



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ESTUDIO DE VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS PARA EL VIADUCTO "REGO DO BARCO" (AUTOVÍA A-57 TRAMO: A ERMIDA- VILABOA. PONTEVEDRA)

Trabajo realizado por:
Pedro Froján Pino

Dirigido:
Daniel Castro Fresno

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil
Mención Construcciones Civiles

Santander, junio de 2017

TRABAJO FINAL DE GRADO

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS PARA EL VIADUCTO "REGO DO BARCO" (AUTOVÍA A-57 TRAMO: A ERMIDA – VILABOA)

AUTOR: Pedro Froján Pino

DIRECTOR: Daniel Castro Fresno

CONVOCATORIA: Junio 2017

RESUMEN:

La idea de este proyecto surge durante el transcurso de las prácticas que he realizado con Constructora San José en 2016. En ellas, estuve realizando labores de ayuda en los departamentos técnico y de producción, en el tramo de obra A Ermida – Vilaboa (Pontevedra), dentro del proyecto que será la Autovía A-57.

La obra se estaba iniciando y los plazos no se estaban cumpliendo, además la constructora se estaba preparando para la redacción de un contrato modificado para realizar ciertos cambios. Por ello surge la idea de realizar un estudio comparativo entre dos alternativas para el tramo de viaducto más importante del proyecto, para así poder escoger una solución óptima.

De esta manera este proyecto no se trata de un proyecto al uso, sino más bien de un estudio entre dos alternativas. Para ello se realiza una pequeña memoria o contextualización de las principales características del viaducto "Rego do Barco" y de la Autovía A-57 para presentar el estudio, y en el que se definen los trabajos previos realizados y las tomas de información necesarias para la redacción del proyecto. A continuación, se plantean y describen detalladamente las dos alternativas que se proponen, así como sus procesos constructivos. La primera de ellas se trata de un viaducto isostático de cuatro vanos formado por vigas de prefabricadas de hormigón pretensado y para la segunda solución se propone un viaducto de tres vanos y conformado por vigas cajón mixtas con esquema de viga continua. Para poder comparar ambas soluciones, se han introducido los modelos de ambas alternativas en el programa de cálculo estructural Sofistik y se han obtenido con este software los resultados estructurales. Finalmente se realiza un estudio comparativo de características, tipología, propiedades, económico, etc. El estudio se ha dividido de la siguiente manera:

- Características más representativas
- Análisis de propiedades y características
- Análisis técnico estructural
- Análisis económico
- Análisis multicriterio
- Conclusión

En el estudio se intenta coger una visión global de cada una de las alternativas para poder realizar una comparación objetiva. Se analizan y detallan todas las características de cada solución, pero se destacan y comparan las principales diferencias existentes entre ellas, que serán el sistema estructural, el tipo de vigas utilizado, los materiales y el número de vanos.

Una vez se han analizado las principales características, se procede a comparar los resultados de los modelos obtenidos con Sofistik y se realiza una estimación de los presupuestos de cada alternativa. De esta manera, se podrá unir y analizar conjuntamente todas las características y propiedades nombradas hasta el momento, en un mismo análisis multicriterio, de manera que se pueda valorar objetivamente ambas soluciones.

Tras la realización del trabajo, además de llegar a la conclusión de que la solución óptima es la segunda alternativa, he conseguido afianzar y aprender nuevos conceptos que desconocía, pero, sobre todo, me ha dado la motivación necesaria para seguir con esta profesión hacia delante.

FEASIBILITY STUDY OF ALTERNATIVES FOR THE VIADUCT "REGO DO BARCO" (HIGHWAY A-57 SECTION: A ERMIDA – VILABOA)

AUTHOR: Pedro Froján Pino

DIRECTOR: Daniel Castro Fresno

CALL / ANNOUNCEMENT: June 2017

ABSTRACT:

The idea of this project borns in the course of the profesional practices i have made with Constructora San José in 2016. During those practices i was helping the tecnichal and production departments in the section of the construction A Ermida – Vilaboa (Pontevedra), part of the highway A-57.

This construction was at the begining of the Works and the periods approved they were not being accomplished, also the constructor was preparing the redaction of a modified contract to do some changes in the proyect. For that reason appears the idea of doing a comparative study between two alternatives for the section of the most important viaduct in the proyect, in the way to choose the best solution.

In this way this proyect is not a construction common proyect but rather a study between two alternatives. To build the study a short memory or context of the most important properties of the viaduct "Rego do Barco", his environment and the highway A-57 it is done. In this memory all the necessary previous works for the redaction of this proyect are defined. Next bouth proposed alternatives and their construction process are described in detail. The first alternative it is an isostatic viaduct with four spans built with prestressed concrete beams and for the second one the solution proposed is a three span viaduct in a continuous diagram with combined beams in steel and concrete. To compare both solutions, each model is introduced in the software Sofistik to obtain the structural results. Finally a comparative study of characteristics, typologies, properties and economics. The study is divided in this way:

- Most representatives characteristics
- Characteristics and properties
- Structural tecnic analysis
- Economic analysis
- Multicriteria analysis
- Conclusion

The idea of the study is to take a global vision of each alternative to do an objective comparison. Every characteristic is analysed and detailed but the most important differences between them arde emphasized. These differences are the structural system, the type of beams, materials and the number of spans.

After the most important properties are analysed the results obtained with the software Sofistik are compared and also a estimation Budget is calculated for each alternative. In this way all the characteristics and properties are joined together to make a multicriteria analysis to obtain an objective solution.

After the realization of this proyect, appart from get in the conclusión that the best solution is the second alternative, i have reached to consolidate and learn new concepts i did not know, but above everything, this experience gave me the needed motivation to continue forward with this proffesion.

ÍNDICE

1. Introducción.....	5
2. Antecedentes.....	7
2.1. Antecedentes Administrativos.....	7
2.2. Planteamiento urbanístico.....	8
2.3. Declaraciones de Impacto Ambiental.....	8
2.4. Aprobación definitiva.....	9
2.5. Situación actual.....	10
3. Contexto y circunstancias del proyecto.....	11
3.1. Cartografía y Topografía.....	11
3.2. Geología, préstamos, yacimientos y canteras.....	16
3.2.1. Introducción.....	16
3.2.2. Descripción geológica del trazado.....	16
3.2.3. Estudio de materiales.....	21
3.3. Sismicidad.....	27
3.4. Climatología e hidrología.....	28
3.4.1. Introducción.....	28
3.4.2. Información disponible.....	28
3.4.3. Climatología e Hidrología.....	28
3.5. Tráfico.....	35
3.5.1. Introducción.....	35
3.5.2. Tráfico actual.....	36
3.5.3. Evolución del tráfico.....	38
1.5.3. Cálculo para la IMD en el año actual y en el de puesta en servicio.....	41
1.5.4. Previsión de la demanda futura.....	42
1.5.5. Categoría del tráfico.....	44
1.5.6. Análisis de la capacidad y de los niveles de servicio en el tronco de la vía.....	45
3.6. Geotecnia.....	46
3.6.2. Introducción.....	46
3.6.3. Obtención de datos.....	46
3.6.4. Caracterización geotécnica de los materiales.....	46

3.6.5.	Niveles freáticos.....	51
3.6.6.	Excavabilidad.....	52
3.6.7.	Reutilización de los materiales de la traza.....	52
3.6.8.	Estudio de los desmontes.....	53
3.6.9.	Estudio de rellenos.....	53
3.6.10.	Explanadas.....	54
3.6.11.	Estudio detallado de la geotecnia del Viaducto "Rego do Barco".....	54
3.7.	Trazado geométrico.....	59
3.7.2.	Datos del trazado.....	59
3.7.3.	Sección tipo en el tronco.....	59
3.7.4.	Peraltes.....	60
3.7.5.	Ancho de mediana.....	60
3.7.6.	Bermas de despeje.....	61
3.7.7.	Sobrecanchos.....	61
3.7.8.	Pasos de mediana.....	61
3.7.9.	Descripción del trazado del tramo.....	61
3.8.	Movimiento de tierras.....	66
3.9.	Firmes y pavimentos.....	69
3.10.	Drenaje.....	71
3.10.2.	Introducción.....	71
3.10.3.	Obras de drenaje.....	71
3.10.4.	Modelo hidráulico del río Rego do Barco.....	73
3.11.	Señalización, balizamiento y defensas.....	85
3.11.2.	Señalización horizontal.....	85
3.11.3.	Señalización vertical.....	86
3.11.4.	Balizamiento.....	87
3.11.5.	Defensas.....	87
3.12.	Ordenación ecológica, estética y paisajística.....	90
3.12.2.	Cumplimiento de la D.I.A.....	90
3.12.3.	Descripción del medio.....	93
3.12.4.	Medidas Preventivas y Correctoras durante la construcción y explotación de la autovía	96
3.12.5.	Programa de Vigilancia Ambiental.....	101
3.13.	Expropiaciones e indemnizaciones.....	102
3.13.2.	Expropiaciones definitivas.....	102

3.13.3.	Ocupaciones temporales.....	102
3.13.4.	Afecciones impuestas por la reposición de servicios afectados	102
3.14.	Reposición de Servicios	105
3.14.2.	Líneas eléctricas.....	105
3.14.3.	Líneas de Telefonía.....	106
3.14.4.	Red de Alumbrado.....	106
3.14.5.	Conducciones de Gas y Gasoductos	106
3.14.6.	Red de Saneamiento.....	107
3.14.7.	Red de Abastecimiento.....	107
3.14.8.	Gestión de Residuos.....	108
4.	Descripción de alternativas.....	109
4.2	Alternativa 1.....	110
4.2.1.	Procedimiento constructivo.....	113
4.3	Alternativa 2.....	115
4.3.1.	Procedimiento constructivo.....	118
5.	Estudio comparativo.....	121
5.1	Características más representativas de las alternativas.....	121
5.2.	Análisis de las propiedades y características de cada tipo de viga.....	122
5.2.1.	Ventajas e inconvenientes de Vigas prefabricadas en hormigón.....	122
5.2.2.	Ventajas e inconvenientes de vigas mixtas.....	123
5.2.3.	Conclusión.....	123
5.3.	Análisis técnico estructural.....	125
5.4.	Análisis económico	130
5.4.1.	Estudio comparativo de costes entre soluciones mixtas y soluciones de hormigón pretensado.....	131
5.4.2.	Presupuestos.....	132
5.5.	Análisis multicriterio	136
5.6.	Conclusión.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	138

Agradecimientos

A Daniel Castro, director de este trabajo por su atención, sus consejos y aportaciones que me ha sido de gran utilidad.

A José Luis Goya, de Constructora San José y en especial al equipo de la Autovía A-57 de Pontevedra, formado por David González, Maik Rodríguez y Emilio Merodio por ayudarme durante el período de prácticas y con la idea del proyecto.

A los departamentos de investigación GITECO y GICONSIME, por permitirme utilizar la patente del proceso constructivo "Empuje continuo con doble cajón".

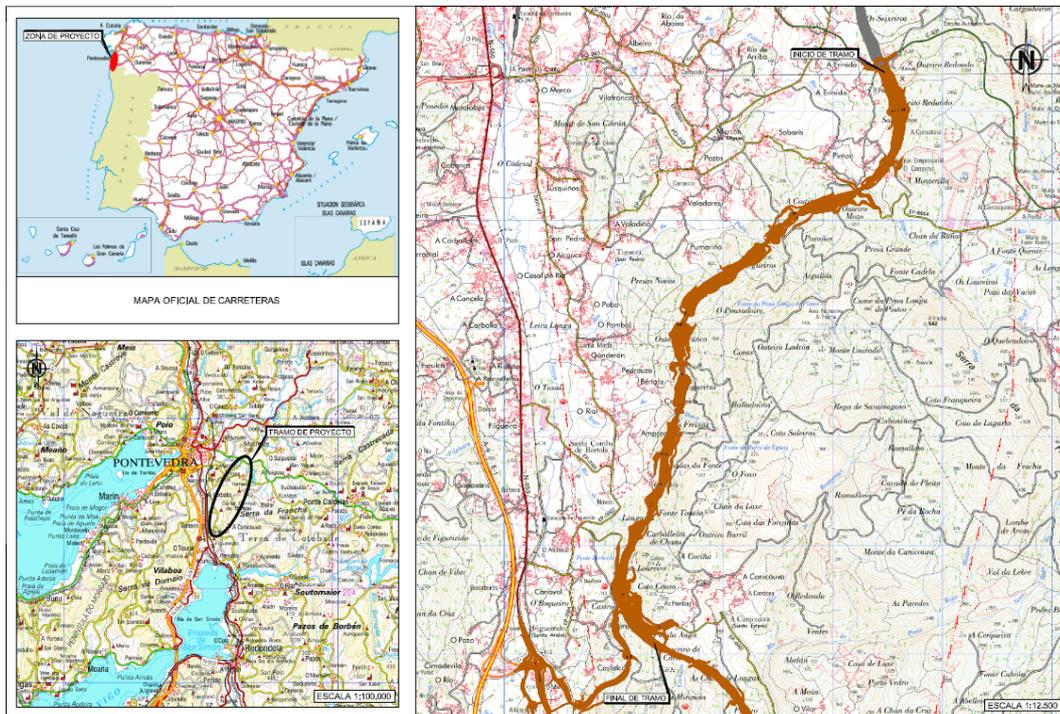
A mi amigo Luis García Vega por su apoyo, ayuda y disponibilidad para echarme una mano siempre que puede.

Y para finalizar a mis padres, amigos y familia por estar ahí siempre.

1. Introducción

La idea de este proyecto, surge durante el período de realización de las prácticas extracurriculares que he llevado a cabo entre los meses de octubre y julio del curso 2015-2016 y han sido posibles gracias a la colaboración entre la Universidad de Cantabria y Constructora San José. Éstas han consistido en la realización de tareas de apoyo en temas de producción y de oficina técnica, ayudando al equipo destinado a la construcción del tramo de autovía Vilaboa – A Ermida de la futura A-57, en sus oficinas de A Ermida en la provincia de Pontevedra.

En el año 2010 el Ministerio de Fomento saca a concurso la redacción del Proyecto de Trazado y Construcción: Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida y en 2013 se finaliza su redacción por parte de TRN Ingeniería y Planificación de Infraestructuras, S.A. Finalmente el proyecto es adjudicado a Constructora San José para construirlo. El tramo de obra proyectado consiste en una autovía de gran capacidad libre de peaje conectada con la A-52, autovía de las Rías Baixas, que constituye el principal elemento vertebrador del Sur de Galicia, ya que conecta a ésta con la Meseta. Además, es un tramo común con la futura A-59, autovía Pontevedra-Aeropuerto de Peinador, que actualmente se encuentra en fase de redacción de sus proyectos de construcción, y que constituirá un importante eje de comunicación entre Pontevedra y Vigo. El tramo Vilaboa-A Ermida está situado dentro del ámbito metropolitano de la ciudad de Pontevedra, recorriendo los Concellos de Pontevedra y Vilaboa. La zona presenta una orografía accidentada con sucesión de valles y zonas altas dentro de las estribaciones occidentales de la Sierra de la Fracha, con unas altitudes que oscilan entre los 21 y 253 m en la franja de actuación. La infraestructura tiene una longitud aproximada de unos 6.480 m, cuenta con 2 enlaces y un total de 15 estructuras: 5 pasos superiores, 6 pasos inferiores y 4 viaductos (Río Pintos, Río do Pobo, Rego do Barco y Ferrocarril Pontevedra-Redondela). Este proyecto parte de un presupuesto base de licitación de 51.000.000 €.



Mapa situación

En el verano de 2015 se comenzó con la expropiación de los terrenos afectados, de modo que en los meses de noviembre y diciembre se pudo proceder con la tala de árboles junto con la colocación de la primera piedra, dando inicio a los trabajos oficiales de la obra. Además, se está procediendo a redactar un contrato modificado para el que se estudian distintas variaciones sobre el proyecto de origen.

El principal objeto de este proyecto, es la realización de un análisis comparativo general entre dos alternativas que se proponen para solucionar uno de los viaductos presentes en la Autovía A-57 Tramo Vilaboa – A Ermida, por lo que no se trata de un proyecto al uso. El viaducto en concreto es el viaducto Rego do Barco, planteado para salvar el paso del río que le da nombre. Se contextualizará el tramo de estudio, dentro del proyecto global de la Autovía A-57, además de definir detalladamente cada una de las dos alternativas para su posterior análisis comparativo y conclusión.

2. Antecedentes

Como antecedentes directos de este proyecto, se considerará el Proyecto de Trazado y Construcción: Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida, por lo que se incluirán aquellos puntos de partida, tomas de datos e información, ensayos y estudios informativos del mismo.

2.1. Antecedentes Administrativos

Como antecedentes administrativos a considerar para la redacción del Proyecto de Construcción de la Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida, (Provincia de Pontevedra), se encuentran los siguientes:

- Estudio informativo de clave: EI4-PO-18, "Circunvalación de Pontevedra", entre los PPKK 0+000-5+175 del tramo, aprobado definitivamente el 20 de septiembre de 2007.
- Declaración de impacto ambiental, del proyecto Circunvalación de Pontevedra (EI-4-PO-18), formulada por la Resolución de 13 de julio de 2007 y publicada en el Boletín Oficial del Estado el día 26 de septiembre de 2007.
- Orden de Estudio para la redacción del Proyecto de Construcción "Autovía A-57. Tramo: Vilaboa- A Ermida. Provincia de Pontevedra", de 5 de diciembre de 2007.
- Pliego de Prescripciones Técnicas del Contrato para la redacción del proyecto, de fecha abril de 2008.

En las resoluciones que aprueban definitivamente los estudios informativos se indica que en las fases de proyecto y ejecución de obra se cumplirán las condiciones de la Declaración de Impacto Ambiental y se realizará la reposición de caminos y servicios de acuerdo con los Ayuntamientos y organismos afectados.

De acuerdo con la Orden de Estudio, el alcance de la actuación comprende una longitud aproximada de 5,2 km de autovía, desde el P.K. 0+000 al P.K. 5+175 de la alternativa aprobada en el Estudio Informativo EI-4-PO-18.

Asimismo, establece las siguientes características:

- Velocidad del proyecto: 100 km/h
- Características geométricas:
 - Calzada: 2 x 7,00 m
 - Arcenes exteriores: 2,50 m.
 - Arcenes interiores: 1,00 m, debiéndose estudiar la conveniencia de aumentar el arcén interior a 1,50 metros, si finalmente se diseña mediana reducida con barra de seguridad adosada de forma permanente.
 - Mediana: se determinará en función de lo dicho por la DIA del EI1-PO-18, que prevé un ancho de 3 metros.
- Las restantes características serán las indicadas en la Norma 3.1-IC.
- Presupuesto base de licitación: 51.000.000 €

El 17 de diciembre de 2010 se dicta Resolución de la Dirección General de Carreteras por la que se aprueba provisionalmente el Proyecto de Trazado "Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida", y el 25/01/11 se incoa el expediente de información pública en virtud de lo indicado por dicha resolución para dar cumplimiento al artículo 10 de la Ley de Carreteras para el tramo comprendido entre los PP.KK. 2+000 y 4+000, así como para el vial

de conexión de la A-57 con la N-550, y dar cumplimiento a los artículos 18 y 19.1 de la Ley de Expropiación Forzosa para todo el tramo proyectado.

Finalmente, el 18 de julio de 2012 se dicta Resolución de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda por la que se aprueba el Expediente de Información Pública y definitivamente el Proyecto de Trazado de "Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida", indicando que deberán tenerse en cuenta una serie de prescripciones a cumplimentar en el Proyecto de Construcción.

- Clave: EI4-PO-18, "Circunvalación de Pontevedra", entre los PPKK 0+000-5+175, aprobado definitivamente el 20 de septiembre de 2007.
- Clave: EI1-PO-20, "Autovía A-57: Pontevedra Conexión A-52, entre los PPKK 6+000-5+018, aprobado definitivamente el 14 de junio de 2007.

2.2. Planteamiento urbanístico

Los términos municipales afectados por el tramo de autovía proyectado son los de Pontevedra y Vilaboa y en concreto el viaducto del que es objeto este proyecto se ubica en el municipio de Vilaboa, en la provincia de Pontevedra.

El planeamiento vigente en dichos municipios se resume en el siguiente cuadro.

TÉRMINO MUNICIPAL	TIPO DE PLANEAMIENTO	APROBACIÓN DEFINITIVA	SITUACIÓN ACTUAL
PONTEVEDRA	PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA	18/12/1989	VIGENTE
VILABOA	NORMAS SUBSIDIARIAS DE PLANEAMIENTO MUNICIPAL	16/01/1988	VIGENTE

Actualmente, el Concello de Pontevedra está tramitando un nuevo Plan General de Ordenación Municipal con Informe previo de aprobación inicial (07/01/2010).

De la misma manera, el Concello de Vilaboa está tramitando un Plan General de Ordenación Urbana, que cuenta con informe previo de aprobación inicial (19/10/2009).

Las afecciones sobre los diferentes tipos de suelo se pueden resumir en:

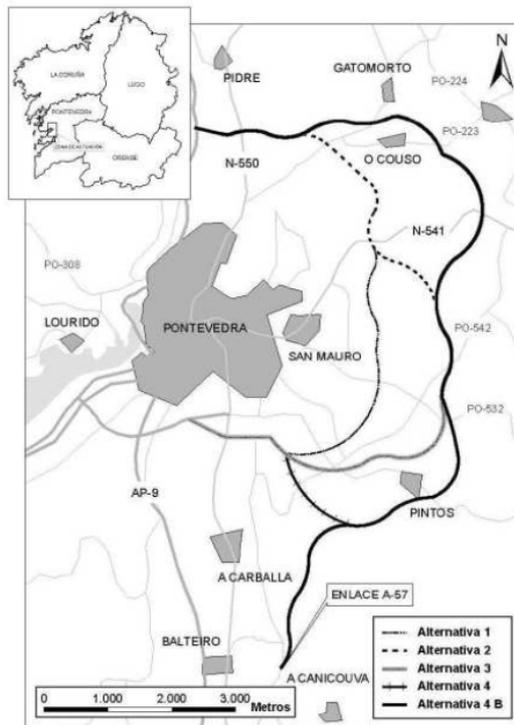
- En el término municipal de Pontevedra el trazado intercepta dos categorías el Suelo No Urbanizable Común y el Suelo No Urbanizable de Protección Forestal.
- En Vilaboa la afección se realiza sobre dos categorías, el Suelo No Urbanizable Normal y el Suelo No Urbanizable de Protección Especial de Infraestructuras.

En ningún caso se afecta a suelo urbano o urbanizable ni tampoco a los núcleos rurales presentes en el ámbito de estudio.

2.3. Declaraciones de Impacto Ambiental.

Con fecha de 16 de enero de 2007, la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático, formula la Resolución por la que se aprueba la Declaración de Impacto Ambiental del Estudio Informativo EI-1-PO-20, Autovía A-57: Pontevedra conexión A-52. La alternativa que mostró una mayor valoración en el análisis

multicriterio de los Estudios Informativos, es la solución coincidente con la alternativa recomendada en el Estudio de Impacto Ambiental, que corresponde con la Alternativa 4b de la figura.



El 17 de Julio de 2007 se aprobó la Declaración de Impacto Ambiental del Estudio Informativo EI-4-PO-18 "Autovía A-57: Circunvalación de Pontevedra", al considerar no se observaban impactos significativos sobre la misma, siempre y cuando se estableciesen las medidas correctoras propuestas. La alternativa seleccionada se caracteriza por tener su origen en sentido norte origen en sentido sur-norte, en la prolongación de la A-57 hacia el norte, coincidiendo con el P.K. 5+020 de la A-57, con un trazado que discurre al este de los núcleos de Bértola y O Pombal, atravesando terrenos de carácter forestal en su ascenso a media ladera de la Sierra de A Fracha, habiéndose proyectado tres viaductos con el fin de reducir la afección que provocarían los terraplenes.

La aprobación definitiva de los citados estudios y de su correspondiente expediente de información pública se anunció en el BOE con fecha 10 de julio de 2007 para el Estudio EI1-PO-20 y con fecha 27 de diciembre de 2007 el Estudio EI-4-PO-18.

Posteriormente se analizan las respectivas Declaraciones de Impacto Ambiental, punto por punto, describiendo las implicaciones de carácter ambiental con sus correspondientes medidas y soluciones.

2.4. Aprobación definitiva

El 18 de julio de 2012 se dicta resolución de la Dirección General de Carreteras por la que se aprueba el expediente de información pública y definitivamente el proyecto de trazado "Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida, con una serie de prescripciones que han sido cumplimentadas en el presente Proyecto de Construcción, y que se resumen en:

- Dar respuesta a las alegaciones de particulares y propietarios de servicios afectados, y que presentaron escrito de alegación durante la información pública del proyecto de trazado.
- Modificar la relación de propietarios, si procediese, en cuanto a la titularidad y uso de las parcelas sobre las que se ha presentado alegación alguna, e incluyendo las afecciones detectadas durante la información pública (ADIF, F.A.R.O. S.L.U., concesiones mineras de explotación y exploración, de Comunidades de Agua y de Montes, y particulares.
- Si bien las valoraciones de las expropiaciones no son objeto del expediente de información pública, se analizarán las alegaciones a fin de valorar en el proyecto, de forma lo más aproximada posible, el coste estimado de las expropiaciones.
- Proseguir la tramitación de la reposición de servicios afectados de acuerdo con lo estipulado en la Circular sobre "Modificación de servicios en los proyectos de obras", de 7 de marzo de 1994.
- Adaptar el Proyecto a los criterios de eficiencia que rigen actualmente en el Ministerio de Fomento.
- Incorporar las prescripciones indicadas en los informes favorables al Proyecto de Trazado recibidos desde la Dirección Xeral do Patrimonio Cultural de la Consellería de Cultura e Turismo, y la Dirección Xeral de Conservación da Natureza.

2.5. Situación actual

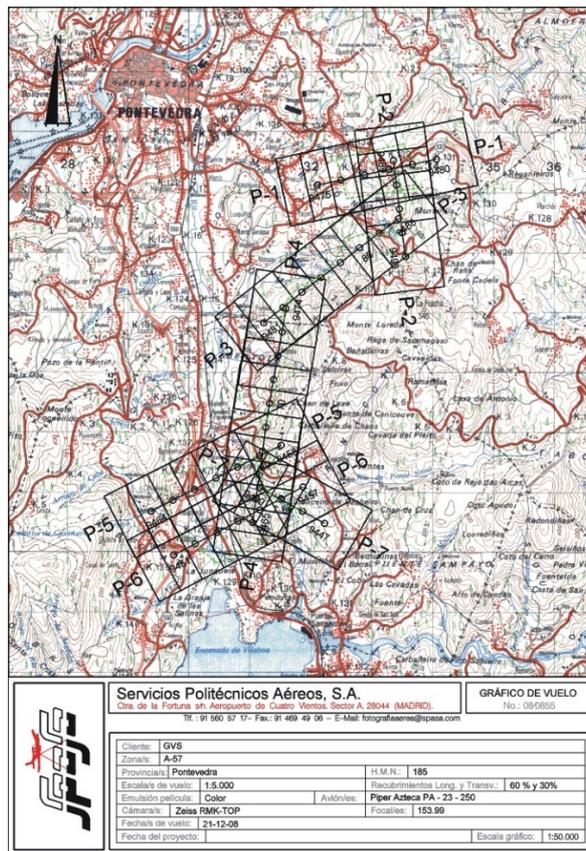
Tras la colocación de la primera piedra en octubre de 2015, comenzaron los trabajos de construcción de la autovía. Actualmente el proyecto se encuentra en fase de redacción de un modificado, por lo que los tiempos previstos para la realización de la obra se han visto pospuestos debido a este y a otros motivos que han obligado a retrasar el comienzo de ciertos trabajos. Hasta ahora se ha realizado el desbroce de la traza desde el PK 0+000 hasta el PK 4+500 y se ha comenzado parcialmente con los trabajos de movimientos de tierra, construyendo a su vez ciertas obras de drenaje necesarias. Se puede considerar que la obra está, hasta cierto punto, parada esperando a la conclusión y aprobación del contrato de proyecto modificado.

3. Contexto y circunstancias del proyecto.

3.1. Cartografía y Topografía

En el presente capítulo se describirán los distintos trabajos de topografía realizados para la preparación y redacción del proyecto.

Los trabajos se han realizado en dos fases. En primer lugar, se ha obtenido la cartografía a escala 1:1.000 por métodos fotogramétricos y posteriormente se han efectuado los trabajos topográficos complementarios consistentes en el replanteo del eje, la toma de perfiles transversales en campo y la realización de levantamientos taquimétricos en zonas de implantación de obras de fábrica, bandas blancas de las carreteras existentes, y otros datos necesarios para la reposición de servicios afectados. Para la obtención de la cartografía se ha llevado a cabo un vuelo a color específico, definiendo previamente sobre una cartografía a escala 1:50.000 la zona y dirección de las pasadas de forma que se cubra ampliamente la zona de estudio para obtener una escala mínima de vuelo de 1:5.000.



Descripción del vuelo realizado

El apoyo de campo se ha hecho con 5 puntos de apoyo por par estereoscópico y el método de observación de satélites empleado es el sistema GPS diferencial.

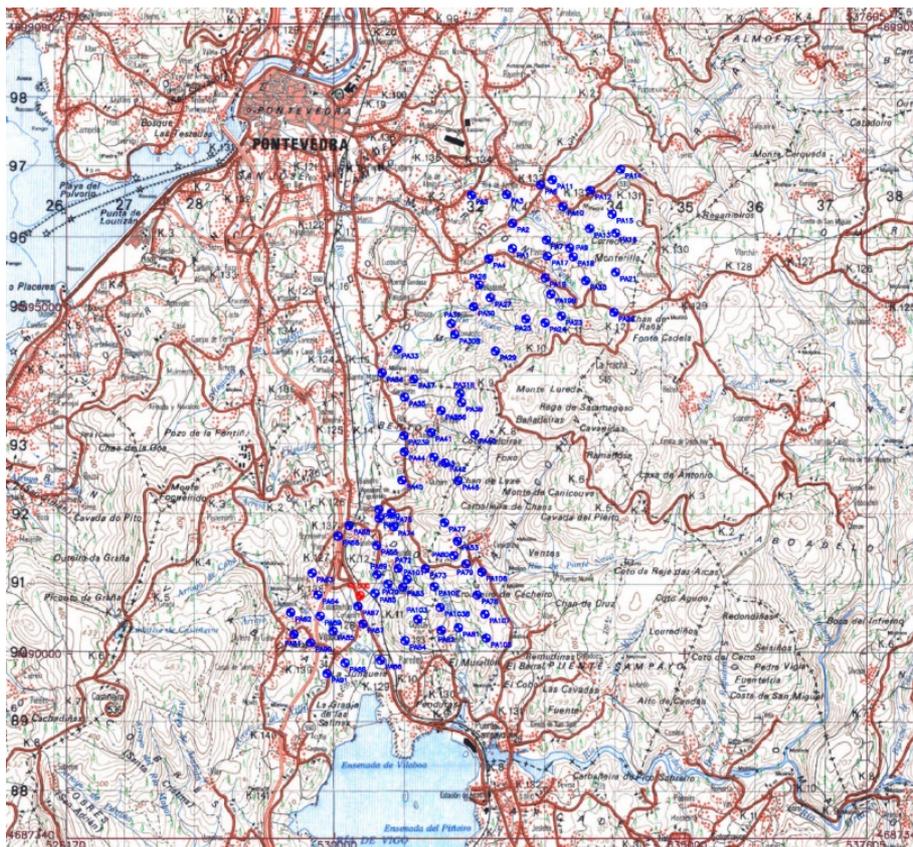


Gráfico de puntos de apoyo

Para la restitución se han empleado instrumentos analíticos debidamente calibrados, y con la precisión necesaria para la realización de restituciones a escala 1:1.000 con equidistancia en curvas de a metro, a partir del vuelo a escala 1/5.000. La restitución planimétrica se ha efectuado punto a punto para garantizar su máxima precisión.

Los trabajos de Topografía que se han realizado han tenido por finalidad las siguientes actuaciones:

- Implantación de una red básica planimétrica enlazada a la Red Geodésica.
- Enlace de la red altimétrica.
- Implantación de la red de bases de replanteo.
- Replanteo del eje de la traza.
- Obtención de perfiles transversales.
- Obtención de cartografía de detalle mediante taquimetría.

Se ha utilizado como sistema planimétrico el Datum ED-50 referido al elipsoide Internacional de Hayford 1.924, datum Postdam y con origen de longitudes en Greenwich y como sistema de representación la Proyección U.T.M. (Universal Transversa de Mercator), huso 29. Con posterioridad, se realiza la transformación de coordenadas al sistema WGS84, sistema ETRS89.

En altimetría las cotas se han referenciado al nivel medio del mar observado en el mareógrafo de Alicante.

El enlace planimétrico con el citado sistema de referencia se ha realizado a través de los vértices geodésicos, mientras que el enlace altimétrico se realiza midiendo los clavos de la Red de Nivelación de Precisión existentes en la zona de estudio, obteniendo del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) sus coordenadas, cotas ortométricas y reseñas.

Los vértices de la Red Geodésica empleados para la implantación de la red básica han sido:

NOMBRE	X	Y	Z
A FRACHA	533.844,490	4.694.042,150	541,192
CASTIÑEIRAS	526.239,250	4.690.536,540	434,827
MONZON	536.395,330	4.684.830,570	474,361
MOURENTE	532.620,460	4.697.857,900	239,638
SISTALTO	540.948,070	4.700.071,230	602,403

Los puntos de la red de N.A.P. existentes en la zona de proyecto y que pertenecen al itinerario Betanzos-Santiago, son:

NOMBRE	COTA NIVEL
SSK123,980	23.9076
SSK126,975	42.2681
NGZ320	61.9228
SSK130,150	31.1296

Se ha materializado en el terreno una red de bases de replanteo, formada por 73 vértices, mediante clavos de acero galvanizado y ferrallas de acero corrugado en lugares estables (bordes de carreteras y pistas, aceras, bordillos, rocas, etc.) e Hitos-Feno en lugares más inestables para así garantizar su permanencia en el tiempo, habiéndose levantado una reseña para facilitar su localización.

Las Bases de Replanteo que se observan con GPS corresponden a pares de bases visibles siempre entre sí, la anterior y la siguiente, y servirán para realizar los trabajos posteriores de topografía, desde las poligonales, el replanteo de los ejes de trazado, los perfiles transversales y hasta los taquimétricos a las diferentes escalas.

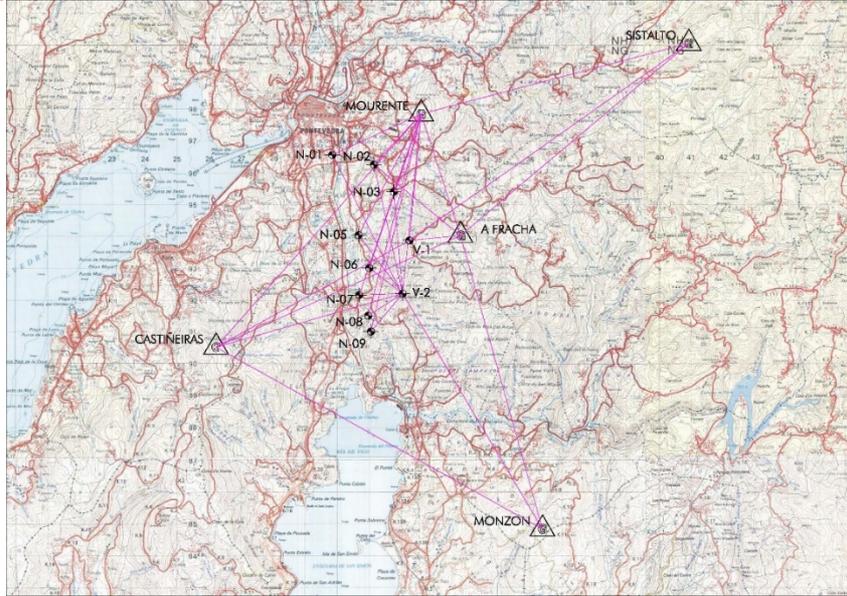


Gráfico red planimétrica

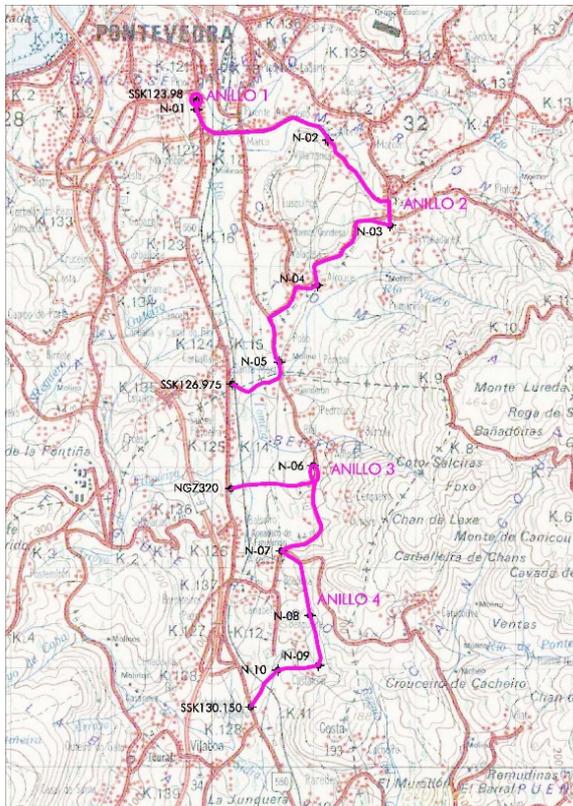


Gráfico red altimétrica

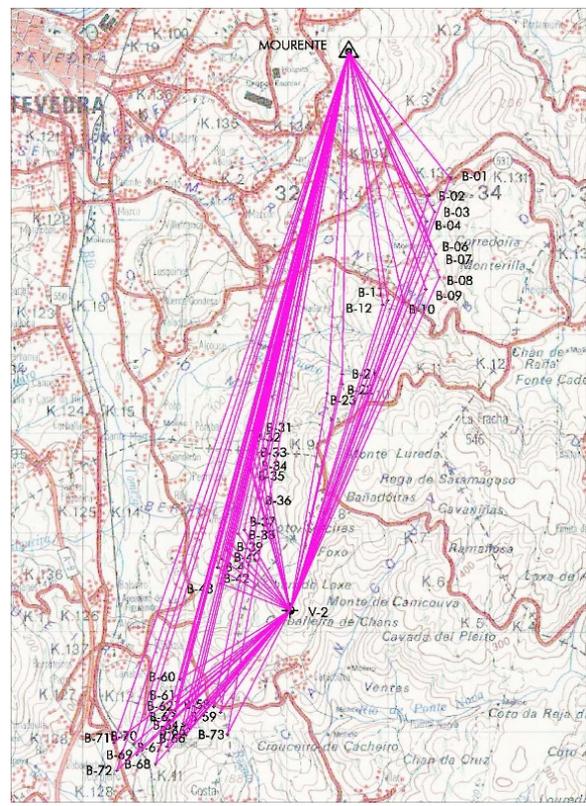
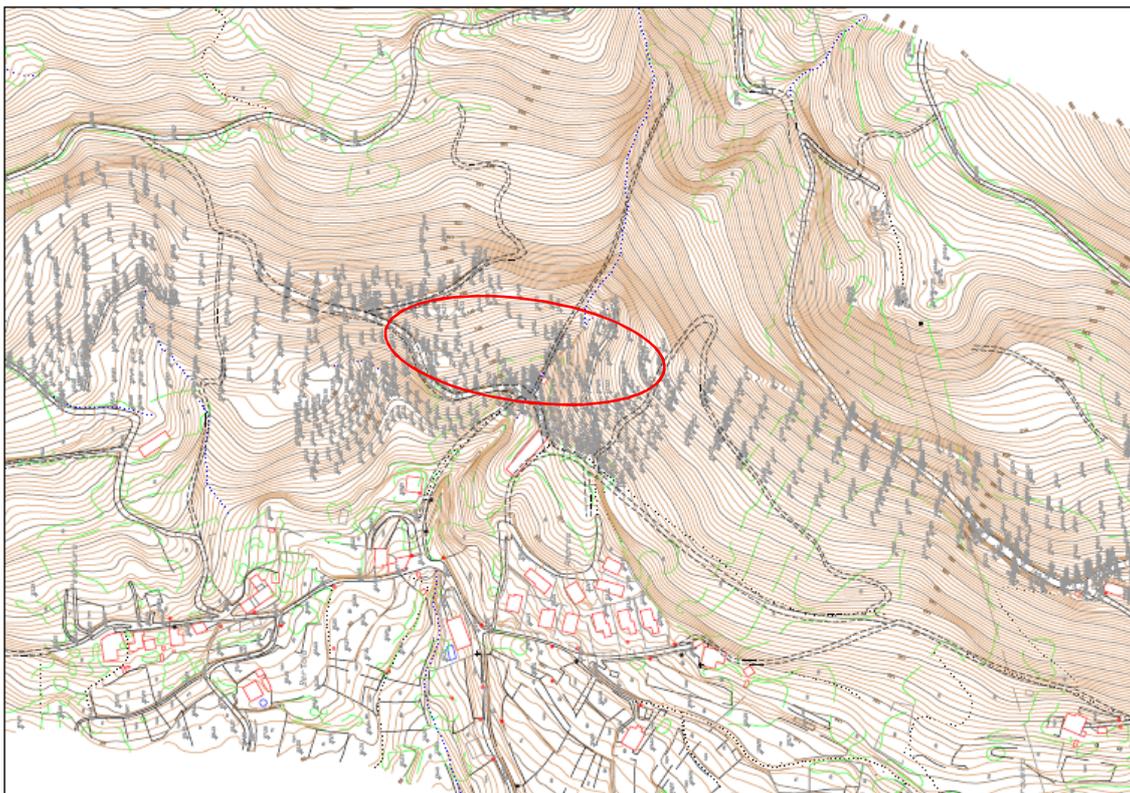


Gráfico de bases de replanteo



Cartografía 1:1000 de la zona de estudio (Se destaca la localización del viaducto)

3.2. Geología, préstamos, yacimientos y canteras

3.2.1. Introducción

En el presente capítulo se describen las condiciones geológicas del terreno a lo largo de la zona de estudio que afectará al trazado de la autovía y por lo tanto al tramo concreto del que es objeto este proyecto. El informe se completa con el Estudio de Procedencia de Materiales y la Propuesta de Campaña Geotécnica de Investigación.

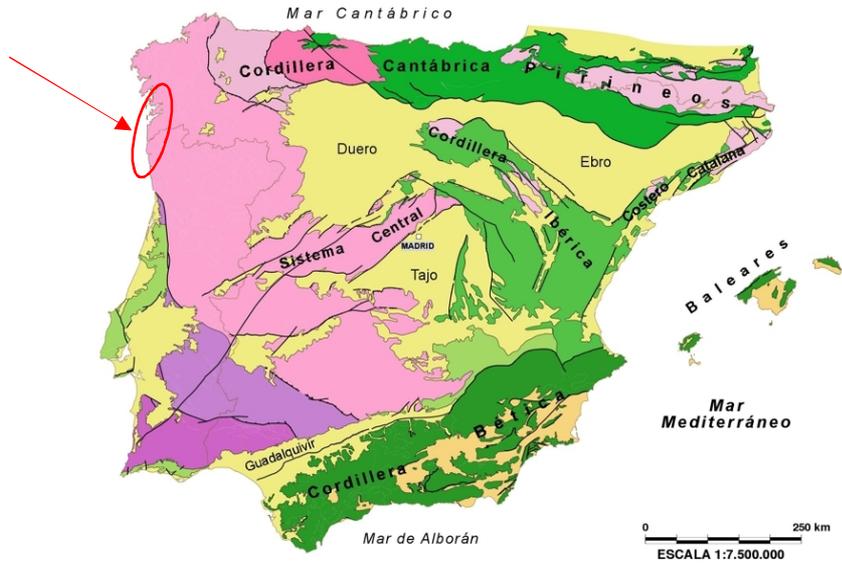
El objetivo del Estudio Geológico se resume en definir las unidades litológicas que integran la serie local, así como también el contexto estructural en el que se enmarca la zona de estudio.

Se trata de establecer las características geomecánicas y el comportamiento del terreno, bien se trate de suelo o macizo rocoso. En base a estas características se elabora una cartografía geológica general, sobre el que se construirá un perfil geológico que represente la distribución y disposición de las unidades litológicas y la localización de fallas, además de otros datos interesantes desde el punto de vista del proyecto y no representados en la topografía como zonas húmedas, arroyos estacionales, fuentes, etc.

La metodología de trabajo aplicada en el Estudio Geológico comprende trabajos de campo, fundamentalmente la cartografía geológica, estaciones de observación, levantamiento de taludes, etc. Así como trabajos de gabinete: Análisis de antecedentes, interpretación de fotografías aéreas, consulta de publicaciones sobre el entorno geológico, geomorfológico, hidrogeológico, etc. La información utilizada para la realización de este estudio procede principalmente de los pliegos de prescripciones técnicas, estudios informativos, proyectos contiguos y publicaciones del I.G.M.E.

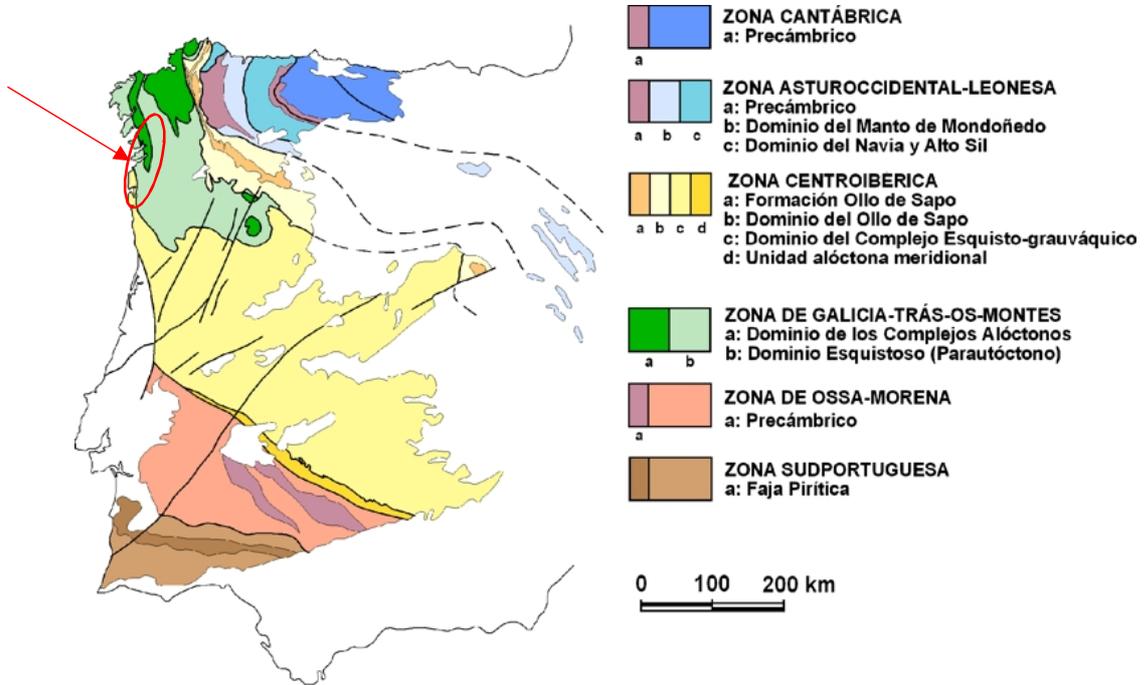
3.2.2. Descripción geológica del trazado

El área por la que discurre el trazado se inscribe en una banda arqueada que se extiende desde el noroeste peninsular hacia el centro, concretamente en la Zona Centro Ibérica del macizo Ibérico siguiendo la clasificación de Julivert y más concretamente en el Dominio migmatítico y de las rocas graníticas: "Grupo Lage". Estaría dentro de la Zona Galaico Castellana según Lotze y en la banda de Galicia Media – Tras os Montes de Matte.

