante marco.

A continuación, se van a mostrar las tablas realizadas para la ponderación de alternativas mediante el método PRESS, explicando brevemente cada uno de los pasos del método:

En primer lugar, se ha realizado una ponderación en peso de los criterios y se han valorado las alternativas:

CRITERIOS	PESOS	A	B	C	D	E	F
Funcionalidad	3	10	10	10	10	10	10
Construcción	3	5	6	4	4	9	8
Conservación	2	9	7	8	6	6	6
I. Ambiental	1	6	6	6	6	6	6
Economía	3	5	9	10	10	10	10
Máx:		10	10	10	10	10	10

En segundo lugar, se ha realizado la matriz de valoración, que sigue la siguiente fórmula:

$$Q_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{j,máx}} \cdot p_j$$

CRITERIOS	A	B	C	D	E	F
Funcionalidad	3	3	3	3	3	3
Construcción	1.5	1.8	1.2	1.2	2.7	2.4
Conservación	2.7	2.1	2.4	1.8	1.8	1.8
I. Ambiental	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Economía	1.5	2.7	3	3	3	3

En tercer lugar, se ha realizado la matriz de dominación, que consistirá en comparar las ponderaciones de las alternativas, realizando la suma de las diferencias entre ponderaciones para los criterios en los que una alternativa gane a las otras:

	A	B	C	D	E	F	Di
A	0	0.6	0.6	1.2	0.9	0.9	4.2
B	1.5	0	0.6	0.9	0.3	0.3	3.6
C	1.5	0.6	0	0.6	0.6	0.6	3.9
D	1.5	0.3	0	0	0	0	1.8
E	2.7	1.2	1.5	1.5	0	0.3	7.2
F	2.4	0.9	1.2	1.2	0	0	5.7
di	9.6	3.6	3.9	5.4	1.8	2.1	

Por último, se han establecido los coeficientes que serán los indicadores que nos permitirán establecer que alternativa es la solución óptima.

A	0.44
B	1.00
C	1.00
D	0.33
E	4.00
F	2.71

Tras este estudio de soluciones desarrollado, alcanzamos la conclusión de que la manera más conveniente, bajo los criterios adoptados y su importancia dada, de solventar el problema presentado es realizando la construcción de un paso inferior ejecutado in situ mediante marco, la alternativa E.

Más adelante, en el Anejo nº IV: Cálculo de la estructura, se detalla la geometría de los elementos que componen esta solución. Este anejo constituye uno de los anejos fundamentales del presente proyecto.