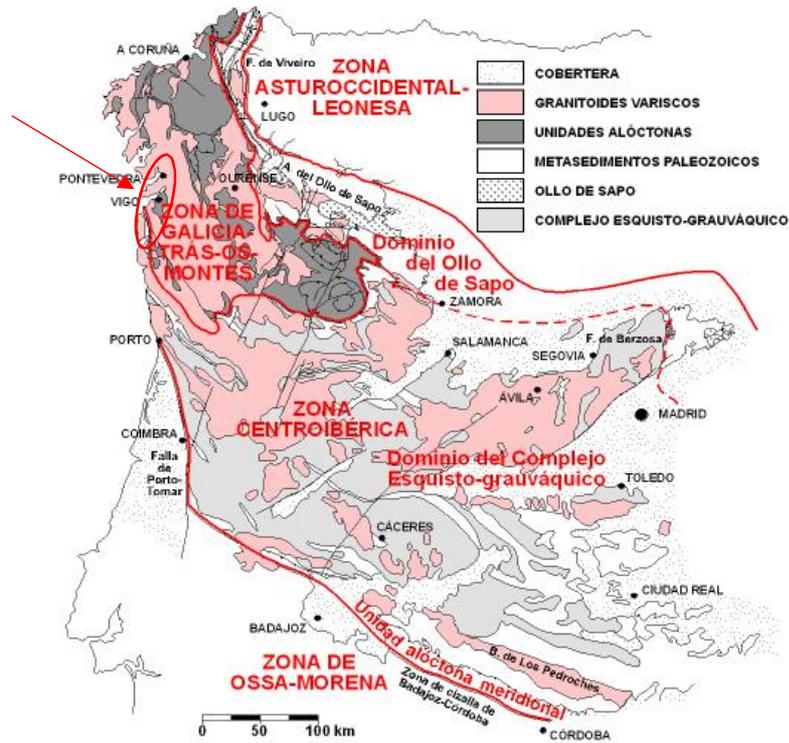


MACIZO IBÉRICO	C A D E N A S	A L P I N A S
<ul style="list-style-type: none"> Zona Cantábrica Zona Asturoccidental-Leonesa Zona Centroibérica Zona de Ossa Morena Zona Surportuguesa 	CORDILLERA PIRENAICA <ul style="list-style-type: none"> Cobertera Meso-Cenozoica Basamento de la Zona Axial Zona Cantábrica Zona Asturoccidental-Leonesa 	CORDILLERA IBÉRICA y COSTERO-CATALANA <ul style="list-style-type: none"> Cobertera Meso-Cenozoica Basamento Varisco Cuencas Cenozoicas Cobertera Mesozoica poco o nada deformada CORDILLERA BÉTICA y BALEARES <ul style="list-style-type: none"> Cordillera Bética (s.l.) Cuencas Cenozoicas

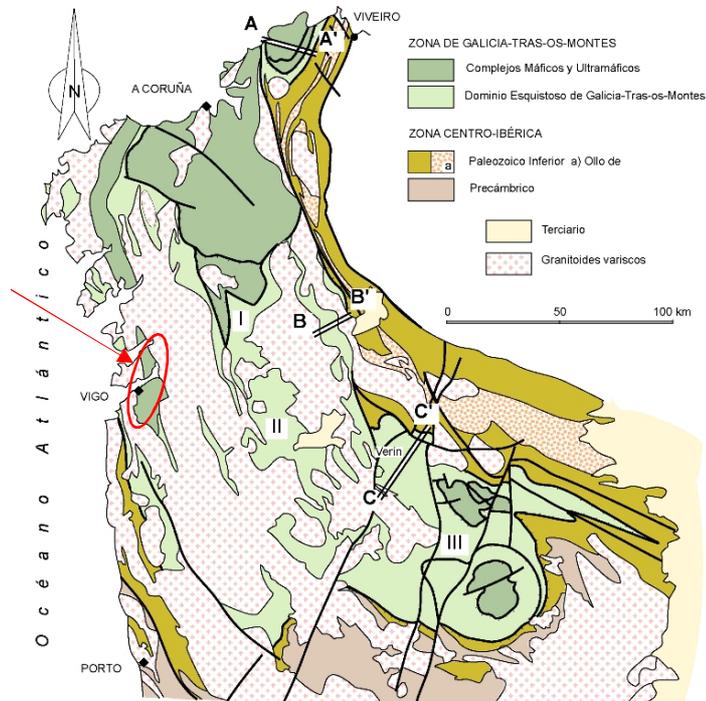
Compartimentación estructural de la Península Ibérica



Compartimentación estructural del Macizo Ibérico



Detalle de las zonas de Galicia Tras-Os-Montes y Zona Centroibérica

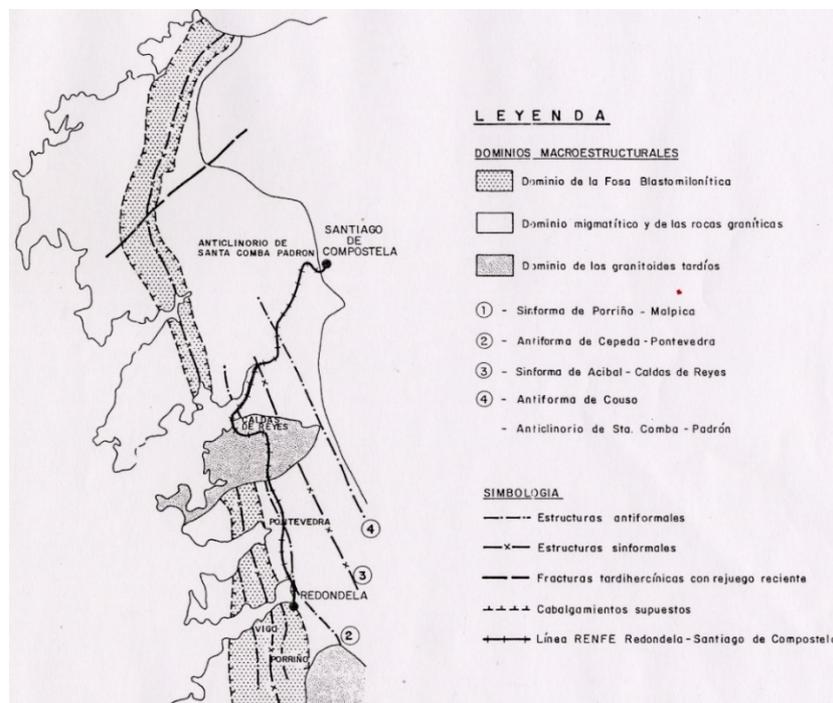


Compartimentación de Galicia Tras-Os-Montes

El ámbito de estudio se sitúa al sur de la provincia de Pontevedra, zona que pertenece al oeste de Galicia y cuyas unidades estructurales se definen a continuación.

Se definen tres dominios de composición y estructura particulares:

- Dominio de la fosa blastomilonítica.
- Dominio migmatítico y de las Rocas graníticas.
- Dominio de los granitoides tardíos.



Unidades estructurales en el oeste de Galicia

El trazado discurre en su totalidad por el "Dominio migmatítico y de las rocas graníticas". A grandes rasgos este dominio comprende el "Complejo Esquisto-Grauváquico" formado por metasedimentos y areniscas con intercalaciones lentejonares de metaconglomerados, el "Complejo Rosal-La Lanzada" constituido básicamente por micaesquistos con intercalaciones lentejonares de cuarcitas, ampelitas, liditas y anfibolitas y la "Unidad de Villagarcía-Cuntis"; caracterizada por la presencia de restitas metasedimentarias dispersas en el seno del cuerpo envolvente de granitoide de feldespatos alcalinos o granito de dos micas.

Los materiales afectados por el trazado son, mayoritariamente, granitoides hercínicos, predominantemente de dos micas y con frecuente presencia de enclaves afectados por un fuerte metamorfismo. Estos granitos, se encuentran recubiertos por un suelo de alteración (jabre granítico), de espesor variable, originado principalmente por meteorización de la roca y por acumulación de materia orgánica.

En las vaguadas, y especialmente en los alrededores de los cursos fluviales, arroyos y barrancos, se han generados depósitos sedimentarios complejos puntualmente afectados por el trazado.

Desde el punto de vista mineralógico y químico, se trata de granitos de afinidad alcalina, concretamente granitos peraluminicos sincinemáticos.

Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos granitos anatéticos autóctonos, subautóctonos y alóctonos relacionados espacial y temporalmente con el metamorfismo regional y procesos de anatexia cortical variscos.

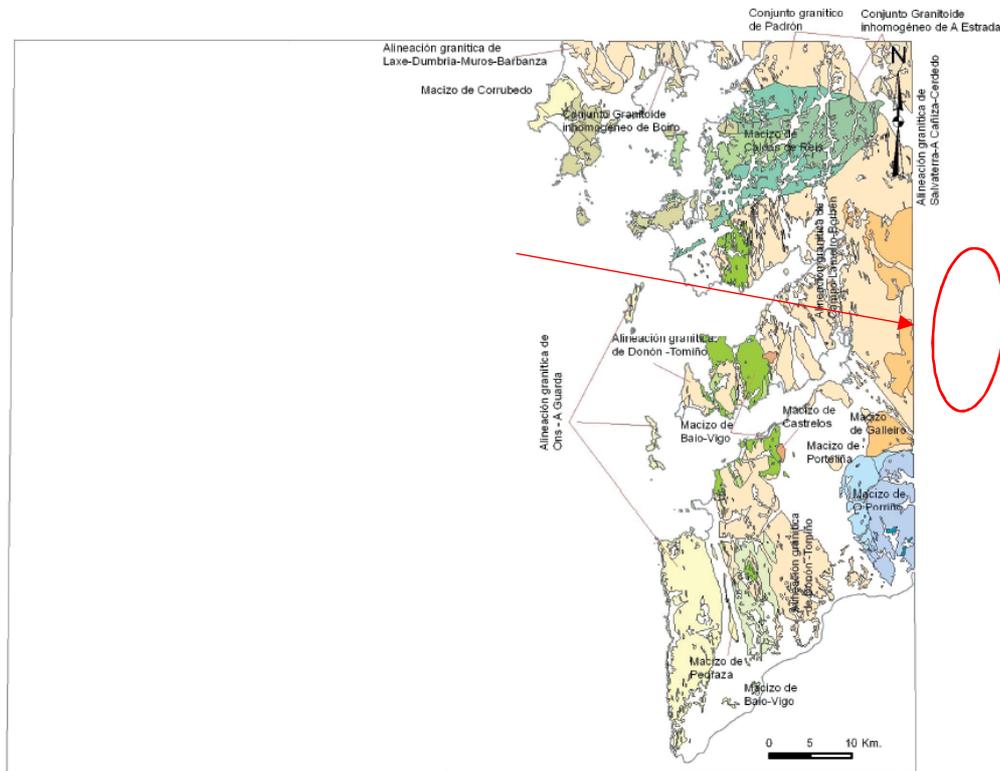
Esta denominación incluye las siguientes facies:

- Granito de dos micas
- Granito con grandes biotitas Granito cataclástico
- Granito moscovítico
- Granitoide inhomogéneo

El granito más ampliamente representado a lo largo de la traza es el granito de dos micas, se trata de un granito de grano fino a medio con multitud de enclaves metamórficos, tanto de Ortoneis glandular como de esquistos y paraneises.

La superficie ocupada por estos granitos forma alineaciones de dirección Hercínica; es decir, N-S. Estas alineaciones forman normalmente colinas alargadas cuyo relieve destaca sobre los materiales metamórficos circundantes.

El trazado estudiado discurre por la alineación denominada "Alineación Granítica de Campo Lameiro-Borben". Esta alineación presenta Granito de dos micas en sentido amplio, Granito de grandes biotitas y Granito moscovítico.



LEYENDA

ROCAS GRANÍTICAS VARISCAS SINCINEMÁTICAS

Granitos peraluminicos

- Granito de dos micas
- Granito con grandes biotitas "ala de mosca"
- Granito de dos micas cataclástico
- Granito moscovítico
- Granitoide inhomogéneo

Granitos calcoalcalinos. Serie precoz

- Granodiorita precoz
- Granito biotítico precoz
- Granito cuarzo-monzonítico

ROCAS GRANÍTICAS VARISCAS POSTCINEMÁTICAS

Granitos calcoalcalinos y subalcalinos

- Granito de Caldas de Reis. Facies externa
- Granito de Caldas de Reis. Facies externa leucocrática
- Granito de Caldas de Reis. Facies central
- Granito de Caldas de Reis. Facies porfídica
- Granitos equigranulares rosados de grano grueso a muy grueso
- Granitos-granodioritas inequigranulares porfídicos
- Granitos-tonalitas de grano fino y medio, con fenocristales dispersos

Alineaciones y macizos graníticos del occidente gallego

El trazado en estudio atraviesa en líneas generales los materiales graníticos (G) y esquistosos (E) descritos anteriormente, y los suelos de alteración del sustrato rocoso (Q_E). En zonas de vaguada se atraviesan depósitos aluvio-coluviales (Q_A) y depósitos coluviales (Q_C).

Concretamente el tramo dónde se ubica el Viaducto Rego do Barco, discurre por terrenos relativamente escarpados cuyo sustrato está constituido casi exclusivamente por granitos hercínicos con algunos enclaves metamórficos (esquistos, paraneises y ortoneises) y zonas donde dicho sustrato se encuentra meteorizado a condición de suelo residual. Además, en este tramo, existe la presencia del río Rego do Barco que discurre por una falla menor en una zona de ladera escarpada con dirección N 40-60 W, pero donde su curso cambia bruscamente de dirección en Bértola para acomodarse a otra falla de dirección prácticamente perpendicular.

A pesar de que los afloramientos de roca son abundantes y la pendiente topográfica notable, se han descrito zonas en altura donde el espesor de suelos de alteración graníticos alcanza más de cinco metros de espesor. Por otro lado, las zonas de vaguada acumulan en algunos casos espesores de sedimentos apreciables. En cualquier caso, la mayor parte del terreno, bajo una delgada capa de tierra vegetal, está constituido por rocas graníticas.

3.2.3. Estudio de materiales

En este apartado se realiza un estudio previo de los yacimientos de materiales susceptibles de ser utilizados para las distintas unidades de obra a considerar en el tramo de autovía en estudio.

Las unidades de materiales que inicialmente deben tenerse en cuenta son:

- Materiales para la formación de rellenos (terraplén, todo-uno y pedraplén).
- Materiales para la ejecución de la explanada y firmes de caminos de servicio (suelos para estabilización in situ S-EST3, y suelos adecuados)
- Materiales para la formación de rellenos bajo bermas.
- Subbases, bien sea de suelo cemento o zahorra artificial.
- Áridos gruesos y finos para mezclas bituminosas en capas de base y capas intermedias.
- Áridos gruesos y finos para capa de rodadura.
- Áridos gruesos y finos para hormigones.

YACIMIENTOS Y CANTERAS EXTERIORES A LA TRAZA:

Con objeto de seleccionar los yacimientos y canteras exteriores a la traza más adecuados para atender las necesidades de materiales del proyecto, se ha consultado la siguiente información:

- Mapa de Rocas Industriales. E. 1:200.000. Pontevedra – A Guarda. Núm. 16-26.
- Mapa de Rocas Industriales. E. 1:200.000. Ourense – Verín. Num. 17-27.
- Estudio Informativo EI-1-PO-18. Circunvalación de Pontevedra, realizado por la UTE Amepro-Omicron.
- Estudio informativo EI-1-PO-20. Autovía A-57. Pontevedra conexión A-52; realizado por TRN.

- Proyecto de trazado y construcción Autovía A-57. Conexión A-52 -Pontevedra. Tramo. Pazos de Borbén – Soutomaior. Realizado por Urbaconsult y Torroja Ingeniería.
- Proyecto constructivo "Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo: Vilaboa – Pontevedra". Realizado por La UTE TRN-GTT.
- Proyecto constructivo "Eje Atlántico de Alta Velocidad. Tramo Pontevedra-Cerponzons". Realizado por TYPSA

A continuación se adjunta una tabla resumen con la principal información de las explotaciones inventariadas así como los posibles usos del material que producen. En total se han inventariado diez (10) canteras y dos (2) yacimientos granulares.

Asimismo, se han inventariado once (11) plantas de hormigón (PH) y dos (2) plantas de elaboración de aglomerado asfáltico (PA). La información de las mismas se resume en el siguiente cuadro.

Cantera Yacimiento	Cantera /Empresa	Material explotado	Distancia a traza (Km)	Uso en obra					
				Mezcla bituminosa	Capa rodadura	Zahorras	Terraplén	Escollera	Hormigón
C-1	Canteiros do Porriño Reunidos, S.A	Granito / granodiorita	41			X			X
C-2	Granitos Triturados, S.L	Granito	20			X			X
C-3	Grupo JCA Hormigones, S.A	Granito	30	X		X	X	X	X
C-4	Cantera Outeiro da Raposa Fomento de Áridos y Obras,S.A	Granito	8			X	X	X	X
C-5	Cantera Berducido. Holcim, S.L	Granito	17			X		X	X
C-6	Cantera de Atios	Granito / granodiorita	41			X	X		X
C-7	Cantera Ventoso	Esquistos Silíceos	40	X	X	X			
C-8	Áridos del Umia	Granito	24			X	X	X	X
C-9	Cantera Lantañón. Fomento de áridos y hormigones.	Granito	26						X
C-10	Cantera Prebetong	Granito	38			X	X	X	X
YG-1	Áridos do Mendo, S.L.	Arenas y Gravas	50	X					X
YG-2	Áridos de Salvaterra, SCL	Arenas y Gravas	51	X		X	X		X

PLANTA	PROPIETARIO	LOCALIDAD	DISTANCIA A TRAZA (KM)
PH-1	Prebetong	Pontevedra	8
PH-2	Hormigones Miño	La Reigosa	10
PH-3	Holcim	Lourizam	8
PH-4	Holcim	Sequeiros I	15
PH-5	Hormigones JCA	Confurco	30
PH-6	Hormigones JCA	Vilaboa	5
PH-7	Hormigones JCA	Peinador	20
PH-8	Holcim	Sequeiros II	15
PH-9	Áridos do Mendo, S.L.	Chan de Salgosa	50
PH-10	Áridos del Umia	Paradela	35
PH-11	Valle Minor	Porriño	41
PA-1	Sercoysa	Hermida	4
PA-2	Covsa.	Porriño	35

REUTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE LA TRAZA:

Los materiales afectados mayoritariamente por las excavaciones de los desmontes son los constituidos por el macizo rocoso granítico: rocas graníticas en distintas facies y alteradas en diversos grados, suelos residuales arenosos y, en menor grado, rocas esquistosas migmatizadas y gneises.

Localmente se excavarán depósitos aluvio-coluviales, coluviones y rellenos antrópicos; todos ellos de poco espesor.

- Esquistos y paragneises (E)

No se prevé la excavación de un volumen apreciable de este tipo de materiales. La excavación de esta unidad aportará materiales de tipo Todo-Uno y, en los casos de mayor alteración suelos de calidad "Adecuado". Por tanto, podrán ser utilizados tanto en cimiento como núcleo y coronación de terraplén.

- Granito (G)

Se excavará el sustrato granítico principalmente en los desmontes de mayor altura. No es de esperar un gran volumen excavado de granitos alterados en grados II o inferior, por lo que se recomienda preservar estos materiales para las obras de tierra donde resulta imprescindible (cimientos drenantes, muros de escollera, etc.).

- Suelos de alteración (Q_E)

Los suelos de alteración procedentes de los granitos, se clasifican como suelos "Tolerables" en un 36% y como "Adecuados" en un 64%. Podrán ser empleados como cimiento, núcleo y coronación de terraplén, capa de transición en pedraplenes y rellenos

todo-uno y formación de explanada en desmontes en las zonas de suelo tolerable en el fondo de excavación.

- Depósitos cuaternarios

Se excavará un volumen despreciable.

PRÉSTAMOS:

No se han estudiado áreas de préstamo debido a que el trazado resulta excedentario en tierras.

VERTEDEROS:

Dado que el tramo resulta excedentario en tierras, se han propuesto varias opciones:

Se propone depositar dichos materiales en rellenos localizados necesarios para el desagüe de la escorrentía superficial interceptada por las obras entre los rellenos compactados a media ladera y la ladera natural del terreno.

Dado que gran parte de los materiales será aprovechable y, presumiblemente de buena calidad, se podría optar por ofrecer los excedentes a las canteras próximas para su comercialización.

Los suelos inadecuados procedentes de saneos no se podrán emplear para la formación de terraplenes; serán útiles en la restauración de los taludes de los rellenos.

Finalmente, se proponen una serie de vertederos propuestos en el Estudios informativos EI-1PO-20 y EI-2-PO-24, cuya capacidad total podría albergar el excedente de tierras generado en este proyecto:

Nº vertedero	Localización	Volumen (m³)	Superficie (m²)	Altura media (m)
1	EI-1-PO-20	623.050	24.922	25
2	EI-1-PO-20	369.432	30.786	12
6	EI-1-PO-20	1.118.114,34	79.865,31	14
9	EI-1-PO-20	175.680	14.640	12
18	EI-1-PO-20	1.032.087	147.411	7
25	EI-1-PO-20	362.156,90	51.736,70	7
Q1	EI-2-PO-24	160.854	40.213,65	4
V1	EI-2-PO-24	37.266,73	9.316,68	4
V3	EI-2-PO-24	28.878,56	7.219,64	4
Q2	EI-2-PO-24	21.163,32	5.290,82	4
V4	EI-2-PO-24	25.622,76	6.405,76	4
V5	EI-2-PO-24	15.870,76	3.967,69	4
Barro	Restauración de cantera abandonada	364.200	25.670	14

RESUMEN DE PROCEDENCIA DE MATERIALES:

- Materiales para la formación de rellenos.

Según el estudio de movimiento de tierras realizado, se prevé la necesidad de 2.812.753,80 m³ de material para la conformación de los rellenos (incluyendo explanadas y cimientos drenantes), los cuales se obtendrán en todo su volumen de las excavaciones en desmonte de la obra, cuyas características se resumen más adelante.

De éstos, 147.066,80 m³ estarán formados por mantos drenantes en cimientos de rellenos, cuyo volumen se podrá obtener del material rocoso de tipo pedraplén excavado en los desmontes de la traza.

134.837,20 m³ del volumen total deberán ser suelos adecuados para la formación de la capa de transición en coronación de rellenos tipo pedraplén/todo-uno y explanada en desmonte, y 60.510 m³ de suelo estabilizado para la formación de explanadas en tronco, ramales y reposición de carreteras, así como en firmes de caminos.

Aparte, serán necesarios 8.437,30 m³ de relleno en bermas, que podrán proceder de los materiales excavados en la traza cuyo contenido en finos (# 0,08) sea inferior al 25%.

- Áridos gruesos y finos para mezcla bituminosa en capa de base y capa intermedia.

Para los firmes en capas de base e intermedia, se necesitan 73.650 Tn de árido para mezclas bituminosas, para cuya procedencia se propone el yacimiento nº C-4 de los inventariados (Cantera Outeiro da Raposa Fomento de Áridos y Obras,S.A.), por su mayor cercanía a la obra.

La instalación de fabricación de mezclas bituminosas más próxima es la PA-1, propiedad de Sercoysa.

- Áridos para la capa de rodadura.

Para los firmes en capas de rodadura, se necesitan 25.860 Tn de árido para mezclas bituminosas, para cuya procedencia se propone de la cantera C-7 del inventario realizado (Cantera Ventoro, Sercoysa), que se sitúa a unos 40 km de la traza, por ser la única que ha confirmado la fabricación de áridos para capa de rodadura, ya que disponen de una zona dentro de la propia cantera donde los áridos obtenidos son de mayor calidad que en el resto de la explotación. Además, también dispone de instalaciones de fabricación de mezclas bituminosas.

- Sub-bases de firme (zahorra artificial o suelos para suelo-cemento)

Para la fabricación de suelocemento en subbase de firme se necesitan 59.635 m³ de áridos, y 19.070 m³ para zahorra artificial. Para la obtención de material para suelocemento se propone como procedencia los materiales excavados en la propia traza previo tratamiento y clasificación, o bien su obtención del yacimiento nº C-4 de los inventariados (Cantera Outeiro da Raposa Fomento de Áridos y Obras,S.A.), por su mayor cercanía a la obra.

Para la fabricación de suelocemento se propone la planta PH-6, propiedad de Hormigones JCA.

- Áridos gruesos y finos para hormigones.

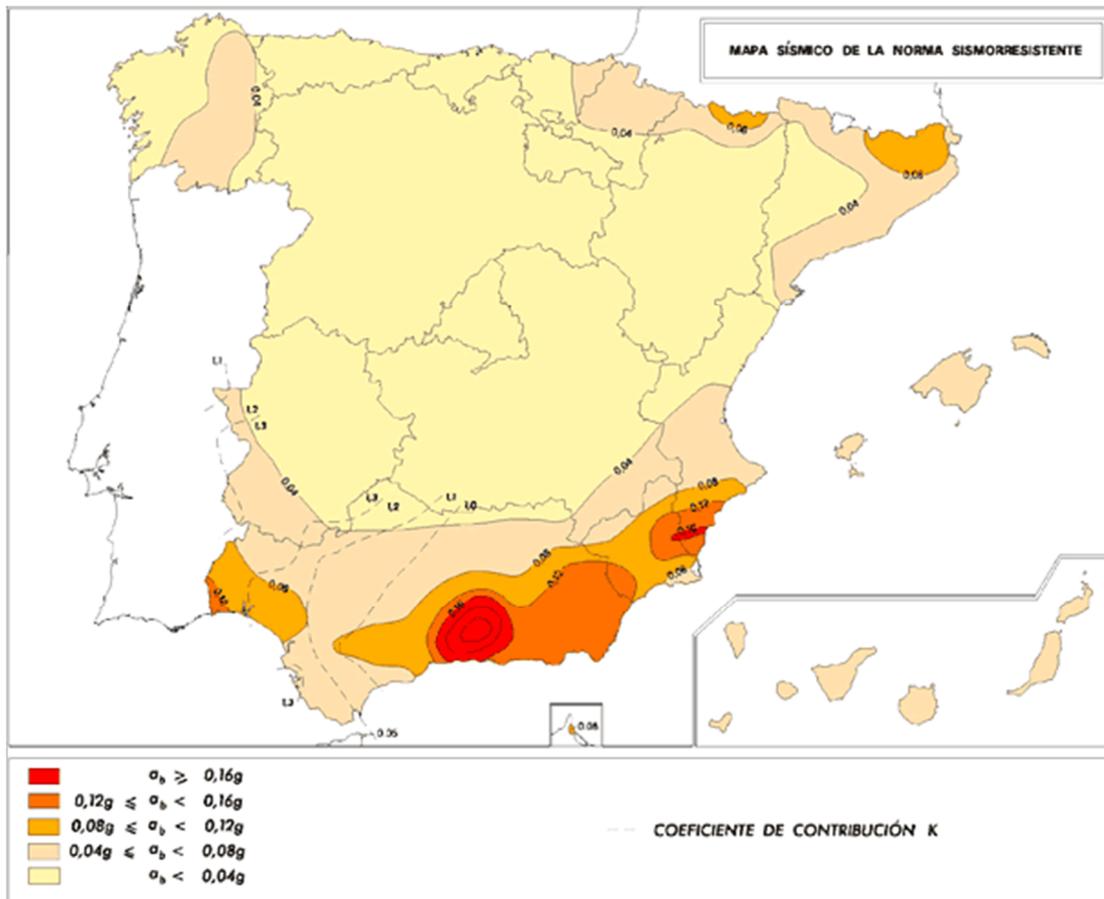
El volumen preciso para hormigones en drenaje, estructuras y otras obras de fábrica, así como los previstos para regularización de fondos de excavación en roca para la explanada, se propone obtener de la planta PH-6 de las inventariadas por su mayor cercanía a la obra y por disponer de instalaciones adecuadas.

3.3. Sismicidad

Los efectos sísmicos han sido evaluados de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente NCSP-07.

Dada la situación geográfica de la obra no es necesario tener en cuenta las acciones sísmicas el cálculo de las obras de fábrica de la misma, ya que la aceleración sísmica de cálculo es inferior a 0,04g. Esta aceleración se obtiene multiplicando la aceleración sísmica básica de la zona de ubicación de la obra por un coeficiente en función de la importancia de la misma.

En consecuencia, con la citada Norma, y para los términos municipales afectados por el trazado, no se establece la necesidad de considerar el efecto de las acciones sísmicas.



Mapa de peligrosidad sísmica de la Norma NCSE/02

3.4. Climatología e hidrología

3.4.1. Introducción

En este apartado se incluye la caracterización climática del tramo en estudio. Los objetivos que persiguen los cálculos climatológicos de caracterización son los siguientes:

- *Características del clima en la zona del proyecto, que puedan tener relevancia en el diseño de las obras y en su ejecución posterior.*
- *Índices climáticos de interés para el diseño de las plantaciones.*
- *Coefficientes medios de reducción por días de climatología adversa, para el cálculo de días laborables en las diferentes actividades.*

3.4.2. Información disponible

En climatología, se acepta habitualmente que para caracterizar una variable es necesario analizar su evolución durante un período igual o superior a 30 años cuando esto es posible. Esta hipótesis tiene en cuenta el supuesto carácter estacionario de las series climáticas, que implica que los valores medios de las variables climáticas se repetirán para cualquier otro período de longitud igual o superior a ésta.

En el tramo en estudio se dispone de información suficiente para caracterizar con rigor las variables climáticas necesarias.

Las fuentes de información elaboradas que se han manejado en este trabajo y resumen la información disponible, son las siguientes:

- *"Guía Resumida del Clima de España". Ministerio de Obras Públicas Turismo y Medio Ambiente (MOPTMA), 1971-2000.*

Para caracterizar las variables climáticas necesarias para evaluar los coeficientes mensuales de reducción del número de horas trabajadas en los diferentes procesos constructivos, se ha utilizado además la metodología y las isolinias de la publicación:

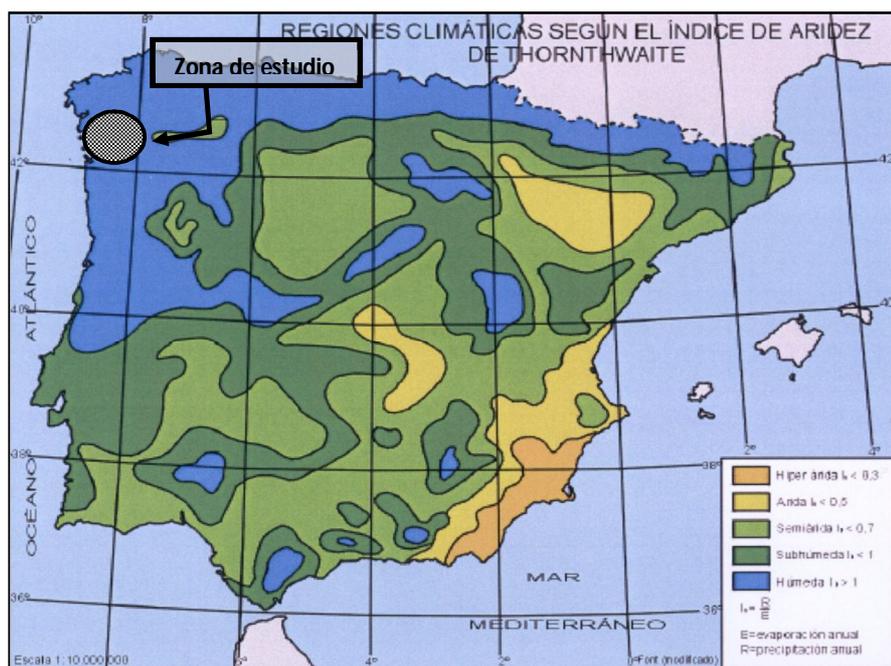
- *"Datos Climáticos para Carreteras". MOP. Dirección General de Carreteras. División de Materiales, 1964.*

Finalmente, para la elaboración de climodiagramas e índices climáticos, se ha utilizado además la metodología de la publicación:

- *"Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico". Ministerio de Medio Ambiente (2000).*

3.4.3. Climatología e Hidrología

El área de estudio, como se puede apreciar en el mapa que se adjunta a continuación, obtenido del Instituto Nacional de Meteorología, se encuentra en zona húmeda, con clima mesotermal y una vegetación tipo forestal media.



El clima de la zona del proyecto, en invierno no es muy frío, debido a que las temperaturas mínimas en invierno no suelen ser bajas, contabilizándose por término medio 0,2 días de helada en el año. Los meses más frecuentes del comienzo y la terminación de las heladas se sitúan en diciembre y enero, respectivamente.

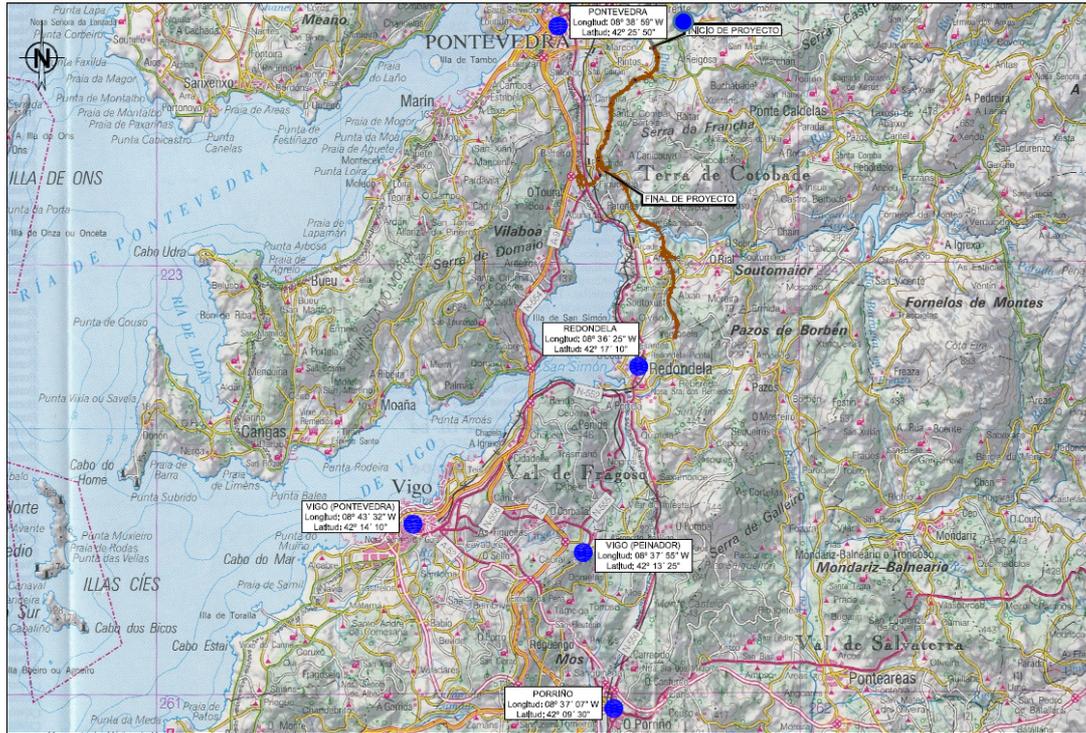
El verano es más bien caluroso, siendo suave el resto del año. Durante los meses de julio y agosto se registran precipitaciones medias de 31,43 mm y 40,38mm, respectivamente.

La temperatura media anual es de 14.9°C, siendo los meses más cálidos julio y agosto con 20.3°C de temperatura media, y el mes más frío, enero con 10.2°C.

La precipitación es de 1.532,18 mm de promedio anual, casi toda ella en forma de lluvia, la cual cae repartida a lo largo de todo el año, aunque principalmente en la estación de invierno. El valor máximo mensual de precipitación media corresponde a los meses de diciembre y enero para las estaciones 1-484 y 1-484C Pontevedra y 1-496 Vigo. El mínimo se produce en el mes de julio en ambas estaciones.

En la zona de estudio, las estaciones climatológicas empleadas, de la Agencia Estatal de Meteorología son las siguientes:

Estación	Longitud	Latitud	Altitud	Indicativo
PONTEVEDRA "INSTITUTO"	08°38'59"W	42°25'50"	19	1484
PONTEVEDRA "MOURENTE"	08°36'59"W	42°26'24"	107	1484 C
PORRIÑO "GRANXA DO LOURO"	08°37'07"W	42°09'30"	20	1728
VIGO	08°43'32"W	42°14'10"	45	1496
VIGO "PEINADOR"	08°37'55"W	42°13'25"	261	1495
REDONDELA	08°36'25"W	42°17'10"	20	1493 U



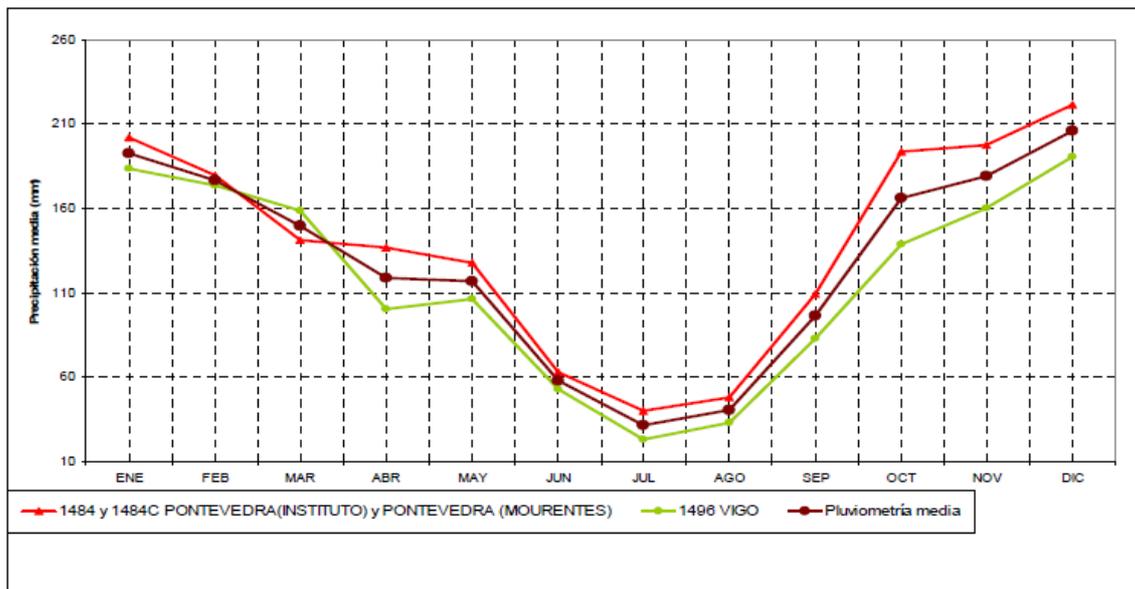
Localización estaciones

De estas seis estaciones, se han seleccionado dos para realizar la caracterización climática del tramo, la 1-484 Pontevedra "Instituto" (Est. completas) y la 1-496 Vigo (Est. completas).

El análisis de las precipitaciones y demás datos pluviométricos que se obtienen de las estaciones consideradas, se resume en el siguiente cuadro:

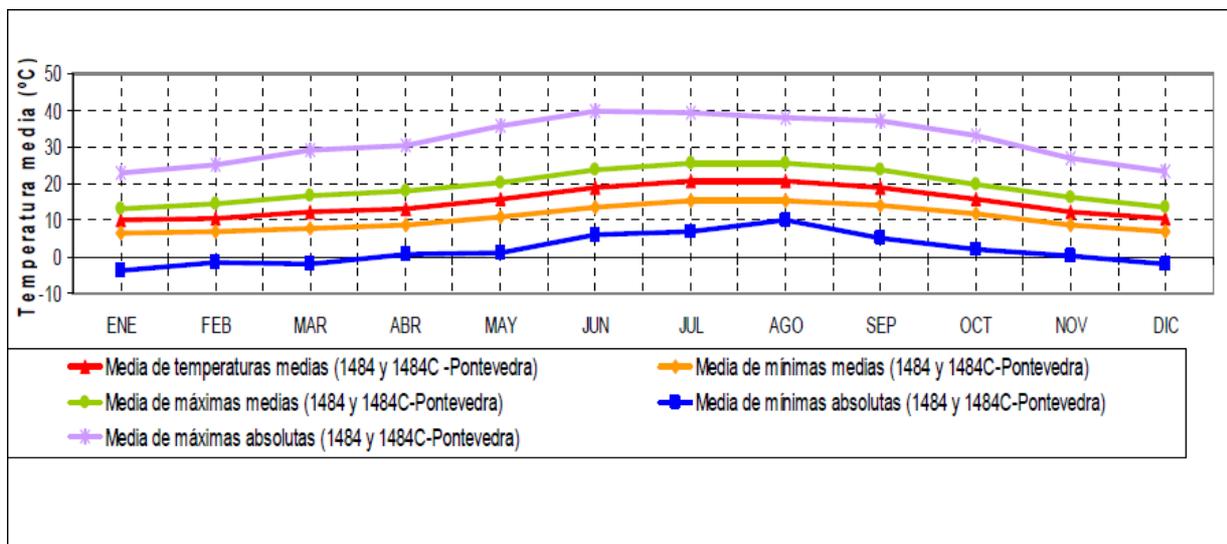
Estación	Precipitación Media mensual	Nº medio de días / año						
		Lluvia	Nieve	Granizo	Tormenta	Niebla	Rocío	Escarcha
1-484 (PO) "Instituto"	138.43	141,9	--	--	7,1	16,5	29,4	3,4
1-484C (PO) "Mourente"								
1-496 Vigo	116.93	128,4	0,2	7,2	14,7	31,9	16,7	3,0

Mes	1-484 Pontevedra "Instituto" 1-484C Pontevedra "Mourentes"	1-496 Vigo	Precipitación media
Enero	201,95	183,66	192,81
Febrero	179,87	173,44	176,65
Marzo	141,24	158,69	149,97
Abril	136,89	100,34	118,62
Mayo	127,71	106,13	116,92
Junio	62,94	53,03	57,99
Julio	40,11	22,75	31,43
Agosto	47,86	32,91	40,38
Septiembre	109,53	82,74	96,14
Octubre	193,76	138,72	166,24
Noviembre	197,64	160,31	178,97
Diciembre	221,65	190,50	206,07



Pluviometría media

MES	Tª. Media	Tª. Media de las Mínimas	Tª. Media de las Máximas	Tª. Mín. Abs.	Tª. Máx. Abs.	Oscilación Tª. medias	Oscilación Tª. extremas
Enero	9,8	6,3	13,3	-3,6	23,0	7,0	26,6
Febrero	10,6	6,7	14,3	-1,7	25,0	7,6	26,7
Marzo	12,1	7,7	16,5	-2,0	29,3	8,8	31,3
Abril	13,3	8,6	17,9	0,6	30,6	9,3	30,0
Mayo	15,6	11,0	20,2	0,9	35,9	9,2	35,0
Junio	18,7	13,7	23,8	6,0	40,0	10,1	34,0
Julio	20,6	15,4	25,8	7,0	39,5	10,4	32,5
Agosto	20,6	15,4	25,7	9,8	38,2	10,4	28,4
Septiembre	18,9	14,0	23,8	5,0	37,0	9,7	32,0
Octubre	15,8	11,6	20,0	2,0	33,0	8,4	31,0
Noviembre	12,3	8,5	16,0	0,4	27,0	7,5	26,6
Diciembre	10,3	7,0	13,6	-2,0	23,4	6,6	25,4



Temperatura por estaciones

Con los resultados obtenidos del análisis climatológico de la zona de estudio, se pueden calcular los índices climáticos utilizables en la descripción gráfica del clima dominante y en el diseño de las plantaciones, así como en la valoración agrológica de los suelos ocupados por el trazado.

Los índices que se han evaluado para obtener estos objetivos son:

- Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite (IT)
- Índice termopluviométrico de Datin-Revenga
- Clasificación agroclimática de Köppen

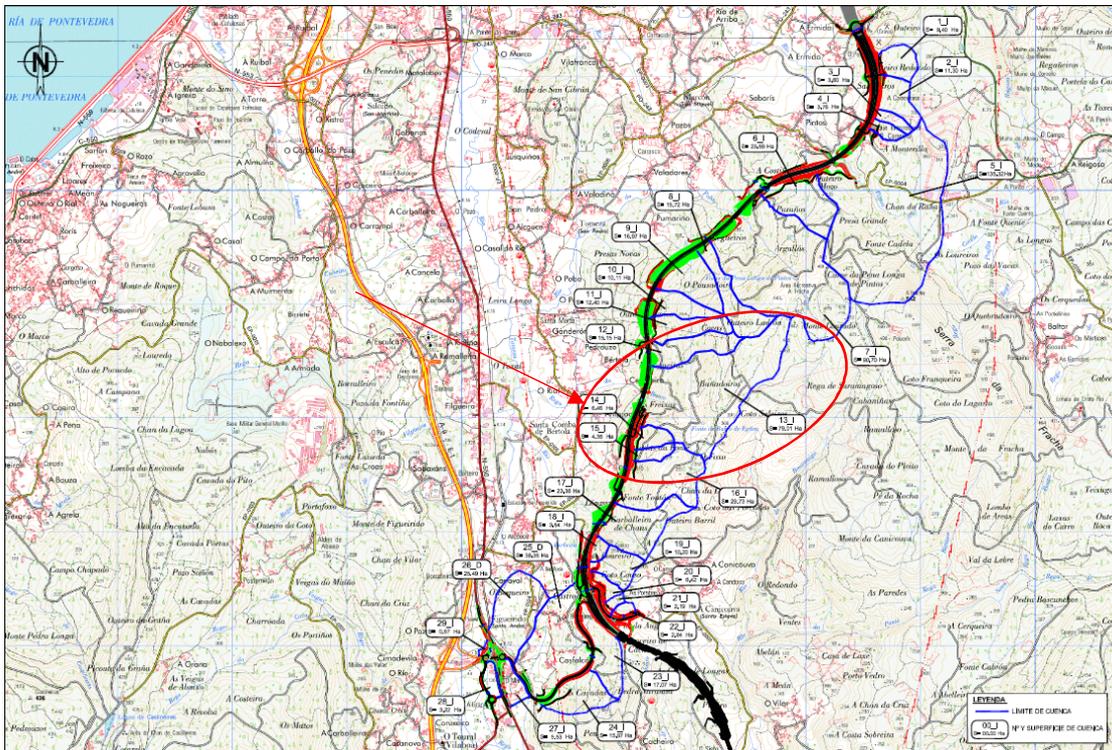
- Índice de aridez de Martonne
- Índice de aridez de Knoché
- Índice de pluviosidad de Lang

Los resultados obtenidos en los cálculos obtenidos de las clasificaciones debidas a los índices climáticos en la zona de proyecto pueden resumirse en la siguiente tabla:

Índice	Tipo de Clima
Índice de Martín-Revenge	Húmedo
Copen	Templado Cálido
Martonne	Excess de escorrentía
Knoché	Aridez moderada
Lang	Zona Húmeda de bosques densos y de bosques ralos

Se han definido veintinueve (29) cuencas vertientes a lo largo de la traza.

Para la delimitación de estas cuencas se ha utilizado la cartografía 1:25.000 del Mapa Topográfico del Instituto Geográfico Nacional, las hojas 185-II Pontevedra y 185-IV Soutomaior. La concatenación final se ha realizado con los planos de trazado a E=1:1000.



El método utilizado para el cálculo de caudales es el indicado en la instrucción 5.2.IC de Carreteras, denominado método racional. Se ha procedido paralelamente al cálculo de caudales mediante el método racional modificado obteniendo como resultado final el valor

más desfavorable para cada cuenca y para cada periodo de retorno, presentándose a continuación dichos caudales, en m³/s. Se destaca la cuenca número 13 en la que se proyecta el viaducto objeto de proyecto, el Rego do Barco.

CUENCA	CAUDALES (m ³ /seg)							
	500	300	100	50	25	10	5	2
1_I	1,85	1,62	1,18	0,93	0,72	0,48	0,32	0,17
2_I	2,27	1,99	1,45	1,14	0,88	0,59	0,40	0,21
3_I	0,82	0,72	0,53	0,42	0,33	0,22	0,15	0,08
4_I	1,01	0,89	0,66	0,53	0,41	0,28	0,20	0,11
5_I	18,39	16,12	11,82	9,30	7,21	4,87	3,31	1,80
6_I	4,26	3,73	2,74	2,15	1,67	1,13	0,77	0,42
7_I	11,48	10,02	7,26	5,66	4,34	2,88	1,92	0,99
8_I	2,34	2,04	1,48	1,15	0,88	0,59	0,39	0,20
9_I	3,10	2,71	1,96	1,53	1,17	0,78	0,52	0,27
10_I	1,59	1,39	1,01	0,79	0,60	0,40	0,27	0,14
11_I	1,89	1,65	1,20	0,93	0,72	0,48	0,32	0,16
12_I	2,49	2,17	1,57	1,23	0,94	0,62	0,42	0,21
13_I	14,43	12,59	9,13	7,12	5,46	3,62	2,41	1,24
14_I	1,34	1,17	0,85	0,66	0,51	0,34	0,22	0,12
15_I	0,90	0,78	0,57	0,44	0,34	0,23	0,15	0,08
16_I	5,80	5,07	3,67	2,86	2,20	1,46	0,97	0,50
17_I	4,62	4,04	2,93	2,29	1,76	1,17	0,78	0,40
18_I	1,14	1,00	0,74	0,59	0,46	0,32	0,22	0,12
19_I	1,99	1,74	1,28	1,01	0,79	0,53	0,36	0,20
20_I	1,66	1,46	1,09	0,86	0,67	0,46	0,32	0,18
21_I	0,61	0,54	0,41	0,33	0,26	0,19	0,13	0,08
22_I	0,81	0,72	0,53	0,42	0,33	0,23	0,16	0,09
23_I	3,79	3,36	2,53	2,04	1,62	1,14	0,81	0,48
24_D	2,72	2,37	1,72	1,34	1,03	0,69	0,46	0,24
25_D	4,99	4,37	3,19	2,50	1,93	1,30	0,87	0,47
26_I	4,83	4,22	3,07	2,40	1,84	1,23	0,82	0,43
27_I	0,99	0,86	0,63	0,49	0,37	0,25	0,17	0,09
28_I	0,54	0,47	0,34	0,27	0,20	0,14	0,09	0,05
29_I	0,22	0,19	0,14	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02

3.5. Tráfico

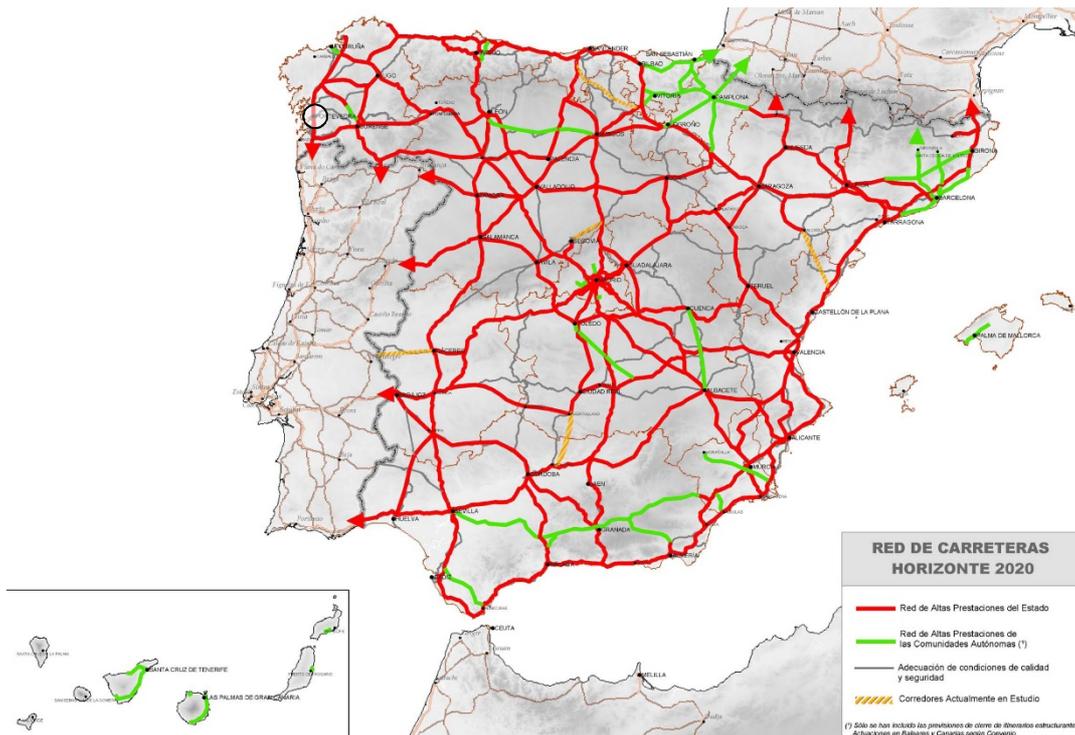
3.5.1. Introducción

Los objetivos perseguidos en el estudio de tráfico realizado han sido:

- Determinar la configuración actual del tráfico en el tramo objeto de proyecto.
- Realizar una previsión de tráfico de la nueva infraestructura en el período 2012–2032.
- Determinar los Niveles de Servicio resultantes que tendrá la carretera a lo largo de su vida útil, tanto en el tronco como en los carriles de cambio de velocidad.
- Determinar las categorías de tráfico pesado para el dimensionamiento de los firmes.

El tramo objeto de estudio se engloba dentro de las Actuaciones de la Red Básica de Altas Prestaciones de titularidad del Estado. A continuación, se presenta el mapa correspondiente a la Res Estructurante de Carreteras en el año horizonte 2020, así como el mapa con las actuaciones contempladas en PEIT en la Red de Carreteras del Estado.

RED ESTRUCTURANTE DE CARRETERAS. AÑO 2020



Fuente: Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte



RED DE CARRETERAS DEL ESTADO. ACTUACIONES DEL PEIT

Fuente: Plan Estratégico de Infraestructuras del Transporte

3.5.2. Tráfico actual

La red viaria actual, ya descrita, está formada fundamentalmente por las carreteras siguientes:

- AP-9. Autopista del Atlántico: Esta vía es el itinerario articulador del corredor atlántico gallego, uniendo las zonas de mayor población y actividad económica de Galicia. El nivel de tráfico en esta autopista es un indicador casi directo de la evolución económica del conjunto de la economía gallega.
- Carreteras Nacionales:
 - N-550: El impacto de la autopista AP-9 sobre el tráfico de largo recorrido ha hecho que gran parte del tráfico que circula por la N-550 sea de carácter local o de media distancia.
 - N-541: Esta carretera es un corredor de comunicación de las áreas de Cerdelo en Pontevedra y de O Carballiño en Orense con la zona litoral norte de Pontevedra.
 - PO-10: Esta carretera con características de autovía conecta, rodeando la ciudad de Pontevedra por el sur.
 - PO-11: Esta carretera comunica el área de Marín y el litoral sur de la Ría de Pontevedra con la capital. Hasta Marín tiene característica de autovía y es el soporte de comunicación terrestre de la actividad portuaria de las instalaciones del Puerto de Marín-Pontevedra.
- Carreteras Autonómicas:

- PO-532: Esta carretera constituye el inicio del tramo objeto de estudio. Esta une el municipio cercano de Ponte Caldelas con Pontevedra.

MAPA DE CARRETERAS EN EL ENTORNO DE PONTEVEDRA



Fuente: Mapa Oficial de Carreteras del Ministerio de Fomento. Año 2008

La mejor forma de caracterizar el tráfico actual del área de estudio es recurrir a los mapas de tráfico que anualmente elabora el Ministerio de Fomento, a través de su Dirección General de Planificación.

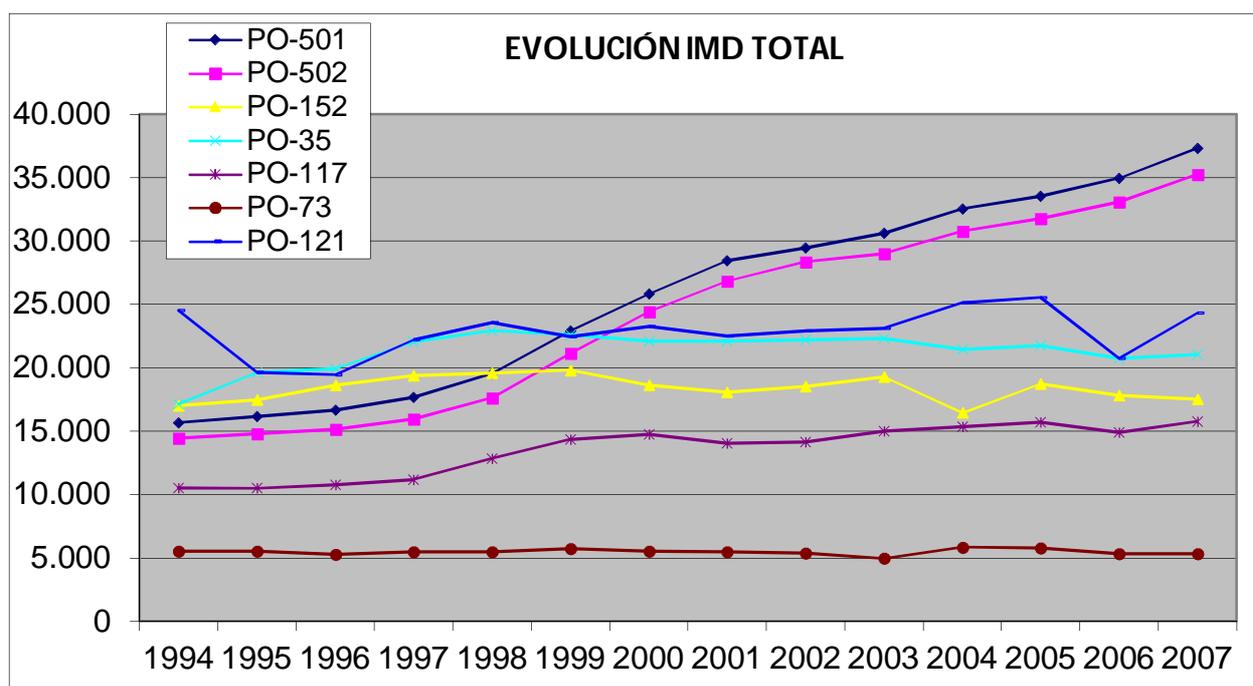
A continuación, se muestra un esquema donde se recoge la situación de las estaciones de aforo en el ámbito de estudio, de las cuales se han obtenido los datos necesarios para definir las intensidades de tráfico.

EVOLUCIÓN DEL VOLUMEN TOTAL DE TRÁFICO

Ctra	Estación	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AP-9	PO-509	15.431	16.002	17.300	18.214	19.190	20.858	21.477	22.447	24.214
	PO-510	23.764	26.912	28.142	31.812	35.272	40.467	44.576	45.986	49.120
	PO-501	22.904	25.814	28.460	29.462	30.636	32.546	33.551	34.967	37.318
	PO-502	21.158	24.428	26.850	28.352	28.996	30.785	31.756	33.092	35.264
N-550	PO-1	8.814	8.982	9.292	9.340	9.355	9.376	9.417	9.521	9.594
	PO-12	10.420	10.934	11.241	11.511	11.149	11.372	11.667	10.829	11.638
	PO-34	13.466	18.244	19.138	-	-	-	-	19.864	20.881
	PO-35	22.617	22.100	22.104	22.213	22.289	21.435	21.747	20.751	21.026
	PO-152	19.802	18.631	18.056	18.518	19.304	16.451	18.744	17.828	17.520
N-541	PO-117	14.358	14.750	14.040	14.136	15.008	15.341	15.726	14.893	15.769
	PO-73	5.747	5.518	5.476	5.383	4.963	5.857	5.786	5.345	5.348
PO-11	PO-121	22.465	23.279	22.526	22.886	23.108	25.120	25.550	20.741	24.297
	PO-107	30.998	31.707	31.798	32.094	32.504	32.650	32.690	30.155	32.299
	PO-122	22.678	24.207	24.930	25.250	25.747	33.506	33.600	33.750	33.909
PO-10	PO-124	6.218	6.403	6.628	6.749	6.950	7.250	7.350	7.530	7.621
	PO-158	8.099	8.338	8.628	8.750	8.892	8.950	8.993	9.100	9.231
PO-532	PO-532	4.382	4.468	4.666	4.109	3.691	5.628	5.606	5.855	5.965

EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE DE VEHÍCULOS PESADOS

Ctra	Estación	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AP-9	PO-509	10,2%	10,6%	10,4%	12,1%	11,2%	11,6%	11,8%	11,8%	11,9%
	PO-510	9,0%	15,3%	16,4%	11,3%	15,5%	12,8%	12,4%	12,4%	12,3%
	PO-501	8,3%	9,1%	9,0%	9,3%	9,6%	9,3%	9,9%	10,2%	10,2%
	PO-502	7,4%	7,9%	7,8%	8,0%	8,2%	8,7%	9,3%	9,8%	9,6%
N-550	PO-1	10,9%	10,8%	10,8%	14,3%	11,8%	13,0%	12,1%	12,3%	11,7%
	PO-12	15,3%	15,3%	2,2%	-	14,7%	13,1%	13,5%	12,5%	11,6%
	PO-34	12,7%	11,2%	12,9%	12,1%	14,7%	12,5%	12,4%	12,8%	-
	PO-35	12,7%	11,2%	12,9%	12,1%	13,3%	13,5%	12,4%	12,8%	10,7%
	PO-152	11,6%	8,1%	10,3%	14,3%	13,1%	14,4%	14,3%	14,1%	12,1%
N-541	PO-117	11,6%	8,1%	10,3%	14,3%	4,9%	4,3%	5,0%	4,6%	4,5%
	PO-73	14,7%	24,9%	19,2%	15,3%	13,3%	11,4%	11,0%	9,9%	11,4%
PO-11	PO-121	15,3%	10,3%	9,4%	12,4%	11,6%	7,3%	5,1%	14,9%	15,2%
	PO-107	9,0%	10,3%	7,5%	10,2%	4,4%	5,2%	5,1%	7,0%	5,3%
	PO-122	15,3%	10,3%	10,3%	13,7%	4,4%	13,1%	5,1%	12,2%	11,3%
PO-10	PO-124	-	-	-	-	4,4%	5,2%	11,0%	9,9%	5,3%
	PO-158	-	-	-	-	-	5,2%	11,0%	9,9%	5,3%
PO-532	PO-532	-	-	-	-	-	4,3%	3,9%	4,0%	6,8%



1.5.3. Cálculo para la IMD en el año actual y en el de puesta en servicio

Para la estimación de la IMD en el tramo objeto de estudio ha sido necesario realizar una nueva asignación debido a la modificación de la red futura con respecto al escenario contemplado en los estudios informativos precedentes.

Para ello ha sido necesario realizar una triple calibración del modelo de tal manera que los resultados estuviesen en concordancia con:

- IMD de tráfico del año 2001.
- Resultados de la asignación de tráfico llevada a cabo en el Estudio Informativo de la Circunvalación de Pontevedra para una de las alternativas (Se consideró la alternativa 1 del EI).
- IMD de tráfico del año 2007.

Debido que los diferentes escenarios posibles pueden hacer variar de manera apreciable el tráfico del tramo en estudio, se han analizado los siguientes:

- Escenario A: autovía A -57 en servicio completa desde O Confurco, Incluyendo el tramo norte Pilarteiros – Curro.
- Escenario B: autovía A -57 en servicio desde O Confurco, sin incluir el tramo norte Pilarteiros – Curro.
- Escenario C: autovías A-57 y A-59 en servicio completas.

En el tramo proyectado se han distinguido dos subtramos a efectos de tráfico:

- Subtramo 1: del final del proyecto al enlace de Vilaboa
- Subtramo 2: del inicio del proyecto (enlace de A Ermida) al enlace de Vilaboa.

Una vez realizada calibrado el modelo y realizada la asignación, se ha realizado la prognósis para el cálculo de la IMD del año actual (2016) y del año de la puesta en servicio (2020), para cada uno de los dos subtramos. Así, las tasas de crecimiento a utilizar en cada uno de los periodos mencionados son las siguientes:

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL HASTA LA PUESTA EN SERVICIO PERIODO 2016 - 2020

Tasa de crecimiento	IMD Pesados	IMD Ligeros
Escenario A	6,20%	3,12%
Escenario B	6,20%	1,30%
Escenario C	6,20%	3,12%

Una vez obtenido este valor, el siguiente paso ha consistido en aplicar dicha tasa de crecimiento medio anual al tramo de estudio, hasta el año de puesta en servicio (2020).

Finalmente resulta, que el valor del tráfico en el año actual (2016) y en el de puesta en servicio (2020) en el tramo considerado es el que se muestra en la tabla siguiente:

IMD EN EL TRONCO DE LA VÍA. AÑOS 2016 Y 2020. ESCENARIO A

	IMD 2016			IMD 2020		
	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
Subtramo 1	15.541	2.301	17.842	16.620	2.689	19.309
Subtramo 2	13.157	1.866	15.023	14.070	2.180	16.250

IMD EN EL TRONCO DE LA VÍA. AÑOS 2016 Y 2020. ESCENARIO B

	IMD 2016			IMD 2020		
	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
Subtramo 1	17.937	2.921	20.858	11.177	2.086	13.263
Subtramo 2	13.323	2.254	15.577	5.458	1.063	6.521

IMD EN EL TRONCO DE LA VÍA. AÑOS 2016 Y 2020. ESCENARIO C

	IMD 2016			IMD 2020		
	Ligeros	Pesados	Total	Ligeros	Pesados	Total
Subtramo 1	35.804	3.272	39.076	40.481	6.798	44.379
Subtramo 2	33.278	3.466	36.744	38.314	6.528	42.042

1.5.4. Previsión de la demanda futura

La prognosis realizada se ha llevado a cabo según las tres hipótesis de crecimiento del tráfico que indica el pliego de prescripciones por el que se rige la redacción del proyecto, más una cuarta hipótesis, considerando las últimas previsiones de la Subdirección General de Planificación de la Dirección General de Carreteras, para el corredor Madrid – Galicia.

Además, se ha considerado una inducción de tráfico del 10% en los tres primeros años desde la puesta en servicio de la autovía.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos para el Escenario C dado que el tráfico considerado para el dimensionamiento del tronco ha sido el obtenido para éste por ser el más desfavorable, y ser el escenario esperable a medio plazo.

IMD EN EL TRONCO DE LA VÍA. ESCENARIO C

Subtramo 1

Año	Tasa de crecimiento 1,5%	Tasa de crecimiento 1,6%	Tasa de crecimiento 2,5%	Tasa de crecimiento 3,5%
2016	43.612	43.784	45.356	47.152
2017	44.266	44.485	46.490	48.803
2018	44.930	45.196	47.652	50.511
2019	45.604	45.920	48.844	52.279
2020	46.288	46.654	50.065	54.108
2021	46.982	47.401	51.316	56.002
2022	47.687	48.159	52.599	57.962
2023	48.402	48.930	53.914	59.991
2024	49.129	49.713	55.262	62.091
2025	49.865	50.508	56.644	64.264
2026	50.613	51.316	58.060	66.513
2027	51.373	52.137	59.511	68.841
2028	52.143	52.971	60.999	71.250
2029	52.925	53.819	62.524	73.744
2030	53.719	54.680	64.087	76.325
2031	54.525	55.555	65.689	78.997
2032	55.343	56.444	67.332	81.761

IMD EN EL TRONCO DE LA VÍA. ESCENARIO C

Subtramo 2

Año	Tasa de crecimiento 1,5%	Tasa de crecimiento 1,6%	Tasa de crecimiento 2,5%	Tasa de crecimiento 3,5%
2016	42.417	42.584	44.113	45.860
2017	43.053	43.265	45.216	47.465
2018	43.699	43.958	46.346	49.126
2019	44.354	44.661	47.505	50.846
2020	45.019	45.375	48.692	52.625
2021	45.695	46.101	49.910	54.467
2022	46.380	46.839	51.158	56.373
2023	47.076	47.588	52.436	58.347
2024	47.782	48.350	53.747	60.389
2025	48.499	49.123	55.091	62.502
2026	49.226	49.909	56.468	64.690
2027	49.965	50.708	57.880	66.954
2028	50.714	51.519	59.327	69.297
2029	51.475	52.344	60.810	71.723
2030	52.247	53.181	62.331	74.233
2031	53.031	54.032	63.889	76.831
2032	53.826	54.897	65.486	79.520

1.5.5. Categoría del tráfico

La categoría de tráfico pesado es calculada a partir de la intensidad media diaria de vehículos pesados en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio (año 2020) y son las que a continuación se adjuntan:

IMD EN EL CARRIL DE PROYECTO. AÑO 2020

Tronco del tramo de estudio		
Subtramo	IMD Pesados	Categoría de tráfico
1	3.741	T0
2	3.159	T0

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200

1.5.6. Análisis de la capacidad y de los niveles de servicio en el tronco de la vía

Para el análisis de los Niveles de Servicio se ha aplicado la metodología descrita en la parte III (Metodología) del Manual de Capacidad de Carreteras en su edición de 2000 (Highway Capacity Manual 2000).

Se han calculado los Niveles de Servicio para los dos subtramos considerados, en función de los tráficos obtenidos para cada uno de los años de funcionamiento de la Autovía. Las condiciones reales de circulación a partir de las cuales se han calculado los Niveles de Servicio son:

- Anchura de carril no inferior a 3,60 m.
- Obstáculos laterales a la derecha a más de 1,80 m.
- Obstáculos laterales a la izquierda (mediana) a más de 0,60 m.
- Tráfico formado exclusivamente por coches.
- Terreno llano (rampas con inclinación no superior al 2%).
- Enlaces separados a más de 3 km.
- Conductores habituales que conocen la vía.

En la siguiente tabla se indican los niveles de servicio obtenidos para cada una de las hipótesis de crecimiento del tráfico consideradas en el subtramo más cargado, que es el subtramo 2:

Años	Nivel de servicio (Tasa 1,5%)	Nivel de servicio (Tasa 1,6%)	Nivel de servicio (Tasa 2,5%)	Nivel de servicio (Tasa 3,5%)
2020	C	C	D	D
2021	C	D	D	D
2022	D	D	D	D
2023	D	D	D	D
2024	D	D	D	E
2025	D	D	D	E
2026	D	D	D	E
2027	D	D	D	F
2028	D	D	D	F
2029	D	D	E	F
2030	D	D	E	F
2031	D	D	E	F
2032	D	D	E	F

Según la Norma de Trazado 3.1-IC, será necesario ampliar la plataforma añadiendo un carril adicional en rampa o pendiente cuando el Nivel de Servicio disminuya por debajo del fijado en el año horizonte. En una carretera de calzadas separadas con velocidad de proyecto de 100 km/h, carriles de 3,5 metros, y distancias a obstáculos laterales de 2,5 metros a la derecha y 1,0 metros a la izquierda, resulta que el Nivel de Servicio en la hora de proyecto y en el año horizonte es el D.

Finalmente se ha comprobado que para todas las alternativas no existe ninguna pendiente superior al 5%, ni el producto de los dos parámetros especificados es mayor de 60; por lo que no es necesaria la disposición de lechos de frenado.

3.6. Geotecnia

3.6.2. Introducción

En este capítulo se realiza una caracterización de los materiales de la traza definiendo además su excavabilidad, reutilización, así como un análisis de estabilidad de los desmontes y rellenos proyectados con las medidas a adoptar necesarias.

3.6.3. Obtención de datos

La obtención de los datos necesarios para la caracterización geotécnica de los materiales se ha llevado a cabo por medio de la realización de diecisiete (17) sondeos a rotación con extracción continua de testigo, veinticuatro (24) ensayos de penetración dinámica continua, treinta y siete (37) calicatas de reconocimiento y toma de muestras, y tres (3) perfiles sísmicos de refracción. Además se han tenido en cuenta las investigaciones geotécnicas correspondientes al Proyecto Constructivo Eje Atlántico de Alta Velocidad, Tramo Vilaboa – Pontevedra, cuya traza discurre próxima al final de las obras proyectadas.

A partir de las muestras obtenidas en sondeos y calicatas se realizaron diferentes tipos de ensayos de laboratorio (identificación, clasificación, resistencia, deformabilidad, etc.) con el objetivo de caracterizar, de la forma más representativa posible, los materiales de la traza.

3.6.4. Caracterización geotécnica de los materiales

En el presente apartado se caracteriza geotécnicamente cada una de las unidades diferenciadas, afectadas directamente por el trazado estudiado. La caracterización se ha obtenido en base a los ensayos de laboratorio y los ensayos "in situ" realizados.

Rellenos antrópicos (Unidades R y R_c).

Se denomina depósitos antrópicos los originados por la mano del hombre. Bajo esta denominación se han agrupado tanto los rellenos compactados como los vertidos sin compactar.

Se afectan vertidos sin compactar, de un espesor inferior a dos metros, en el tramo en el que la traza discurre en desmonte de más de cuarenta metros de altura.

Los rellenos compactados son el resultado de las obras de tierra de carreteras, caminos, vías de ferrocarril, rellenos de conducciones de gas, explanaciones deportivas (campos de fútbol) y de edificaciones. Por lo general, el material empleado ha seguido algún tipo de proceso de selección y compactación.

Suponiendo que los rellenos compactados afectados por el proyecto hayan sido construidos con materiales procedentes del entorno y compactados a cerca del 100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor, pueden esperarse parámetros resistentes y deformacionales similares a los considerados en este informe para los rellenos proyectados.

En los casos más desfavorables, se podrían clasificar como arenas limosas (SM) asumiendo el uso de materiales procedentes del entorno para su construcción.

La densidad esperable podría variar entre 1,5 y 1,8 aproximadamente, teniendo en cuenta que se trata de rellenos de cierta edad, y la maquinaria disponible para su construcción no presentaba la energía de compactación de la maquinaria actual.

Asimismo se estiman como parámetros de corte, una cohesión y ángulo de rozamiento efectivos: $c' = 1 \text{ T/m}^2$ $\gamma' = 30^\circ$.

El módulo de deformación estimado para estos rellenos compactados podría variar entre 400 y 700 Kp/cm², según ensayos de carga con placa efectuados en rellenos similares del entorno.

En cuanto a las características químicas, el contenido en sales solubles será muy bajo (despreciable a efectos prácticos) y el contenido en materia orgánica podría ser notable en los rellenos más antiguos (terraplén del ferrocarril actual) mientras que en los rellenos del enlace de Vilaboa probablemente resulte inferior al 1%.

Esta unidad será fácilmente excavable mediante métodos convencionales.

El resultado de la excavación del conjunto de estos rellenos proporcionará probablemente suelos de calidad "Tolerable", cuya recompactación podría alcanzar densidades máximas de entre 1,5 y 1,8 Kp/cm³ suponiendo una humedad óptima de compactación.

Por otro lado, los rellenos vertidos suelen ser depósitos de materiales indiferenciados, residuos urbanos o escombreras de obras, que constituyen suelos inadecuados que deberán ser retirados a vertedero.

Sedimentos cuaternarios (Q_A y Q_C)

En la cartografía geológica se han diferenciado dos tipos de depósitos cuaternarios (aparte de los antrópicos): Depósitos aluvio-coluviales y rellenos de fondo de vaguada (Q_A) y depósitos coluviales estrictos (Q_C). Su afeción a la obra es muy pequeña, dado el marcado relieve por donde discurre el trazado.

Se trata de depósitos heterogéneos y heterométricos muy mal graduados en los que conviven grandes bloques graníticos con arenas limosas mal graduadas y tierra vegetal.

El símbolo de grupo, según USCS sería GP-GM (gravas arenosas o limosas mal graduadas). No presentarían plasticidad puesto que el contenido en finos es prácticamente el que aporta la tierra vegetal.

Se pueden esperar densidades secas entre 1.50 y 1.80 g/cm³ dependiendo del empaquetamiento y presencia de materiales finos (arenas y limos).

En cuanto a la compacidad de estos materiales, descartando los golpes más elevados, se obtendría un N_{DPSH} medio para esta unidad entre 5 y 15, por lo que podrían considerarse como "sueltas a moderadamente densas".

A partir de datos bibliográficos, se han considerado los siguientes parámetros de corte para esta unidad: cohesión efectiva $c' = 0,0$ t/m² y ángulo de rozamiento interno efectivo $\gamma' = 32^\circ$.

Asimismo, se establece un módulo elástico medio de 250 kg/cm².

Desde el punto de vista químico, aunque no se han tomado muestras para su análisis; se estima que, en la mayor parte de los coluviones ésta podría rondar el 5% en peso de materia orgánica o incluso superarlo.

En cuanto a las sales solubles, salvo contaminación antrópica, no suelen ser apreciables en los depósitos sedimentarios superficiales gallegos debido a la disolución por el elevado grado de precipitación anual. Por otro lado, no se ha descrito presencia de sulfatos apreciables en ninguno de los documentos consultados para la redacción de este estudio.

Las unidades descritas son fácilmente excavables mediante métodos convencionales.

Debido al contenido en materia orgánica, estas unidades no se consideran aprovechables.

En estas circunstancias, no se consideran unidades aprovechables para ninguna de las partes del terraplén.

Suelos de alteración (Q_E , jabres y tobres)

Los suelos residuales graníticos, o granitos completamente alterados a condición de suelo, son conocidos localmente como "jabres", reservándose el localismo "Tobres" para los suelos de alteración provenientes de los macizos rocosos esquistosos o paraneísicos.

Los jabres están compuestos por arenas limosas con gravillas, con la esporádica inclusión de algún bolo granítico menos meteorizado. Normalmente se conserva la estructura de la roca sana. Los suelos de alteración de esquistos y paraneises (tobres), salvo casos muy locales, presentan un comportamiento del todo similar a los jabres. A pesar de que, por su naturaleza se trata de materiales de granulometría más fina, se describirán, por tanto, ambos suelos de alteración como una unidad geotécnica a efectos de proyecto.

Corresponden a arenas limosas y arenas con grava. El porcentaje de finos de las muestras ensayadas presenta un valor medio del 20%, variando entre el 6 y el 60%. Las muestras analizadas, excepto una, no presentan plasticidad. Este material puede ser clasificado según Casagrande en el grupo SM o intermedio SM-SP y según la H.R.B. en el grupo A-1-b con un índice de grupo medio de (0).

En las muestras ensayadas, la humedad natural varía entre 6.1% y 49.9%, obteniéndose un valor medio de $\omega = 17\%$; la densidad seca representativa es de $\gamma_d = 1.58$ g/cm³ mientras que la densidad aparente es de $\gamma_{ap} = 1,91$ g/cm³.

Partiendo de los resultados obtenidos en los ensayos de corte directo, las diversas correlaciones expuestas y la experiencia local, se propone utilizar los siguientes parámetros de corte para esta unidad Q_E :

Intervalos de compacidad "N"	$\gamma' (^{\circ})$	$c' (Kg/cm^2)$
10-20	30	0.15
20-30	35	0.20
30-50	40	0.25
>50	42	0.30

Parámetros de corte considerados para la unidad "Qe" en este proyecto.

En base a correlaciones y datos bibliográficos, se propone considerar los siguientes módulos de deformación medios:

- Módulo de deformación efectivo (0.00-2.50 m prof.): $E' = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- Módulo de deformación efectivo (2.50-5.00 m prof.): $E' = 450 \text{ Kg/cm}^2$

En cuanto a la excavabilidad, se trata de materiales excavables por medios mecánicos. En general es suficiente el empleo de palas excavadoras, si bien, en alguna ocasión podrá aparecer algún bolo de roca poco alterada que requerirá la utilización de martillo hidráulico.

En cuanto al contenido en sulfatos (EHE, artículo 8.2.3.), esta unidad no supondrá un ambiente agresivo al hormigón estructural por sí sola, por lo que las cimentaciones en contacto con él no estarán sometidas a ataque químico.

Según el PG-3 (O.C. 326/00), este material se puede clasificar como suelo "Adecuado" en un 66% y como "Tolerable" en un 34%.

El contenido en materia orgánica es de poca importancia en superficie, siendo previsible que a mayor profundidad la cantidad de materia orgánica disminuya.

Por otro lado, el material descrito no es susceptible de sufrir colapso ni hinchamiento, por lo que la calidad del material está controlada, casi exclusivamente por la granulometría.

De los ensayos de compactación realizados se deducen los siguientes valores medios: Densidad máxima: $\delta_{max} = 1,85 \text{ g/cm}^3$; Humedad óptima: $\omega_{opt} = 12\%$; Índice CBR= 36.8.

Del ensayo de colapso se ha obtenido un valor de 0,07 %.

Sustrato rocoso

El macizo rocoso afectado por el trazado, está constituido mayoritariamente por granitos de amplia diversidad textural que incluyen enclaves de rocas metamórficas; denominadas genéricamente para este proyecto esquistos y paraneises.

Dichos materiales se encuentran a lo largo de toda la traza, aflorando en superficie o bien bajo los depósitos cuaternarios y suelos de alteración descritos en las unidades anteriores.

Las diferencias encontradas entre los materiales del macizo rocoso se deben mayoritariamente a los diversos grados de meteorización o alteración del mismo, que pueden estar relacionados o no con la profundidad.

Los materiales graníticos existentes en la zona estudiada presentan todos los grados de alteración posibles, destacando el grado de alteración IV que, como ya se explicó en anteriores apartados representa un tránsito entre el macizo rocoso propiamente dicho y el suelo residual que se genera por alteración / meteorización.

Se ha considerado un peso específico de las partículas de los granitos de 2,65 g/cm³.

Por otro lado, las densidades aparentes, secas y humedades naturales estimadas para los distintos grados de alteración del granito son las siguientes:

Grado de alteración	Densidad natural (g/cm ³)	Densidad seca (g/cm ³)	Humedad natural (%)
I-II	2.52	≈ 2.47	< 2
III	2.40	2.31	3.60
IV	2.31	2.18	5.20

Asimismo, en base a los ensayos de laboratorio realizados y a valores bibliográficos, se muestran a continuación los valores de resistencia de la roca:

Grado de alteración	Resistencia a la compresión simple (σ_c). (kp/cm ²)	Resistencia a la tracción (σ_t). (kp/cm ²)	Tenacidad (σ_t/σ_c)
I-II	304	34	0.11
III	161	26	0.16
IV	55	21.54	0.39

A partir de los ensayos de laboratorio, se han considerado los siguientes parámetros elásticos de la matriz rocosa en los granitos:

Modulo elástico (kg/cm ²)			Coeficiente de Poisson		
Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
41852	78518	22497	0.31	0.36	0.21

Sobre ripios procedentes de los sondeos y con el fin de comprobar su idoneidad en obras de tierra se efectuaron sendos ensayos de desgaste Los Ángeles y Desmoronamiento en agua. Ambas ofrecieron resultados similares variando entre el 63 y 65% para el desgaste y entre 0.24 y 0.65 para el desmoronamiento en agua.

Los ensayos de desgaste Los Ángeles y Desmoronamiento en agua realizados, ofrecieron resultados entre el 63 y 65% para el desgaste y entre 0.24 y 0.65 para el desmoronamiento en agua.

En términos generales, los granitos alterados en grado II o inferior, y especialmente las facies descritas como Neis glandular, podrán ser utilizados para rellenos de tipo Pedraplén, mientras que los grados más alterados deberán ser utilizados para rellenos de tipo Todo-uno o terraplén.

Para el macizo rocoso, se han calculado los siguientes valores de RMR y GSI:

RMR* ₈₉			GSI		
Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
65	72	54	60	67	49

En el siguiente cuadro, se resumen los parámetros geotécnicos característicos de los materiales descritos a lo largo del trazado:

Unidad	Clasificación USCS	Clasificación PG-3	Ángulo rozamiento interno (°)	Cohesión c' (Kp/cm ²)	RCS (Kp/cm ²) Matriz rocosa	E' (Kp/cm ²)	Excavabilidad	Aprovechamiento
Relleno antrópico vertido (R)	OL - GW	Inadecuado	25 - 38°	0.00 - 0.10	-	25 - 150	Fácil	No apto
Relleno antrópico compactado (Rc)	SM	Tolerable	~ 30°	0.10	-	400 - 700	Fácil	Núcleo terraplén
Sedimentos cuaternarios (Qa-Qc)	GP-GM	Inadecuado	32	0.00	-	250	Fácil	No apto
Suelos de alteración (Qe)	SM (Localmente ML-SP)	Tolerable (66%) Adecuado (34%)	30 - 42°	0.15 - 0.30	-	200 - 450	Fácil	Núcleo terraplén, parcialmente coronación.
Macizo rocoso (G-E)	-	Todo Uno Pedraplén	44°	1.35	Grado IV: 55 Grado III: 161 Grado II-I: 304	Grado IV: 995 Grado III: 2222 Grado II-I: 4298	Grado IV: Excavable Grado III: Ripable - Voladura Grado II-I: Voladura	Grado IV: Todo-Uno Grado III: Todo uno - Pedraplén Grado II-I: Pedraplén - escollera

3.6.5. Niveles freáticos

Durante la perforación de los sondeos mecánicos realizados, así como tras su finalización, se realizó el seguimiento de la evolución de los niveles de agua, posible gracias al equipamiento con tubería piezométrica de los mismos. Del mismo modo, durante la realización de las calcatas se observó la posible presencia de niveles freáticos.

La profundidad de los niveles de agua medidos en las perforaciones de los sondeos no siempre corresponde al nivel piezométrico real. En algunos casos, la circulación de agua

de percolación (circulación producida a través de la tierra vegetal y a favor del contacto entre los suelos residuales y el macizo rocoso poco alterado), puede rellenar las perforaciones de los sondeos produciendo la sensación de un nivel piezométrico más alto del real.

Por otro lado, el macizo rocoso sano o poco alterado suele presentar una permeabilidad reducida y de tipo fisural; es decir, la circulación de agua se produce a través de determinadas discontinuidades o zonas alteradas. Este hecho, certificado por las "minas de agua", se ha podido comprobar en obras del entorno donde las aguas que fluyen hacia las excavaciones lo hacen a través de fisuras concretas denominadas localmente "venas de agua".

En la práctica, esta forma de flujo subterráneo supone que, una vez abierto un determinado desmonte, los flujos de agua se concentran en zonas de suelos de alteración (como pequeños acuíferos colgados) o bien a favor de discontinuidades concretas más o menos alteradas.

En cualquier caso, el drenaje de los desmontes será puntual, facilitando el drenaje de las "venas de agua" y ayudando al desagüe de las zonas ocupadas por suelos de alteración.

3.6.6. Excavabilidad

Los suelos coluviales y aluvio-coluviales serán excavables por medios mecánicos convencionales (pala excavadora o retroexcavadora).

Los suelos residuales (granitos y esquistos migmatizados alterados en grado V), podrán excavarlos con medios mecánicos convencionales mientras que los granitos alterados en grado IV podrá requerir localmente el empleo del escarificador y, en ocasiones, voladuras de esponjamiento; todo ello dependiendo de la potencia de las excavadoras empleadas.

Las excavaciones en rocas graníticas y esquistosas poco alteradas (grado III o inferior), requerirán de voladura, siendo recomendable también la voladura de contorno (precorte).

3.6.7. Reutilización de los materiales de la traza

Se abordan en este apartado los aspectos referidos a la reutilización de los materiales a excavar en los desmontes proyectados.

Como ya se ha indicado, los materiales afectados mayoritariamente por los desmontes son los constituidos por el macizo rocoso granítico: rocas graníticas en distintas facies y alteradas en diversos grados, suelos residuales arenosos y, en menor grado, rocas esquistosas migmatizadas y neises.

Localmente se excavarán depósitos aluvio-coluviales, coluviones y rellenos antrópicos; todos ellos de poco espesor.

La excavación en las unidades geotécnicas de Estquistos y Paragneises (E) y Granito (G) representa más del 70% de los materiales extraídos de la traza, pudiéndose emplear como materiales tipo todo-uno y pedraplenes (unidad G) en núcleos y cimientos de rellenos, y también como escolleras. De estas unidades deberán seleccionarse los materiales más propicios para su utilización como mantos drenantes en las zonas previstos de cimiento de rellenos.

La excavación de los suelos de alteración (Q_E) aportará materiales tipo todo-uno, y en los casos de mayor alteración, suelos adecuados para, su empleo como núcleo de rellenos, como capa de transición y coronación de rellenos tipo todo-uno y pedraplén, como coronación de rellenos tipo terraplén y mejora de explanadas en fondos de desmonte y para estabilización de suelos. Los suelos de alteración de los granitos representan el 15% del total de materiales excavados, de los cuales en un 36% se clasifican como tolerables y como adecuados en un 64%.

La reutilización de los depósitos cuaternarios, debido a su heterogeneidad y a su contenido en materia orgánica, no se ha considerado, excepto en revegetaciones.

3.6.8. Estudio de los desmontes

Las alturas de desmonte son variables, como corresponde a un trazado diseñado en una zona orográficamente accidentada y que discurre mayoritariamente a media ladera.

La altura máxima de los desmontes depende del ángulo de inclinación de talud adoptado, siendo en general más altos los taludes Izquierdos que los derechos en el sentido de avance del trazado.

Este hecho se ha tenido en cuenta para el diseño de los taludes, modelizando mayores alturas que las de eje para los cálculos de taludes izquierdos y menores para el caso de taludes derechos.

Siguiendo esta metodología se han llegado a considerar alturas máximas de 48 metros de desmonte.

Las mayores alturas se localizan en los dos primeros kilómetros de trazado, aunque hacia la parte final del mismo también se encuentran desmontes de gran altura.

En general, se han proyectado taludes 1H:1V para los desmontes sobre suelos residuales e inclinaciones 3H:2V para el resto. Cuando se trata de roca sana, se recomiendan taludes más verticalizados 1H:2V, 2,5H:3V ó 2H:3V. En zonas puntuales, y debido a la presencia de edificaciones próximas, se han propuesto taludes 1H:6V con sostenimiento mediante bulones.

Como medidas adicionales, se han recomendado bermas, que deben interceptar la zona de meteorización y/o recubrimientos, alcanzando el sustrato firme.

3.6.9. Estudio de rellenos

El trazado proyectado cuenta con importantes rellenos, tanto en desarrollo como en altura, parte de los cuales discurren a media ladera y serán cimentados sobre terrenos orográficamente y geotécnicamente irregulares.

Alguna de las laderas por donde discurre el trazado presenta notables pendientes, por lo que la geometría de dichos rellenos será asimétrica.

Las alturas de los rellenos son del orden de 10-15 m, si bien, los valores máximos del Proyecto alcanzan los 23 metros o incluso más en los márgenes derechos por la pendiente de la ladera.

El diseño de los rellenos para este proyecto partirá de inclinaciones de talud 3H:2V, comprobando en cada caso la estabilidad frente a rotura. En algunos casos, cuando las alturas superan los 12 m se han recomendado taludes 3,5H:2V.

Cuando la pendiente del terreno natural supera una inclinación de 15° resulta recomendable escalonar terreno natural para garantizar que no se produzca deslizamiento entre el relleno y el terreno que conforma la base de cimentación. Las bermas deben interceptar la zona de meteorización y/o recubrimientos, alcanzando el sustrato firme. La altura de los bancos debe ser inferior a 3 m, y el ancho debe ser suficiente para permitir el paso de la maquinaria de excavación.

Por otro lado, se han recomendado saneos donde el terreno de apoyo del relleno está constituido por suelos blandos, orgánicos, o por rellenos antrópicos que deben ser retirados por no cumplir unas condiciones mínimas de cimentación. En cualquier caso, máxime cuando el relleno se desarrolla a media ladera, la tierra vegetal debe ser completamente retirada.

Además, en el caso de que el relleno se apoye sobre zonas encharcables o zonas de manantial (asociados generalmente a depósitos aluvio-coluviales y/o suelos de alteración), se ha recomendado extender una capa de material drenante (Pedraplén o árido de machaqueo) extrayendo las aguas mediante zanjas rellenas del mismo tipo de material. Este material de filtro se separará del terraplén mediante una lámina geotextil.

En algunos casos, el derrame de los rellenos será contenido por muros de contención. Cuando estas contenciones sean de tipo "muro ecológico" o "muro verde" se recomienda disponer un cimiento drenante de en torno a 1 m de espesor.

3.6.10.Explanadas

La clasificación de las explanadas naturales se ha realizado a partir de los ensayos realizados de acuerdo con el PG-3.

En su mayoría la explanación natural sobre la que apoyará el trazado se corresponde con Suelos Adecuados (1) y Roca (R), salvo en zonas localizadas en la que afloran Suelos Tolerables (0).

Para la formación de la explanada requerida en el proyecto, y dado que de la traza no se obtienen suelos seleccionados, se precisarán suelos adecuados y suelos para estabilización in situ con cemento, cuya procedencia podrá ser del suelo eluvial de la traza (Q_E), es decir, el ubicado en los niveles más superficiales del terreno, por lo que una vez excavado será necesario su acopio temporal en las zonas indicadas para ello en el proyecto.

En todas las superficies de explanación natural se debe suprimir el suelo vegetal y proceder a su correcto almacenamiento mediante acopios para su posterior reutilización.

3.6.11.Estudio detallado de la geotecnia del Viaducto "Rego do Barco"

Tipología y descripción

Esta estructura salvará el valle formado por el Rego do Barco. El viaducto proyectado discurre entre los P.K. 4+150 y 4+310.

El diseño proyectado prevé que los estribos se apoyen sobre el relleno, en el que para disminuir la ocupación de las tierras se ha previsto la disposición de muros de tierra reforzada.

Reconocimientos geotécnicos

El análisis de la cimentación de esta estructura partirá, además de los reconocimientos de superficie (cartografía y descripción de afloramientos) de los siguientes puntos investigados:

INVESTIGACIONES	DESIGNACIÓN
SONDEOS	SRE-4, SE-12, SE-13,
PENETROMETROS	PD-1, PD-9

Investigaciones realizadas para el estudio del Viaducto E.4.2.

Características del terreno

El viaducto salva la vaguada generada a favor del Rego do Barco.

El trazado discurre a media ladera en una zona de suave pendiente. No obstante, en la zona del estribo 2 la pendiente se hace más pronunciada.

El terreno está constituido por el macizo rocoso granítico alterado en diversos grados.

A pesar de que se observan afloramientos rocosos en todo el entorno, las investigaciones efectuadas revelan que, en muchos casos, se trata de bloques de roca desenraizados.

Los suelos de alteración y el macizo rocoso muy alterado se extienden 8-10 metros de profundidad.

La alteración del macizo rocoso ha generado suelos arenosos y arena limosos de compacidad densa. El comportamiento de estos suelos es netamente granular y la plasticidad de los términos finos es nula o muy baja.

En las investigaciones realizadas se ha detectado roca que, como se ha mencionado, es más abundante en el inicio del tramo que en su final; no obstante, el patrón de alteración es variable y discontinuo.

La resistencia de la matriz rocosa es también variable.

En cualquier caso, los suelos de alteración son de compacidad "Muy densa" a partir de 5.5 m de profundidad en el caso más desfavorable; donde se alcanza N= 50 en los ensayos de penetración estándar (SPT).

Nivel Freático

Se ha detectado presencia de agua en las perforaciones realizadas entre 4,34 y 8.80 metros de profundidad.

Las medidas expuestas corresponden a las efectuadas tras un periodo de intensas lluvias, por lo que se supone la situación más desfavorable.

Asumiendo estos resultados, resulta poco probable que las aguas freáticas puedan afectar a la cimentación.

Tipología, cálculos y condiciones de cimentación.

Los estribos del viaducto se han proyectado como durmientes apoyadas directamente sobre los rellenos proyectados. En el caso concreto del estribo 1, el apoyo se llevará a cabo sobre un relleno de suelo reforzado.

En estos casos se recomienda no superar una tensión admisible de cálculo de 2,5 Kp/cm². Esta tensión se podrá alcanzar considerando un asiento aceptable, siempre y cuando los rellenos estén perfectamente ejecutados y compactados.

Los asientos que puedan producirse son difíciles de evaluar en proyecto, dado que dependerán de los materiales y la calidad con que se ejecuten los rellenos.

El asiento del terreno natural será despreciable, produciéndose a medida que se construye el relleno.

El "estribo 1" se cimentará sobre una durmiente construida sobre un relleno de unos 10 metros de altura, parte del cual será de suelo reforzado.

El relleno, en este caso, será probablemente de tipo Pedraplén o Todo-Uno de buena calidad (resultados del arranque de los desmontes próximos), por lo que pueden esperarse asientos diferidos máximos del orden de 3-5 cm.

Esta aproximación está hecha considerando una compactación del 95% del ensayo Próctor modificado. Dado el tipo de suelos descritos se podrá alcanzar fácilmente densidades incluso superiores a las máximas de su ensayo Próctor; por lo que se pueden esperar asientos inferiores a los calculados.

En cualquier caso, se recomienda que transcurra el mayor tiempo posible entre la construcción del relleno y el acabado definitivo de la estructura, con el fin de que la mayor parte de la consolidación o asiento diferido se haya producido.

En el caso del estribo 2 la situación es similar.

Las pilas centrales, podrán cimentarse mediante zapatas superficiales apoyadas directamente sobre el macizo rocoso alterado.

Dado que, como se ha mencionado anteriormente, el macizo rocoso se encuentra localmente alterado en distintos grados, se propone considerar las pilas como apoyadas sobre suelos residuales arenosos de compacidad "Muy densa"; de esta forma, los asientos diferenciales serán despreciables.

El cálculo se ha efectuado mediante la metodología propuesta por Meyerhof-Bowles, admitiendo un asiento máximo de 1,5 cm (con el fin de evitar asientos diferenciales dentro de una misma cimentación), zapatas de hasta 10 metros de anchura y un golpeo medio de rechazo en la zona de influencia de la cimentación (N= 50).

El resultado obtenido es en todos los casos superior a 4 Kp/cm², por lo que consideramos aceptable esta tensión admisible para el cálculo de todos los apoyos.

Como se ha mencionado anteriormente, los asientos máximos serán de en torno a 1,5 cm, por lo que la distorsión angular en la cimentación de un mismo apoyo es despreciable (aún en el caso de que parte de la zapata apoye en roca y parte en suelo residual).

La profundidad de cimentación será la necesaria para que las zapatas queden completamente soterradas. En términos generales debería resultar suficiente entre 3.5 y 4 metros de profundidad, aunque en el caso de la primera pila, se recomienda alcanzar unos 5,5 metros de profundidad aproximadamente, respecto al terreno natural, con el fin de garantizar un apoyo uniforme sobre suelos residuales muy densos o bien sobre el macizo rocoso muy alterado (grado IV).

En el caso de las Pilas, podría plantearse considerar una mayor tensión admisible del terreno, ya que probablemente se cimentará sobre roca más sana que el resto. No obstante, dado que el macizo rocoso se encuentra muy fracturado y la resistencia de la matriz rocosa es bastante limitada en esa zona, se recomienda limitar la tensión admisible de cálculo a 4.0 Kp/cm².

A continuación, se presenta una tabla resumen con las características más relevantes de la cimentación propuesta para cada una de las alternativas.

Estructura	Apoyo	Prof. Cimentación	Terreno de apoyo	□ adm (Kp/cm ²)
E4.2. Viaducto sobre el Rego do Barco (Alternativa 1)	E1	-	Relleno	2.5
	P1	-5.50	Granito V-IV	4.0
	P2	-4.00	Granito III	4.0
	P3	-4.00	Granito IV	4.0
	E2	-	Relleno	2.5

Tabla resumen de la Alternativa 1.

Estructura	Apoyo	Prof. Cimentación	Terreno de apoyo	□ adm (Kp/cm ²)
E4.2. Viaducto sobre el Rego do Barco (Alternativa 2)	E1	-	Relleno	2.5
	P1	-5.60	Granito V-IV	4.0
	P2	-3.90	Granito III	4.0
	E2	-	Relleno	2.5

Tabla resumen de la Alternativa 2.

Agresividad al hormigón

No se espera que las aguas freáticas afecten a la cimentación. No obstante, se recomienda efectuar un análisis de agresividad del agua del "Rego do Barco" al hormigón puesto que éstas pueden afectar a la cimentación de la Pila 2, en el caso de la Alternativa 1.

Por otro lado, el análisis de agresividad del agua al hormigón efectuado sobre una muestra procedente del sondeo SER-4 muestra un resultado de agresividad fuerte por falta de residuo seco.

Los suelos de alteración, por su parte, no suelen resultar agresivos al hormigón según los ensayos efectuados. No obstante, el análisis efectuado sobre una muestra obtenida en el sondeo SE-12, fuera del viaducto proyectado pero cercano a su ámbito, se obtuvo una agresividad débil debido a la acidez Baumman Gully.

Este parámetro depende de la materia orgánica, por lo que resulta algo anómalo en una muestra tomada a 7,5 metros de profundidad.

Dado que los resultados son dispares, se recomienda comprobar la agresividad del suelo al hormigón y del agua, en caso de aparecer aguas freáticas en la excavación de las zapatas.

Recomendaciones durante la ejecución de las obras

Se recomienda proteger los taludes de relleno en los estribos del efecto de la erosión superficial.

Se recomienda no superar inclinaciones 2H:3V para la excavación temporal del cajado de las zapatas.

Cabe la posibilidad de que localmente exista tierra vegetal o depósitos aluvio coluviales en la cabecera de estos desmontes. En estos casos se debe sanear la cabecera con el fin de evitar desprendimientos en caso de lluvia intensa.

3.7. Trazado geométrico

Para la definición del trazado se han tomado como base los criterios y parámetros previstos en la Instrucción de Carreteras, Norma 3.1-IC Trazado. Además del cumplimiento de la normativa vigente, se ha considerado un conjunto de criterios desde la perspectiva de seguridad y comodidad del tráfico, integración de la autovía dentro del planteamiento existente y estética del trazado que se comentan a continuación:

- Graduación de las curvaturas escalonando los radios adyacentes, con el fin de que las variaciones de velocidad intrínseca sean progresivas y no bruscas.
- Utilización de parámetros de acuerdos amplios, con el fin de que los incrementos o decrementos de la aceleración gravitatoria sean moderados y progresivos, y que tanto la visibilidad de parada como la percepción del trazado sean holgados en los acuerdos convexos.

La velocidad de proyecto considerada en el tronco es de 100 km/h. Para la reposición de las carreteras interceptadas por las obras se ha considerado una velocidad de proyecto de 40 km/h, exceptuando la N-550, para la que se ha considerado una velocidad de 80 km/h.

3.7.2. Datos del trazado

Los parámetros geométricos límite adoptados en el tronco han sido:

- Radio mínimo en planta: 700 m
- Parámetro mínimo de clotoide: 265
- Pendiente o rampa máxima: 5,00%
- Pendiente o rampa mínima: 0,68%
- Acuerdo vertical cóncavo Kv igual o superior a: 10.000 m
- Acuerdo vertical convexo Kv igual o superior a: 15.000 m

El origen del tramo se designa con el p.k. 0+080,000 y el final del tramo corresponde al p.k. 6+557,425.

3.7.3. Sección tipo en el tronco

La sección tipo del tronco de la autovía está formada por:

- Calzada: 2 x 7,00 m
- Arcenes exteriores: 2,50 m.
- Arcenes interiores: 1,50 m.
- Bermas exteriores: 1,10 m.
- Bermas interiores: 0,60 m.
- Mediana: 3,00 m. De acuerdo con el estudio del ancho de mediana realizado.

3.7.6. Bermas de despeje

Para asegurar la disponibilidad de visibilidad de parada suficiente para una velocidad de 100 km/h en el tronco de la autovía ha sido necesaria la disposición de bermas de despeje, desplazamiento de los sistemas de contención de vehículos o ampliaciones de tableros

Se prevé una ampliación de 1,4 m en la calzada interior izquierda del Viaducto Rego do Barco por motivos de visibilidad.

3.7.7. Sobreanchos

Únicamente aplicable a alineaciones circulares de radio inferior a 250 m.

En los ramales de enlace unidireccionales la anchura mínima de calzada es 4,00 m, por lo que tendrán sobreancho únicamente en alineaciones circulares de radio inferior a 81 m.

Por estos motivos, se han previsto sobreanchos en los ramales y glorietas.

3.7.8. Pasos de mediana

Se han situado cinco pasos de mediana, ubicados en los pp.kk. 2+100, 2+600, 4+000, 4+520 y 6+240.

3.7.9. Descripción del trazado del tramo

La alternativa aprobada tiene una longitud aproximada de 6.480 m y, como ya se ha mencionado, sus parámetros de trazado cumplen con los parámetros geométricos mínimos recogidos dentro de la Norma de Trazado 3.1-IC para una velocidad de proyecto de 100 km/h.

El tramo en estudio comprende el tramo comprendido entre los pp.kk. 0+000 y 5+175 del Estudio Informativo EI4-PO-18 (Circunvalación de Pontevedra) y el tramo comprendido entre los pp.kk. 6+000 y 5+018 del Estudio Informativo EI1-PO-20 (Autovía A-57: Pontevedra Conexión A-52).

A lo largo del trazado se han previsto dos enlaces que serán completos: uno al inicio del tramo (p.k. 5+175) con la PO-532 (A Ermida), y el otro en el final del tramo (p.k. 6+000) que conecta con la N-550 (Vilaboa). Asimismo, se diseña un enlace con la N-550 que estará conectado con el anterior.

Para reponer la continuidad de las carreteras interceptadas y los caminos más destacables se han previsto diversas estructuras (5 pasos superiores y 4 pasos inferiores), lo que permite la comunicación entre las dos márgenes del nuevo tramo.

También se ha dotado de la permeabilidad necesaria para las especies faunísticas presentes en el área mediante pasos de fauna bajo la autovía. Tanto los viaductos como las obras de drenaje acondicionadas realizarán esta labor.

Además de estas estructuras, esta alternativa prevé la construcción de tres viaductos en el tronco para salvar las riberas de los ríos "Río Pintos", de 80 metros, "Río do Pobo", de 80 metros, y "Rego do Barco", de 160 metros, además del viaducto de Pumariño, de 100 metros, y uno más en el ramal de conexión entre la autovía A-57 y la carretera N-550.

El tramo objeto de proyecto está definido a partir de dos estudios informativos distintos, a continuación se describe la parte correspondiente a cada uno de ellos.

1. Estudio Informativo EI4-PO-18 (Circunvalación de Pontevedra) entre los pk 0+000-5+175 está compuesto por 8 alineaciones mediante una sucesión de 7 curvas circulares de radios de distinto signo entre sí y una recta en el enlace con la PO-532 en A Ermida.

2. Estudio Informativo EI1-PO-20 (Autovía A-57: Pontevedra Conexión A-52) entre los pp.kk. 5+018 y 6+000 se compone de tres alineaciones: una recta de entrada como elemento conector con el precedente, una curva de radio 450 metros que se apoya sobre la ladera en la que se ubica el elemento patrimonial de Castro Farexa - Coto Loureiro y otra recta de salida sobre la que se sitúa el enlace de conexión con la N-550.

El tramo objeto de proyecto cuenta con 2 enlaces y un total de 15 estructuras: 5 pasos superiores, 6 pasos inferiores y 4 viaductos (Río Pintos, Río do Pobo, Rego do Barco y Ferrocarril Pontevedra-Redondela).

Descrito en el sentido de avance de los pp.kk. (Norte-Sur), el tramo se inicia a la altura del enlace de A Ermida, sobre el p.k. 4+000 de la carretera autonómica PO-532, donde enlazará con el tramo anterior que actualmente se encuentra en fase de proyecto ("Autovía A-57. Tramo: A Ermida-Pilarteiros").

El eje se inicia con una alineación recta que conecta con el tramo precedente situándose sobre la margen derecha de la Cantera de Faro (Alineación 1). La traza cruza un camino de acceso a la parte superior de la cantera en el p.k. 0+345. Este cruce de la nueva traza hace necesario reponer la continuidad del mismo mediante un paso superior alrededor del p.k. 0+450 que permite la comunicación entre Pintos y la Cantera.

En este primer tramo la traza atraviesa una zona de ladera con una pendiente transversal importante, con una vegetación formada por eucaliptales y monte bajo.

Avanzando hasta llegar al p.k. 0+800 la autovía discurre por una zona no poblada, hasta llegar al núcleo de Pintos con numerosas viviendas unifamiliares, edificaciones auxiliares, etc. La traza se diseña de manera que únicamente se afecta a una vivienda habitada, aunque requiere de una actuación singular de verticalización de los taludes para no afectar a otras viviendas. Aquí el eje describe una curva circular de radio 750 m a derechas, según el sentido de avance de los pp.kk., con clotoides de parámetro 270 (Alineación 2). La intrincada red de caminos vecinales en los alrededores de Pintos se ve afectada en dos de ellos los cuales se reponen mediante un paso superior en el p.k. 0+960 que resuelve la accesibilidad de todo el núcleo.

A la altura del p.k. 1+300, la traza cruza el Río Pintos siendo necesario un viaducto de 90 m de longitud aproximada, que se aprovecha para reponer un camino y la carretera PO-0004. Se cumplirá la condición nº 7 de la DIA referente a que los viaductos estarán fuera de los lechos de los ríos.

Entre los pp.kk. 1+400 y 2+200 la autovía discurre por una zona despoblada, desmontando una zona de vegetación formada por eucaliptos principalmente. En este tramo

se describe una curva circular de radio 900 m a izquierdas, con clotoides simétricas de parámetro 310 (Alineación 3) y se proyecta un paso inferior en el p.k. 1+950.

A esta última alineación le sigue otra alineación circular de radio 1.500 m a derechas, con clotoides simétricas de parámetro 500 (Alineación 4 y 5). En el entorno del p.k. 2+250, se localiza el viaducto proyectado para salvar el río do Pobo, de 104 m de longitud. El trazado continúa aproximándose al núcleo de Pumariño entre los pp.kk. 2+800 y 3+100 aunque sin afectar a éste, aproximadamente a 250 metros del mismo. En toda esta zona no varían las características de la vegetación, mayormente formadas por zonas boscosas de pinos y eucaliptos intercaladas con monte bajo.

En la alternativa aprobada del Estudio Informativo se proyecta un viaducto en la zona de Pumariño de 100 m de longitud que ya no resulta necesario porque la variación de trazado hacia el este permite disminuir los terraplenes hasta una altura máxima de 20 metros y paralelamente permite reducir el excedente de tierras existente.

En el p.k. 3+780 se proyecta un paso sobre autovía utilizado para reponer varios caminos vecinales que parten de Bértola.

Se continúa con otra alineación de radio 1.000 a derechas con clotoides de parámetro 335 (Alineación 6), aquí el trazado continúa apoyado sobre las estribaciones de la Sierra de La Fracha, con unas condiciones ambientales similares, cruzando pequeños cursos de agua hasta el p.k. 4+200 donde se cruza el Rego Do Barco y el conjunto de molinos catalogados con el mismo nombre. En este punto se proyecta un viaducto de 160 metros de longitud para preservar el entorno del lugar. A partir de ahí continúa el trazado sobre la ladera sin afección de viviendas colindantes pero próximo a los núcleos de Bértola y O Outeiro, con una curva de radio 700 y clotoides 225 que discurren en desmonte (Alineación 7). Se proyecta un paso sobre autovía en el p.k. 4+640 y un paso inferior en el 5+140 que permiten la comunicación entre ambos márgenes de la autovía dando continuidad a la red de caminos vecinales existentes.

En esta zona se encuentran los elementos patrimoniales de Castro Farexa, Camino de Santiago portugués y Mámoa de San Román.

Entre Castro Farexa y Mámoa de San Román se ubica el enlace previsto de Vilaboa del que partirá un vial bidireccional para conectarlo con la N-550 a la altura del núcleo de Marco, en el p.k. 130. En este tramo la alineación continúa con una curva de radio 1.000 y clotoides simétricas de 335 (Alineación 8), evitando el núcleo de O Outeiro.

La solución propuesta acaba mediante otra alineación circular de radio 700 y clotoides simétricas de 255 (Alineación 9). Esta alineación se ha modificado de forma significativa con respecto al Estudio Informativo aprobado, para poder mover el trazado hacia el norte y evitar elementos patrimoniales. El trazado finaliza en el p.k. 6+560 de tal manera que la conexión del siguiente tramo pueda evitar la Mámoa de San Román-O Cruceiro. La longitud del tramo de proyecto se incrementa en 360 m respecto a lo indicado en la Orden de Estudio para asegurar la reposición de la carretera PO-0001.

En resumen, todo el trazado del tramo está formado por 9 alineaciones: una recta y ocho alineaciones curvas de radios de signo opuesto.

En lo referente al trazado en alzado, el tramo se inicia sobre la PO-532 a la cota $Z=190,2$ subiendo con una pendiente 5,00%, la máxima de todo el tramo, todo ello coordinado con el tramo anterior.

La norma prevé para calzadas separadas situadas al mismo nivel una pendiente máxima del 4% pudiéndose aumentar al 5% en casos debidamente justificados, en este caso

la justificación del incremento de pendiente se debe al importante diferencial de cota en el tramo situado entre los PP.KK. 0+000 al 1+350 y la repercusión que ello conlleva en la descompensación de tierras.

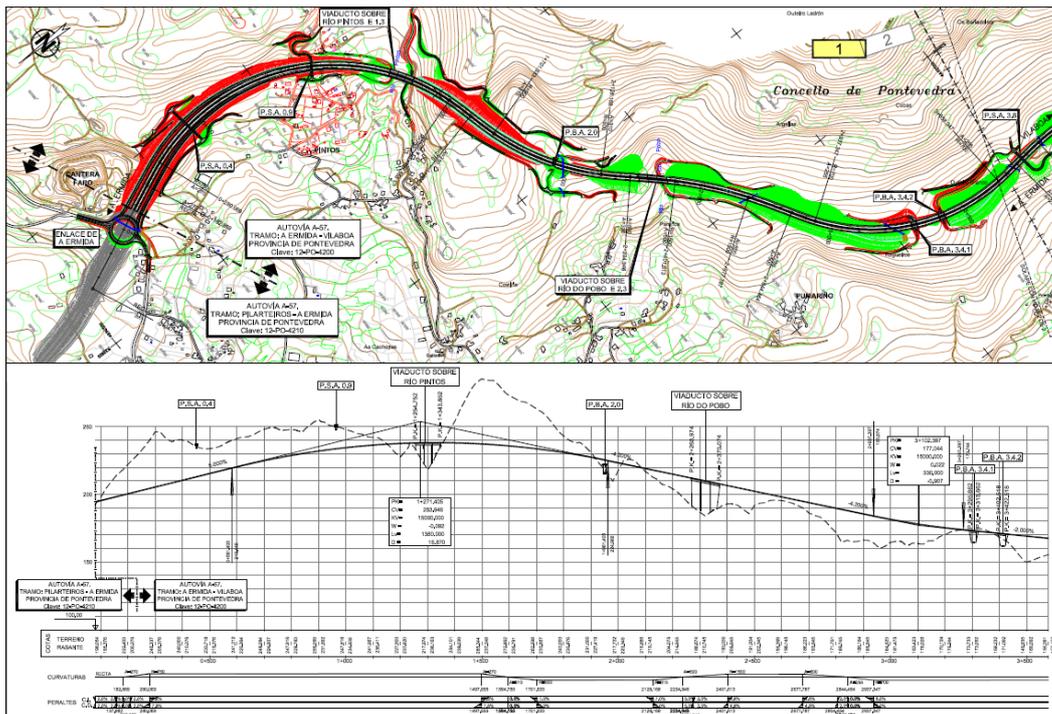
A la altura del p.k. 1+250 se ubica el primer vértice que presenta un acuerdo convexo de Kv 15.000 y continúa con una pendiente de bajada del 4,20%.

El siguiente vértice se sitúa en el p.k. 3+100, con un acuerdo cóncavo de Kv 15.000. La pendiente de entrada al acuerdo es 4,20%, siendo la de salida de 2,00%.

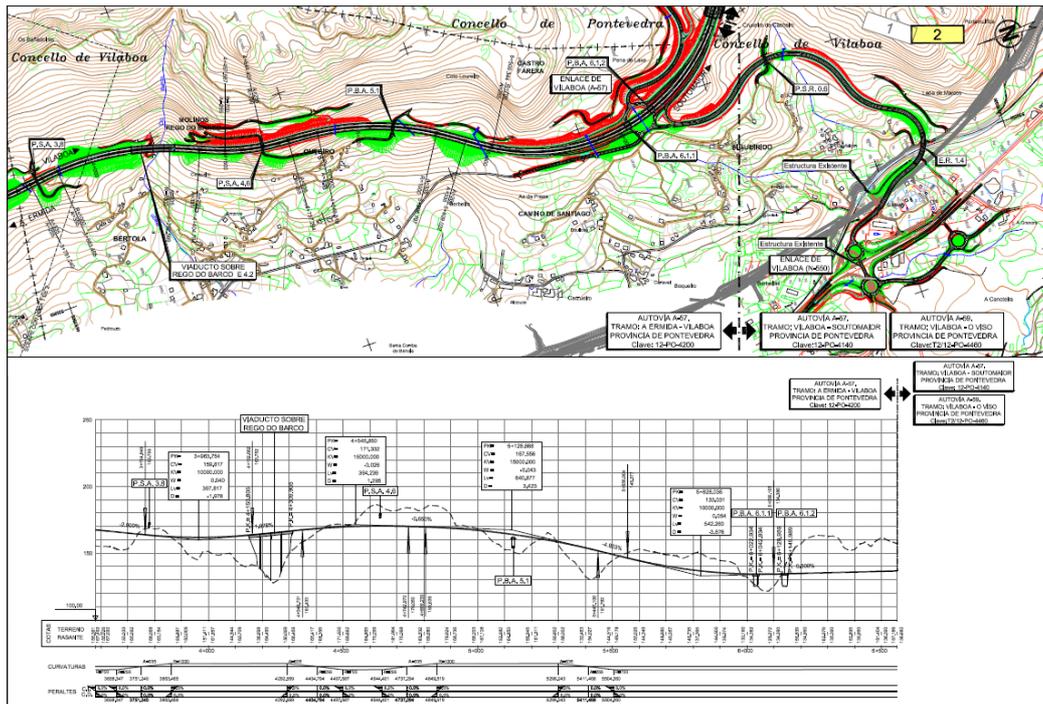
El siguiente vértice se localiza en el p.k. 4+000, y consta de un acuerdo cóncavo con Kv 10.000 y con una pendiente de salida de 1,98%. A continuación, un vértice convexo con Kv=15.000 con una pendiente de salida descendiente del 0,65% seguida de otra del 4,92%, rampa de bajada hacia la ubicación en planta del enlace de Vilaboa.

El último vértice del trazado en alzado, situado en el p.k. 5+800, tiene un acuerdo cóncavo de Kv 10.000. De dicho acuerdo se sale con pendiente del 0,50%, la alineación de enganche del tramo posterior.

En el último tramo se ha llevado a cabo una bajada de la rasante en el entorno del p.k. 6+000, lo cual permite proyectar el Enlace de Vilaboa mediante paso inferior, permitiendo disminuir el diferencial de cota con respecto a la N-550.



Localización estructuras



Localización estructuras

3.8. Movimiento de tierras

A continuación, se definirá el alcance y la problemática planteada en las obras de tierra a ejecutar en este proyecto.

En primer lugar, se resumen las características de los materiales a excavar y el posible aprovechamiento de los mismos para la ejecución de la obra a partir de los datos ofrecidos por el capítulo de Geología y Procedencia de Materiales y por el Informe Geotécnico realizados.

Todos los materiales son aptos para su empleo en rellenos, según el cuadro resumen siguiente:

TRONCO				
DESMONTE	P.K. inicio	P.K. fin	EXCAVABILIDAD	REUTILIZACIÓN
D1	0+080	0+400	VOLADURA	PEDRAPLÉN Y LOCALMENTE ESCOLLERA
	0+400	1+150	EXCAVABLE hasta 1-6 m	TODO UNO Y LOCALMENTE PEDRAPLÉN
			RAIPABLE hasta 7-20 m	
resto VOLADURA				
D2	1+370	1+580	VOLADURA	PEDRAPLÉN Y LOCALMENTE ESCOLLERA
	1+580	1+915	EXCAVABLE hasta 1-7 m resto VOLADURA DE ESPONJAMIENTO	TERRAPLÉN Y TODO UNO / PEDRAPLÉN Y ESCOLLERA EN PROFUNDIDAD
D3	2+015	2+095	EXCAVABLE	SUELO ADECUADO
D4	3+260	3+370	RIPABLE	TODO UNO
D5	3+750	3+860	RIPABLE CONVOLADURA DE ESPONJAMIENTO	TODO UNO
D6	4+430	5+020	80% VOLADURA 10% RIPABLE 10% EXCAVABLE	TODO UNO, LOCALMENTE/ PEDRAPLÉN Y PUNTUALMENTE ESCOLLERA
D7	5+240	5+290	RIPABLE	TODO UNO
D8	5+525	5+975	50% VOLADURA 20% RIPABLE 30% EXCAVABLE	TODO UNO, LOCALMENTE/ PEDRAPLÉN Y PUNTUALMENTE ESCOLLERA
D9	6+130	6+360	VOLADURA	TODO UNO, PEDRAPLÉN Y LOCALMENTE ESCOLLERA
	6+360	6+430	EXCAVABLE	SUELO TOLERABLE
	6+430	6+740	Dcho. 1H:1V Izdo. 2H:3V	TODO UNO, PEDRAPLÉN Y LOCALMENTE ESCOLLERA

Seguidamente se efectúa un diagrama de masas del tronco para hacer el estudio de compensación de tierras a partir de la rasante y de los perfiles transversales del tronco de la autovía, de los enlaces y de los caminos y carreteras repuestas.

PROYECTO DE TRAZADO Y CONSTRUCCIÓN: AUTOVÍA A-57. TRAMO: VILABOIA-ERMIDA. Provincia de Pontevedra.
DIAGRAMA DE MASAS - TRONCO

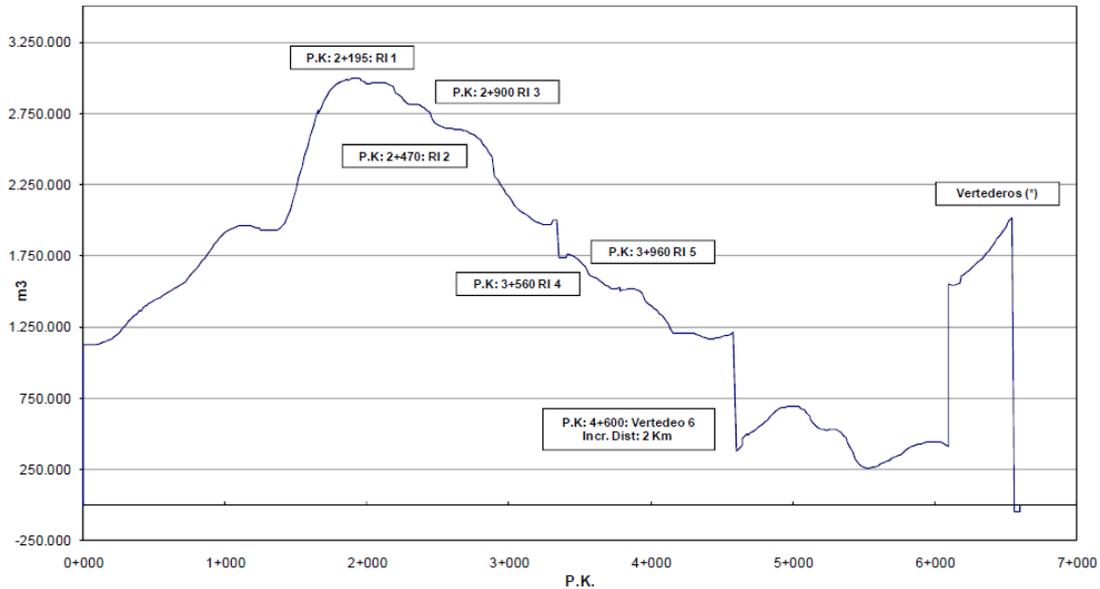


Diagrama de masas

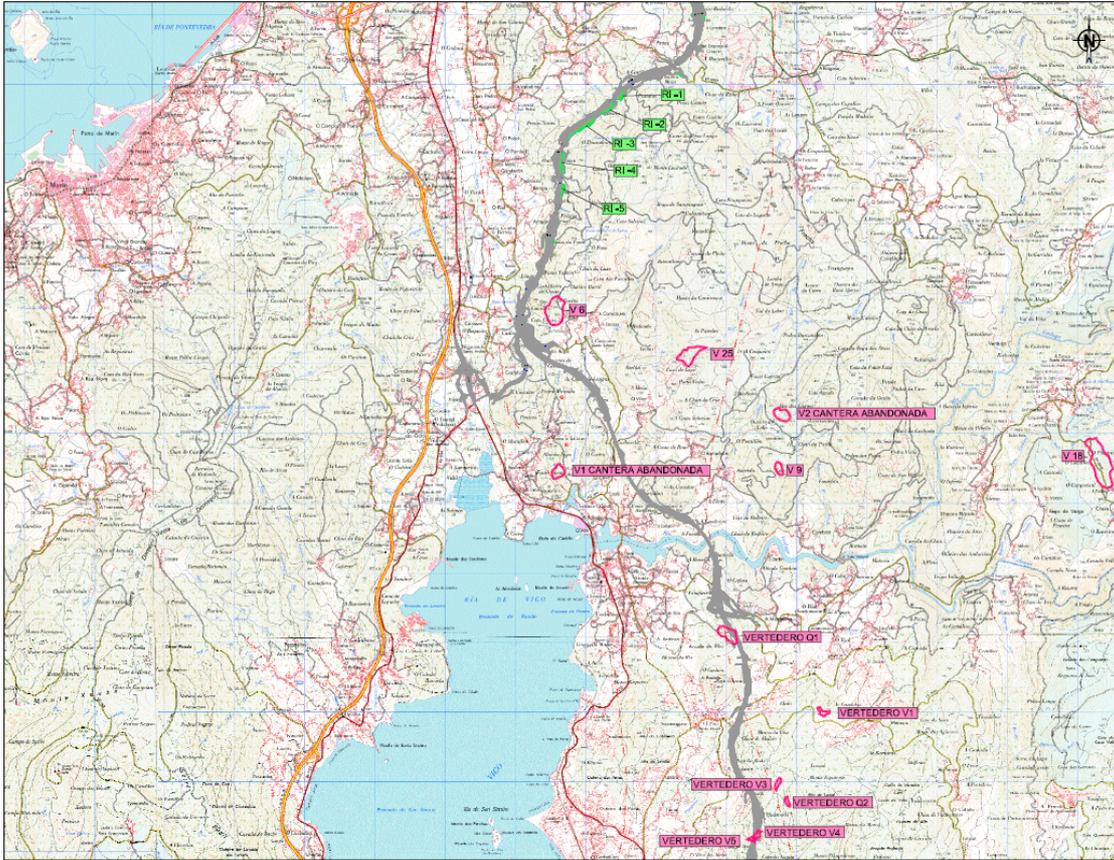
A continuación, se obtienen los volúmenes de material necesarios para la formación de explanada con suelos adecuados y estabilizados, y para la formación del terraplén.

Los volúmenes totales de medición de movimiento de tierras obtenidos son los siguientes:

<u>Tierra Vegetal</u>	534.208,80 m ³
<u>Desmante</u>	5.824.723,60 m ³
Excavación de saneo	156.942,80 m ³
Desmante en suelo	925.078,60 m ³
Desmante en tránsito	601.465,90 m ³
Desmante en roca voladura	4.141.236,30 m ³
<u>Relleno</u>	2.812.753,80 m ³
Capa Drenante	147.066,80 m ³
Terraplén Saneo.....	85.675,10 m ³
Terraplén	2.384.664,70 m ³
Suelo Adecuado	134.837,20 m ³
Suelo S-EST3	60.510,00 m ³

Como resultado del balance de tierras, se prevé un sobrante de unos 4.500.000 m³, que deberá transportarse a las zonas indicadas como vertedero. También podrán utilizarse

como zonas de alojamiento de sobrantes las indicadas en los planos del proyecto como rellenos de inertes adosados a los espaldones del tronco en la margen izquierda del trazado. Se estima que estos rellenos de inertes puedan acoger 230.000 m³ de material sobrante.



Localización de canteras y vertederos

Finalmente, se ha obtenido la distancia media de transporte de los distintos volúmenes de tierras para la justificación de los precios relativos a las diferentes unidades de obra del capítulo de movimiento de tierras.

- Distancia de transporte de suelo para la formación de suelos estabilizados procedentes de la excavación o de los acopios intermedios previstos 751 metros.
- Distancia de transporte transversal de desmontes a terraplén: 0 metros, ya que la compensación transversal se realiza con la maquinaria de excavación, no siendo necesario el empleo de maquinaria adicional para el transporte.
- Distancia de transporte longitudinal de desmonte para rellenos: 12.835 metros
- Distancia de transporte de los materiales excavados en desmontes o préstamos aptos para rellenos o coronación, se ha calculado como media ponderada de los diferentes volúmenes transportados, obteniéndose un valor de: 12.028 metros.

3.9. Firmes y pavimentos

El presente apartado tiene por objeto el dimensionamiento de la sección de firme de cada uno de los elementos que constituyen el diseño global de la actuación.

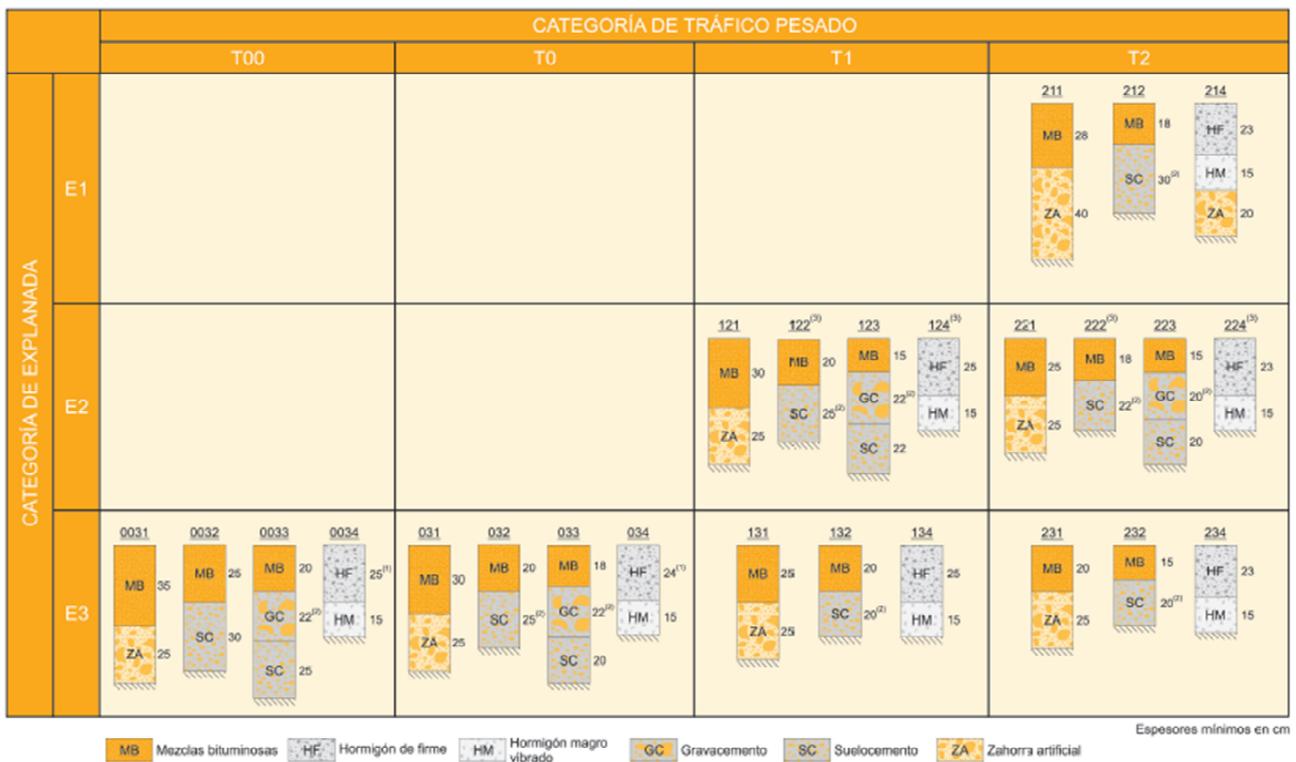
Para ello se parte de los datos de tráfico obtenidos en el Estudio de determinación de la Categoría de Tráfico Pesado para el año de puesta en servicio (2020):

IMD EN EL CARRIL DE PROYECTO. AÑO 2020

Año	IMD	IMDp	IMDp (carril proyecto)
2020	37.249	6.798	3.741

Según el valor obtenido, que se encuentra entre 2.000 y 4.000 vehículos pesados/día, la categoría de tráfico se corresponde con un T0.

Para esta categoría de tráfico sólo puede adoptarse el tipo de explanada E-3 según la figura 2.1 de la Norma 6.1-IC. Además según la Nota de Servicio 5/06 sobre explanaciones y capas de firme tratadas con cemento, para el proyecto de tramos de autovía de nueva construcción, como es el caso del presente proyecto, independientemente del tráfico pesado previsto en la fecha de puesta en servicio, se deberá disponer una explanada E3.



(1) Para las categorías de tráfico pesado T00 y T0 se emplearán únicamente pavimentos continuos de hormigón armado con los espesores indicados.
 (2) Capas tratadas con cemento que deberán prefisurarse con espaciamentos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).
 (3) Para poder proyectar esta solución será preceptivo que la capa superior de la explanada E2 esté estabilizada con cemento.

FIGURA 2.1. CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME PARA LAS CATEGORÍAS DE TRÁFICO PESADO T00 A T2, EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE EXPLANADA

Dependiendo de cada tramo, la formación de la explanada E3 se conseguirá de una manera o de otra.

Sobre suelos adecuados para conseguir la categoría E3, es necesario añadir un espesor de 30 cm de "suelo estabilizado in situ tipo 3".

Sobre suelos tolerables se añadirán 30 cm de suelo estabilizado in situ tipo 3 sobre 50 cm de suelo adecuado.

Tanto el suelo adecuado como el suelo a estabilizar procederán de la excavación del suelo eluvial de la traza (Q_E), es decir, el ubicado en los niveles más superficiales del terreno, por lo que una vez excavado será necesario su acopio temporal en las zonas indicadas para ello en el proyecto.

En las zonas en desmonte donde el material sobre el que asiente la nueva traza sea roca, la explanada E3 se consigue directamente con el material del fondo de la excavación, siendo necesaria una regularización del terreno con hormigón, por lo que se llevará a cabo la extensión de una capa de hormigón HM-20 de espesor suficiente.

En cuanto a la coronación de rellenos, el material subyacente para la formación de la explanada será pedraplén, o en todo caso todo uno, dado que la mayor parte de los materiales extraídos de la excavación cumplen con estas características, lo que se considera equivalente a efectos de categoría de explanada, a suelo seleccionado (3) con CBR igual o superior a 20. Sobre estos materiales deberá disponerse, de acuerdo con lo indicado en el artículo 331 del PG-3.

La sección adoptada finalmente en el tronco de la autovía es la 032, formada por:

- 3 cm de M.B.C. tipo BBTM 11B PMB 40/80-65C en capa de rodadura
- 7 cm de M.B.C. tipo AC22 bin 50/70 D en capa intermedia
- 10 cm de M.B.C. tipo AC32 base 50/70 G en capa de base
- 25 cm de Suelocemento
- Arcenes exteriores con 3 cm de M.B.C. en capa de rodadura tipo BBTM 11B PMB 40/80-65C, 7 cm de M.B.C. en capa intermedia tipo AC22 bin 50/70 D, 20 cm de suelocemento y 15 cm de Zahorra Artificial.

Los tableros de estructuras en el tronco de la autovía se afirmarán con un paquete de mezclas bituminosas de 8 cm de espesor total que cuente con una rodadura tipo discontinua BBTM B 11. El tablero de la estructura se realizará con acabado finisher, que asegure la adecuada ejecución de la superficie sin precisar capa de regularización sobre el hormigón. A continuación, se dispondrá una impermeabilización a base de un geotextil o lámina impermeabilizante similar, adherida al tablero mediante emulsión de betún.

Sobre dicha impermeabilización, se dispondrán:

- 3 cm de MBC en capa de rodadura de mezcla bituminosa discontinua de tipo BBTM B11PMB 45/80-65C.
- 5 cm de MBC en capa intermedia AC16 bin 50/70 D.

Para garantizar la impermeabilización del tablero se colocará un cordón de sellado de mástic impermeabilizante en el contacto pretil algomerado.

Según la Orden Circular 21/2007, se da prioridad a la utilización de materiales procedentes del reciclaje de NFU. Por tanto, en el presente proyecto se utilizarán ligantes y mezclas bituminosas con incorporación de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) en las capas de rodadura.

3.10. Drenaje

3.10.2. Introducción

En el presente epígrafe se analiza globalmente las obras proyectadas en el drenaje de la autovía, tanto longitudinal como transversal, mostrando la capacidad hidráulica y ubicación de las mismas. Además se incluirán los cálculos pormenorizados del modelo hidráulico del Rego do Barco, tramo del viaducto objeto de proyecto.

3.10.3. Obras de drenaje

Del análisis de la documentación recibida del organismo de cuenca Augas de Galicia, se concluye que aparte de la consideración de períodos de retorno de 100 años para el drenaje longitudinal y 500 para el transversal, no hay más criterios específicos definidos por este organismo, por lo que serán de plena aplicación los criterios establecidos en la instrucción 5.2-I.C.

En los siguientes cuadros se muestran las obras contempladas en el presente tramo de autovía para el drenaje transversal, indicándose la numeración de las cuencas vertientes y el caudal correspondiente al período de retorno de 500 años:

VIADUCTOS			
CUENCA	PK	LONG APROX. (m)	ADAPTACIÓN PARA LA FAUNA
5_I	1+300	89	Todos
7_I	2+300	104	Todos
12_I	4+260	159	Todos

ODT del tronco							
CUENCA	DESIG.	P.K.	Q ₅₀₀ (m ³ /s)	L (m)	P (%)	TIPO	Ø ó bxh (m)
1_I+2_I+3_I+4_I	ODT-0.01	0+010	7,28	108,9	2,0%	Tubo	2,0
6_I	ODT-1.98	1+980	4,26	64,43	3,0%	Marco	2x2
8_I	ODT-2.68	2+680	2,34	74,3	3,0%	Tubo	2,0
9_I	ODT-3.23	3+230	3,10	76,34	3,0%	Tubo	2,0
11_I	ODT-3.73	3+730	1,89	43,82	2,0%	Tubo	2,0
12_I	ODT-3.87	3+870	2,49	31,35	3,0%	Tubo	2,0
16_I (*)	ODT-4.91	4+917	5,14	27,3	6,1%	Tubo	2,0
14_I+15_I+16_I (*)	ODT-5.18	5+180	2,90	71,55	2,4%	Tubo	2,0
17_I	ODT-5.46	5+460	4,62	92,53	5,0%	Tubo	2,0
18_I + 19_I	ODT-5.87	5+878	3,13	70,1	1,1%	Tubo	2,0
20_I+21_I	ODT-6.10	6+100	3,08	109,9	10,0%	Marco	2x2

(*) Reparto del 50% del caudal de la cuenca entre las dos ODT

La condición más restrictiva para el dimensionamiento de las obras de drenaje ha sido, en general, la pendiente adoptada por la obra de drenaje, así como la dimensión mínima recomendada por la Instrucción 5.2.- I.C., igual a 1,80 m, aunque de acuerdo a lo indicado en la DIA, se han sobredimensionado las obras de drenaje para posibilitar su adaptación como pasos transversales de fauna.

A partir de estos datos se ha adoptado, salvo excepciones, el tubo de 2.000 mm de diámetro como la obra transversal tipo a implantar en el tronco de la autovía, previa comprobación de la capacidad hidráulica para los correspondientes caudales de diseño.

En cualquier caso, se ha tenido especial cuidado, en que todas las obras cumplan con la recomendación de funcionar con control a la entrada.

Para la comprobación de que los daños a terceros son admisibles, se ha tenido en cuenta la Instrucción 5.2-IC – artículo 1.5.3-. Se puede asegurar que los daños a terceros no tendrán carácter catastrófico puesto que no se dan afecciones a núcleos urbanos o industriales, siendo en general de naturaleza agrícola. Por tanto y según el artículo 1.3. "Períodos de retorno", para la comprobación de las condiciones de las obras de drenaje transversal, se tendrá en cuenta caudales de periodo de retorno de 500 años. De esta comprobación se obtiene que la superficie inundada es de poca magnitud, por lo que no hay riesgo de daños a terceros.

Para el dimensionamiento del drenaje longitudinal, se han seguido con carácter general los criterios recogidos en la Instrucción 5.2.-I.C, a excepción de los casos que transporten agua de las cuencas adyacentes, ya que funcionan como obras de drenaje transversal, que se dimensionarán para un periodo de retorno de 500 años.

El periodo de retorno que se ha empleado en el cálculo de caudales del drenaje superficial de la plataforma y sus márgenes ha sido de 100 años.

En general, y de acuerdo con la Instrucción 5.2.-I.C., las velocidades máximas previsibles en las obras de drenaje longitudinal no deberían rebasar los siguientes límites:

Naturaleza de la superficie	Vmax (m/seg)
Arena fija o limo (poca o ninguna arcilla)	0,20 - 0,60
Arena arcillosa dura, margas duras	0,60 - 0,90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60 - 1,20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1,20 - 1,50
Hierba	1,20 - 1,80
Conglomerados, pizarras duras, rocas blandas	1,40 - 2,40
Mampostería, rocas duras	3,00 - 4,50
Hormigón	4,50 - 6,00

Como consecuencia, las velocidades máximas inicialmente admitidas en el diseño de las obras de drenaje longitudinal han sido las siguientes:

Cunetas revestidas de hormigón: $v_{max} = 6,00$ m/seg

Cunetas no revestidas $v_{max} = 1,00$ m/seg

En cuanto a la velocidad mínima, se ha considerado un valor en ambos casos de 0,25 m/seg, que equivale aproximadamente a una pendiente longitudinal inferior al 0,25%.

Los coeficientes de Manning-Strickler considerados en los cálculos del drenaje longitudinal del Proyecto han sido:

Cuneta revestida y conductos de hormigón: $n = 1/K = 0,018$

Cuneta sin revestir: $n = 1/K = 0,022$

En general, se distinguen los siguientes tipos de cunetas en función de su situación relativa respecto de la plataforma:

- Cuneta de desmonte
- Cunetas de mediana
- Cunetas de guarda en coronación de desmonte
- Cunetas de guarda a pie de terraplén
- Cunetones tipo Ritchie en tramos de desmontes
- Cunetas triangulares de seguridad

Para cada caso, se han respetado y cumplido todos los criterios presentes en la instrucción 5.2-I.C. para el diseño de todas las obras de drenaje.

3.10.4. Modelo hidráulico del río Rego do Barco

El trazado de la autovía atraviesa varios cauces ya mencionados, a continuación, se refleja el estudio de uno de ellos, el Rego do Barco, objeto fundamental de estudio para el correcto dimensionamiento de las alternativas de este proyecto. El método descrito por la instrucción 5.2. IC es insuficiente y será necesario realizar un estudio mediante la modelización del cauce, de forma que emule lo más exactamente posible el comportamiento natural del mismo.

1.10.3.1 Proceso de cálculo

La mecánica del cálculo consiste en los siguientes pasos:

- I. Cálculo de caudales. Los caudales utilizados son los obtenidos en el análisis de Climatología e Hidrología. Dichos caudales para distintos períodos de retorno son los siguientes:

Rego do Barco: Cuenca 12_I

$$Q_{500} = 14.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{100} = 9.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

En este estudio también se ha considerado el valor del caudal de la máxima crecida ordinaria, Q_{MCO} . Dicho caudal se ha determinado por diferentes métodos, que se desarrollan posteriormente.

- II. Simulación del cauce. Una vez obtenidos los caudales, se realiza un estudio del comportamiento del cauce en el tramo afectado, empleándose el programa HEC-RAS.
- III. Obtención de los datos necesarios para cada cauce. Cálculo de la sobreelevación del cauce y la llanura de inundación.
- IV. Conclusiones e interpretación de los datos.

1.10.3.2. Caudal de la máxima crecida ordinaria

El Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por R.D 849/86, opta por una vía hidrológica para definir el cauce. Según el artículo 4.1 del citado Reglamento, para delimitar el cauce natural de una corriente continua o discontinua, debe determinarse el terreno cubierto por las aguas con la máxima crecida ordinaria. Para ello hay que estimar previamente, el caudal correspondiente a ésta. Según el artículo 4.2 se considerará como caudal de máxima crecida ordinaria: *"la media de los máximos caudales en su régimen natural, producidos durante 10 años consecutivos, que sean representativos del comportamiento hidráulico de la corriente"*.

La estimación del caudal correspondiente a la máxima crecida ordinaria (Q_{MCO}) se ha realizado a partir de la serie de máximos caudales anuales calculada por métodos hidrometeorológicos, a partir de la serie de precipitaciones máximas y las características físicas de la cuenca, ya que en nuestro caso no disponemos de datos foronómicos.

La determinación de dicho caudal se ha realizado de acuerdo a dos hipótesis:

1º Método: Aplicando estrictamente la definición contenida en la Ley de Aguas y el Reglamento del D.P.H.

La media de los máximos anuales de un periodo representativo de 10 años consecutivos, establece un rango de posibles valores, compatible con la Ley, en el que se moverá el caudal de la máxima crecida ordinaria. La elección de uno de esos valores es en función de la representatividad del comportamiento hidráulico de la corriente.

2º Método: Atendiendo a lo indicado por el Estudio: "Aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria", de la Dirección General de Calidad de las Aguas, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, CEDEX, Junio 1994.

En dicho estudio se indican los planteamientos teóricos que permiten valorar dicho caudal en la hipótesis de evaluación por criterios estadísticos. De forma aproximada se puede determinar el valor de Q_{MCO} , en función del caudal medio de la muestra, Q_m y el coeficiente de variación, C_v , de la distribución de máximos caudales anuales mediante la expresión:

$$Q_{MCO} / Q_m = 0,7 + 0,6 \cdot C_v$$

En nuestro caso se ha calculado dicho caudal por ambos métodos. En cada caso se toma el mayor caudal obtenido por cada uno de los métodos.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

	CUENCA	1º Método	2º Método		Q _{MCO} ADOPTADO	
		Definición MCO (*)	Q _{MCO} =Q _m *(0.7+0.6*C _v)	Ley de Frecuencia (Gumbel) T(Q _{MCO}) = 5* C _v		
		Q _{MCO}	Q _{MCO}	T(Q _{MCO})		Q _{MCO}
REGO DO BARCO	12_I	1.50	1.41	2.86	1.52	1.52

(*) Según artículo 4.2 del Reglamento del D.P.H

1.10.3.3. Modelo de simulación

Una vez obtenido el caudal, se realiza un estudio del comportamiento del cauce en el tramo afectado por el proyecto, para ello se han empleado los resultados proporcionados por el programa HEC-RAS.

El cálculo hidráulico de puentes y viaductos consiste en determinar la capacidad de desagüe de la obra de drenaje y determinar la sobreelevación del nivel del agua provocada por el puente.

Para ello se ha definido el tramo del cauce mediante perfiles transversales, un mínimo de cuatro, dos aguas arriba del drenaje, y dos aguas abajo, a una distancia mínima igual a la luz libre total del puente a estudiar. Asimismo, se estudia el cauce una vez situada la obra drenaje calculando la sobreelevación producida.

Para el cálculo de perfil de la lámina de agua, el programa realiza un balance energético entre dos secciones consecutivas, mediante la aplicación de la expresión siguiente, basada en el teorema de Bernouilli generalizado:

$$y_1 + z_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + z_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_e$$

Siendo:

Y_1, Y_2 = calado de la sección

Z_1, Z_2 = cota de la solera

V_1, V_2 = velocidad media en la sección

α_1, α_2 = coeficiente ponderado de la velocidad

g = aceleración gravitacional

h_e = pérdida de carga entre las dos secciones

ALCANCE DEL MODELO

Se ha desarrollado un único modelo para el cauce a estudiar y así simular el perfil hidráulico del tramo de estudio, para las distintas hipótesis de funcionamiento.

Se analizan, tres hipótesis de funcionamiento:

- Una situación en régimen natural, teniendo en cuenta únicamente la topografía del terreno. Esta hipótesis se ha utilizado para la definición del cauce cuando discurre por él la máxima crecida ordinaria, según la definición del Dominio Público Hidráulico.
- En situación actual, partiendo de los datos proporcionados, la cartografía y la inspección realizada sobre la zona de referencia.
- En situación proyectada, introduciendo posteriormente en la modelización del estado actual las actuaciones derivadas de la construcción de la autovía y con base a las conclusiones extraídas del análisis de la situación actual.

Para la correcta ejecución de modelo es necesario suministrar al programa una información precisa, tanto en planta como en alzado, de la zona estudiada. Por lo tanto se han definido los siguientes parámetros:

- Datos geométricos, tales como secciones transversales, pendiente del cauce y eje de la canalización.

- Datos de tipo flujo uniforme, tales como caudales utilizados y condiciones de contorno del cauce.

1.10.3.4. Aplicación del modelo

Se ha tomado una longitud suficiente de cada uno de los ríos interceptados por la traza para la correcta modelización, tanto aguas arriba de los viaductos como aguas debajo de los mismos.

Tomando secciones cada 10 m a lo largo del tramo estudiado. Además, se han sacado secciones transversales a ambos lados del tablero de los viaductos, una distancia aproximada de 5 m.

La modelización del cauce cuando circula por él la máxima crecida ordinaria, se ha realizado en régimen natural, como dicta el reglamento del dominio público hidráulico, es decir, sin tener en cuenta las obras de drenaje transversal existentes en los caminos atravesados.

Sí se han tenido en cuenta las obras de drenaje transversal, a la hora de definir la elevación de la cotas de agua para los caudales correspondientes a periodos de retorno de 100 y 500 años.

El coeficiente de Manning será de 0,05 en el cauce principal y de 0,04 en los márgenes.

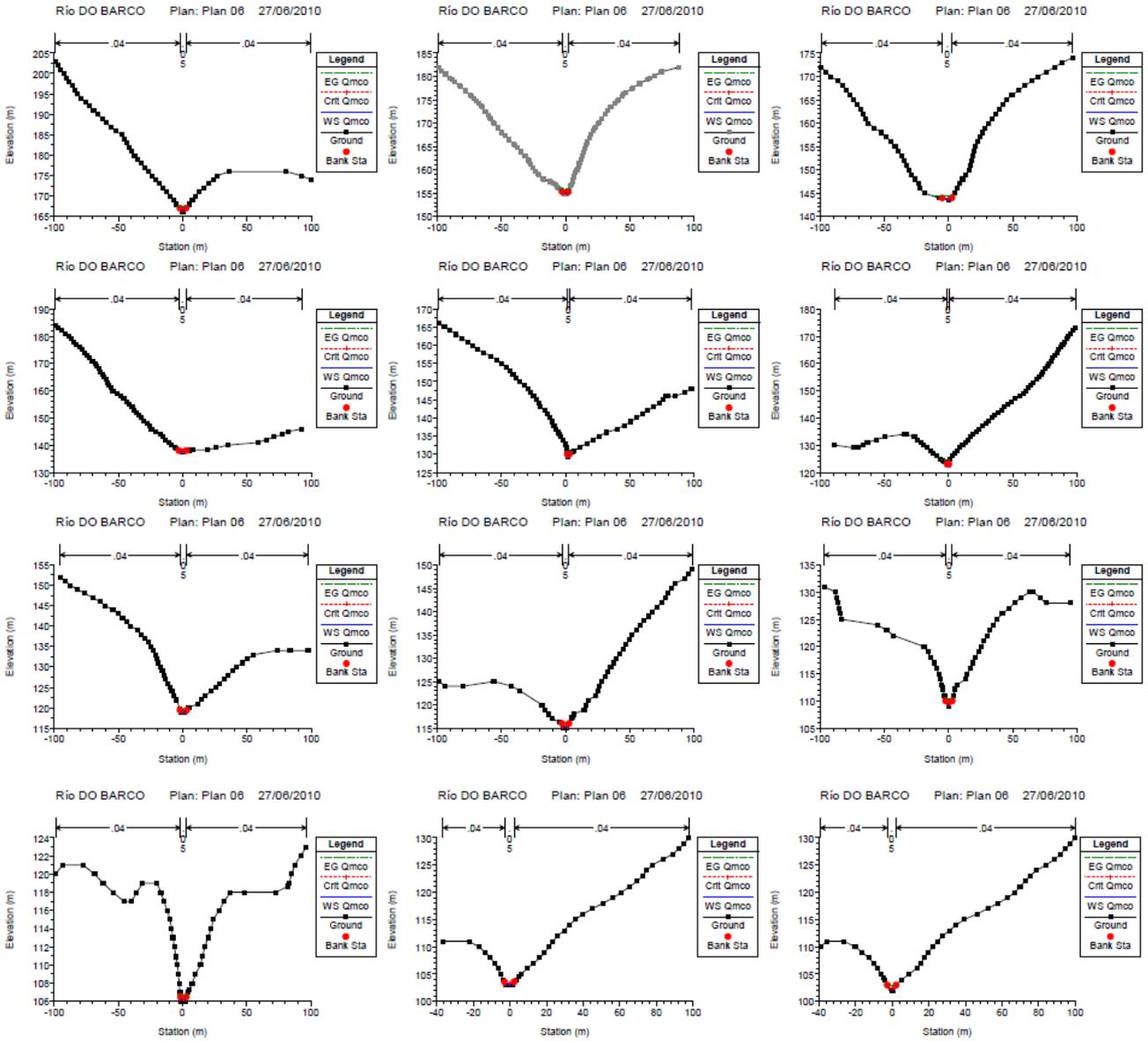
Se ha comprobado la altura alcanzada para los caudales correspondientes a los periodos de retorno de 100 y 500 años, así como para el caudal calculado correspondiente a la máxima crecida ordinaria.

Se ha calculado además, la superficie de la lámina de agua definida para el caudal correspondiente a la MCO. Esta superficie de inundación se define con el fin de poder ubicar las pilas de los viaductos correspondientes a proyectar fuera del Dominio Público Hidráulico.

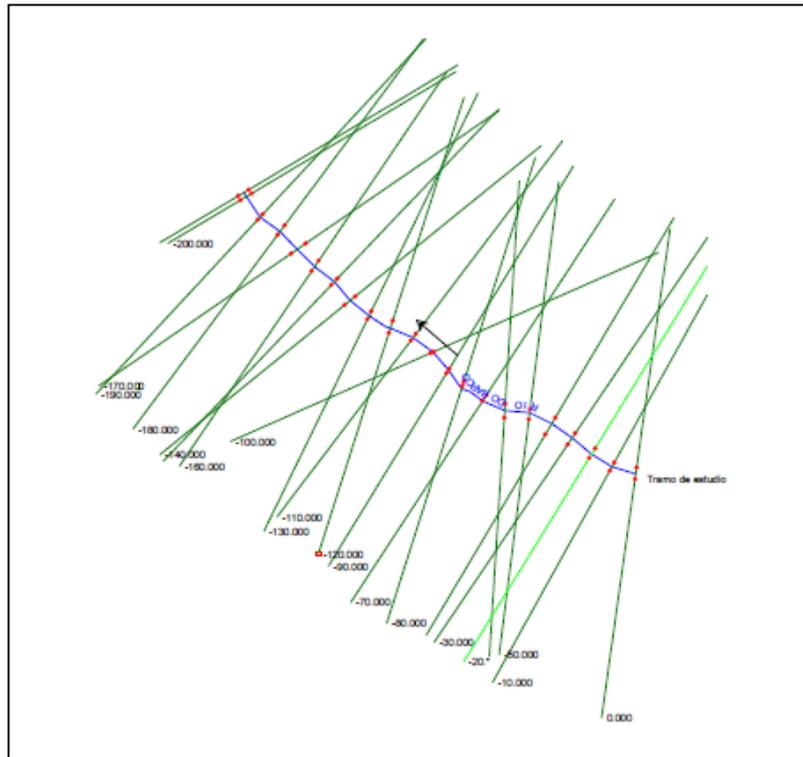
A continuación, se muestran las gráficas y los resultados obtenidos en el estudio del Río Rego do Barco.

Cálculo de la máxima crecida ordinaria

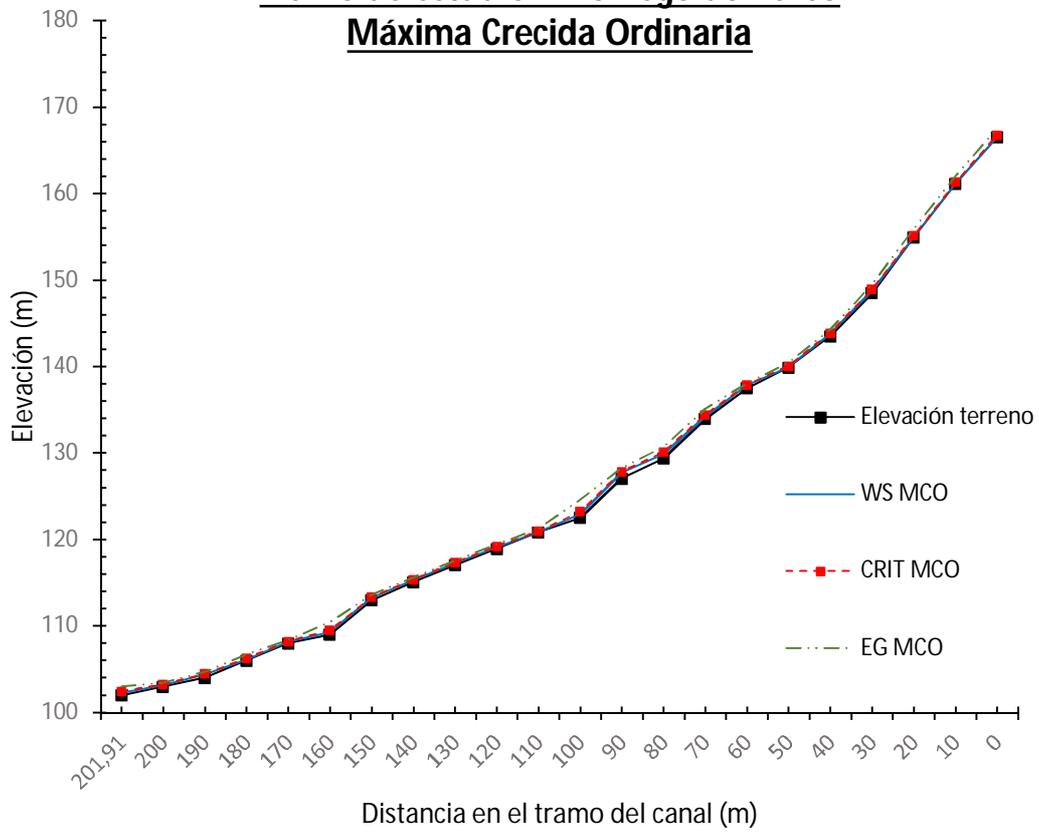
Secciones del Río Rego do Barco



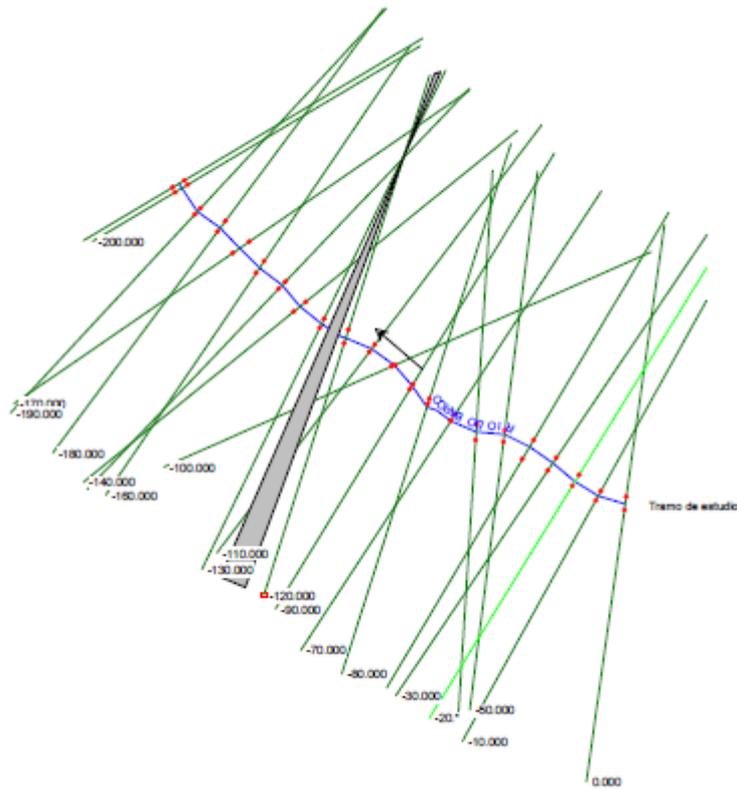
Tramo de estudio



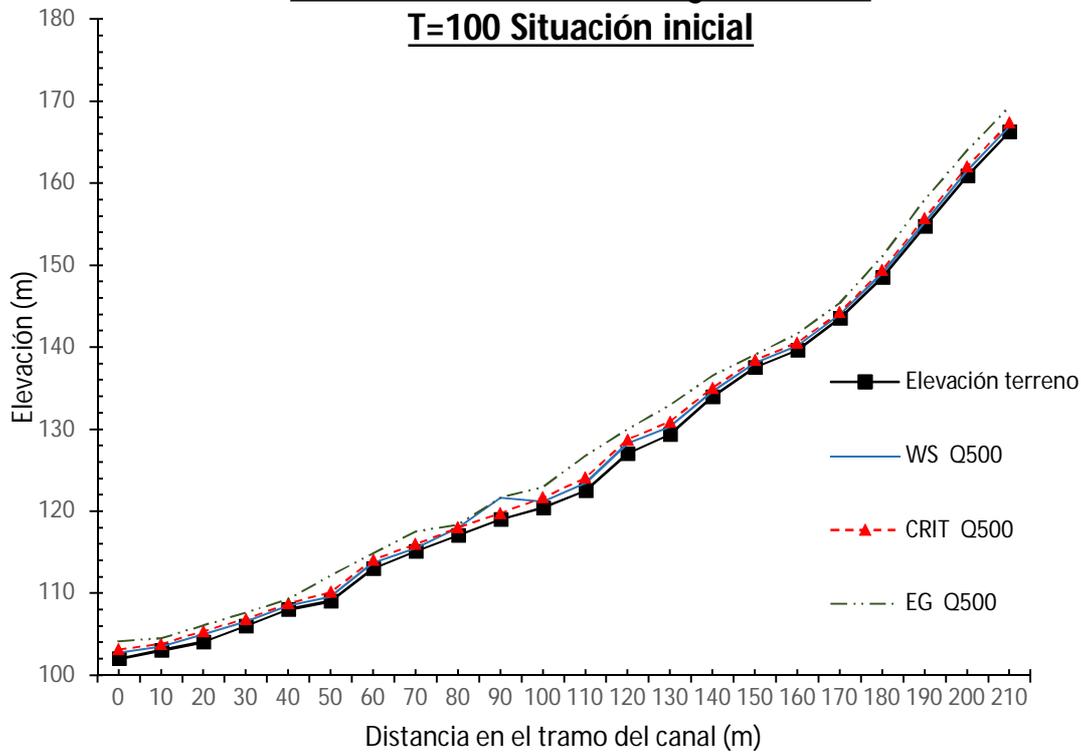
Tramo de estudio - Río Rego do Barco
Máxima Crecida Ordinaria



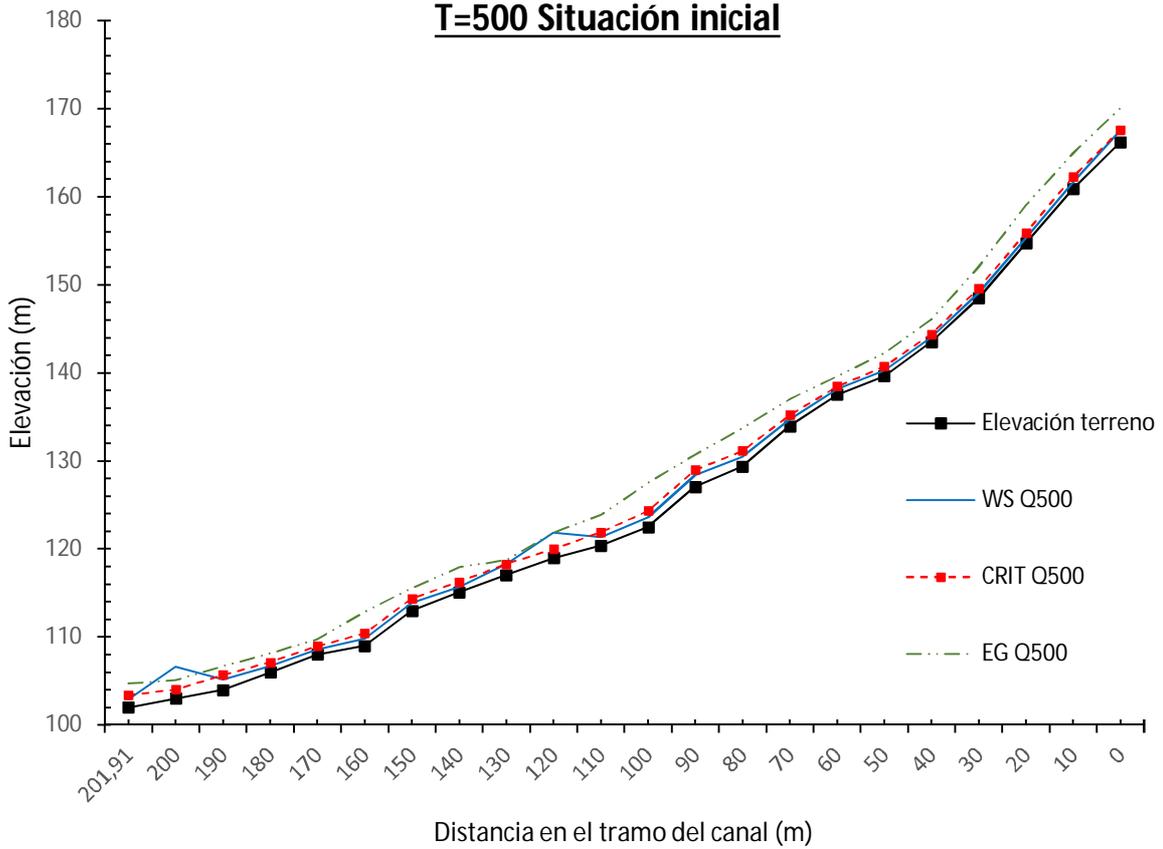
Situación inicial



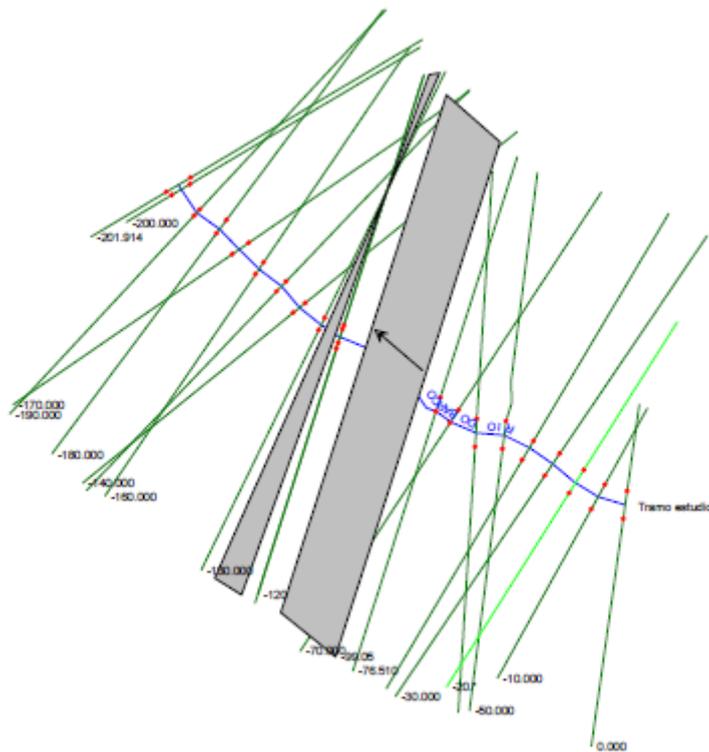
Tramo de estudio - Río Rego do Barco
T=100 Situación inicial



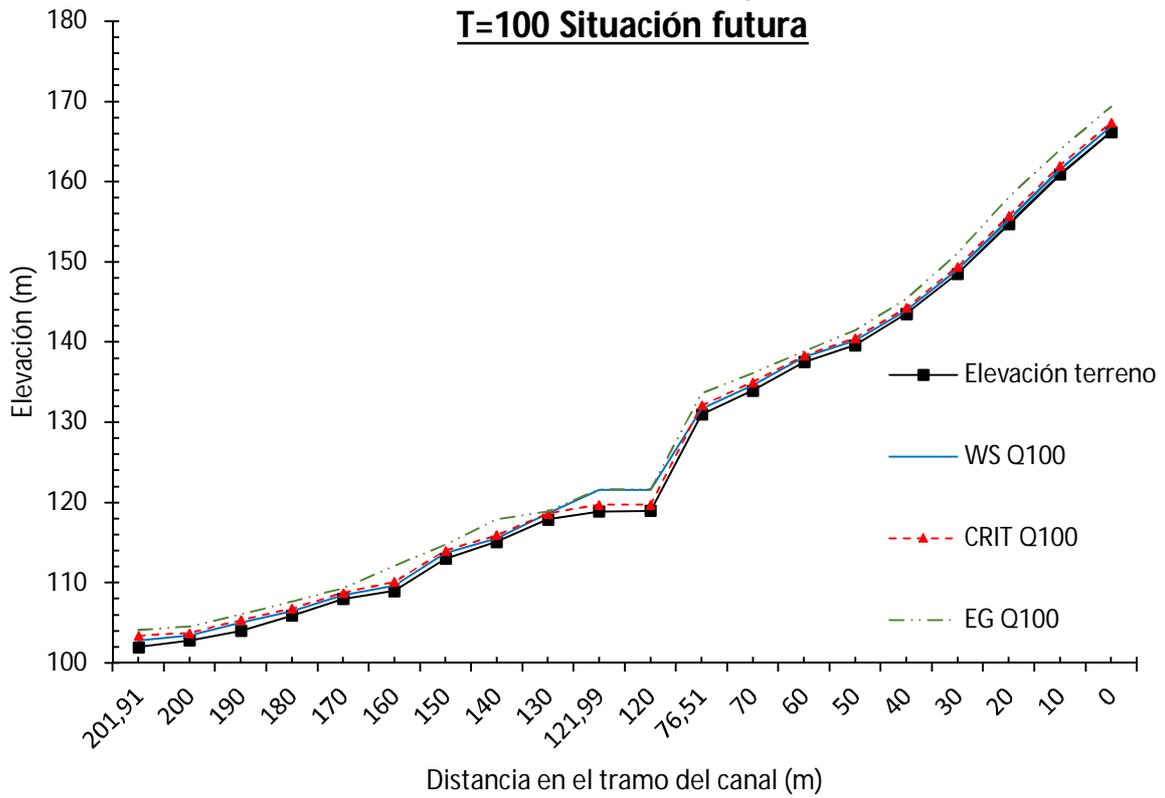
Tramo de estudio - Río Rego do Barco T=500 Situación inicial



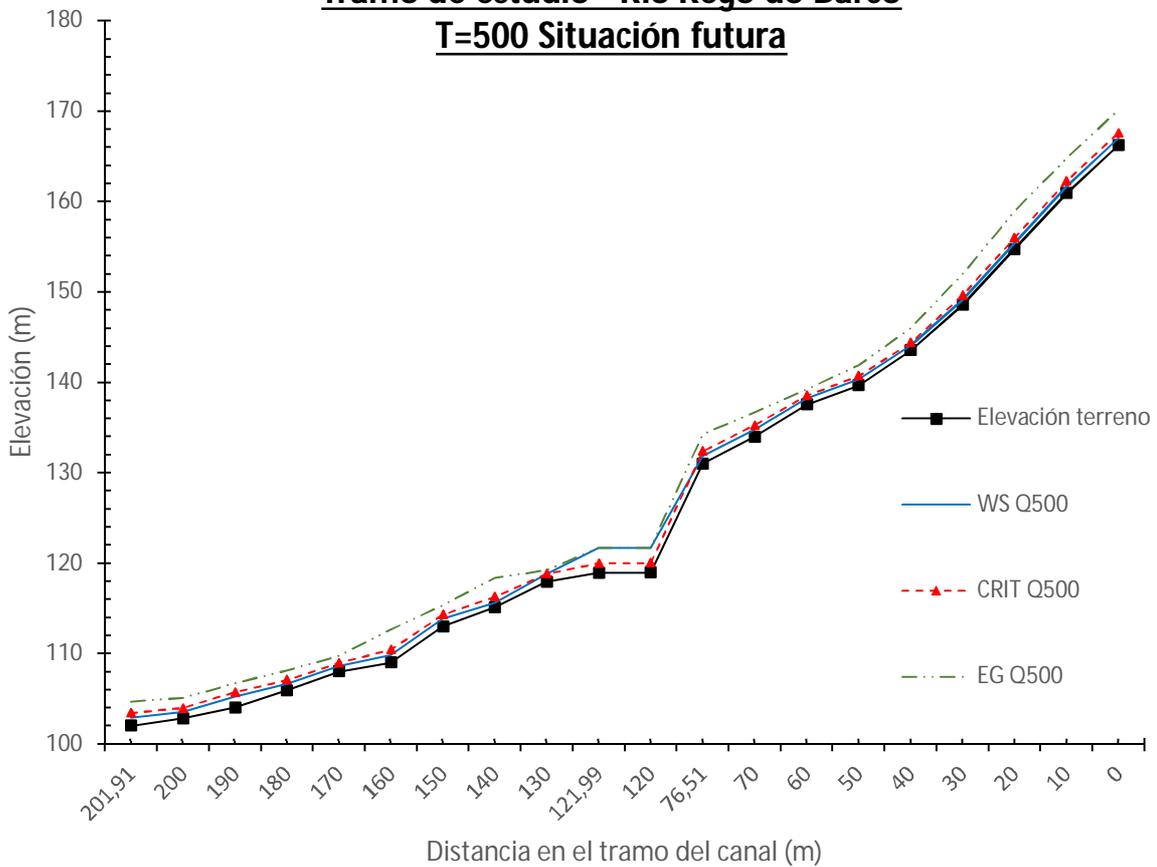
Situación futura



Tramo de estudio - Río Rego do Barco
T=100 Situación futura



Tramo de estudio - Río Rego do Barco
T=500 Situación futura



1.10.3.5. Cálculo de la erosión fluvial en pilas

El cálculo de la socavación se ha lleva a cabo únicamente en aquellas pilas que se sitúan dentro del cauce de la avenida correspondiente para el periodo de retorno de 500 años. Por lo tanto afectará a una de las dos alternativas que se plantean en este proyecto.

Existe una gran variedad de métodos para calcular la erosión fluvial y no existe al respecto una normativa definida. El método de cálculo empleado es el propuesto por la publicación del MOPU "Control de la erosión fluvial en puentes".

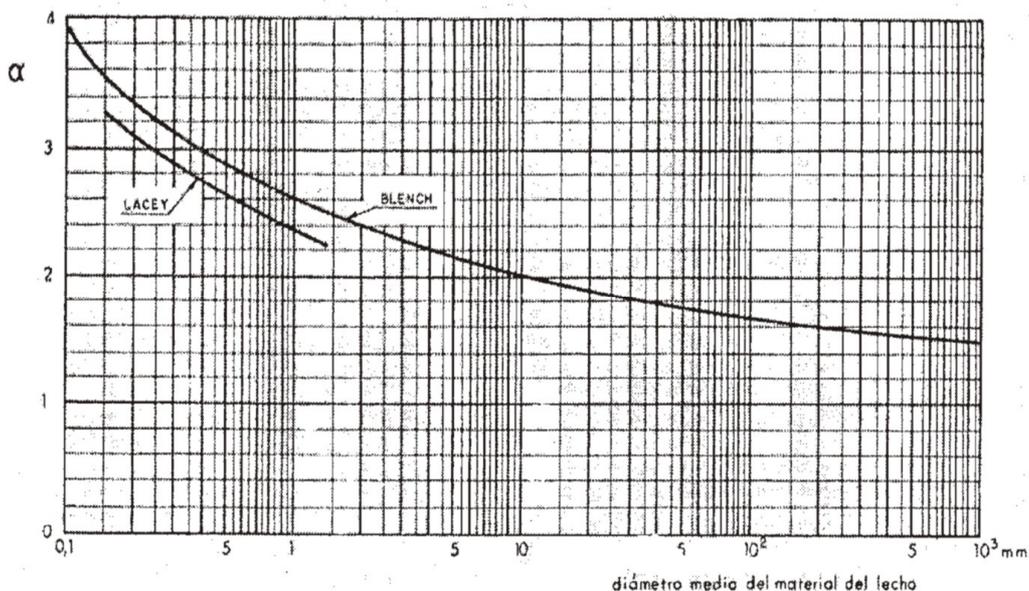
Cálculo de la erosión general:

El apartado 4.11 de la citada publicación propone la siguiente fórmula para obtener el calado durante la avenida de cálculo:

$$y_r = \alpha \cdot \left[\frac{q}{\sqrt{g}} \right]^{2/3}$$

Siendo:

- y_r : calado de régimen.
- α : factor adimensional función del tamaño del material del lecho, que se puede obtener del gráfico de la figura 4.9 de la citada publicación:
- q : caudal por unidad de anchura.
- g : aceleración de la gravedad.



Calado que se ha de multiplicar por un factor mayorante K, para obtener el máximo en el punto más desfavorable.

Por otra parte es necesario estimar la cota de agua durante esa avenida y, restándole el calado antes mencionado, obtener la cota del lecho del río, cuya posición respecto al fondo del cauce detectado en aguas bajas define la erosión previsible.

Cálculo de la erosión local:

Se emplea la fórmula propuesta a continuación, según la cual, la máxima erosión, medida desde el fondo general del cauce en el tramo viene dada por:

$$\frac{e}{b} = 1.5 \cdot \left[\frac{y}{b} \right]^{\frac{\left(\frac{y}{b}\right)^3 + 0.5}{3\left(\frac{y}{b}\right)^3 + 1}}$$

$$b = b' \cdot \left(\cos\alpha + \frac{L'}{b} \operatorname{sen}\alpha \right)$$

Siendo:

- e : erosión local
- y : calado
- b : anchura proyectada, dada por la fórmula:
- b' : anchura de pila en la dirección de la corriente
- L' : longitud de pila en la dirección de la corriente

Se puede reducir, sólo si la pila tiene la dirección de la corriente ($\alpha = 0$), el valor de la erosión local del orden de 0,9 para circulares y 0,75 para elípticas y lenticulares.

En el cuadro que se presentan a continuación se resumen los cálculos realizado de erosión general y erosión local en una de las pilas del viaducto de la Alternativa 1 sobre el Rego do Barco, que se sitúan en el interior de la zona inundada por la avenida de periodo de retorno de 500 años.

Viaducto sobre Rego Do Barco	
Pila	P-2
Ancho de pila (m)	2.25
Alto de pila (m)	29.90
Angulo de la corriente respecto del largo de la pila	0.00
Anchura proyectada (m)	2.25
Cota del lecho del cauce	118.95
Cota de lámina de agua aguas arriba (m)	131.81
Cota de lámina de agua aguas abajo (m)	121.6
Cota del lámina de agua (m)	121.68
Calado y (m)	2.73
Caudal aguas arriba (m ³ /s)	14.43
Ancho del cauce aguas arriba (m)	4.77

Caudal aguas abajo (m ³ /s)	14.43
Ancho del cauce aguas abajo (m)	18.62
Ancho de cauce (m)	18.63
Caudal unitario (m²/s)	3.80
EROSIÓN GENERAL	
Φ medio del material del lecho (mm)	20.00
Factor adimensional α	1.60
Factor mayorante, K	1.25
Calado de régimen, y _r	0.21
K*y _r	0.26
Erosión General	-2.47
EROSION LOCAL	
Coeficiente reductor	0.90
Erosión Local	2.30
EROSION TOTAL	
Erosión Total	2.30
Profundidad mínima necesaria para zapatas	2.30

La cara superior de las zapatas se encuentra a una cota de 126,75 y 123,38 para la cimentación del tablero izquierdo y derecho, respectivamente.

	Cota superior de zapata	Cota de Terreno	Profundidad zapata
Calzada Derecha	123,38	125	1,62
Calzada Izquierda	126,75	132	5,25

Por tanto, será necesario proteger la zapata de la pila 2 de la calzada derecha, al no haber suficiente profundidad de zapata para compensar la erosión.

Una solución para evitar que las cimentaciones de los apoyos de los puentes sean descalzadas por las aguas es colocarlas a una profundidad mayor que la máxima erosión previsible, suma de las erosiones general y local. Cabe también hacer uso de mantos de escollera colocados alrededor del apoyo que impidan estas erosiones y permitan cimentar a cotas más altas. En este caso se protegerá la cimentación de la pila con escollera.

3.11. Señalización, balizamiento y defensas

En este apartado se presentan los criterios y normativas empleadas para la definición de la señalización horizontal y vertical, el balizamiento, y los sistemas de contención de vehículos, diseñados en el Proyecto de Construcción: "Autovía A-57. Tramo: Vilaboa – A Ermida". Para el dimensionamiento de los distintos elementos se ha utilizado una velocidad de diseño basada en la velocidad de proyecto fijada en 100km/h, siendo la categoría de la vía de autovía.

Para el diseño, disposición y emplazamiento de las marcas viales, señales verticales, balizamiento y barreras de seguridad del presente proyecto se han aplicado las normas y disposiciones actualmente vigentes en la materia, concretamente:

- Norma de Carreteras 8.2-IC "Marcas Viales" de la Dirección General de Carreteras.
- Instrucción de Carreteras Norma 8.1-IC "Señalización Vertical" de la Dirección General de Carreteras.
- Orden Circular 28/2009 sobre criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas.
- Orden Circular 23/08 sobre criterios de aplicación de pretilos metálicos en carretera.
- Orden circular 18/04 y 18bis/2008 sobre criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas.
- Orden Circular 321/95 T. y P., siendo sólo de aplicación para los sistemas no mencionados en las órdenes circulares anteriores, es decir, para barreras y pretilos de hormigón.
- Desde el 1 de enero de 2011 es obligatorio el marcado CE en todos los sistemas de contención de vehículos.

3.11.2. Señalización horizontal

La señalización horizontal de las vías públicas, por medio de marcas viales constituye, junto con la vertical, una importante ayuda a los usuarios de aquellas, contribuyendo a mejorar la circulación y balizar la vía, facilitando su comprensión por parte de los conductores. La ordenación de la circulación que ambas señales pretenden, debe coordinarse no sólo entre sí, sino también con los otros elementos de la vía, trazado, entorno, etc., que así mismo influyen decisivamente en la seguridad y comodidad de la circulación y, por tanto, en la correcta explotación de la vía.

Para la disposición de las marcas viales se han seguido las instrucciones que se dictan en la Norma de Carreteras 8.2-IC "Marcas viales" vigente. Las marcas viales longitudinales, transversales e inscripciones se ajustan a los siguientes tipos:

Marca M-1.2 Línea discontinua de ancho 0,10 m, con secuencia de 3,5 m de trazado y 9 m de vano, para separación de sentidos en calzada de dos carriles y doble sentido de circulación con posibilidad de adelantamiento. En tronco de autovía.

Marca M-1.3 Línea discontinua de ancho 0,10 m, con secuencia de 2 m de trazado y 5,5 m de vano, para separación de sentidos en calzada de dos carriles y doble sentido de circulación con posibilidad de adelantamiento. En el interior de las rotondas.

Marca M-1.7 Línea discontinua de 0,3 m de ancho, con secuencia de 1 m de trazo y 1 m de vano, para separación entre carril principal y carril de entrada o salida. También se utiliza en la separación de carriles especiales.

Marca M-1.11 Línea blanca discontinua de 0,20 m de ancho con una secuencia de 20,00 m de trazado y 4,00 m de vano, para borde de calzada. Se realizará en relieve. En tronco de autovía.

Marca M-2.2 Línea continua de 0,10 m de anchura para separación de carriles de sentido contrario y prohibición de adelantamiento.

Marca M-2.6 Línea continua de 0,15 m de ancho, para delimitación de borde de calzada e indicación de los límites de una zona de calzada excluida de tráfico (para contorno de isleta infranqueable).

Marca M-4.1 Línea continua, de 0,40 m de ancho, en las líneas de detención ante STOP.

Marca M-4.2 Línea discontinua, de 0,40 m de ancho, trazos de 0,80 m y vanos de 0,40 m, en la línea de detención ante CEDA EL PASO.

Marca M-5.3 Flechas de dirección o selección de carriles.

Marca M-6.4 Inscripción de STOP, se situará antes de la línea de detención a una distancia comprendida entre 2,5 y 25 m.

Marca M-6.5 Triángulo de CEDA EL PASO de 3,60 m de altura y ancho de 1,20 m. Se situará a una distancia antes de la línea de detención no inferior a 2,5 m ni superior a 25 m.

Marca M-7.1.b Cebreado divergente, de 2,5 m de trazo y 1 m de vano, entre carril principal y carril de salida.

Marca M-7.1.c Cebreado convergente, de 2,5 m de trazo y 1 m de vano, entre carril principal y carril de acceso.

3.11.3. Señalización vertical

Para determinar las señales necesarias, así como el punto de localización de cada una de ellas, se ha seguido la Norma de la Dirección General de Carreteras 8.1.IC/2000 "Señalización vertical".

Se incluyen todas las señales proyectadas, de acuerdo con las Normas de Señalización del Catálogo de señales de circulación del MOPT, indicando su designación según el Código de la Circulación.

En esta obra se proyectan señales de los tipos siguientes:

- Señales de advertencia de peligro (tipo "P")
- Señales de reglamentación (tipo "R")
- Señales de indicación (tipo "S")

Se han proyectado en la autovía pórticos, banderolas y carteles laterales para indicar las direcciones de los ramales de salida de los enlaces, que tendrán las dimensiones resultantes de aplicar la normativa vigente de diseño con una reducción del 25% de la altura básica de las letras, permitida por la norma, para reducir el tamaño total de los carteles por motivos de espacio.

Todos los carteles se han diseñado de manera que, cumpliendo los requisitos de alturas mínimas y separaciones, fueran a su vez múltiplos de 17,5 cm, que es la altura de la lama básica.

Todas las señales serán reflectantes y las pinturas cumplirán las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

El reverso de las señales será de un color neutro, y se deberá identificar de forma indeleble el nombre del fabricante y la fecha de fabricación (mes y dos últimos dígitos del año), así como la pertenencia a la Red General de Carreteras del Ministerio de Fomento indicada con las siglas **M.F.**

3.11.4. Balizamiento

Se ha previsto la instalación de una serie de elementos de balizamiento que tienen por objeto servir de guía visual a los conductores de los vehículos aumentando la seguridad y comodidad de circulación y conducción.

Además del efecto de balizamiento, representado por las marcas viales longitudinales con resaltos, se han considerado, dentro de este concepto, los siguientes elementos:

- Hitos de arista
- Hitos miriamétricos y kilométricos
- Captafaros reflectantes "ojos de gato"
- Balizas reflectantes e hitos de vértices
- Paneles direccionales

Para el diseño de los hitos de arista se ha tenido en cuenta la O.C. 309/90 C y E de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, en los aspectos relativos a los criterios de implantación y características de los mismos.

3.11.5. Defensas

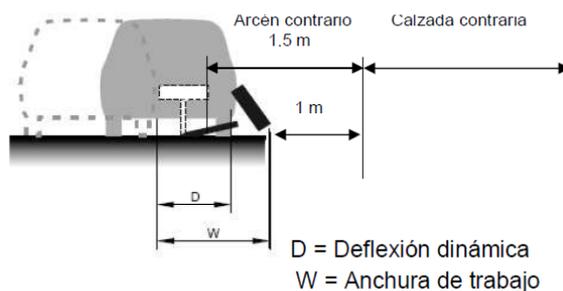
Para estudiar la necesidad de barreras de seguridad en el presente proyecto se han tenido en cuenta las determinaciones contenidas en la O.C. 321/95 T y P de 12 de diciembre de 1995 sobre "Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos", así como la O.C. 28/2009 que la modifica en lo referente a barreras de seguridad metálicas, la O.C. 23/08 que la modifica en lo referente a pretiles metálicos en carretera, y los criterios indicados en la Orden Circular 18/04 con respecto al empleo de sistemas de protección de motociclistas y la Orden Circular 18bis/08 que complementa y amplía la anterior.

Todos los elementos a disponer contarán con el marcado CE obligatorio, asegurando que cumplen unos requisitos esenciales para que sean adecuados a la función a la que se destinan.

En la mediana se instalará barrera de hormigón doble de altura 0.8 m con un nivel de contención H2 y un ancho de trabajo incluido en el rango $W_1 - W_3$, pero nunca mayor a este último.

TABLA 6. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO PARA BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS, SEGÚN EL RIESGO DE ACCIDENTE.

RIESGO DE ACCIDENTE ^(c)	CLASE DE CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DE PESADOS POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN
MUY GRAVE	Muy alta		H3 - H2 - H1
GRAVE	Alta	$IMD_p \geq 5000$	H2 - H1
		$400 \leq IMD_p < 5000$	H1
		$IMD_p < 400$	H1 - N2
NORMAL	Normal		H1 - N2



Esta barrera de mediana sólo se verá interrumpida en los tramos de viaducto donde se sustituya por el pretil correspondiente (PMC2/16a ó PMC2/15b, según los casos) y en los pasos de mediana donde se sustituirá por barrera metálica doble desmontable.

En los márgenes exteriores de la autovía y resto de viales, junto a pilas y banderolas y en los accesos a viaductos se colocará barrera metálica simple con un nivel de contención H1 o N2, ancho de trabajo W_5 o W_4 o menor, según los casos, y deflexión dinámica de 1,1 m como máximo.

3.11.5.1. Pretilos en estructuras

Se ha previsto la colocación de un pretil con clase de contención alta (clase M) en las siguientes estructuras, debido a que el tipo de riesgo de accidente es grave, de acuerdo con lo indicado en la OC 23/08:

ESTRUCTURA	JUSTIFICACIÓN DEL TIPO DE RIESGO DE ACCIDENTE GRAVE
E-2.3	Velocidad de proyecto (V_p) superior a 80 km/h, y riesgo de <i>caída a ríos, embalses y otras masas de agua con corriente impetuosa o profundidad superior a 1 m, o a barrancos o zanjas profundas.</i>
E-4.2	
PBA-3.4.1 y 3.4.2	IMD por calzada superior a 10.000 veh/día, sin cumplirse las condiciones indicadas por la OC 23/08 en su apartado 4, para accidente muy grave
PBA-6.1.1 y 6.1.2	
MUROS M-1, MR-3 y MR-4	Caída desde muros de sostenimiento (del lado del desnivel) de una carretera en terreno accidentado o muy accidentado, siendo la V_p superior a 60 km/h
PSA-0.4, 0.9 3.8 y 4.6 PSR-0.6	Caída desde estructuras y obras de paso, siendo la velocidad de proyecto (V_p) superior a 60 km/h

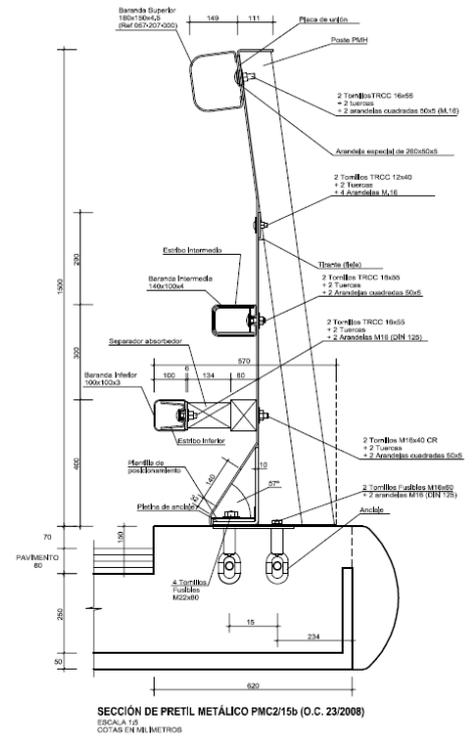
En los cuatro primeros casos se trata de estructuras longitudinales al tronco de la autovía ($V_p > 80$ km/h), en el que se espera una IMDp en el año 2032 de más de 2.000 veh/día. Por tanto, el nivel de contención del pretil deberá ser H3.

Del catálogo de pretils metálicos incluido en la OC 23/08, el pretil PMC2/15b cumple con la clase de contención alta (clase M), y nivel de contención H3.

En el resto de los casos (PSA 0.4 a 4.6 y PSR 0.6) se trata de estructuras transversales al tronco de la autovía para paso de caminos y de muros (M-1, MR-3 y MR-4) en viales en los que se espera una IMDp siempre inferior a 400 veh/día. Por tanto, el nivel de contención del pretil deberá ser H1.

Del catálogo de pretils metálicos incluido en la OC 23/08, el pretil PMC2/10f cumple con la clase de contención alta (clase M), y nivel de contención H2. No existen pretils con nivel contención H1, inferior al H2 del pretil propuesto.

En el caso de los muros, se ha optado por emplear el mismo pretil que en las estructuras longitudinales al tronco, el PMC2/15b.



3.12. Ordenación ecológica, estética y paisajística

El análisis ambiental del proyecto se plantea de forma integral, contemplándolo en sus diferentes fases como un elemento que se compone de los mecanismos ambientales, interaccionando de forma positiva entre ellos. La concepción y el diseño ambiental del proyecto han incorporado los criterios aportados por los antecedentes y los procedimientos ambientales ya realizados. Las soluciones estudiadas se han desarrollado a partir de las recomendaciones establecidas por dichos procesos, incorporando las necesarias exigencias funcionales y de trazado.

El objetivo principal de los trabajos, es dar cumplimiento a los condicionantes de las Declaraciones de Impacto Ambiental de aplicación, así como proyectar las actuaciones necesarias para lograr una correcta integración ambiental de la nueva infraestructura, tanto en la fase de construcción como en la de funcionamiento, para lo cual también se determinan las medidas de seguimiento y control de la ejecución y eficacia de las actuaciones mencionadas.

3.12.2. Cumplimiento de la D.I.A.

Se ha desarrollado un exhaustivo análisis de los condicionantes establecidos en las Declaraciones de Impacto Ambiental que son de aplicación a este proyecto, estas son:

- Declaración de Impacto Ambiental, resolución de 16 de Enero de 2007, relativa al Estudio Informativo EI-1-PO-20, Autovía A-57: Pontevedra Conexión A-52.
- Declaración de Impacto Ambiental, resolución de 13 de Julio de 2007, en relación con el Estudio Informativo EI-4-PO-18 "Autovía A-57: Circunvalación de Pontevedra".

A continuación, se indican y resumen las medidas preventivas y correctoras como Condiciones del Proyecto, presentes en las Declaraciones de Impacto Ambiental.

a) Medidas para mantener la calidad de las aguas.:

- *Instalación de sistemas de control de arrastres mediante sistemas de conducción controlada (cunetas) y filtros de sedimentos (gravas y geotextiles) dispuestos en los cauces.*
- *Instalación de un sistema de tratamiento de efluentes mediante una línea de vertido, que recoja las aguas de escorrentía provenientes de la superficie de obra, y balsas de decantación.*
- *Establecimiento de barreras antiturbidez. Sistema de control para evitar vertidos o lavados de materiales empleados en la obra. Como medida adicional, se deberá contemplar que tanto las balsas de decantación temporales o permanentes como el resto de sistemas de control de arrastres tengan un uso y gestión adecuados que garantice su funcionamiento y desmontaje una vez acabado su vida útil. En este sentido, se llevará un estricto control sobre los residuos líquidos y sólidos depositados en dichos dispositivos.*

b) Medidas para la restauración e integración paisajística, la protección de la vegetación y contra la erosión. Se contempla, entre otras acciones, la recuperación de las superficies afectadas por las estructuras de paso de los cursos de agua y la utilización de la tierra vegetal acopiada y conservada durante las obras. Durante las operaciones de replanteo y balizamiento

de todas las zonas de obra se llevará a cabo una planificación y delimitación de las zonas sometidas a actividad, de forma que solo se ocupen los terrenos estrictamente necesarios.

Como medidas adicionales se deberán cumplir las siguientes indicaciones:

- En todas las siembras y plantaciones se emplearán exclusivamente especies autóctonas para la zona.
- Se tomarán medidas que eviten o frenen los procesos erosivos en taludes y la sedimentación en las redes de drenaje. Estas medidas consistirán en la estabilización de los taludes, inmediatamente después de que éstos hayan sido conformados, mediante la realización de hidrosiembras. Igualmente, reutilizando la tierra vegetal, debidamente conservada durante los trabajos, se procederá a la vegetación de los taludes en cuanto sea técnicamente posible.

c) *Medidas de protección para la fauna.* La medida correctora más importante contemplada en el estudio de impacto ambiental es el acondicionamiento de un determinado número de estructuras de drenaje transversal en función de las condiciones de adaptabilidad al paso de la fauna terrestre y acuícola.

Como medidas adicionales para el aumento de la permeabilidad para la fauna, se deberán cumplir las siguientes indicaciones:

- Se procederá a la plantación de vegetación leñosa en la entrada de las obras de drenaje seleccionadas, de forma que esta sea atractiva al paso de la fauna y sirva de pantalla ante el ruido y la luz procedente de la carretera.
- En el caso de la herpetofauna, se dispondrán de dispositivos especiales (pasarelas laterales, utilización de hileras de piedras, aberturas en la mediana para que entre la luz, etc.) en la mayoría de las obras de drenaje transversal, de forma que se facilite el paso de este tipo de fauna aun cuando circule agua en su interior.
- A modo general, deberán seguirse los criterios recogidos en el Documento «Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales» de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente, elaborado de acuerdo con la Acción Europea COST 341 (1999-2003).

De manera destacada, con objeto de reducir el efecto barrera, se ha previsto adaptar las obras de drenaje como paso de fauna en donde ha sido posible, adecuándolas para su utilización por herpetofauna, así como para mamíferos, tomando como base los criterios establecidos en las "Prescripciones Técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales", de la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

d) *Medidas contra la afección acústica.* Se establecerán según el estudio de impacto ambiental, medidas que eviten o minimicen la inmisión acústica tanto en la fase de obras como en la fase de explotación.

e) *Medidas de protección del Patrimonio Histórico.* Las medidas más importantes contempladas en el estudio de impacto ambiental tienen que ver con la prospección arqueológica intensiva y el seguimiento de las obras. Durante la prospección arqueológica intensiva se realizará una exploración superficial sin remoción de tierra dirigida a la detección de vestigios históricos y prehistóricos, así como definir los indicios y hallazgos arqueológicos no delimitados en la fase de prospección extensiva.

Durante el seguimiento de las obras, se realizará la inspección arqueológica de las remociones de tierras, permitiendo así la detección de nuevos yacimientos, su registro y su contextualización.

A este respecto, y de forma concreta para el tramo objeto del presente Proyecto de Trazado y Construcción, los elementos del Patrimonio Cultural afectados por el trazado son:

- Conjunto de Molinos de Rego do Barco.

Este conjunto de molinos localizados en el P.K. 4+200, quedarían localizados bajo el viaducto para el que se contempla el análisis realizado en el presente proyecto, por lo que las medidas a considerar para la minimización de las afecciones sobre estos bienes consistirán básicamente en definir en mayor detalle los apoyos de las estructuras en el Proyecto de Trazado y Construcción, de forma que se asegure se evita cualquier tipo de afección sobre los mismos. De igual forma se realizará un jalonamiento en torno a estos bienes con el fin de asegurar un perímetro de protección en torno a los mismos.

- Castro de Farexa/ Coto Logrero (P.K. 5+500) y al Camino de Santiago Portugués (P.K. 5+700-7+000).

f) Otras medidas adicionales. Debido al gran volumen de tierras sobrantes, con el fin de disminuir el volumen de los futuros vertederos, así como la ocupación de suelos y el impacto paisajístico causado por la gran altura de los taludes de desmonte, se tomarán las siguientes medidas:

- a. El ancho de la mediana se reducirá a los mínimos fijados en la Instrucción de Carreteras 3.1.IC.*
- b. Dado que en la mayor parte del recorrido la traza discurre a media ladera con bastante pendiente transversal, se proyectarán, allí donde sea posible, las calzadas con cotas de rasante diferentes, integrando cada una de ellas en la ladera, lo que hará disminuir el movimiento de tierras, en general, y los desmontes en particular.*
- c. La iluminación de la carretera deberá limitarse a los enlaces, estaciones de servicio y otros lugares donde sea estrictamente necesario su utilización, empleando lámparas de vapor de sodio y luminarias que no proyecten luz hacia el cielo. En el resto del trazado, de cara a evitar la contaminación lumínica y la afección a la fauna, así como el fomento del ahorro energético, no serán objeto de iluminación.*

En relación con el ruido, se seguirán las especificaciones indicadas en la Ley 7/1997, así como en el Decreto 320/2002 de 7 de noviembre, que contiene el Reglamento de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Galicia. En las zonas donde se sobrepasen los niveles sonoros permitidos, se colocarán pantallas antirruído, cuyas características se indicarán en el proyecto de construcción.

De forma complementaria, se han incorporado una serie de medidas específicas para el control del ruido durante las obras, exigibles en determinadas zonas sensibles cercanas a poblaciones. Estas medidas se completarán con los resultados que establezca el Estudio de Ruido y Vibraciones.

La vegetación ha de conservarse especialmente en las zonas de ribera, zona de mayor valor ecológico, por lo que los viaductos sobre las mismas se diseñarán de forma que los pilares queden fuera de los cauces, procurando una mínima afección sobre la vegetación riparia.

En el diseño de los viaductos, presentes en el tramo objeto de proyecto, se ha respetado lo establecido en la DIA, de manera que las pilas quedan fuera de los cauces y los estribos no afectan a la vegetación de ribera, en ningún caso. Asimismo, una vez finalicen las labores de construcción, de forma inmediata se establecerá la necesidad de que se inicien las

labores de restauración de las zonas afectadas, a través del empleo de especies vegetales presentes en el tramo, las cuales se han identificado a partir de las visitas realizadas a la zona y del estudio de la flora autóctona. Se prevé la revegetación de estas estructuras, diferenciado el acondicionamiento bajo el viaducto y en su entorno fluvial.

Asimismo, también se han definido una serie de medidas protectoras del cauce con el fin de evitar el aporte de sedimentos y vertidos, tales como: instalación de sistemas de control de arrastres, sistemas de tratamiento de efluentes, barreras anti-turbidez, balsas de decantación, etc.

No se colocarán las áreas de acopio, maquinaria y vertedero, en las ocupadas por superficies arboladas, o sus proximidades y en las márgenes de ríos o arroyos.

Para evitar los impactos ambientales sobre la fauna durante la fase de construcción se planificarán los periodos de actuación, para no coincidir con las épocas de reproducción, y se construirán los pasos de fauna y cerramientos, que facilitan la movilidad de la misma, así como las oportunas medidas relacionadas con dispositivos de protección frente a los tendidos eléctricos, tal como se indica en el estudio informativo.

En coordinación con la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia, antes del comienzo de las obras se realizará una prospección arqueológica del total de la zona afectada. Del resultado de la misma, la citada Consellería establecerá, como autoridad competente, los criterios y protocolos de actuación.

Se asegurará la continuidad de las vías pecuarias afectadas.

Todas las infraestructuras y servicios serán repuestos, y en ningún caso se producirá su interrupción a consecuencia de la ejecución de las obras.

Se tomarán las medidas preventivas, indicadas en la legislación vigente, con el fin de prevenir los incendios forestales.

Condición NFU.–En la ejecución del proyecto se deberá fomentar el uso de betunes modificados con caucho y/o de betunes mejorados con caucho procedentes de neumáticos fuera de uso de acuerdo con la Disposición Adicional Segunda del Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre la gestión de neumáticos fuera de uso, que establece que las Administraciones Públicas promoverán la utilización de materiales reciclados de neumáticos fuera de uso y la de productos fabricados con materiales reciclados procedentes de dichos residuos siempre que cumplan las especificaciones técnicas requeridas, las cuales se establecen en la Orden Circular 21/2007, de la Dirección General de Carreteras, sobre el uso y especificaciones que deben cumplir los ligantes y mezclas bituminosas que incorporen caucho procedente de neumáticos fuera de uso, en el Manual de Empleo de neumáticos fuera de uso en mezclas bituminosas, del CEDEX, así como en la Orden Ministerial 891/2004, de 1 de marzo, que aprobaba modificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y Puentes (PG-3).

3.12.3.Descripción del medio

Para poder abordar el diseño de medidas protectoras y correctoras, se ha realizado un análisis ambiental del proyecto, del medio receptor, y se ha realizado una clasificación del territorio de la cual se determinan aquellas zonas que deben quedar fuera de la recepción de las actuaciones del proyecto.

Por lo tanto se ha elaborado un inventario ambiental en el que se han relacionado e identificado todos los elementos y condicionantes que han servido de base para la propuesta y desarrollo de las medidas de integración ambiental.

En éste se han incluido, entre otros, los siguientes aspectos:

- Medio Atmosférico y Climatología
- Geología y geomorfología
- Edafología
- Medio hídrico superficial y subterráneo
- Vegetación
- Fauna
- Espacios naturales
- Usos del suelo
- Paisaje
- Planeamiento urbano
- Socioeconomía
- Variables Culturales

Con objeto de valorar la afección del proyecto se detalla a continuación el impacto sobre cada uno de ellos.

Medio Atmosférico y Climatología

Los niveles de contaminación actuales se verán incrementados con toda probabilidad tanto durante la construcción como durante el servicio, si bien este efecto y sus consecuencias serán distintos según la fase considerada. Así pues se puede hablar de una reducción de la calidad del aire durante las obras y el incremento de la contaminación atmosférica y de los niveles sonoros durante la fase de explotación.

La ejecución del presente proyecto no producirá incidencias significativas sobre los factores climáticos que caracterizan el entorno.

Geología y geomorfología

La construcción de la autovía implicará un importante volumen de movimiento de tierras, y la necesidad de aporte de materiales procedentes de préstamos para la creación de la explanada y los taludes. Los efectos generados, son el riesgo de inestabilidad de los taludes que ha sido resuelto estableciendo taludes tendidos como mínimo 3H:2V (se han ajustado en términos generales a 3,5H:2V), tanto en desmonte como en terraplén.

El impacto derivado de las alteraciones del relieve como consecuencia de los movimientos de tierra previstos y de la creación de préstamos y vertederos se ha resuelto mediante la proyección de una restauración ambiental de estas zonas.

Edafología

Las alteraciones que sobre el suelo conlleva la construcción y puesta en servicio de la autovía puede ser debida a episodios de contaminación de diverso origen en cualquiera de las fases, a la destrucción de suelo derivada de la ocupación del terreno o por la compactación durante las obras. Por este motivo se plantean numerosas medidas preventivas para evitar potenciales episodios de contaminación del suelo o del agua.

Medio hídrico superficial y subterráneo

La alteración más frecuente de la calidad de las aguas podrá deberse a la llegada de pluviales cargados de contaminantes a cursos fluviales y acuíferos, tanto en la fase de obra como en la de explotación del proyecto. La carga de sustancias nocivas suele ser además mayor en las aguas pluviales procedentes de superficies impermeabilizadas, que son también las primeras que llegan a un curso fluvial, ya que el tiempo que tardan en concentrarse es menor que si se tratara de aguas provenientes de suelos agrícolas o forestales. La gravedad de los efectos no sólo dependerá del tipo y cuantía del contaminante (concentración,

volumen), sino también de las características del cauce o del acuífero afectado (caudales, tasas de renovación, calidad inicial de las aguas, uso a que están destinadas, etc.). Con objeto de garantizar la compatibilidad de estos impactos se proyectan numerosas medidas para prevenir estas afecciones.

Vegetación

La construcción de la autovía exige el desbroce y despeje de la vegetación como paso previo a la explanación, apertura de caminos de obra, construcción de instalaciones auxiliares, etc. Esta afección afectará principalmente a zonas de repoblación de eucalipto aunque también se verán afectadas poblaciones de roble (*Quercus robur*) dispersas que se localizan dentro de los eucaliptales, así como zonas de vegetación de ribera con diferentes grados de conservación.

Si bien la naturalidad de la vegetación afectada es reducida, al tratarse fundamentalmente de grandes extensiones dedicadas a la repoblación forestal para su posterior aprovechamiento, se procede al establecimiento de medidas para la prevención del impacto como son el jalonamiento de la zona de trabajo y la colocación de sistemas de protección del arbolado.

Fauna

El impacto que las infraestructuras de transporte ejercen sobre las poblaciones de fauna silvestre se considera un impacto moderado ya que ocasiona un impacto derivado de la pérdida del hábitat, el efecto barrera, la potencial mortalidad por atropellos, colisión u otras causas y las molestias ocasionadas derivadas de perturbaciones físicas debidas al aumento de sólidos en suspensión en los cauces, el posible cambio de régimen, el incremento de los niveles de ruido y la contaminación lumínica durante las obras. Por este motivo se establecen numerosas medidas tanto preventivas como correctoras para minimizar y evitar estos impactos.

Espacios naturales

El trazado no afecta a ningún espacio natural o figura de protección incluida en la Red Natura 2000. En cuanto a la ocupación de los Hábitats de Interés Comunitario, la superficie afectada es mínima, ya que se han identificado las manchas de vegetación existente, habiendo evitado su afección además de haber restablecido como sistema de protección la instalación de un jalonamiento rígido en el perímetro de estas masas, con objeto de evitar que resulten afectadas, por lo que se considera un impacto compatible.

Usos del suelo

El principal uso del entorno que se verá afectado es el forestal, ya que la mayor parte del trazado discurre por zona de repoblación de eucaliptos y pino. Si bien, el desbroce y ocupación de parte de estas zonas tendrá un impacto económico, la gestión de estos terrenos suele realizarse mediante la gestión de montes comunales, de una gran extensión, por lo que junto a las ventajas que la construcción de la autovía generará en la zona, el impacto en términos globales se ha valorado de forma compatible.

Paisaje

Los principales efectos que la construcción y el funcionamiento de la futura autovía ejercerán sobre el paisaje, están constituidos por la modificación de la calidad de las unidades del paisaje e intrusión visual debido al trazado, a las instalaciones auxiliares y debida

a préstamos y vertederos considerándose un impacto moderado que se traducirá en compatible mediante los trabajos de restauración proyectados.

Planeamiento urbano

En ningún caso se afecta a suelo urbano o urbanizable ni tampoco a los Núcleos Rurales presentes en el ámbito de estudio por lo que el impacto se considera compatible.

Socioeconomía

La envergadura de las obras de infraestructura de transporte comporta una serie de repercusiones territoriales tanto positivas como negativas para los habitantes de la zona. Por un lado puede suponer un impacto positivo para la socioeconomía debido a la creación de puestos de trabajo tanto directos como indirectos principalmente en el sector de los servicios y por otro puede ocasionarse un impacto negativo por las molestias ocasionadas derivadas de la afección a servicios y vías de comunicación. Por otro lado las obras implicarán molestias a la población derivadas del incremento del ruido y polvo en las inmediaciones así como la afección a los servicios como vías de comunicación, suministros etc. El proyecto contemplará la reposición de todos estos servicios así como medidas para minimizar los posibles trastornos durante la ejecución de las obras.

Variables Culturales

De acuerdo a los resultados del Avance del Informe Arqueológico, en el ámbito de la actuación se deberán establecer medidas protectoras y correctoras con objeto de evitar la potencial afección a estos elementos.

3.12.4. Medidas Preventivas y Correctoras durante la construcción y explotación de la autovía

Todas las consideraciones anteriores se han sintetizado en el reconocimiento y diagnóstico de los aspectos ambientales más significativos, para dar lugar al desarrollo de las medidas preventivas y correctoras, así como definen los aspectos que deberán ser objeto de seguimiento en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Se ha realizado un análisis de los posibles impactos que pueden generarse tanto durante la fase de construcción como durante la explotación de la nueva autovía. Las principales medidas preventivas consideradas se enumeran a continuación:

Protección de la calidad del aire

Con objeto de mantener el aire y las superficies de vegetación libres de polvo se han incorporado al proyecto las siguientes medidas preventivas:

- Realización de riegos periódicos mediante camión cisterna, en aquellas zonas donde exista trasiego de vehículos y maquinaria, zonas de carga y descarga de las tierras y otros materiales acopiados que puedan provocar emisiones de polvo.
- El transporte de materiales, se realizará con un recubriendo de los materiales a transportar mediante lonas, transportes cerrados, u otros métodos; principalmente cuando el transporte del material traspase los límites de la superficie de ejecución y/o cuando el trayecto se realice en las cercanías de zonas habitadas.

Protección contra el ruido

Con el objetivo de minimizar las molestias a personas y fauna, derivadas del incremento de los niveles sonoros del entorno, y garantizar el cumplimiento de los niveles máximos admisibles en las proximidades de las áreas urbanas, se aplicarán medidas preventivas durante las operaciones de carga y descarga, movimientos de maquinaria y personal de obra, y si fuera necesario, durante las voladuras que consistirán en:

- Las operaciones de carga y descarga de tierras se realizarán desde alturas lo más bajas posibles y de forma complementaria se establecerá una programación flexible de las obras para evitar situaciones en las que la acción conjunta de varios equipos o acciones cause niveles de ruido elevados.
- Se garantizará que la maquinaria de obra estará homologada según el R.D. 212/2002 de 22 de febrero, que traspone la Directiva 2000/14/CE, de 8 de mayo, que regula los niveles de emisión de ruidos de la maquinaria de obra. Así mismo antes del inicio de la obra se informará a los operarios sobre las medidas para garantizar los niveles de ruido dentro de los rangos establecidos por ley mediante la limitación de la velocidad de los vehículos en los caminos de obra y evitando la realización de trabajos ruidosos entre las veintitrés y las siete horas en las proximidades de los núcleos habitados. Además se exigirá la utilización de compresores y perforadoras de bajo nivel sónico, la revisión y control periódico de los silenciadores de los motores, y la utilización de revestimientos elásticos en tolvas y cajas de volquetes
- En la realización de voladuras se establecen las siguientes condiciones de ejecución:
 - Se minimizará la carga de explosivo por unidad de microrretardo.
 - Se realizará un seccionamiento de las cargas dentro de los barrenos, procurando iniciarlos en tiempos distintos; se procurará reducir los diámetros de perforación, así como acortar la longitud de los barrenos.
 - Y se recurrirá a la disposición de los frentes con la mayor superficie libre posible.

Como medidas correctoras frente al ruido provocado por el tráfico durante la explotación de la autovía, y con objeto de garantizar que no se superen los límites establecidos en la legislación vigente, más concretamente en la Ley 7/1997, así como en el Decreto 320/2002 de 7 de noviembre, que contiene el Reglamento de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Galicia, se ha previsto la instalación de pantallas acústicas en los bordes de la plataforma de la autovía en ciertos tramos, debido a la proximidad de edificaciones residenciales y de servicios.

Protección geología – geomorfología

- Replanteo

Se ha realizado la planificación y delimitación exacta de las zonas sometidas a actividad, de forma que sólo se generen las actuaciones estrictamente necesarias, con la intención de mantener la compensación de volúmenes estimada en el Proyecto.

- Acopio de préstamos

Como material de préstamo para subbases y áridos para hormigones y firmes se ha recomendado recurrir a la utilización de canteras u otras instalaciones que se encuentren ya en explotación.

- Rellenos de inertes

Siguiendo criterios de diseño del drenaje de la red de escorrentía superficial interceptada por la traza, se han incorporado al proyecto una serie de rellenos creados "ad hoc" en el ámbito de la zona de ubicación de las obras, sobre los cuales se realizarán labores

de revegetación e integración paisajística. La elección de su ubicación se ha basado en criterios funcionales, habiendo procurado reducir en la medida de lo posible la afección a zonas excluidas, consistentes principalmente en agrupaciones de vegetación natural de las que se estudiará la viabilidad de su transplante.

Protección del suelo y ocupaciones

En este apartado se incluyen medidas a adoptar conjuntamente para la corrección de las alteraciones ambientales sobre el suelo y otros elementos del medio ambiente. Las medidas proyectadas son:

- Replanteo y señalización. Con el fin de minimizar la ocupación de suelo y la afección a la cubierta vegetal que puede darse como consecuencia de las obras, se realizará el jalonamiento de la zona de ocupación, incluyendo las zonas de instalaciones auxiliares, zonas de préstamo y zonas de vertederos, así como los caminos de acceso, prescribiéndose que la circulación de maquinaria se restrinja a la zona acotada. Este consistirá en una señalización que separe la actividad de obra del entorno que la rodea. Se instalará antes del inicio de la actividad de la obra y se retirará una vez finalice la misma.
- Cerramiento temporal rígido. De manera adicional al jalonado de la zona de ocupación se ha establecido el requerimiento de incorporar de forma adicional un jalonamiento rígido específico de las zonas de mayor valor ambiental clasificadas como zonas excluidas, colindantes con las áreas alteradas por el trazado u otros elementos auxiliares de las obras de construcción. Este cerramiento temporal específico se instalará antes del inicio del desbroce y constará de malla metálica y postes hormigonados.
- Limitación temporal de la ocupación de obra. Para reducir la ocupación temporal el contratista deberá definir un Plan Viario en el que se establezcan de forma clara las áreas de circulación, estacionamiento, almacenamiento de materiales, parque de maquinaria, etc, con objeto de reducir al máximo las áreas sometidas a alteración.
- La ocupación de las instalaciones y elementos auxiliares se realizará ocupando la menor extensión posible debiendo ser localizadas fuera de zonas excluidas. Una vez finalicen las obras estas serán desinstaladas y retiradas, restituyendo el terreno a sus condiciones originales tanto topográficas como de cubierta vegetal.
- Reducción de la erosión sobre los suelos. Se proyectarán trabajos de plantación de arbolado en las zonas más sensibles para proteger frente a agentes erosivos las superficies de tierra originadas por las obras.
- Gestión de la tierra vegetal. Medida que consiste en planificar el acopio de la tierra vegetal que será necesario retirar de la zona de obra, programando su adecuado mantenimiento durante el tiempo que sea necesario, hasta su reutilización para la regeneración de los suelos sobre las superficies resultantes de la obra.
- Regeneración de suelos. Se realizará el aporte de la tierra vegetal acopiada en obra sobre los taludes y otras superficies alteradas, con la intención de reconstruir, en la medida de lo posible, la secuencia de horizontes observada en los suelos alterados.

Protección de la calidad de las aguas

Para el mantenimiento de la calidad de las aguas se incluyen las siguientes medidas protectoras:

- Localización de un Área de Acogida de Actividades Potencialmente Contaminantes en las instalaciones auxiliares. Ésta contará con superficies

impermeabilizadas de distinta tipología en las que se albergarán actividades como los trabajos de mantenimiento de maquinaria, las áreas de lavado, repostaje, un almacén de residuos peligrosos y un punto limpio. Dentro de este recinto se contará también con un separador de grasas, una balsa de decantación y una zona de limpieza de hormigoneras. Las aguas generadas en estas zonas serán gestionadas de acuerdo a la legislación vigente.

- Instalación de filtros de sedimentos y sistemas de control de arrastres con objeto de reducir el posible impacto que pueda generarse como consecuencia del movimiento de tierras en las zonas próximas a los cauces fluviales.
- Localización de balsas de decantación en viaductos. Se contempla como medida preventiva la ejecución de balsas de decantación y sedimentación en los viaductos sobre el Río Pintos, el Río do Pobo y el Rego do Barco, con objeto de evitar la llegada de sedimentos durante la construcción de estas estructuras.
- Instalación de un depósito de hidrocarburos cuya localización se propone en la zona cercana al enlace de Vilaboa, por corresponderse esta zona con un hábitat de interés comunitario y encontrarse en las cercanías del río Tuimil.

Protección de la vegetación

Las medidas establecidas para garantizar la conservación de la vegetación existente son:

- Instalación de sistemas de protección del arbolado en un perímetro a definir por el Director de Obra, que nunca será inferior a la proyección de la copa del árbol, mediante la colocación de un cercado de vallas metálicas o empalizadas sólidamente fijadas al suelo. Este sistema de protección se colocará antes del inicio de los trabajos y se retirará a la finalización de las obras.
- Plan de prevención de incendios. Con carácter previo al inicio de los trabajos el contratista deberá proceder a aprobar un Plan de Prevención de Incendios.

Con relación a las medidas correctoras establecidas para la preservación de la vegetación se contempla la siguiente medida:

- Trasplante de arbolado. En total se ha valorado la necesidad de que puedan ser trasplantados setenta y un ejemplares.

Restauración e integración paisajística

A continuación se identifican las medidas de restauración e integración paisajística sobre cada una de las siguientes zonas:

- Taludes en Terraplén
 - Perfilado
 - Extendido de Tierra Vegetal
 - Hidrosiembra
- Taludes en Desmonte
 - Perfilado
 - Extendido de Tierra Vegetal
 - Hidrosiembra
- Muros Verdes
 - Ejecución de la estructura
 - Hidrosiembra
- Restauración de Viaductos. Tratamiento de superficie bajo tablero y restauración e integración de pilas de viaducto
 - Descompactación
 - Extendido de tierra vegetal

- Siembra
- Plantaciones
- Entorno de las ODT adaptadas como paso de fauna
 - Descompactación
 - Extendido de tierra vegetal
 - Plantaciones de matas y arbustos
- Revegetación de las rampas de escape para fauna
 - Descompactación
 - Extendido de tierra vegetal
 - Plantaciones de matas
- Áreas de ocupación temporal. Zona de acopio de tierra vegetal, Acopio temporal de materiales, Instalaciones auxiliares y zona de localización de barreras de sedimentos, etc.
 - Extendido de tierra vegetal
 - Siembra
- Tratamiento de rellenos de inertes y vertederos
 - Extendido de tierra vegetal
 - Siembra
- Glorietas
 - Descompactación
 - Extendido de tierra vegetal
 - Siembra
 - Plantaciones

Protección de la fauna

Se han establecido las siguientes actuaciones de carácter preventivo destinadas a la protección de la fauna.

Con objeto de reducir molestias sobre la fauna se deberá proceder a realizar el desbroce desde el centro de la futura explanada, de forma que la fauna pueda huir progresivamente hacia los bordes. Además han incorporado al proyecto medidas con objeto de proteger los biotopos identificados, como la planificación de las actuaciones de obra para la localización de instalaciones y el movimiento de maquinaria evitando la afección a cursos de agua y a hábitats naturales.

Asimismo, en cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, se ha considerado en el proyecto el establecimiento de las preceptivas protecciones en la reposición de las líneas eléctricas interceptadas.

Con relación a la permeabilidad de la nueva infraestructura para la fauna se ha considerado el documento "Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales" para el diseño y localización de los pasos de fauna. El territorio se ha clasificado como de Tipo II, precisándose una densidad de pasos de uno por kilómetro para pequeños vertebrados y uno cada tres kilómetros para grandes mamíferos.

Se establecen por tanto un total de catorce pasos de fauna, tres adaptados para grandes mamíferos, correspondientes con las zonas bajo viaducto, y once para pequeños vertebrados, por lo que la densidad media es de un paso cada 2,05 Km. para grandes, y un paso cada 560 m. para pequeños vertebrados, lo que supone una mejora del orden de magnitud de las densidades mínimas recomendadas.

Con objeto de facilitar la utilización de las ODT como pasos de fauna, se ha proyectado la construcción de un paso seco, así como la revegetación de las zonas de entrada y salida de acuerdo a los criterios establecidos en el apartado relativo a la revegetación y restauración ambiental. Además se instalarán pequeños refugios a modo majanos de piedra en los alrededores.

En el caso de los viaductos se proyecta la restauración fluvial, si bien se trata principalmente de cauces temporales en las zonas en las que resultan interceptados. De esta forma en el entorno de las pilas se ha planteado la ejecución de plantaciones de arbolado y arbustos, así como la restauración de la superficie bajo el tablero.

Para facilitar los movimientos de las especies de pequeñas dimensiones por la red de drenaje perimetral o transversal, se ha proyectado la adaptación de arquetas, sifones y otras estructuras asociadas. Para ello se han previsto rampas en uno o más lados de estas estructuras que faciliten la salida de los animales que se encuentren en su interior, con una pendiente óptima de 30° y máxima de 45° con paredes rugosas con objeto de favorecer el ascenso de los animales.

Además se ha previsto la instalación de un cerramiento de tipo cinagético, enterrado 40 cm como consecuencia de la presencia de jabalí en la zona con objeto de evitar levantamientos de la misma debidos a que esta especie tiende a escarbar los suelos entrando en las vías, con el consecuente riesgo que implica para la seguridad vial. Complementariamente, con objeto de permitir la salida de los animales que pudieran entrar dentro del cerramiento, se ha proyectado la colocación de rampas de escape, en los lugares considerados más idóneos, como son los cambios de desmontes a terraplenes, cercanías a las obras de drenaje, etc.

3.12.5. Programa de Vigilancia Ambiental

Se ha definido un Programa de Vigilancia Ambiental, cuya función básica es establecer un procedimiento que garantice la correcta ejecución y cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras establecidas en el proyecto de construcción, y que a su vez se basan en las indicaciones contenidas en las Declaraciones de Impacto Ambiental. En éste se describen en detalle cada uno de los aspectos que deberán ser objeto de seguimiento.

3.13. Expropiaciones e indemnizaciones

3.13.2. Expropiaciones definitivas

La línea de expropiación, de acuerdo con la Ley de Carreteras se ha definido:

- 8 m para el tronco y 3 m para ramales de enlaces y carreteras secundarias, medidas en horizontal y perpendicularmente al eje de las mismas, desde la arista exterior de explanación.
- 1 m para caminos de servicio.
- En viaductos, a 8 m a partir de la proyección ortogonal del borde de la estructura.

La línea de expropiación se ha trazado según una poligonal circunscrita a las superficies anteriormente definidas. Se han incluido en la expropiación aquellos restos de fincas muy pequeños o sin acceso, dejando sin expropiar los restos de mayor superficie y a los que no se haya imposibilitado el acceso, para que el propietario solicite, si lo estima oportuno, de acuerdo con la Ley de Expropiación Forzosa, la expropiación total.

Para la delimitación de propiedades y relación de bienes afectados por el presente proyecto, se ha llevado a cabo una recopilación de la documentación existente en la Gerencia Territorial del Catastro.

Los términos municipales afectados por el proyecto son:

- Pontevedra, con un total de 914 parcelas o subparcelas afectadas.
- Vilaboa, con un total de 1.210 parcelas o subparcelas afectadas.

Dentro de estas parcelas se afectan a tres depósitos, tres viviendas y dos casetas. En cuanto a los depósitos está prevista su reposición en el proyecto.

3.13.3. Ocupaciones temporales

Se definen de este modo aquellas franjas de terrenos que resulta estrictamente necesario ocupar para llevar a cabo la correcta ejecución de las obras contenidas en el proyecto y por un espacio de tiempo determinado, generalmente coincidente con el período de finalización de ejecución de las mismas.

Dichas franjas de terreno adicionales a la expropiación tienen una anchura variable según las características de la explanación, la naturaleza del terreno y del objeto de la ocupación, y en el caso de este proyecto se realizarán para desvíos provisionales.

3.13.4. Afecciones impuestas por la reposición de servicios afectados

Para aquellos servicios cuyas reposiciones discurren paralelos y junto a la Autovía o variante de caminos se ha expropiado una franja adicional para la reposición de los mismos.

Aquellas otras reposiciones que, por sus características o exigencias del Reglamento General de Carreteras, se alejan sensiblemente de la franja principal de expropiación se estudian a continuación.

Las reposiciones de los Servicios Afectados imponen toda una serie de afecciones y servidumbres (fuera de la franja principal de expropiación necesaria para las obras de la autovía y su zona de dominio).

Zonas a expropiar

Son las necesarias para la ubicación de obras o unidades permanentes con ocupación de suelo, como las arquetas o postes.

Zonas de ocupación temporal

Se ha considerado una franja de 3 m. de anchura para la construcción de las conducciones de agua subterránea y canalización para líneas eléctricas o de teléfonos.

La anchura fijada se considera suficiente para el paso de maquinaria, acopio de materiales y productos de la propia excavación.

La duración de la ocupación temporal será la necesaria para la puesta en servicio de la conducción y llevará aparejada una indemnización.

No se incluyen en este apartado aquellas superficies correspondientes a arquetas u otros elementos singulares que ya se hayan incluido.

Zonas de servidumbre de paso

La servidumbre de paso se define como la correspondiente a las labores de mantenimiento de las instalaciones y a las actividades que se podrán realizar en esta franja para no perjudicar a la conducción.

Se establece una franja de 3 m. de anchura para la construcción de las conducciones de agua subterránea y canalización para líneas eléctricas o de teléfonos.

Zonas de servidumbre de vuelo

Las correspondientes a líneas aéreas de teléfonos y eléctricas, excepto las superficies correspondientes a los apoyos, que ya han sido incluidas.

Para las zonas de servidumbre de vuelo se ha adoptado una franja de la siguiente anchura:

- Línea de teléfonos 3 m.
- Líneas eléctricas
 - Línea de hasta 400 W 12 m
 - Línea de hasta 66 W 3 m
 - Línea de baja tensión 3 m

Tanto para la valoración de la servidumbre de vuelo como la de paso se ha tenido en cuenta un precio del 30 % del valor del suelo.

Como resumen, se incluye a continuación una tabla con las superficies en función del tipo de afección:

	Superficies (m2)
Expropiación	1.107.029,54
Ocupación temporal	16.950,52
Servidumbre de paso	15.208,27
Servidumbre de vuelo	2.703,17
TOTAL	1.141.891,51

Se ha previsto además la indemnización a los titulares de las cuadrículas mineras afectadas, distinguiéndose aquellas zonas que están en explotación de las que tienen autorización pero no han comenzado las extracciones, y de aquellas que tienen concesión para explotación pero no autorización o que sólo tienen permiso de exploración.

3.14. Reposición de Servicios

El diseño de la reposición de servicios se realiza distribuyendo los trabajos en diversas fases, como se describe seguidamente.

En una primera fase, los servicios existentes se identifican sobre la cartografía del terreno a escala 1:1000, resultante de la restitución de la cartografía obtenida con el vuelo fotogramétrico de la traza.

Una vez identificados los servicios sobre la cartografía y tomando ésta como referencia, se realiza una identificación de los mismos sobre el terreno. Esta identificación "in situ" de los servicios comprende las siguientes actividades:

- Identificación del tipo de servicio
- Identificación de la compañía titular del servicio, si existe constancia de la titularidad en las arquetas, postes, etc.
- Reportaje fotográfico de los servicios, con especial incidencia en las zonas en las que se prevé su reposición, basándose en el trazado del Estudio Informativo.
- Recogida de datos cualitativos del tipo de servicio (servicio aéreo o enterrado, tipología de postes, tipos y equidistancia entre arquetas) y recogida de datos topográficos, con especial incidencia en las zonas en las que se prevé realizar una reposición (coordenadas topográficas de la traza del servicio, coordenadas de ubicación de postes o torres, altura de los mismos, gálibo hasta la catenaria en líneas aéreas, etc.)

Una vez identificadas las compañías titulares de los distintos servicios existentes, así como los posibles organismos competentes que pudieran ostentar la titularidad pública de algún servicio, se establece contacto por carta certificada con los mismos, al objeto de:

- Informar a la Compañía u Organismo de las actuaciones que se van a proyectar y la existencia en la zona de servicios de su titularidad
- Solicitar a dichas Compañías u Organismos la relación completa de servicios de su titularidad en la zona de proyecto, que será contrastada con la relación de servicios identificados con los trabajos de campo ya realizados.
- Solicitar igualmente a las Compañías y Organismos cuantas características técnicas del servicio y criterios para la reposición se consideren oportunos para el correcto planteamiento y diseño de las mismas.

Una vez identificados los servicios que resultan afectados, estudiados los condicionantes geométricos derivados del trazado de la actuación, los condicionantes técnicos derivados del tipo de servicio y de los oportunos cálculos justificativos acordes a la reglamentación vigente, y teniendo en cuenta por último las directrices de reposición solicitadas por las Compañías y Organismos, se procede finalmente al diseño y valoración de las reposiciones de cada uno de los servicios afectados por las actuaciones proyectadas.

Por último, toda la información relativa a la reposición diseñada (trazado de la reposición, procedimiento de ejecución, valoración estimada, etc.) se envía a las Compañías respectivas a fin de solicitar su aprobación de la reposición propuesta.

Los distintos tipos de servicios afectados se resumen a continuación.

3.14.2. Líneas eléctricas

Con carácter general se plantea la reposición de las líneas eléctricas afectadas mediante la implantación de nuevos apoyos de celosía metálicos fuera del tronco del trazado, de la altura necesaria para efectuar el cruzamiento con la plataforma vial, manteniendo tanto el gálibo con la rasante de las calzadas proyectadas como las distancias horizontales dictadas por el Reglamento Sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias

ITC-LAT 01 a 09, aprobado por Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, concretamente en el punto 5 de la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07, conservando las condiciones originarias del servicio.

Se ven afectadas en el tramo de la autovía que se proyecta, una línea de alta tensión, propiedad de ENCE y 4 líneas de media tensión de Unión Fenosa; estas afecciones se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 100. Dado que, en el tramo concreto de estudio, el que afecta al paso del viaducto Rego do Barco no se afecta a ninguna de estos servicios no se profundizará en la descripción de los mismos, ni en sus respectivas soluciones.

3.14.3.Líneas de Telefonía

En la red de telefonía, propiedad de Telefónica, se producen hasta 6 afecciones en todo el tramo de autovía que se plantea, pero como en el tramo concreto de estudio no se afecta a ninguna de estos servicios no se profundizará en la descripción de los mismos, ni en sus respectivas reposiciones.

Las reposiciones se ejecutarán manteniendo las características de las líneas existentes en cuanto a materiales y propiedades y se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 300.

3.14.4.Red de Alumbrado

En los servicios de alumbrado se realizarán reposiciones de la red en varios puntos del tramo de autovía proyectado, ya que el trazado de ésta afecta a 4 redes de alumbrado en el Concello de Pontevedra, a 2 en el Concello de Vilaboa y a 3 de la Dirección General de Carreteras. Ninguna de estas afecciones se encuentra en el tramo del viaducto que se estudia en este proyecto, por lo que no se profundizará en la descripción de los mismos, ni en sus respectivas reposiciones.

El alumbrado de la zona presenta características heterogéneas puesto que hay luminarias sobre báculos, y luminarias sobre postes prefabricados de hormigón o de madera, muchas veces compartidos con otros servicios como por ejemplo telefonía. En los casos en los que las luminarias vayan montadas sobre columnas o báculos se realizará la reposición con elementos similares, pero en el caso de ir montadas sobre postes de madera u hormigón estos se sustituirán por columnas o báculos siempre que sea posible. Las afecciones a la red de alumbrado se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 200.

3.14.5.Conducciones de Gas y Gasoductos

El trazado de la autovía afecta a una conducción de gas de la compañía Gas Natural, esta reposición no se encuentra en el tramo concreto de estudio por lo que no se entrará en detalle.

Los criterios técnicos adoptados para la reposición del servicio afectado han sido proporcionados por la compañía titular del gasoducto, que en el caso que acontece es la empresa Gas Natural y mediante redacción de las Condiciones Generales y Condicionantes Técnicos Generales a tener en cuenta, tanto en el dimensionamiento de la losa, donde se

adjuntan croquis, como medidas a adoptar en el proceso constructivo de la misma. Este tipo de reposiciones se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 500.

3.14.6.Red de Saneamiento

La red de saneamiento sufre también afecciones a causa de la construcción de la autovía, en concreto se plantea una reposición en la red vecinal de Vilaboa y otra en la red de Acuagest.

Ya que no se produce ninguna afección en el tramo del viaducto estudiado, no se entrará en más detalles.

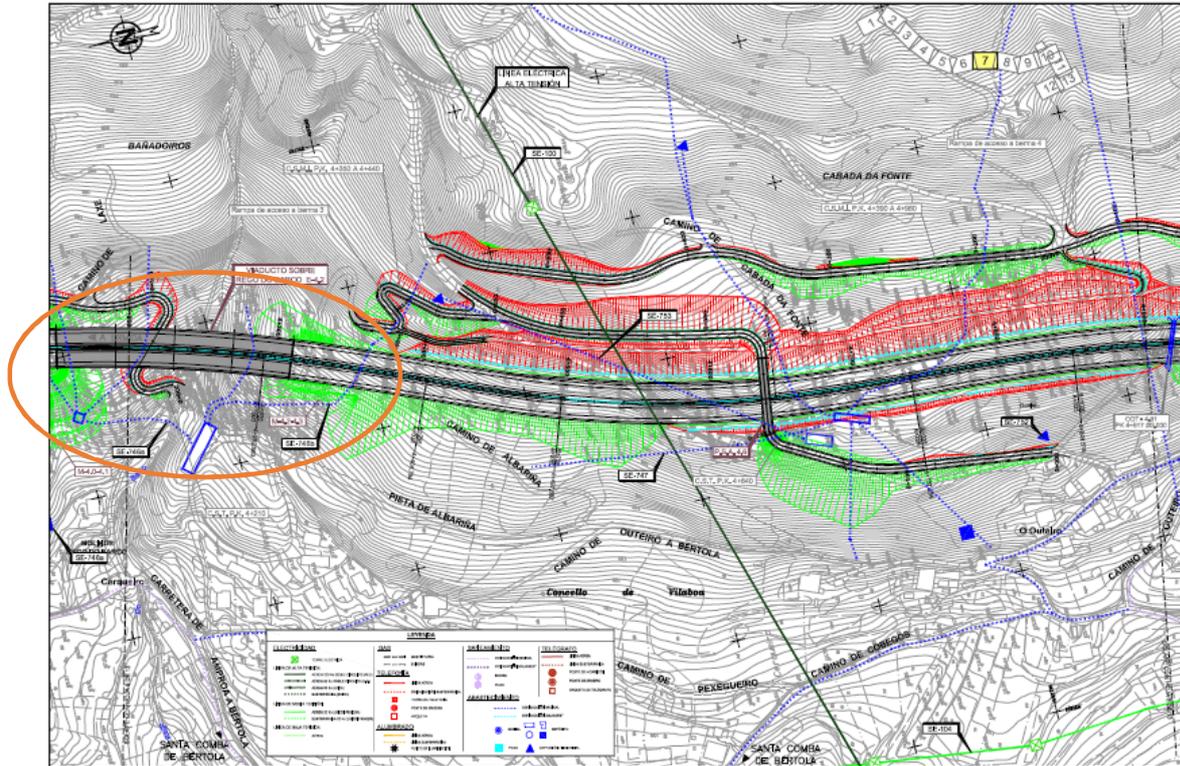
Para las reposiciones se usarán materiales y dimensiones de iguales características a los existentes y se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 600.

3.14.7.Red de Abastecimiento

La red de abastecimiento de aguas es la que más se ve afectada por el trazado de la nueva autovía. Estas afecciones se producen en conducciones de abastecimiento de Acuagest y al abastecimiento de comunidades vecinales como A Regueiriña, Alcouce, Carballeira, Santa Columa de Bértola, O Pobo, Fonte Rocín, Pusiño, Rego do Barco, Rial y Casfalcón.

En este conjunto de afecciones si encontramos alguna conducción interceptada en el tramo en que transcurre el viaducto Rego do Barco, estas se describen a continuación. Las afecciones a la red de abastecimiento se identificarán con las siglas RSA y enumeración a partir del 700.

- Abastecimiento de la Comunidad de usuarios de Rego do Barco:
 - RSA-746a: Desplazamiento de una arqueta en la que convergen las tres conducciones afectadas, para evitar el terraplén del tronco y se repondrán las conducciones de abastecimiento por medio de dos mangueras que discurrirán por el camino de servicio primero para después ir bordeando el terraplén hasta llegar a la nueva arqueta.
 - RSA-746b: Se ubicará una nueva captación aguas arriba del tronco y se repondrá la conducción bordeando el terraplén hasta unirse de nuevo con la conducción existente.
 - RSA-746c: Se repondrán las dos conducciones afectadas a través de sendas mangueras que irán bordeando el terraplén para cruzar el tronco a través de la obra de drenaje situada en el p.k. 3+870 y desde ahí irán bordeando el camino hasta llegar a la arqueta y depósito existentes.



3.14.8. Gestión de Residuos

De acuerdo a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, se ha elaborado un Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

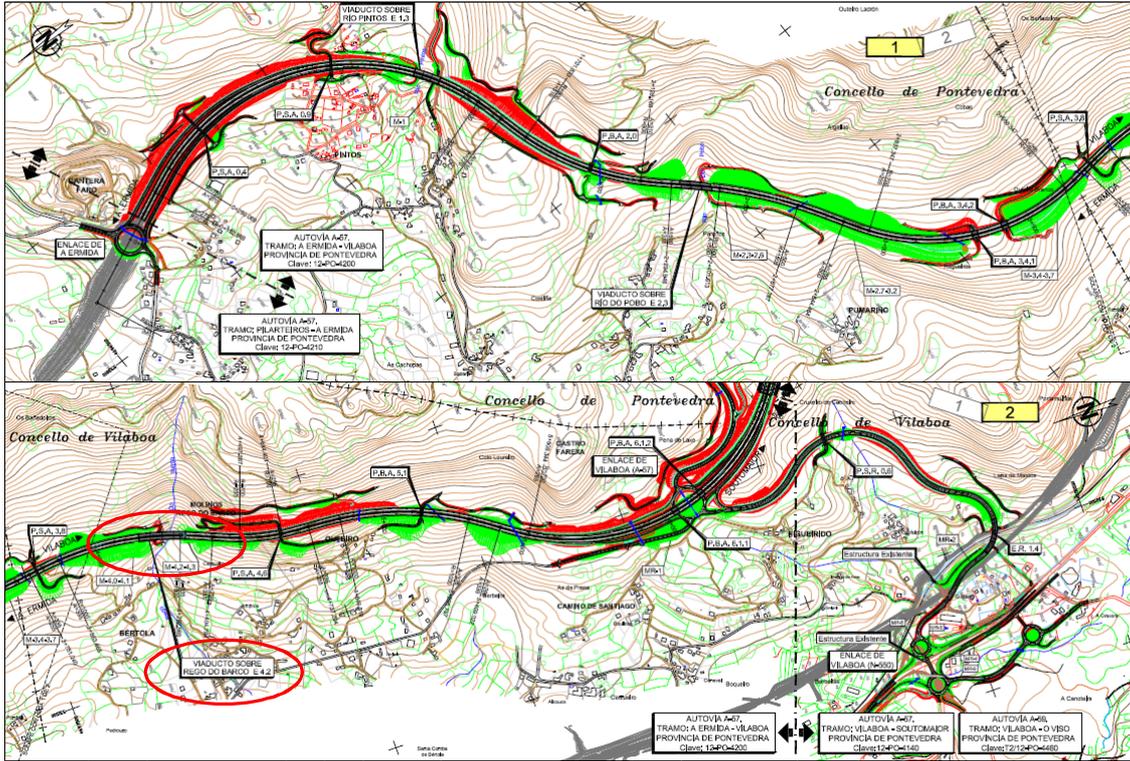
A este respecto se ha tenido en cuenta lo establecido en el artículo 3 de esta Ley, así como en el artículo 4 de la Ley 10/2008 de Residuos de Galicia, por la que se excluyen de su consideración como residuos *“las tierras y rocas no contaminadas de excavación utilizadas para la restauración, acondicionamiento y relleno, siempre y cuando pueda demostrarse de forma fehaciente su destino a reutilización”*.

Como ya se ha mencionado, se ha previsto el vertido de los productos de las excavaciones de la obra que resultan excedentarios de las mismas en zonas aprobadas para tal fin en los Estudios Informativos EI-1-PO-20 y EI-2-PO-24, así como en la restauración de un hueco minero próximo a la traza.

En consecuencia, la valoración de la gestión de estos excedentes ya se ha considerado en las partidas correspondientes al movimiento de tierras y no ha sido necesaria su introducción en el presupuesto de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición partida adicional ninguna.

4. Descripción de alternativas

Como solución a la ruptura del trazado causado por el curso del Rego do Barco en la Autovía A-57, en torno al P.K. 4+200 aproximadamente, se propondrán dos alternativas de tipología distinta para realizar un análisis comparativo de características y propiedades tanto técnicas, medioambientales como económicas. Para el diseño de ambas alternativas se pondrá especial atención en la integración paisajística y medioambiental en el entorno, cuidando la estética de la solución y buscando la máxima transparencia y el mínimo impacto y afección dentro de los condicionantes técnicos necesarios.



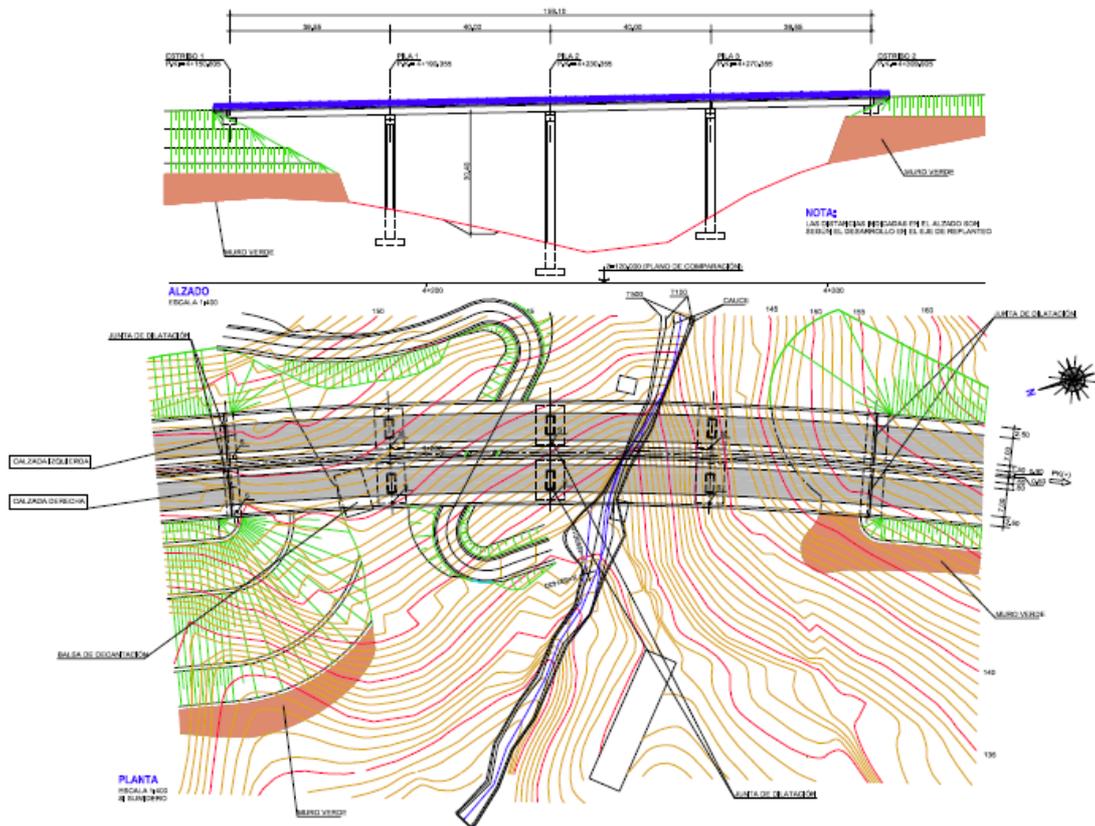
Localización estructuras

Se proponen dos alternativas para solucionar el viaducto, cada una de tipología diferente pero con ciertas características similares. A continuación, se describen ambas soluciones.

4.2 Alternativa 1

Para la primera solución que se plantea, se ha optado por un viaducto isostático de vigas prefabricadas de hormigón pretensado, biapoyadas en cada vano, concretamente, dos viaductos uno para cada calzada. El viaducto tiene una longitud de 159.1 m y un vano máximo de 40 m. La sección del tablero está compuesta por dos vigas artesas prefabricadas, para cada calzada, sobre las que se hormigonará in situ el tablero. El viaducto tiene una pendiente longitudinal del 1.57%, un peralte del 6.47% y un radio constante de 1012.75 m. Las pilas son de tipo pórtico y debido a su altura se proponen fustes huecos.

El viaducto Rego do Barco, tiene una longitud de 160 m aproximadamente, como ya se ha dicho, distribuidos en cuatro vanos de 39.55, 40, 40 y 39.55 m. Dadas las características de la estructura y las condiciones del trazado se ha decidido realizar viaductos independientes para cada calzada, de 13.17 m de anchura para la calzada izquierda y de 12.27 m para la calzada derecha, con dos carriles de circulación cada una. El viaducto se sitúa en una alineación curva en planta, con un radio constante de 1012.75 m.



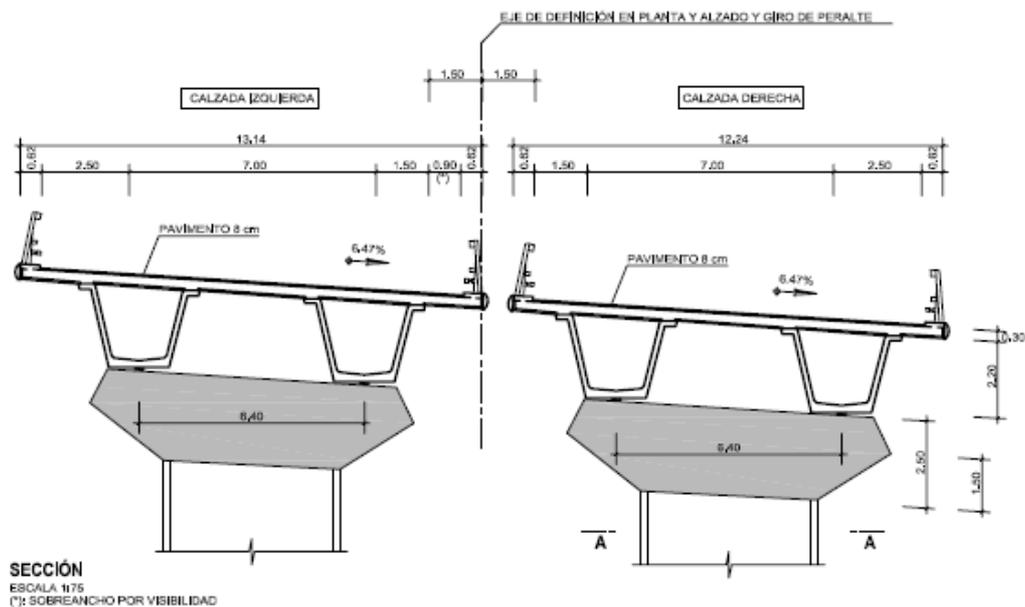
El encaje del viaducto está fuertemente condicionado por el terreno escarpado, por el conjunto de molinos Rego do Barco y por la presencia del núcleo habitado de Bértola, por lo que se intentará respetar en todo momento el patrimonio y reducir en todo lo posible las afecciones que se puedan realizar.





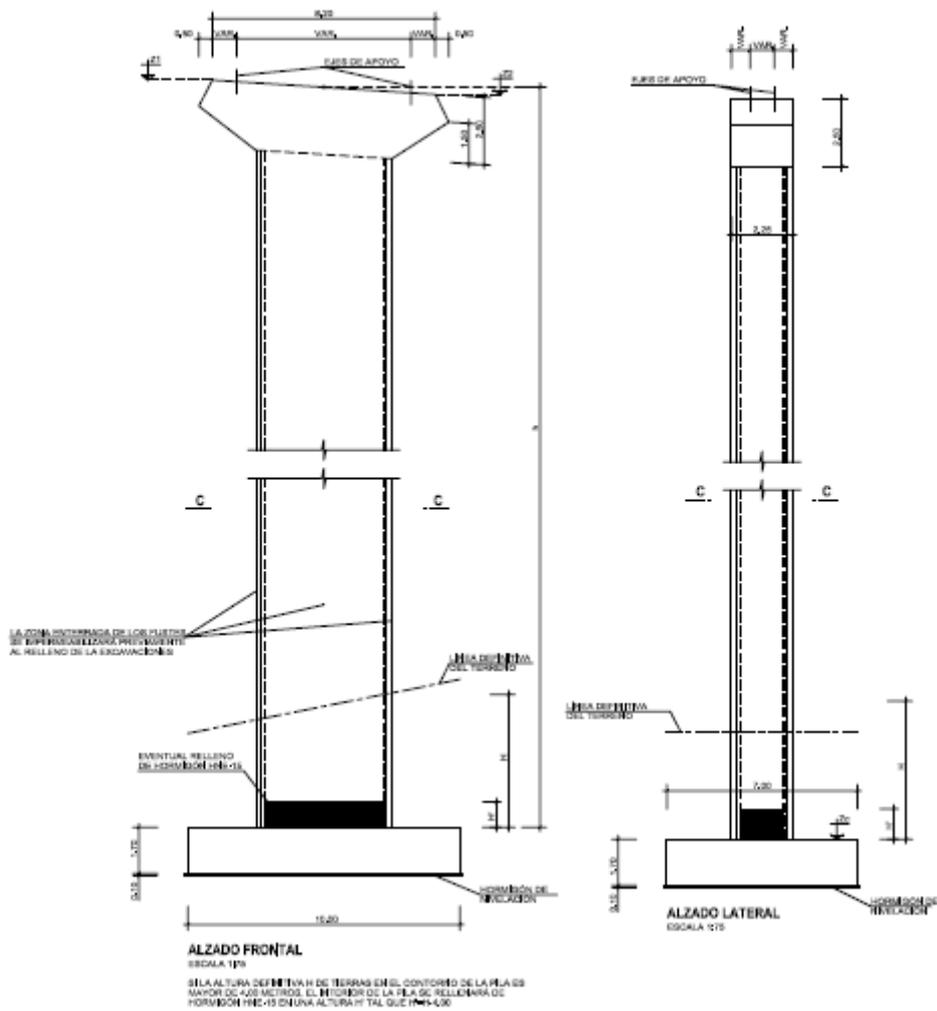
Imágenes del entorno y del conjunto de Molinos do Rego do Barco

El tablero se resuelve mediante dos vigas artesas prefabricadas en hormigón pretensado, por calzada, de 3.45 m de ancho y 2.39 m de canto constantes, llegando a alcanzar el tablero unos 2.5 m de canto constante. Sobre éstas se realizará in situ una losa de compresión de hormigón armado de 0.30 m de espesor, sobre placas de encofrado perdido y prelosas colaborantes.



Las pilas son de tipo martillo y presentan una notable esbeltez. Se proponen unas dimensiones constantes, en todos los sentidos, de 5 x 2.25 m con fustes huecos de 30 cm de espesor, una por calzada en cada apoyo. La sección transversal de las pilas es octogonal, ya que se prevé un achaflanamiento de las esquinas de 0.2 x 0.2 m. La altura de las pilas oscila entre los 30 y los 38.50 m. Sobre cada pila coronará un dintel de hormigón en el que se apoyarán las vigas artesas. Para los apoyos de las vigas en el dintel, se prevén apoyos de neopreno zunchado sobre capa de mortero de asiento.

La cimentación de las pilas consistirá en zapatas rectangulares de 10 x 7 m de hormigón armado realizadas in situ, sobre capa de hormigón de nivelación.



Para los estribos se proponen, gracias al isostatismo de la estructura, sillars-cargadero sobre los terraplenes de acceso.

4.2.1. Procedimiento constructivo

Para poder comenzar a construir el viaducto, será necesaria la adecuación del terreno, puesto que, como ya se ha mencionado anteriormente, se trata de una zona con gran cantidad de maleza y vegetación, a la vez de presentar también una pendiente importante. Para ello ha de ser desbrozada y adecuada la zona de trabajo de los estribos y las pilas, así como de todo el terreno susceptible de ser utilizado durante la construcción del viaducto. Se utilizará un bulldozer, una retro y un camión extravial para la recogida y se tratarán los restos del desbroce y la tala de árboles.

En total el material a desbrozar se estima en unos 1.000 m² y la duración del proceso en unas 24 – 48 h.

Al trabajo de desbroce se le suma el de la limpieza de la zona de materiales de desecho; posteriormente se procederá a la señalización y vallado de la zona de obra para evitar el acceso de personal ajeno. En total supondrá un plazo de 4 días.

El siguiente paso es ejecutar las excavaciones pertinentes en las zonas de las pilas y de los estribos, así como los rellenos locales que sean necesarios, es decir, se trata de preparar la plataforma de trabajo para la realización de las cimentaciones. Para estos trabajos será necesario el mismo equipo que para los trabajos anteriores, un bulldozer, una retroexcavadora de orugas y un camión de tres ejes. Se considera que el total del terreno a excavar es de unos 13.840 m³.

A continuación, se realizará una limpieza de fondo para poder colocar una estrecha capa de hormigón de limpieza sobre el que se encofrarán las zapatas de las pilas; posteriormente se colocan las ferrallas de las zapatas. Una vez colocada la armadura de las cimentaciones y las esperas que unirán la cimentación con las pilas y los muros de los estribos, se disponen los encofrados y se vierte el hormigón in situ. Como plan de obra se supondrá un tiempo de un día por cada cimentación, es decir un total de ocho.

Posteriormente se construyen los alzados de las pilas que se realizarán mediante la técnica del encofrado trepante, teniendo en cuenta que se necesitarán ciertos aparatos de cimbra y el trabajo conjunto de encofradores y ferrallistas. Se debe asegurar que durante el hormigonado llevado a cabo no se produzca un parón en el suministro de hormigón para evitar discontinuidades estructurales. Tras el vertido, es necesario el vibrado de hormigón tras lo cual se dejará curar en los plazos establecidos, previamente a su desencofrado. El plazo de ejecución se supondrá de 2 semanas por cada par de pilas.

Una vez ejecutadas las pilas, se colocarán los encofrados y las armaduras para los dinteles para proceder a hormigonarlos in situ, y sobre los que se colocarán un par de apoyos de neopreno zunchado que irán apoyados sobre un hormigón de nivelación. Dichos apoyos transmiten las cargas verticales y horizontales con seguridad y son capaces de absorber desplazamientos y giros resultando el nexo ideal entre las vigas y las pilas. El tiempo estimado para la ejecución completa de las pilas y sus dinteles es de 7 semanas.

Cuando ya tengamos ejecutados los estribos y las pilas, ya se puede proceder a colocar las vigas prefabricadas de hormigón armado, para lo cual se precisará de un par de grúas telescópica para apoyarlas de manera precisa. Se estiman 3 días para la colocación de las vigas prefabricadas.

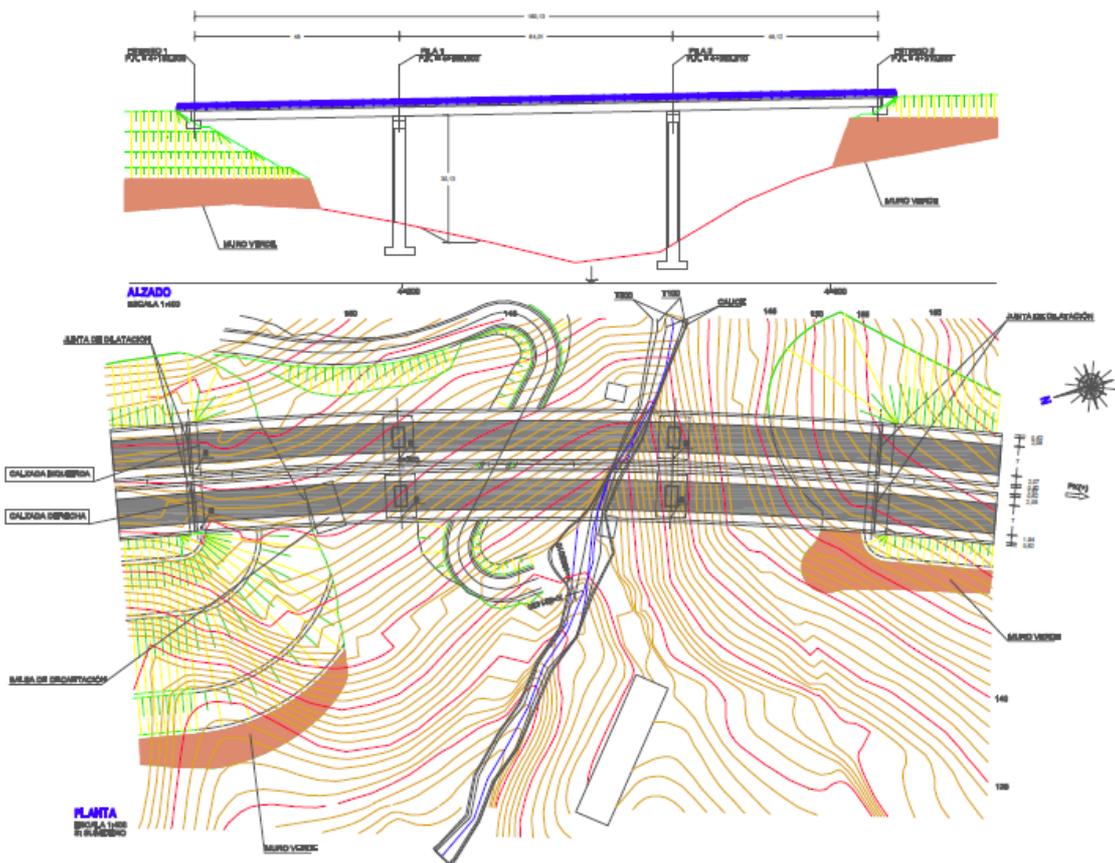
Para continuar se procede a colocar sobre las vigas prefabricadas las placas de encofrado perdido y prelosas colaborantes que sostendrán el tablero y posteriormente se hormigonará in situ sobre ellas. Dichas losas se colocarán con la ayuda de grúas auxiliares y deben estar debidamente arriostradas, para solidarizar todos los elementos. Una vez colocadas las losas y prelosas se procederá a ferrallar la losa de compresión que formará el tablero. Finalmente se hormigonará la losa de compresión. Se estiman 3 semanas para la realización de estos trabajos.

Una vez a haya transcurrido el tiempo necesario de fraguado del tablero y se haya adquirido una resistencia inicial suficiente, se procederá al afirmado del mismo extendiendo las capas bituminosas necesarias para el tráfico rodado así como a la colocación de los elementos de seguridad y drenaje necesarios como pueden ser bordillos, pretilas y demás operaciones de finalización del viaducto.

4.3 Alternativa 2

La segunda opción se basa en la construcción del viaducto sobre dos vigas cajón mixtas de acero y hormigón con un esquema de viga continua, y como en la primera alternativa, se proyectan viaductos independientes para cada calzada. El viaducto Rego do Barco tiene 160 m de longitud distribuidos en este caso de la siguiente manera: 48 m, 64 m, 48 m. La sección del tablero está compuesta por dos cajones mixtos sobre los que se hormigonará in situ una losa de compresión de hormigón que formará el tablero. El viaducto tiene una pendiente longitudinal de 1.57%, un peralte del 6.47% y un radio constante de 1012.75 m. Las pilas se proyectan de tipo martillo con fustes huecos debido a la altura.

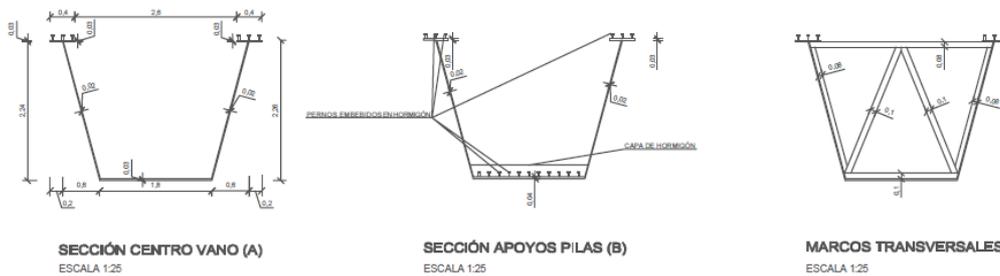
Dadas las características especiales de la estructura y las condiciones del trazado se ha decidido realizar viaductos independientes para cada calzada, de 12.51 m de anchura para la calzada izquierda y de 12.23 m para la calzada derecha, con dos carriles de circulación cada una. El viaducto se sitúa en una alineación curva en planta, con un radio constante de 1012.75 m.



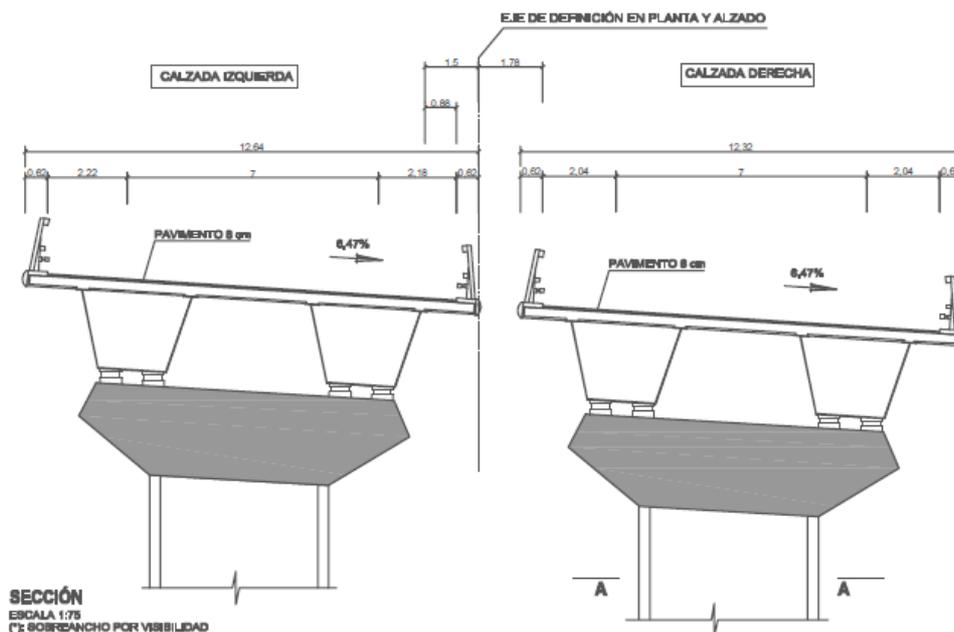
Al igual que en el caso de la primera alternativa el encaje del viaducto está fuertemente condicionado por la vaguada generada a favor del Rego do Barco, por el conjunto de molinos y por la presencia del núcleo habitado de Bértola. Por ello en esta segunda alternativa se intenta reducir un poco más la afección al entorno realizando solamente tres vanos y eliminando la pila intermedia que se plantea en la Alternativa 1, de esta manera tanto el conjunto de molinos Rego do Barco como el propio curso del río se ven menos afectados.

Para el tablero se proyectan dos vigas tipo cajón estricto mixto de acero y hormigón, una solución integradora entre las soluciones de tipo bijácena y las de cajón cerrado, para

intentar conseguir el mayor aprovechamiento del hormigón y del acero. La estructura presenta zonas de momentos negativos en los apoyos de las pilas y positivos en los centros de vano, por esta causa el dimensionamiento de las vigas es variable. En las zonas de momentos negativos, sobre las pilas, la estructura presentará losas de hormigón in situ realizadas mediante encofrados inferiores sustentados en las platabandas inferiores de las vigas, conformando la unión entre acero y hormigón mediante pernos embebidos en la losa, además la distancia entre los elementos rigidizadores transversales será menor. En las zonas de centros de vanos, el sistema cajón se cierra inferiormente mediante chapas de espesor relativamente reducido, unidas longitudinalmente a las platabandas inferiores y debidamente rigidizadas longitudinal y transversalmente, mediante los elementos modulares de los diafragmas de celosía y rigidizadores intermedios, pero con una distancia mayor entre los mismos.



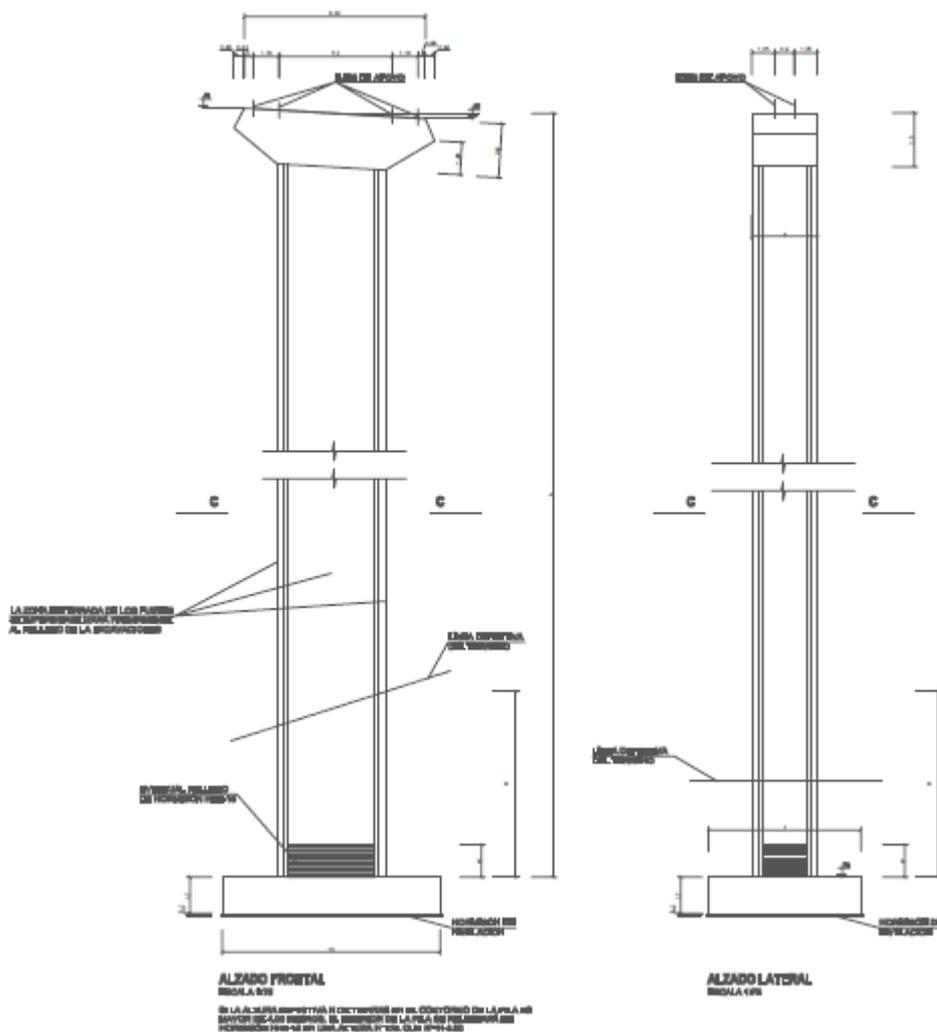
El canto total de la pieza mixta en su eje longitudinal es de 2.2 m. El ancho superior del cajón es de 3.4 m y el ancho inferior es de 1.8 m constantes en todo el viaducto. El fondo del cajón es horizontal y el peralte se consigue con el sistema de apoyos. El sistema metálico se completa con unas celosías con triangulación superior situadas en la parte alta de la viga cajón metálica, con cruce de sus diagonales en el eje del perfil central y montantes metálicos, para mantener el cierre de la sección y permitir la transferencia del flujo de tensiones tangenciales de la torsión uniforme, garantizada por la apropiada presencia de los diafragmas antidistorsión.



Las plataformas de los tableros están constituidas por una losa de hormigón armado de canto constante de 0.30 m de espesor eficaz, para completar los 12.51 y 12.23 m de las anchuras totales de dichas losas.

Las pilas son de tipo martillo y presentan una notable esbeltez. Se proponen unas dimensiones constantes, en todos los sentidos, de 5 x 3 m con fustes huecos de 30 cm de espesor, una por calzada en cada apoyo. La sección transversal de las pilas es octogonal, ya que se prevé un achaflanamiento de las esquinas de 0.2 x 0.2 m. La altura de las pilas oscila entre los 30.9 y los 35.46 m. Sobre cada pila coronará un dintel de hormigón en el que se apoyarán las vigas cajón mixtas. Para los apoyos de las vigas en el dintel, se prevén dos apoyos de neopreno para cada viga.

La cimentación de las pilas consistirá en zapatas in situ rectangulares de 10 x 7 m de hormigón armado.



Para los estribos se proponen sillas-cargadero estribos cerrados sobre los terraplenes de acceso.

4.3.1. Procedimiento constructivo

Para poder comenzar a construir el viaducto, será necesaria la adecuación del terreno, puesto que, como ya se ha mencionado para la alternativa anterior, se trata de una zona con gran cantidad de maleza y vegetación. Para ello ha de ser desbrozada y adecuada la zona de trabajo de los estribos y las pilas, así como de todo el terreno susceptible de ser utilizado durante la construcción del viaducto. Se utilizará un bulldozer, una retro y un camión extravial para la recogida y se tratarán los restos del desbroce y la tala de árboles.

En total el material a desbrozar se estima en unos 1000 m² y la duración del proceso en unas 24 – 48 h.

Al trabajo de desbroce se le suma el de la limpieza de la zona de materiales de desecho; posteriormente se procederá a la señalización y vallado de la zona de obra para evitar el acceso de personal ajeno y se tendrá especial cuidado con la señalización del sistema de molinos. En total supondrá un plazo de 4 días aproximadamente.

El siguiente paso es ejecutar las excavaciones pertinentes en las zonas de las pilas y de los estribos, así como los rellenos locales que sean necesarios, se trata de preparar la plataforma de trabajo para la realización de las cimentaciones. Para estos trabajos será necesario el mismo equipo que para los trabajos anteriores, un bulldozer, una retroexcavadora de orugas y un camión de tres ejes. Se considera que el total del terreno a excavar es de unos 13437 m³

Para continuar se realizará una limpieza de fondo y poder colocar una estrecha capa de hormigón de limpieza sobre el que se encofrarán las zapatas de las pilas; posteriormente se colocan las ferrallas de las zapatas. Una vez colocada la armadura de las cimentaciones y las esperas que unirán la cimentación con las pilas y los muros de los estribos, se disponen los encofrados y se vierte el hormigón in situ. Como plan de obra se supondrá un tiempo de un día por cada cimentación, es decir un total de seis.

Posteriormente, se construyen los alzados de las pilas que se realizarán mediante la técnica del encofrado trepante, teniendo en cuenta que se necesitarán ciertos aparatos de cimbra y el trabajo conjunto de encofradores y ferrallistas. Se debe asegurar que durante el hormigonado llevado a cabo no se produzca un parón en el suministro de hormigón para evitar discontinuidades estructurales. Tras el vertido, es necesario el vibrado de hormigón tras lo cual se dejará curar en los plazos establecidos, previamente a su desencofrado. El plazo de ejecución se supondrá de 2 semanas por cada par de pilas.

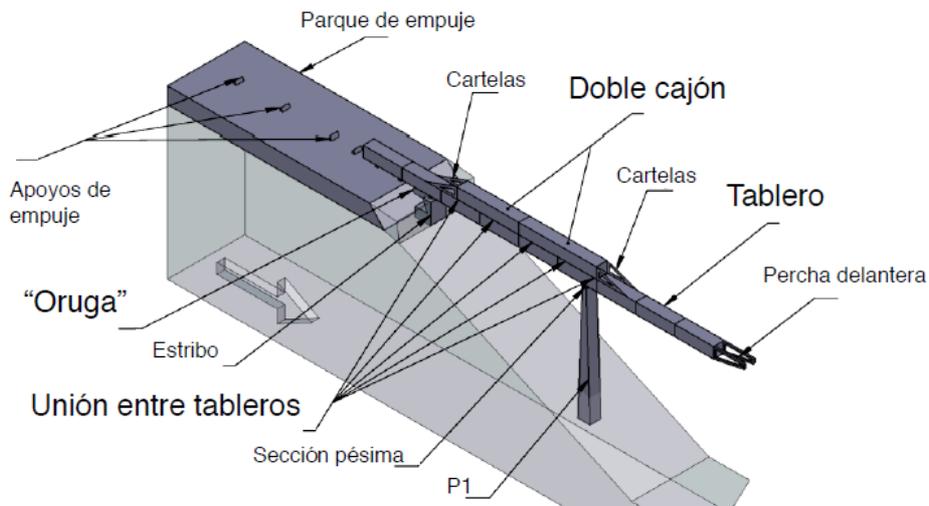
Una vez ejecutadas las pilas, se colocarán los encofrados y las armaduras para los dinteles para proceder a hormigonarlos in situ, y sobre ellos, se colocarán un par de apoyos de neopreno zunchado que irán apoyados sobre un hormigón de nivelación. Dichos apoyos transmiten las cargas verticales y horizontales con seguridad y son capaces de absorber desplazamientos y giros resultando el nexo ideal entre las vigas y las pilas. El tiempo estimado para la ejecución completa de las pilas y sus dinteles es de 6 semanas.

Cuando ya tengamos ejecutados los estribos y las pilas, ya se puede proceder a colocar las vigas mixtas. Para ello se utilizará el método de empuje de puentes continuo y autoportante, sistema patentado en colaboración por las Universidades de Cantabria (GITECO) y Oviedo (GICONSIME) y utilizado para el desplazamiento de grandes estructuras en amplias luces. Este procedimiento trata de un sistema de lanzamiento de tableros de puentes o viaductos, en el cual, gracias a la disposición del último vano de la estructura definitiva encima del tablero a empujar, y materializando la unión de ambas partes, se consigue el refuerzo de las secciones pésimas en situación de máximo voladizo durante el

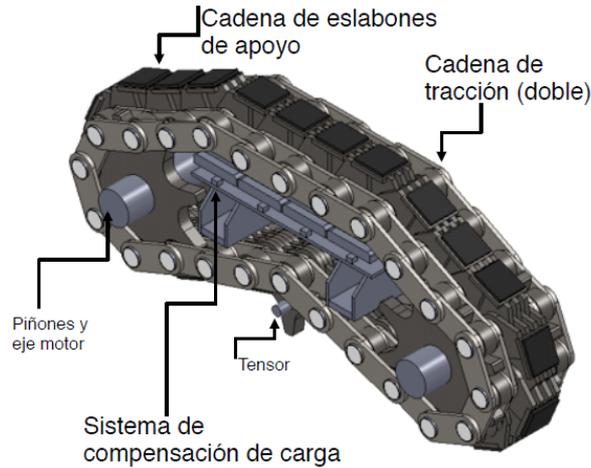
avance, trabajando ambas partes de forma solidaria y colaborando para resistir los esfuerzos presentes.

Para poder realizar este procedimiento, se necesitará un parque de empuje en el extremo del estribo 1 del viaducto, en el que se irán añadiendo las dovelas para conformar los tableros. En primer lugar, se construirán los dos primeros vanos y se materializará la unión definitiva entre estos mediante soldadura y posteriormente se conformará el último vano. Una vez los vanos estén preparados se dispondrá el sistema de la siguiente manera, el primer tablero montado por la adición de las dovelas de los vanos 1 y 2 se configura para ser desplazado longitudinalmente y sobre él, se coloca el tablero del último vano sobre la parte superior de los primeros, a cierta distancia del extremo de avance, y unidos solidariamente ambos tableros mediante medios de unión desmontables.

Una vez configurado y solidarizado el conjunto se puede proceder a empujar los tableros, que realizarán el movimiento gracias a un mecanismo de desplazamiento bidireccional continuo, que permite transportar estructuras pesadas mediante una fuerza de fricción entre el mecanismo y la estructura. Este mecanismo estará compuesto por unos accionamientos que pueden girar transmitiendo su movimiento a unas cadenas de tracción unidas por bulones, sobre los que se disponen unas placas de apoyo que serán las encargadas de desarrollar la capacidad de empuje por rozamiento. Para garantizar la completa adaptación de las placas de apoyo, se disponen unos cilindros hidráulicos para aportar mayores desplazamientos verticales al conjunto. Asimismo, el mecanismo dispone de un sistema de compensación de carga y seguridad, así como de una carcasa protectora.



Sistema y Método de Lanzamiento de Estructuras



Dispositivo de Desplazamiento Continuo de Estructuras

Cuando tras haber realizado el empuje del conjunto de tableros se alcance la segunda pila y los dos primeros vanos estén en su posición definitiva, se procederá a colocar el tablero superior, correspondiente al último vano, en su posición mediante grúas, y se materializará la unión de los dos últimos vanos mediante soldadura.

Como ya se ha venido explicando, para la realización y colocación completas de las vigas y sus tableros, se necesitará un parque de empuje o lanzamiento adecuado al procedimiento descrito y con todos los medios auxiliares precisos, además de dos grúas telescópicas para realizar la operación de colocación de los últimos vanos. El plazo de ejecución se estima en unas 7 semanas.

Para continuar se procede a colocar sobre las vigas las placas de encofrado perdido y prelosas colaborantes que sostendrán el tablero que posteriormente se hormigonará in situ sobre ellas. Dichas losas se colocarán con la ayuda de grúas auxiliares y deben estar debidamente arriostradas, para solidarizar todos los elementos. Una vez colocadas las losas y prelosas se procederá a ferrallar la losa de compresión que formará el tablero. Finalmente, se hormigonará la losa de compresión. Se estiman 3 semanas para la realización de estos trabajos.

Una vez haya transcurrido el tiempo necesario de fraguado del tablero y se haya adquirido una resistencia inicial suficiente, se procederá al afirmado del mismo extendiendo las capas bituminosas necesarias para el tráfico rodado así como a la colocación de los elementos de seguridad y drenaje necesarios como pueden ser bordillos, pretilas y demás operaciones de finalización del viaducto.

5. Estudio comparativo

El principal objeto de este proyecto pretende estudiar y analizar las dos alternativas que se han planteado como solución al tramo de la Autovía A-57 en su paso a través del Rego do Barco y para el cual se ha decidido construir un viaducto. Para ello se intentará estudiar y comparar las características más representativas de cada una de las alternativas, se realizarán y contrastarán ambos modelos de cálculo estructural y se presentará un análisis comparativo sobre los presupuestos y el impacto ambiental.

Para la realización del análisis, se ha partido de la comparación de las distintas propiedades y características de los materiales que conforman cada una de las alternativas que se plantean. En lo que se refiere al análisis técnico y para poder realizar una buena comparación estructural, se han utilizado los datos obtenidos de los modelos introducidos en el programa Sofistik. Con todo ello y para intentar ser lo más objetivo posible se realiza también un análisis multicriterio para poder valorar y comparar conjuntamente cada una de las alternativas.

5.1 Características más representativas de las alternativas

Si observamos ambas soluciones, se puede pensar que aparentemente son bastante similares en cuanto a la geometría se refiere, pero presentan diferencias esenciales. Para comenzar resaltaremos las características que ambas alternativas tienen en común. En ambas soluciones, se plantea construir viaductos independientes para cada calzada con anchuras que varían entre los 12,23 y los 13,13 m y con un espesor de 30 cm en todos los casos. Los sistemas de apoyo son prácticamente idénticos, tanto para las pilas como para el caso de los estribos. En ambas opciones se diseñan pilas de tipo pórtico de hormigón armado con fustes huecos y con dinteles en coronación donde se apoyarán las vigas. Las dimensiones de las pilas son de 5 x 2,25 m en un caso y de 5 x 3 m en el otro. Para los estribos se diseñan en las dos alternativas sillares cargaderos sobre muros verdes.

A continuación, se presentarán las principales diferencias que existen entre las dos soluciones planteadas. En primer lugar, cabe destacar la diferencia en el número de vanos de cada una de las alternativas, siendo de cuatro en el caso de la Alternativa 1 y de tres en el caso de la Alternativa 2. De esta manera se consigue con la segunda opción, reducir la afección tanto al valle del Rego do Barco, como al conjunto de molinos existente bajo el curso del viaducto, así como reducir también la cantidad de hormigón armado necesario para la construcción.

En segundo lugar, hay que mencionar y destacar la principal diferencia entre ambas alternativas, el tipo de vigas que conforman las secciones de cada viaducto. Tendremos dos vigas artesas prefabricadas de hormigón armado por calzada en la Alternativa 1, que trabajarán como vigas biapoyadas en cada vano conformando un sistema isostático. En la Alternativa 2 se ha decidido sustituir las vigas prefabricadas de hormigón por vigas cajón mixtas de acero y hormigón, pero también se propone construir la sección de cada calzada con dos vigas. En esta segunda opción el sistema trabajará como viga continua.

La primera alternativa supone una solución simple y conservadora a la vez que económica, logrando un buen equilibrio entre el concepto, el proceso constructivo y el presupuesto. En cambio, la segunda es mucho más efectiva, tanto a la hora de maximizar las luces de los vanos, como sobre el comportamiento estructural del sistema y en concreto

aprovechando de manera mucho más eficaz la doble acción conjunta que presentan las vigas mixtas con el comportamiento conjunto del hormigón y del acero mejorando la rigidez torsional y la resistencia a flexión. Una de las principales ventajas de los puentes mixtos, incluso para luces pequeñas, es que su construcción se puede hacer igual que la de un puente metálico con las ventajas que esto representa por su mayor ligereza. Es más sencillo montar un cajón metálico de 40 m de luz que uno de hormigón. El problema singular de las estructuras mixtas es la conexión entre el hormigón y el acero para asegurar que ambos materiales trabajen conjuntamente; para ello se debe transmitir el esfuerzo rasante que se desarrolla en la unión de un material a otro.

5.2. Análisis de las propiedades y características de cada tipo de viga.

5.2.1. Ventajas e inconvenientes de Vigas prefabricadas en hormigón

Las vigas prefabricadas en hormigón armado, representan la solución más habitual para la construcción de puentes con luces medias, ya que su coste es mucho menor que el de una viga de acero.

La versatilidad en el diseño para adaptarse a casi cualquier forma, permite que sea el elemento idóneo para ciertos casos concretos en los que se requiera un diseño especial.

Los elementos fabricados en hormigón poseen una resistencia a la compresión excelente, pero a la hora de soportar esfuerzos de tracción no representan una buena solución, ya que tienen una resistencia casi nula a las tracciones. Este problema se resuelve al añadir un armado de acero que dota a las vigas de una resistencia conjunta mayor.

Peso propio en torno a 2200 – 2400 kg/m³, presentando una buena relación entre la capacidad resistente y el peso de cada elemento. De esta manera, los elementos prefabricados en hormigón, dotan de una gran resistencia y solidez a la sección.

Se puede utilizar una gran variedad de tipos de hormigón, de mayor resistencia y de mejores prestaciones, para así poder disminuir la sección necesaria y con ello el peso de la pieza y la magnitud de los medios de transporte y montaje necesarios para la construcción.

La resistencia estructural y la estabilidad son máximas incluso en condiciones adversas, como en el caso de incendios o frente a ataques químicos.

A la hora del montaje se ahorran apuntalamientos, cimbras y encofrados. Pero exige el desarrollo de adecuados procedimientos de montaje, grúas, grandes medios de transporte...

El desmoldeo en edades tempranas, para la reutilización del molde del encofrado y reducir el ciclo de fabricación, requiere suficiente resistencia a esas edades tempranas, en especial en piezas pretensadas, lo que exige hormigones de alta resistencia final.

Se recomienda la utilización solo para luces moderadas (< 50m).

Se trata de un material heterogéneo, por lo que, a pesar de los controles de la prefabricación, puede llegar a presentar imperfecciones.

La prefabricación en taller de vigas de hormigón posee ventajas y desventajas, se realiza un buen control de calidad durante todas las etapas de la fabricación y el acabado y proporciona un posterior montaje en obra mucho más sencillo. Por el contrario los elementos prefabricados presentan grandes dimensiones, con lo que su transporte no suele

ser muy cómodo, además, tienen escasa resistencia a esfuerzos horizontales en fase de montaje especialmente, sobre todo en estructuras isostáticas.

5.2.2. Ventajas e inconvenientes de vigas mixtas

La estructura mixta es una nueva forma de colaboración del acero y el hormigón, en este caso yuxtapuestas, no mezcladas como en el caso del hormigón armado y pretensado, pero sí conectados para que trabajen conjuntamente.

La sección mixta aprovecha las características de dichos materiales de la forma más adecuada, no solo bajo el aspecto resistente, sino también en el constructivo, a pesar de que las vigas mixtas presentan una mayor dificultad de adaptación a formas variadas que las vigas prefabricadas en hormigón.

El acero, y por tanto las vigas prefabricadas mixtas tienen una alta resistencia mecánica en comparación con vigas prefabricadas de hormigón, presentando también una buena resistencia al choque y a sollicitaciones dinámicas como los seísmos. En cambio, la sensibilidad que poseen las vigas mixtas ante la corrosión, el fuego y ante una rotura frágil es baja.

El peso propio del acero es de 7850 kg/m³, mayor que el del hormigón, pero dado que la cantidad de material se reduce, el acero otorga a las vigas una ligereza mayor que facilitará los procedimientos de transporte, montaje y proporcionará un peso menor a la estructura. La ventaja de ser elementos ligeros y con reducido peso propio también aporta inestabilidad a las vigas prefabricadas mixtas.

Este tipo de vigas están conformadas por acero mayoritariamente, el cual es un material homogéneo y de calidad controlada lo que aporta una alta fiabilidad.

Es más sencillo realizar refuerzos y/o reformas posteriores sobre vigas de acero que sobre vigas de hormigón.

El acero tiene un valor residual alto, lo que facilita que, una vez ha cumplido su función, pueda ser reciclado o reutilizado.

Ventajas de la prefabricación, fabricación en taller con buen control de calidad durante la fabricación y el acabado y posterior unión de manera sencilla en obra.

El coste del acero es mayor que el del hormigón, por lo que el precio de las vigas prefabricadas mixtas también lo será.

La aplicación de la sección mixta en puentes tiene un sentido importante a la hora de salvar luces importantes, lo que exige un control del peso propio, siendo interesante la opción mixta frente a la del hormigón, por su menor peso. Además, algunas dificultades constructivas dadas por la topografía son más fácilmente eludibles con estructuras mixtas.

5.2.3. Conclusión

A la vista de todas las características y propiedades anteriormente mencionadas, se procederá a realizar un contraste entre las mismas para evaluar, en cada caso, que tipo de viga es más beneficiosa en cada aspecto concreto.

Contrastando toda la información se puede observar que entre las vigas prefabricadas de hormigón y las vigas mixtas existen grandes diferencias, pero es cierto también, que ambas opciones comparten alguna que otra característica.

Destacan como principales diferencias:

La versatilidad de diseño a la hora de construir formas variadas y complejas, es muy superior en el caso de prefabricados de hormigón, ya que, con el molde preciso, se puede llegar a obtener casi cualquier forma que se necesite. El acero, en cambio, no permite la creación de formas complejas. Por lo tanto, este aspecto será más beneficioso para la elección de la Alternativa 1 formada por vigas prefabricadas de hormigón armado.

La resistencia mecánica, el acero posee una resistencia mecánica mucho mayor que la del hormigón, destacando su gran capacidad para soportar esfuerzos de tracción. En el caso del hormigón, este material es idóneo a la hora de resistir compresiones. Por todo ello las vigas mixtas, que combinan la doble acción de los dos materiales, suponen una solución mucho más efectiva a la hora de resistir las cargas a las que se verá sometido el viaducto, así que teniendo en cuenta este factor será la Alternativa 2 la escogida.

El peso propio, obviamente en el caso del acero el peso es mayor que el del hormigón, pero a la hora de conformar las vigas, la reducción de material que se obtiene en el caso de las vigas mixtas provoca que sean estas las que ganan la partida. El reducido peso propio que poseen las vigas mixtas en comparación con las de hormigón armado aporta una gran ligereza a las vigas, facilitando su montaje y reduciendo el peso de la estructura.

Limitación de luces. Teniendo en cuenta esta característica está claro que las vigas conformadas en acero pueden llegar a cubrir luces mucho mayores que las fabricadas en hormigón; además en casos de vigas continuas la luz máxima puede considerarse un 12% mayor que la luz de una viga equivalente simplemente apoyada, para las mismas condiciones de carga. Con estas consideraciones será la Alternativa 2 la que consigue alcanzar luces mayores y por lo tanto son las vigas mixtas las que ganan la partida teniendo en cuenta este factor.

El coste de fabricación de las vigas, teniendo en cuenta este dato es la Alternativa 1 con las vigas prefabricadas en hormigón la que sale beneficiada ya que la diferencia de precio es bastante grande en comparación con las vigas mixtas.

En el supuesto caso de que en un futuro se quiera ampliar la vía, y por lo tanto el viaducto, es más sencillo y menos costoso realizar ampliaciones en estructuras de acero que estructuras de hormigón. Así que pensando en una futura ampliación la Alternativa 2 sería la idónea.

Teniendo en cuenta el valor residual de los dos tipos de vigas, serán las vigas mixtas las que tengan un valor más elevado, ya que la reutilización y el reciclaje del acero está mucho más demandado y resulta más útil que la reutilización del hormigón armado.

El montaje siempre dependerá del procedimiento constructivo escogido en cada caso. Tal como se ha dicho anteriormente, las vigas mixtas tienen una ligereza mayor y unas dimensiones menores y además el proceso constructivo que se ha escogido, sistema de empuje continuo con doble cajón, resulta mucho más rápido, efectivo y precisa de menores medios auxiliares que en el proceso constructivo de la opción con vigas de hormigón pretensado, en la cual se realiza la colocación de las vigas mediante grúas. Así que, diremos que el montaje y el transporte de las vigas mixtas será más cómodo y sencillo que en el caso de las vigas prefabricadas en hormigón.

Características en común:

En las dos alternativas ambos tipos de vigas son prefabricadas en taller, por lo que tanto las vigas mixtas, como las vigas de hormigón armado, poseerán todas las ventajas e inconvenientes de la prefabricación, mayor control de calidad, fiabilidad, medios de montaje y transporte, etc.

5.3. Análisis técnico estructural

La primera característica técnica que diferencia a las dos alternativas, es el tipo de superestructura planteadas. En primer lugar, en la Alternativa 1, tenemos una estructura isostática conformada por vigas prefabricadas de hormigón pretensado biapoyadas en cada vano; en segundo lugar, en la Alternativa 2, la estructura es hiperestática y las vigas mixtas que sustentan el tablero se disponen en esquema de vigas continuas. A continuación, veremos las distintas propiedades que estas características confieren a cada una de las estructuras.

ESTRUCTURAS HIPERESTÁTICAS FRENTE A ESTRUCTURAS ISOSTÁTICAS:

Un primer aspecto que diferencia a las estructuras hiperestáticas de las isostáticas es su comportamiento frente a los cambios de temperatura o a los descensos de los apoyos. Si la estructura es isostática estos efectos no producen solicitaciones mientras que si la estructura es hiperestática se producen solicitaciones en la estructura. Esta sería una desventaja de las estructuras hiperestáticas.

Las estructuras hiperestáticas tienen menor costo de material, al permitir obtener estructuras que a igualdad de solicitaciones requieren menor sección transversal en sus elementos constitutivos. Este aspecto resulta de la continuidad entre los distintos miembros estructurales, con lo que se logra una mejor distribución de los esfuerzos interiores producidos por cargas aplicadas al alternar tramos de momentos flectores positivos y negativos en las proximidades de los apoyos. Asimismo, la continuidad permite materializar elementos de mayores luces y por ende menor cantidad de apoyos a igualdad de sección, o el uso de menores secciones para luces iguales.

Este tipo de estructuras hiperestáticas tienen frecuentemente mayores factores de seguridad asociados que las estructuras isostáticas en virtud de su capacidad de redistribución de solicitaciones internas.

Con la acción de una carga conocida las estructuras hiperestáticas experimentan menores deformaciones que las isostáticas porque presentan mayor rigidez.

El comportamiento ante eventuales acciones dinámicas, sismos particularmente, mejora notablemente al aumentar el grado de hiperestaticidad, esto se vale en la formulación de rótulas plásticas en secciones de hormigón armado, y en la cuantificación de energía que son capaces de disipar estas estructuras, en un isostático, simplemente es inconcebible la formación de estos mecanismos de colapso.

Muchas veces la materialización de estructuras hiperestáticas responde a la minimización de errores en la obra y también es difícil superar estéticamente a una estructura hiperestática.

La sensibilidad ante desplazamientos de vínculos, en estructuras hiperestáticas, puede acarrear problemas severos cuando las condiciones de cimentación de la estructura son impropias, o se presentan asentamientos del terreno. Las estructuras isostáticas, en cambio, no son afectadas por los asentamientos diferenciales que se puedan producir.

Las variaciones de temperatura, fabricación deficiente o desajustes de colocación, generan deformaciones inducidas de importancia en las estructuras hiperestáticas, a diferencia de las isostáticas, en las que estas diferencias no producen nuevas solicitaciones ni nuevas tensiones, como ya se ha mencionado.

Además, atendiendo al comportamiento en servicio de ambas tipologías, la solución mixta reduce el número de juntas de dilatación en la estructura favoreciendo la comodidad en la conducción y minimizando el impacto dinámico que la presencia de estos elementos suele acarrear.

A la vista de los resultados del cálculo estructural de cada una de las alternativas, se puede observar cómo se cumplen las características que se han mencionado hasta ahora para cada una de ella.

En primer lugar, llama la atención la diferencia del peso propio de cada estructura, siendo en la Alternativa 2 un 62% menor.

Datos Alternativa 1

Calculation of forces and moments

The following nodes have been detected to connect beams with wall elements. The adjacent quad elements will get an internal inplane torsional stiffness to transform the bending moment into pairs of forces on the quad nodes (see CTRL INPL):

15	21	23	28	33	37	40	43	48	54
57	59	60	63	68	73				

Load Case 1 (G) Peso Propio
 Factor forces and moments 1.000
 Factor dead weight DL-ZZ -1.000
 unfavourable safety factor 1.500
 favourable safety factor 1.000
 Combination coefficient $\psi-0$ 1.000 (rare)
 Combination coefficient $\psi-1$ 1.000 (frequent)
 Combination coefficient $\psi-2$ 1.000 (permanent)

Sum of Loadings

Loadcase	Σ(Loads)			Title
	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	
1	0.0	0.0	-30710.5	Peso Propio

Nodal Reactions Loadcase 1 Peso Propio

Node No	P-X [kN]	P-Y [kN]	P-Z [kN]	M-X [kNm]	M-Y [kNm]	M-Z [kNm]
1	-1.1	-2.3	840.2	0.23	-0.11	
2	-0.5	-2.3	343.3	0.23	-0.05	
3	-1.3	-2.7	576.3	0.27	-0.13	
4	-1.2	-2.7	570.6	0.27	-0.12	
5	1.2	-2.4	807.9	0.24	0.12	
6	0.6	-2.3	352.4	0.23	0.06	
7	1.2	-2.7	515.0	0.27	0.12	
8	1.3	-2.7	601.4	0.27	0.13	
9	-13.0	5.4	8819.1	154.17	-424.43	-0.42
10	13.1	5.3	8505.1	182.86	392.97	-0.24
11	-0.3	9.5	8779.2	234.34	-13.04	0.08

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

Sum of Reactions and Loadings

Loadcase	Σ(Reactions)			Title
	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	
1	0.0	0.0	30710.5	Peso Propio
	0.0	0.0	-30710.5	



Datos Alternativa 2

Calculation of forces and moments

The following nodes have been detected to connect beams with wall elements. The adjacent quad elements will get an internal inplane torsional stiffness to transform the bending moment into pairs of forces on the quad nodes (see CTRL INPL):

12 15 24 29 32 33 40 41

Load Case 1 (G) Peso Propio
 Factor forces and moments 1.000
 Factor dead weight DL-ZZ -1.000
 unfavourable safety factor 1.500
 favourable safety factor 1.000
 Combination coefficient $\psi-0$ 1.000 (rare)
 Combination coefficient $\psi-1$ 1.000 (frequent)
 Combination coefficient $\psi-2$ 1.000 (permanent)

Sum of Loadings

Loadcase	Σ (Loads)			Title
	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	
1	0.0	0.0	-21096.7	Peso Propio

Nodal Reactions Loadcase 1 Peso Propio

Node No	P-X [kN]	P-Y [kN]	P-Z [kN]	M-X [kNm]	M-Y [kNm]	M-Z [kNm]
1	6.1	1.1	472.9	-0.11	0.61	
2	6.7	1.1	296.2	-0.11	0.67	
3	5.6	0.7	476.2	-0.07	0.56	
4	5.6	0.7	227.2	-0.07	0.56	
5	-5.9	1.1	450.4	-0.11	-0.59	
6	-6.4	1.2	290.8	-0.12	-0.64	
7	-5.6	0.8	193.9	-0.08	-0.56	
8	-5.5	0.8	494.2	-0.08	-0.55	
9	1.4	-3.4	9131.4	337.87	49.68	-0.37
10	-2.1	-4.1	9063.5	307.83	-69.61	0.63

SOFISTIK AG - www.sofistik.de

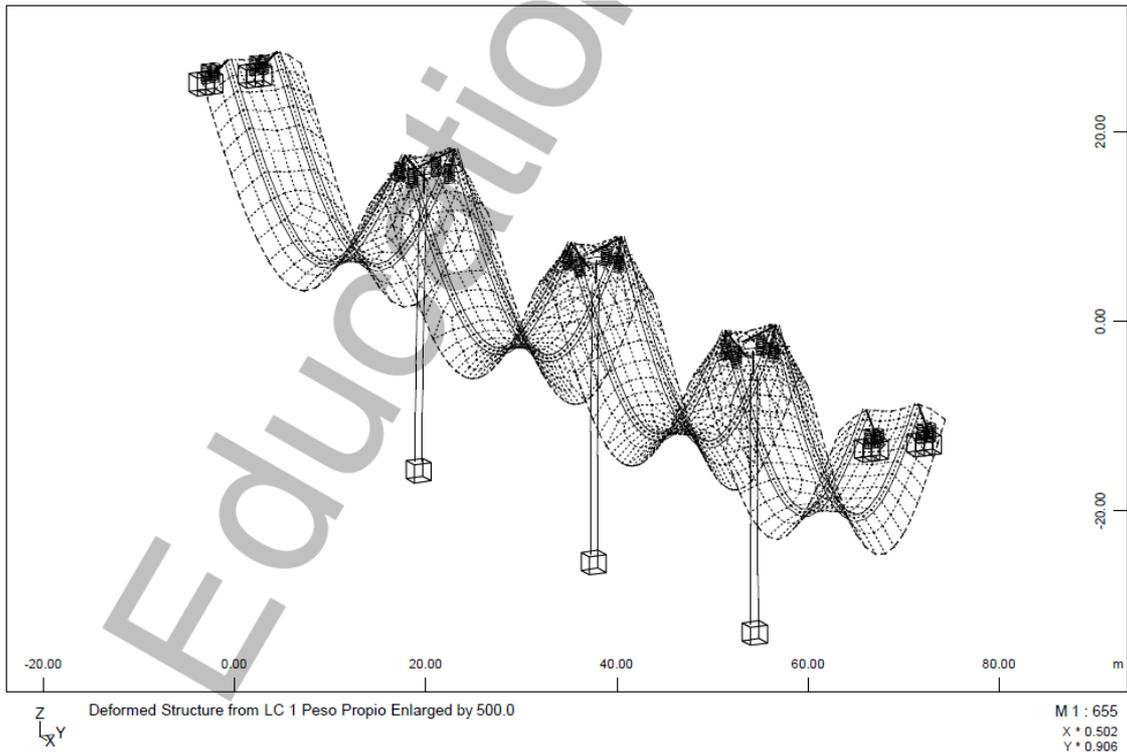
Sum of Reactions and Loadings

Loadcase	Σ (Reactions)			Title
	X[kN]	Y[kN]	Z[kN]	
1	0.0	0.0	21096.7	Peso Propio
	0.0	0.0	-21096.6	

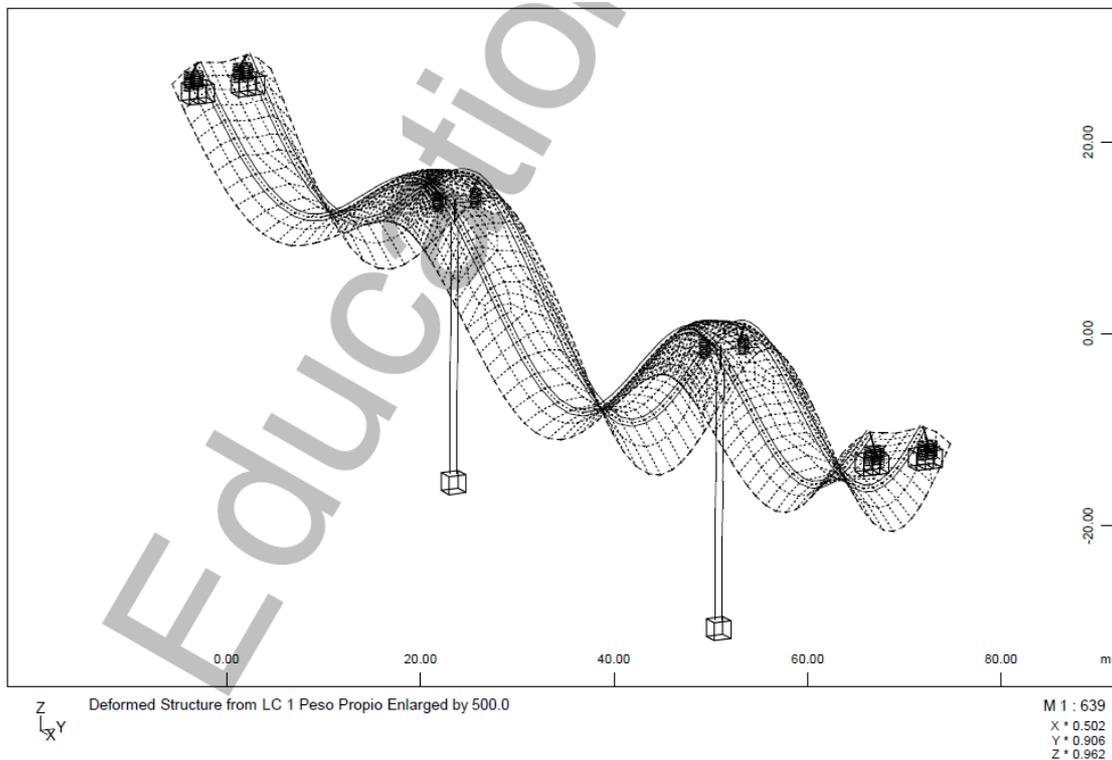


En segundo lugar, observando las deformadas de cada una de las soluciones se puede distinguir que las flechas producidas en el caso de la estructura isostática conformada por las vigas prefabricadas de hormigón son mucho mayores que en el caso de las vigas prefabricadas mixtas, esto es debido al sistema de viga continua, que al trabajar conjuntamente suaviza las deformaciones que sufre la estructura.

Deformada Alternativa 1

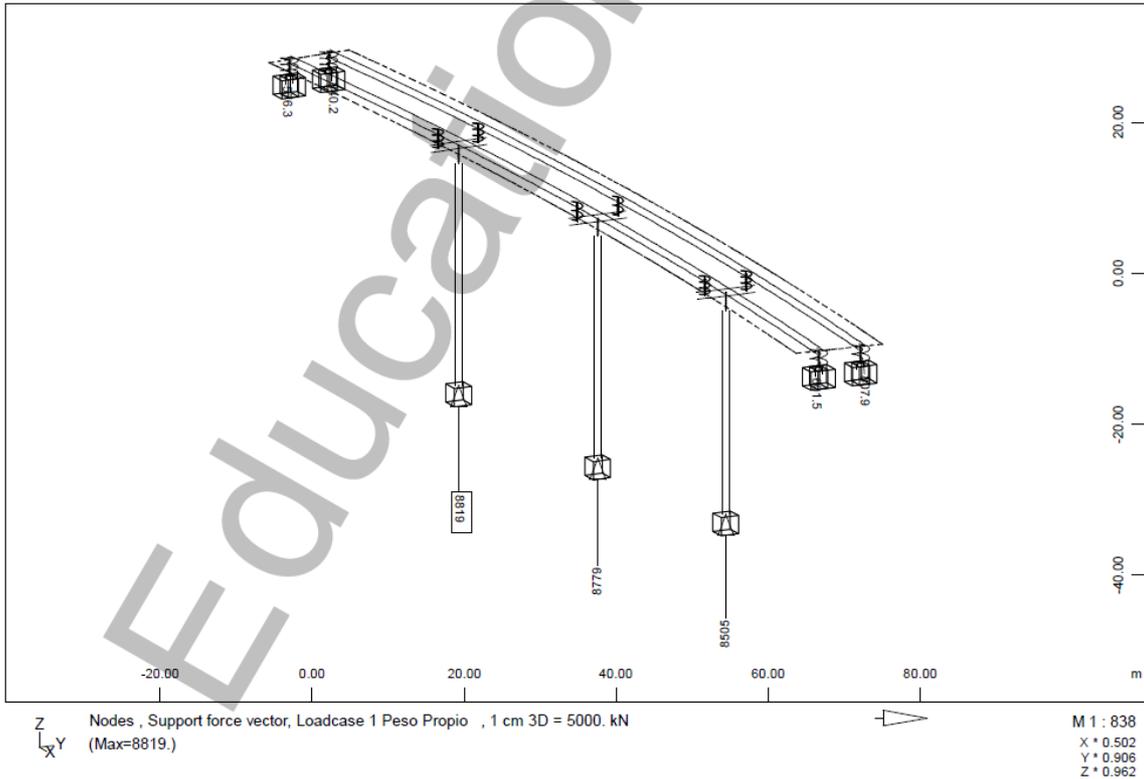


Deformada Alternativa 2

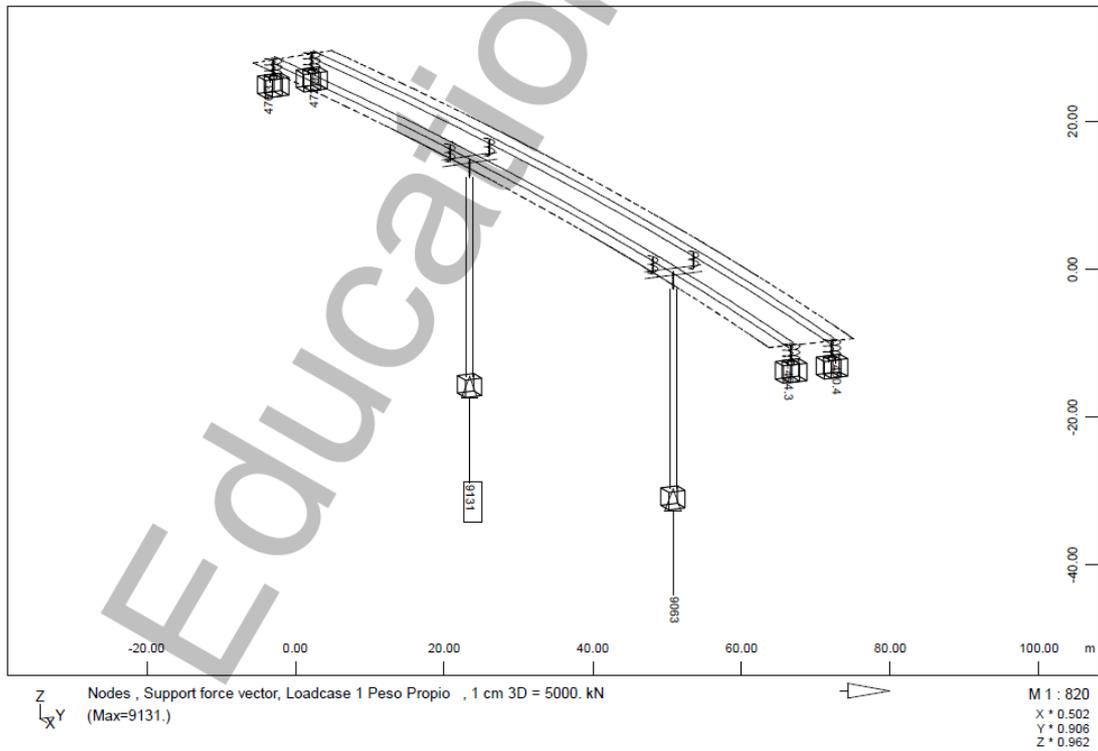


En tercer lugar, vemos que las reacciones en las pilas no varían mucho de un caso a otro, apenas un 1%, a pesar de la diferencia en el número de ellas, lo que demuestra que la distribución de solicitaciones es mucho más efectiva en el caso de la Alternativa 2.

Reacciones Alternativa 1

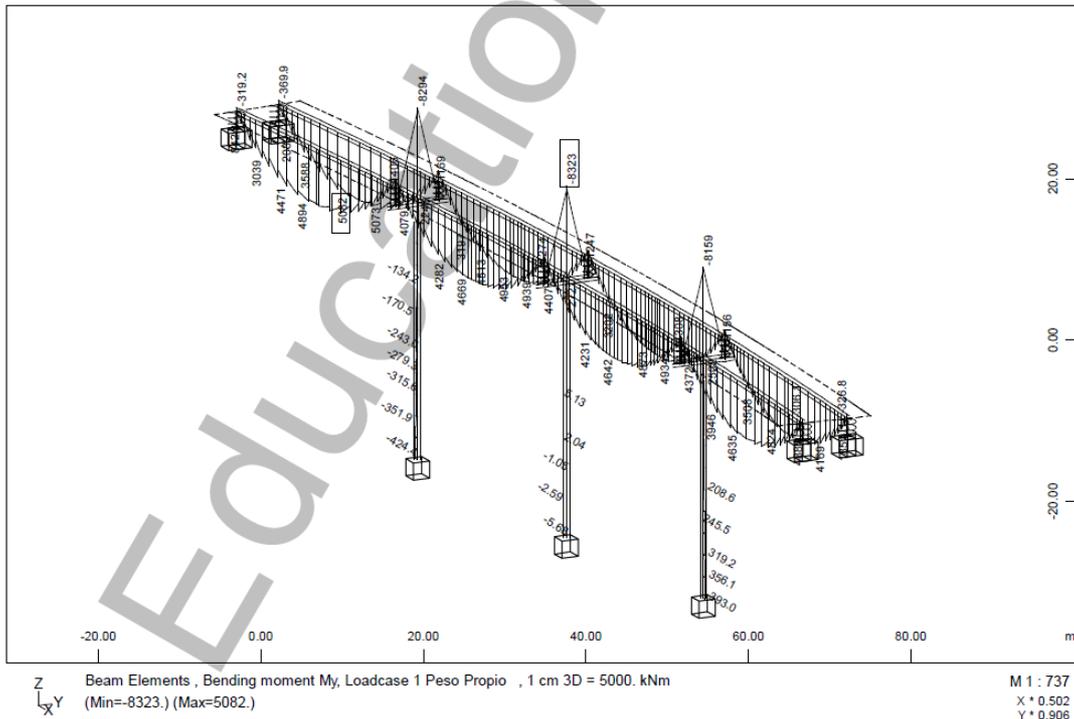


Reacciones Alternativa 2

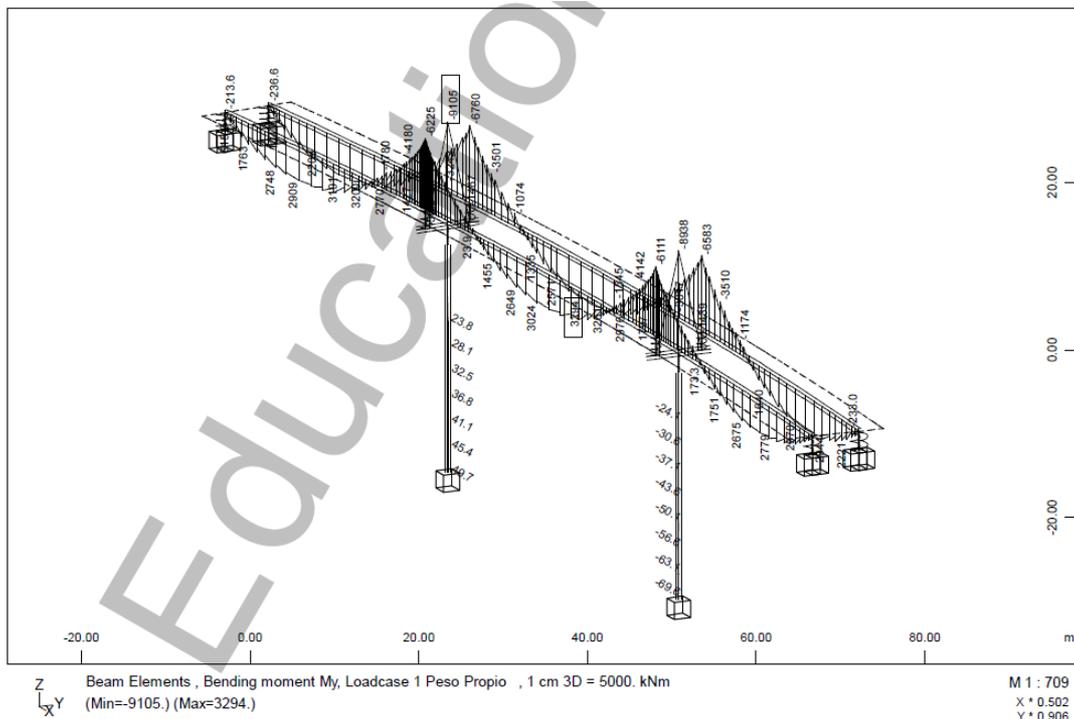


Además, en los centros de vano se logra una reducción del momento flector negativo de hasta un 25% en la Alternativa 2, eso sí aumentando considerablemente el momento positivo en las zonas de apoyos de las pilas, pero logrando una distribución de momentos idónea para el sistema de viga continua que forman las vigas prefabricadas mixtas.

Ley de momentos Alternativa 1



Ley de momentos Alternativa 2



5.4. Análisis económico

Se pretende, en este caso, realizar un análisis comparativo de costes entre la solución mixta y la solución de hormigón pretensado, para ello se utilizarán los presupuestos

detallados calculados para cada alternativa y a la vez se complementará con la información obtenida de un estudio basado en 24 puentes mixtos utilizando la solución bipoutre y su comparación con soluciones de hormigón pretensado.

5.4.1. Estudio comparativo de costes entre soluciones mixtas y soluciones de hormigón pretensado.

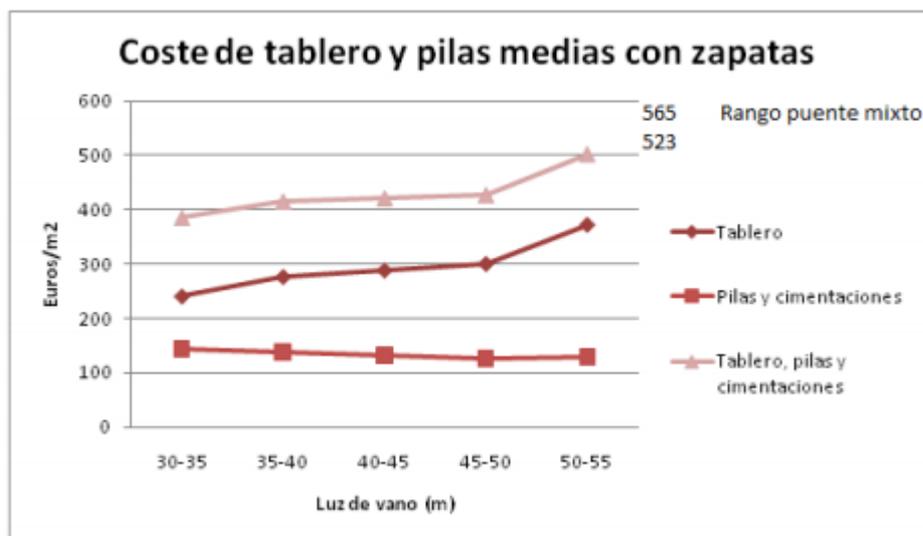
A partir del estudio, se observa que la técnica de la doble acción mixta, además de garantizar una mejor respuesta estructural a la flexión, torsión y efectos dinámicos, permite un ahorro de acero entre el 20% y el 30%.

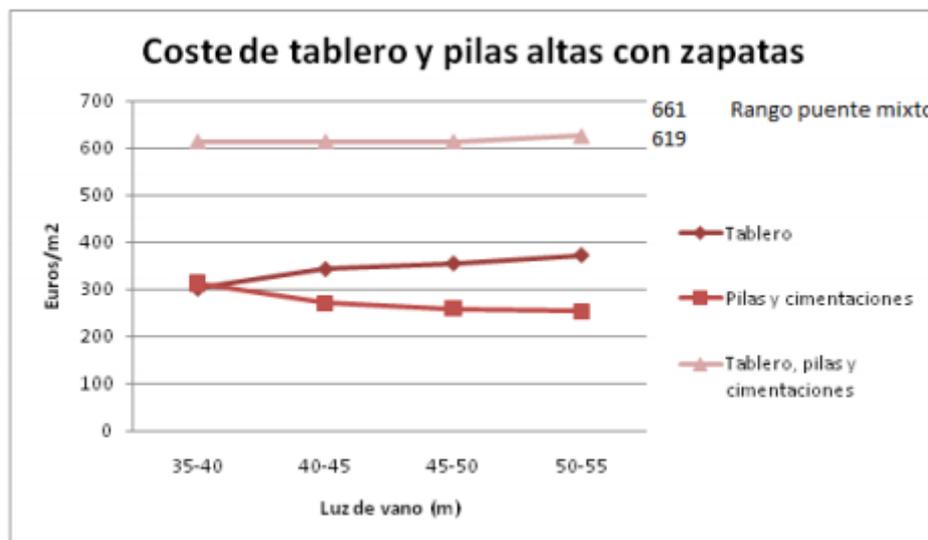
Elementos que propician la reducción del consumo de acero	Reducción acero (Kp/m ²)
Eliminación de la parte inferior de acero de refuerzo	15
Reducción de la superficie de acero en las alas inferiores	30
Reducción de la superficie de acero en el alma y en alas en centro de vano	10
Reducción de los refuerzos de triangulación vertical	15

Tabla 16 - Elementos que permiten la reducción del consumo de acero en la solución en cajón con doble acción mixta.

La reducción de espesor de las almas superior e inferior en centro de vano, se debe a una mejor rigidización y respuesta dinámica, a la vez que una reducción de la flexión en centro de vano, gracias a la doble acción mixta.

De otro estudio comparativo que se realizó entre la sección cajón de doble acción mixta y las soluciones de cajones pretensados convencionalmente lanzados, se pretende mostrar una aproximación de costes y cuantías, sobre el ejemplo del Viaducto sobre el río Ginel. Se realizaron gráficos representativos de los costes de tableros, pilas, cimentaciones y del total en dos condiciones de altura de rasante (pilas de altura media de 25 y 50 metros).





Vemos que, lógicamente, para un incremento del peso de los pilares (pilas altas), la longitud de vano más económica oscila entre los 30-40 m. Por otra parte, cabe destacar que la carga muerta para una solución mixta se reduce alrededor de 22 a 27 t/m, respecto a las 35 a 50 t/m de un puente de hormigón. Respectivamente, se reduce en:

Reducción del valor de la reacción por pilar (T)	Longitud de vano (m)
100	35
400	50

Para el segundo caso, en vanos de 50 m, la reducción del valor de la reacción en los pilares adquiere ya una magnitud competitiva (400 t) frente a las 100 t para una luz de vano de 35 m.

Si comparamos las soluciones mixtas frente a las de hormigón, el ahorro en €/m² en pilares y cimentaciones representa.

Reducción de coste (€/m²)	Cimentaciones	Pilares
Pilares de 25 m altura	-2.000	-7.000
Pilares de 50 m altura	-5.000	-15.000

El coste del tablero (€/m²), para dicha luz y en solución tipo empujado, oscila en el entorno de 370 €/m² con la solución de hormigón y entre 390 a 430 €/m² en la solución de cajón estricto, coste que resulta muy sensible a la progresiva experiencia que adquieran los talleres metálicos en esta nueva tipología, mucho más sencilla de construcción, transporte y montaje que las habituales soluciones cajón cerrado. Podemos concluir que, en base a estos cálculos aproximados, el coste relativo de la alternativa mixta para el viaducto de Ginel oscilaría entre el 90 y el 110 % del coste de la solución de hormigón, siendo siempre más competitiva la solución mixta en el caso de pilares altos o cimentaciones profundas.

5.4.2. Presupuestos

En este capítulo se presentan los presupuestos detallados en función de las unidades de obra que componen cada una de las dos soluciones planteadas. Además, se han realizado unas gráficas representando los costes más importantes para poder comparar, de una manera más precisa, ambos presupuestos. Los precios que se utilizan para calcular los

presupuestos se han obtenido tras haber pedido varias ofertas a las distintas empresas y fábricas en cada caso.

Presupuesto Alternativa 1

Uds	Unidades de obra	Cantidad	Precio	Importe (€)
m3	Excavación en zanjas y pozos en material no clasificado	13.840,000	6,130	84.839,200
m3	Relleno localizado con material adecuado procedente de la traza	12.688,000	3,260	41.362,880
m2	Impermeabilización con pintura asfáltica en trasdós de muros	484,860	4,560	2.210,962
m2	Lámina drenante 180 g/m2, c/filamentos continuos de poliéster	270,800	7,720	2.090,576
m	Tubo poroso ranurado de PVC, D=150 mm, s/cama de HL-150	52,600	20,590	1.083,034
m3	Hormigón. no estructural HNE-15, aplicado en rellenos en interior de Pilas	119,790	42,430	5.082,690
m3	Hormigón HL-150/B/25, para limpieza y nivelación	63,140	48,450	3.059,133
m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa en cimientos y losas	714,000	64,040	45.724,560
m3	Hormigón. HA-30/B/20/IIIa p/armar, en alzados y losas estructuras	2.523,590	65,940	166.405,525
m2	Encofrado en superficies ocultas	845,560	18,870	15.955,717
m2	Encofrado plano en superficies vistas	732,480	22,100	16.187,808
m2	Encofrado trepante en alzamiento de pilas	4.625,010	50,580	233.933,006
m2	Placa prefabricada de hormigón, para encofrado perdido	1.014,070	26,700	27.075,669
m2	Prelosa colaborante de hormigón armado, incluido transporte y colocación definitiva	2.779,510	65,510	182.085,700

m	Viga prefabricada artesa peraltada de 2,20 m de canto mínimo de hormigón pretensado	636,400	1.247,620	793.985,368
m2	Placa de porexpán en losa de continuidad, incluido transporte y colocación definitiva	101,520	1,820	184,766
dm3	Apoyo de neopreno zunchado, incluso mortero de asiento	248,000	25,140	6.234,720
m2	Mástic bituminoso en frío en capa de impermeabilización tableros	4.038,950	15,300	61.795,935
m	Junta dilatación en tablero c/perf. neop., p/mov. máx. 102 mm	50,760	282,300	14.329,548
m	Junta dilatación en tablero c/perf. neop., p/mov. máx. 165 mm	25,380	314,100	7.971,858
ud	Desagüe en estructura, totalmente colocado	8,000	96,710	773,680
m	Tubo PRFV de D=315 mm, para drenaje de tablero	239,000	38,690	9.246,910
m	Pretil metálico modelo PMC2/15b, incluidos postes y anclajes	669,600	197,760	132.420,096
m	Imposta prefabricada de hormigón, colocada en estructura	669,600	73,760	49.389,696
ud	Prueba de carga por vano y tablero	8,000	1.282,370	10.258,960
kg	Suministro y puesta en obra de acero corrugado B500S	344.561,520	0,870	299.768,522
m3	Escollera 200 kg peso mín., en protección pila 2 de tablero dcho.	96,650	17,120	1.654,648
	Total			2.215.111,167 €

Presupuesto Alternativa 2

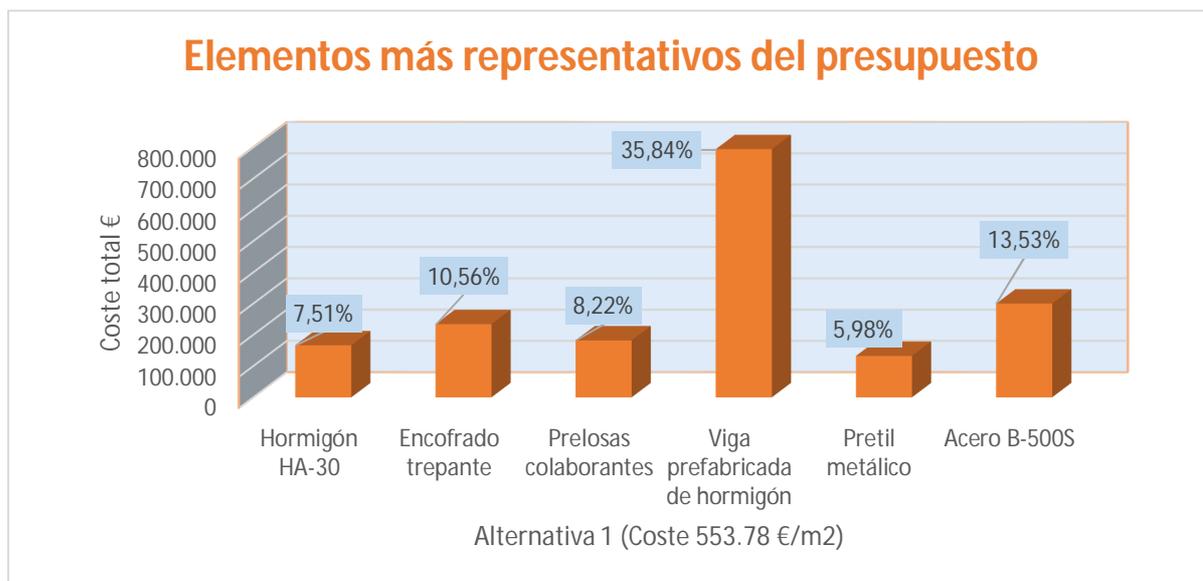
Uds	Unidades de obra	Cantidad	Precio	Importe
m3	Excavación en zanjas y pozos en material no clasificado	13.437,550	6,130	82.372,182
m3	Relleno localizado con material adecuado procedente de la traza	12.688,000	3,260	41.362,880
m2	Impermeabilización con pintura asfáltica en trasdós de muros	484,860	4,560	2.210,962
m2	Lámina drenante 180 g/m2, c/filamentos continuos de poliéster	270,800	7,720	2.090,576
m	Tubo poroso ranurado de PVC, D=150 mm, s/cama de HL-150	52,600	20,590	1.083,034
m3	Hgón. no estructural HNE-15, aplicado en rellenos en int. pilas	101,376	42,430	4.301,384
m3	Hormigón HL-150/B/25, para limpieza y nivelación	63,140	48,450	3.059,133
m3	Hormigón HA-25/B/20/IIa en cimientos y losas	504,000	64,040	32.276,160
m3	Hgón. HA-30/B/20/IIIa p/armar, en alzados y losas estructuras	2.407,440	65,940	158.746,594
m2	Encofrado en superficies ocultas	700,090	18,870	13.210,698
m2	Encofrado plano en superficies vistas	357,310	22,100	7.896,551
m2	Encofrado trepante en alzamiento de pilas	3.699,560	50,580	187.123,745
m2	Placa prefabricada de hormigón, para encofrado perdido	960,000	26,700	25.632,000
m2	Prelosa colaborante de hormigón armado, i/tte. y colocación def.	2.560,000	65,510	167.705,600
ud	Parque de empuje, con nariz de avance y medios necesarios	1,000	125.000,000	125.000,000

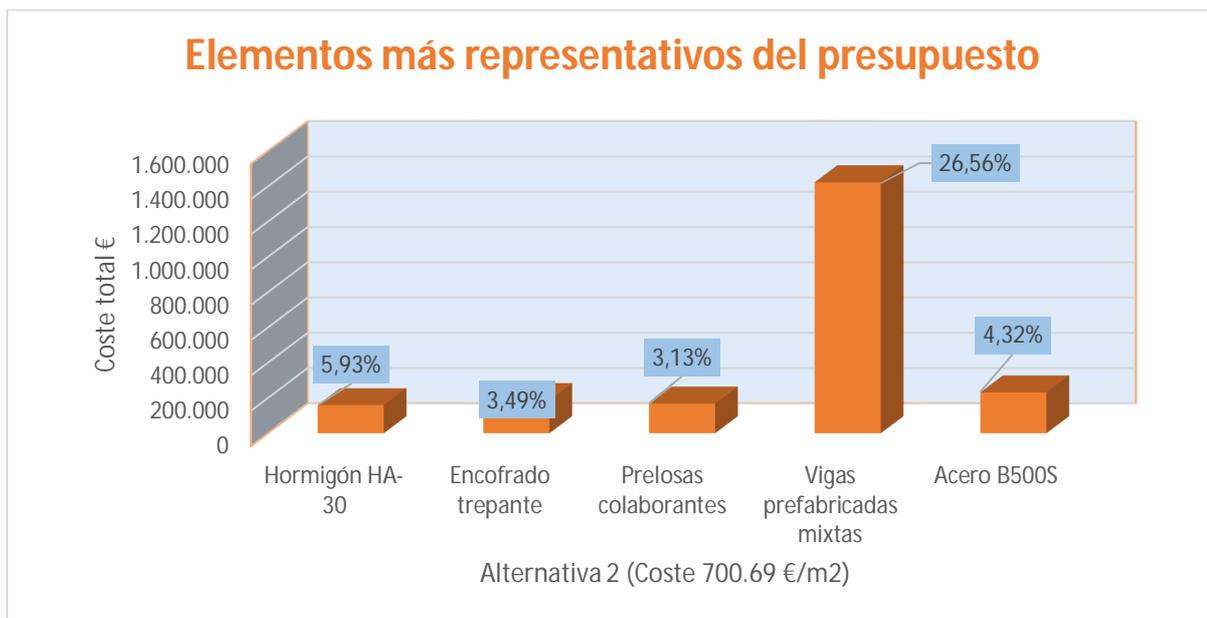
m	Viga prefabricada artesa de 2,20 m de canto mínimo y acero S-275	636,400	2.235,000	1.422.354,000
m2	Placa de porexpán en losa de continuidad, i/tte. y coloc. def.	101,520	1,820	184,766
dm3	Apoyo de neopreno zunchado, incluso mortero de asiento	520,000	25,140	13.072,800
m2	Mástic bituminoso en frío en capa de impermeabiliz. tableros	4.001,941	15,300	61.229,697
m	Junta dilatación en tablero c/perf. neop., p/mov. máx. 102 mm	49,480	282,300	13.968,204
m	Junta dilatación en tablero c/perf. neop., p/mov. máx. 165 mm	24,740	314,100	7.770,834
ud	Desagüe en estructura, totalmente colocado	6,000	96,710	580,260
m	Tubo PRFV de D=315 mm, para drenaje de tablero	224,000	38,690	8.666,560
m	Pretil metálico modelo PMC2/15b, i/p.p. de postes, anclajes	669,600	197,760	132.420,096
m	Imposta prefabricada de hormigón, colocada en estructura	669,600	73,760	49.389,696
ud	Prueba de carga por vano y tablero	6,000	1.282,370	7.694,220
kg	Suministro y puesta en obra de acero corrugado B500S	265.933,020	0,870	231.361,727
	Total			2.802.764,359

Observamos que en ambos casos la unidad de más peso son las vigas como ya se podía presuponer, pero destaca la diferencia de precio entre cada alternativa que llega a alcanzar los 1.000 €/m, siendo la primera la alternativa la solución con las vigas más económicas.

Esa diferencia se va compensando luego con las otras unidades de obra, ya que, en los siguientes materiales más importantes del presupuesto, la cantidad supera los 200.000 € en el caso de la Alternativa 1 y en la Alternativa 2 no llega a superarlos en ningún caso.

Esto se debe principalmente a la eliminación de la pila intermedia en la segunda alternativa que supone una reducción de acero y hormigón en los armados de pilas, cimientos y tableros, así como la utilización de las vigas mixtas que permiten reducir la cantidad de material en la Alternativa 2.





Finalmente, el coste por metro cuadrado total asciende a 553'78 €/m² en el caso de la Alternativa 1 y de 700.69 €/m² en la Alternativa 2, existiendo una diferencia de unos 145 €/m² aproximadamente.

5.5. Análisis multicriterio

Atendiendo a los resultados que se han obtenido, se ha decidido realizar un análisis multicriterio con el que poder comparar de una manera más efectiva y objetiva ambas soluciones en su conjunto. Para ello se establecen una serie de criterios principales en los que se han agrupado todos los resultados, características y propiedades que se han obtenido en los apartados previos. A cada uno de estos criterios se les asigna un peso en función de la importancia que tienen.

Criterios	Peso
Funcionales	0,3
Ambientales	0,15
Económicos	0,400
Estética	0,15

Una vez tenemos los pesos y los criterios bien definidos solo faltaría dar notas a cada una de las alternativas. La puntuación se ha realizado del 1 al 5 y se han valorado las características más señaladas. A continuación, se presenta el cuadro resultado del análisis multicriterio.

Criterios	Peso	Alternativa 1 Vigas prefabricadas en hormigón pretensado	Alternativa 2 Vigas cajón mixtas
Diseño/Forma	0,15	5	2

Resistencia mecánica	0,3	3	5
Peso Propio	0,3	2	4
Montaje/Transporte	0,3	2	4
Luces	0,2	1	4
Ampliaciones futuras	0,3	2	4
Valor residual	0,15	2	4
Costes	0,4	5	1
Total		5,95	7,2

Escala análisis multicriterio: (1 – 5)

Tras estudiar y comparar todas estas características y a la vista de los resultados, se puede concluir que, las vigas prefabricadas mixtas tienen mejores prestaciones que las prefabricadas en hormigón armado, ya que combinan las mejores propiedades tanto de un material como del otro ofreciendo un comportamiento conjunto idóneo para la solución al viaducto Rego do Barco. Es por ello que, a partir de este análisis, es la Alternativa 2 la que sale beneficiada y por lo tanto será la solución óptima que se plantee desde el punto de vista del objeto de este proyecto.

5.6. Conclusión

A la vista de los resultados obtenidos, es la Alternativa 2, la opción con cajones mixtos y tres vanos, la solución más óptima teniendo en cuenta todas las características y propiedades en conjunto. Desde el punto de vista medioambiental y estético, la Alternativa 2 también destaca sobre la primera, ya que con la eliminación de la pila intermedia pasando de 4 vanos a 3 se reduce sustancialmente la afección de la cuenca del río y del entorno, además el reposicionamiento de las pilas reduce también la afección al conjunto del Patrimonio que presenta el sistema de Molinos Rego do Barco. Pero, también es cierto que en el aspecto económico no sería la solución escogida, ya que presenta un presupuesto mayor. Aun así, la serie de beneficios que presenta la alternativa con cajones mixtos, tanto en la facilidad constructiva con el sistema de empuje continuo con doble cajón como en el propio sistema estructural del viaducto, aportando una capacidad resistente mucho más efectiva, hacen que finalmente, se considere a la Alternativa 2 como la escogida tras la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

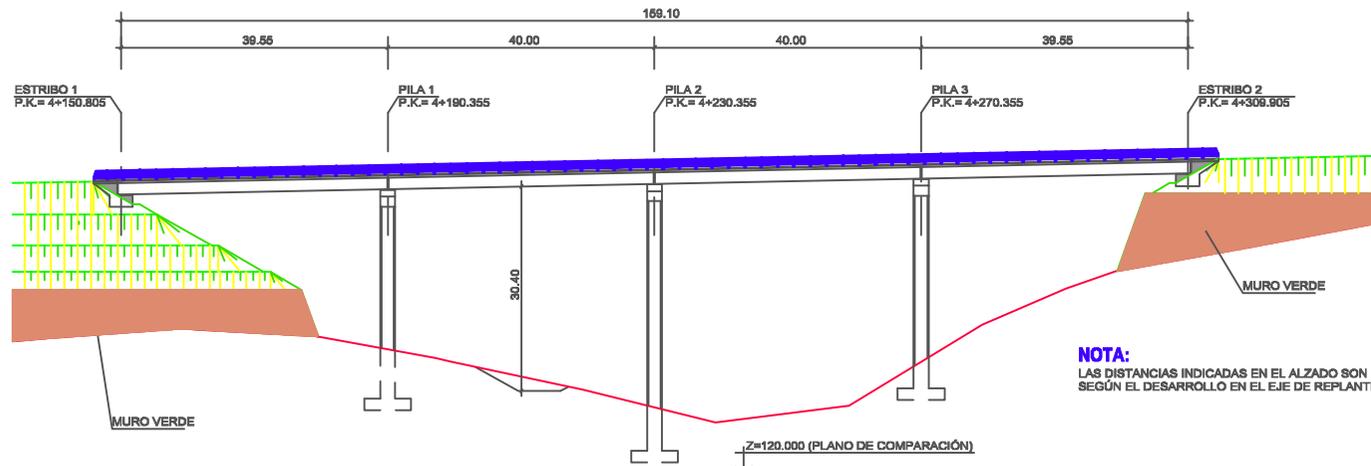
1. **Proyecto de Trazado y Construcción: Autovía A-57. Tramo Vilaboa – A Ermida. Provincia de Pontevedra**
2. **Estudio Informativo EI4-PO-18, "Circunvalación de Pontevedra"**
3. **Estudio Informativo EI1-PO-20, "Autovía A-57: Pontevedra Conexión A-52"**
4. **Estudio Informativo EI2-PO-21, "Variante de Redondela", Carretera N-550**
5. **Estudio Informativo EI-PO-24, "Conexión de la A-57 con la Red Arterial de Vigo y acceso al Aeropuerto de Peinador"**
6. **Estudio Informativo EI-PO-25, "Prolongación de la Autovía A-57 en el tramo Pilarteiros-Barro y conexión con la AP-9 en Curro"**
7. **Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para Proyectos de trazado y construcción en la autovía A-57**
8. **Pliego PG-3: Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes**
9. **Mapa Geológico de España E 1:50.000 Pontevedra Núm.185**
10. **Mapa Geotécnico General E 1:200.000 Pontevedra – La Guardia Núm.16/26**
11. **Guía Resumida del Clima de España" Ministerio de Obras Públicas Turismo y Medio Ambiente**
12. **"Datos Climáticos para Carreteras" Dirección General de Carreteras**
13. **Normativa técnica de Carreteras**
14. **EHE 08**
15. **EAE**
16. **Descripción general del proceso constructivo del tablero del viaducto sobre el río Ulla**
17. **Francisco Millanes Mato, "Construir en acero los puentes de luces medias"**
18. **Guía para la concepción de puentes integrales en carreteras**
19. **Manual de aplicación de las Recomendaciones RPM – RPX /95**
20. **MC2 Estudio de Ingeniería, "Viaducto sobre el Río Nalón en la A-8"**
21. **APIA XXI, "Viaducto Regueirón"**

- 22. Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras**
- 23. Access Steel, ICNC: Diseño inicial de vigas mixtas**
- 24. "Interés técnico y económico de los puentes mixtos en las líneas de alta velocidad"**
- 25. GITECO & GICONSIME, Patente ES-2368318 (B2) y Patente ES-2367737 (B2)**

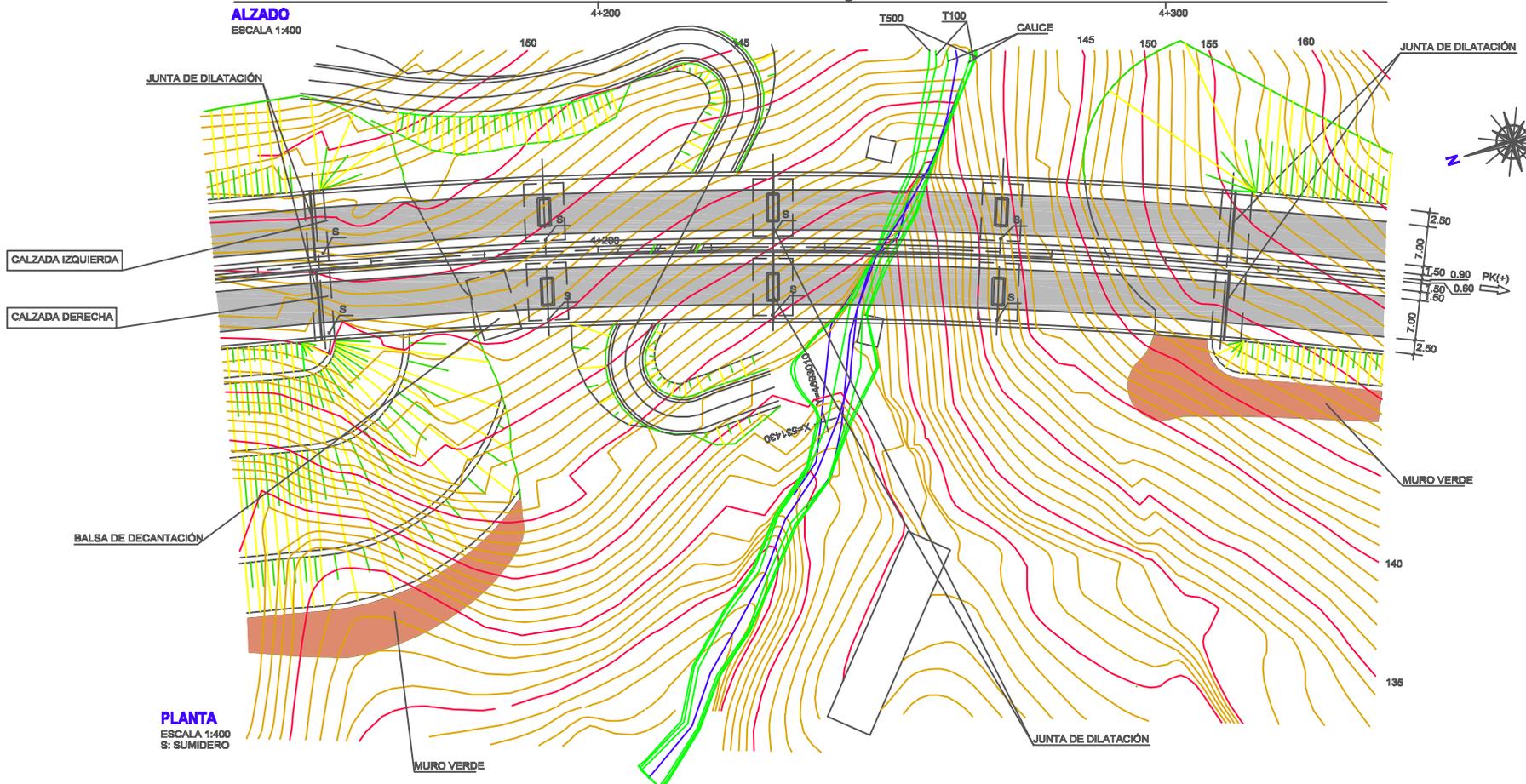
ÍNDICE PLANOS

1. ALTERNATIVA 1
 - 1.1. ALZADO Y PLANTA
 - 1.2. SECCIONES
 - 1.3. VIGAS
 - 1.4. VIGAS I
 - 1.5. TABLERO
 - 1.6. ARMADURA TABLERO
 - 1.7. PILAS
 - 1.8. PILAS I
 - 1.9. ARMADURA PILAS 1 Y 3
 - 1.10. ARMADURA PILA 2
 - 1.11. ARMADURA PILAS
 - 1.12. ESTRIBO 1 C.D.
 - 1.13. ESTRIBO 1 C.I.
 - 1.14. ESTRIBO 2 C.D.
 - 1.15. ESTRIBO 2 C.I.
2. ALTERNATIVA 2
 - 2.1. ALZADO Y PLANTA
 - 2.2. SECCIONES
 - 2.3. VIGAS
 - 2.4. TABLERO
 - 2.5. ARMADURA TABLEROS
 - 2.6. PILAS
 - 2.7. PILAS I
 - 2.8. ARMADURA PILAS
 - 2.9. ARMADURA PILAS I

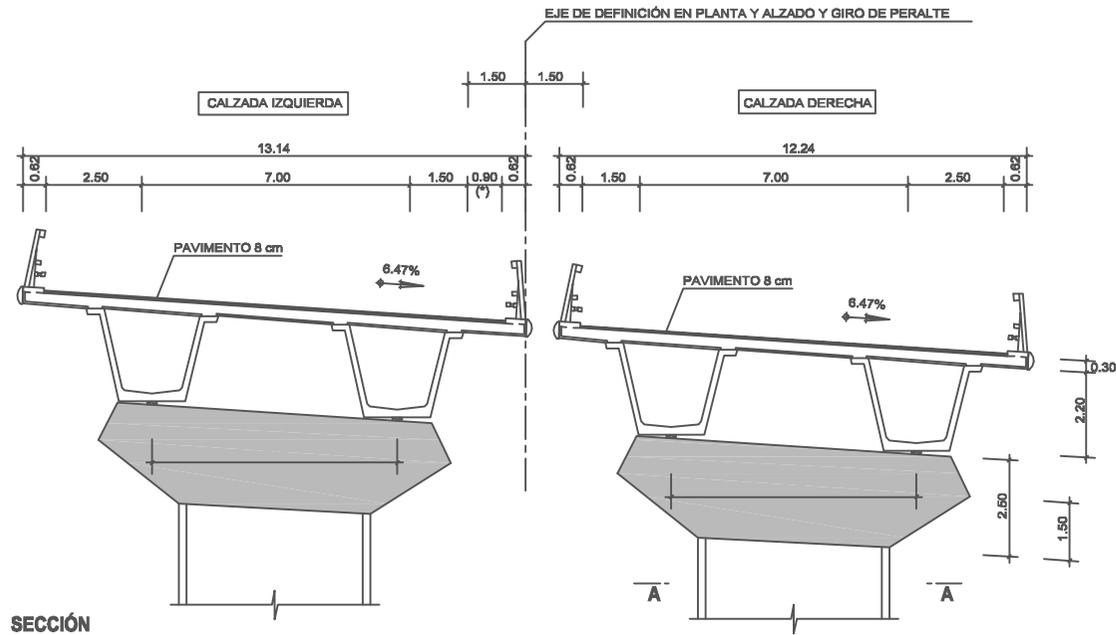
- 2.10. ESTRIBO 1 C.D.
- 2.11. ESTRIBO 1 C.I.
- 2.12. ESTRIBO 2 C.D.
- 2.13. ESTRIBO 2 C.I.



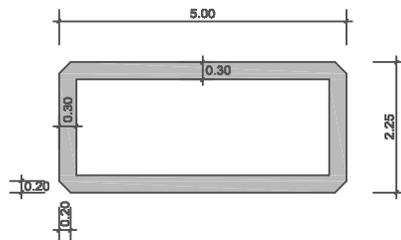
ALZADO
ESCALA 1:400



PLANTA
ESCALA 1:400
S: SUMIDERO



SECCIÓN
 ESCALA 1:75
 (*): SOBREAÑO POR VISIBILIDAD

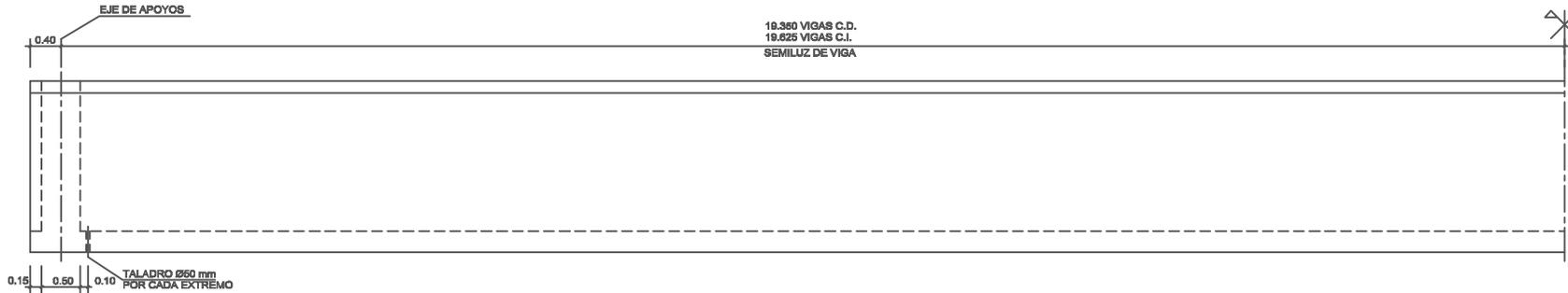


SECCIÓN A - A
 ESCALA 1:50

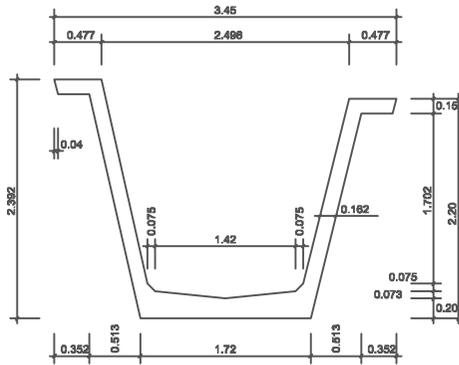
CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO	
HORMIGÓN	NIVELACIÓN	HL-150/B/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL					CEM I
	ZAPATAS PILAS	HA-25/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	30	0.60	275	CEM I
	ALZADO PILAS	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	35	0.50	300	CEM III
	ESTRIBOS CARGADERO	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	35	0.50	300	CEM III
	VIGAS	HP-50/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	30	0.50	300	CEM III
	LOSA DE VIGAS	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	35	0.50	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
	ARMADURAS ACTIVAS	Y 1880 S7	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98					

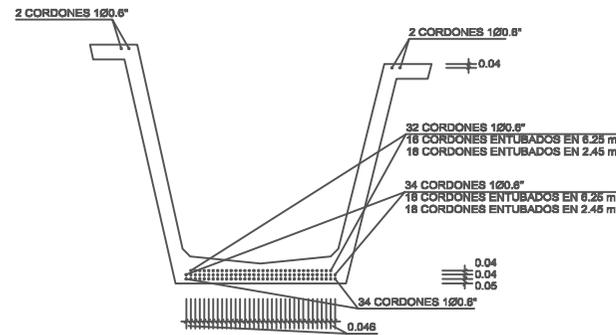
PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO EL ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS, ASÍ COMO EL APLICADOR DEL PRETENSADO, DISPONDRÁN DE UN NIVEL DE GARANTÍA ADICIONAL CONFORME AL ART. 81 DE LA EHE/08



SEMIALZADO DE VIGA
ESCALA 1:30



SECCIÓN TIPO
ESCALA 1:25



SECCIÓN DE PRETENSADO
ESCALA 1:25

NOTAS

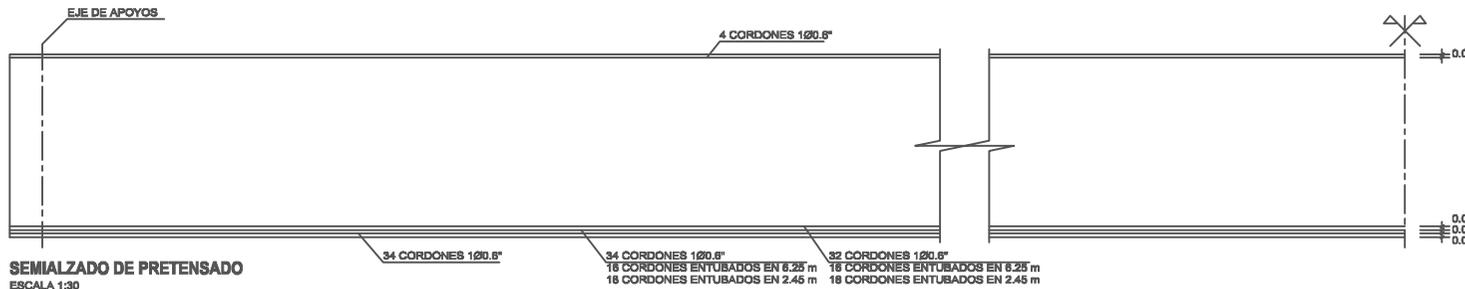
LA CARGA DE ROTURA DEL ACERO DE PRETENSADO SERÁ MAYOR O IGUAL QUE 1880 N/mm²

CADA CORDÓN DE PRETENSADO TENDRÁ UN ÁREA NETA DE ACERO DE 1.4 cm² Y UNA CARGA DE ROTURA GARANTIZADA DE 280 kN

EL ACERO DE LOS CORDONES NO TENDRÁ UNA RELAJACIÓN SUPERIOR AL 2% EN ENSAYO A 1000 HORAS, 22°C Y CARGA INICIAL DEL 70% DE LA DE ROTURA Y SE HABRÁ SOMETIDO A PROCESOS DE ESTABILIZACIÓN

CADA CORDÓN SE TESARÁ AL 75% DE LA CARGA DE ROTURA

LA TRANSFERENCIA DEL PRETENSADO SE REALIZARÁ UNA VEZ CONSEGUIDA UNA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA DE 40 N/mm² Y NO ANTES DE 48 HORAS

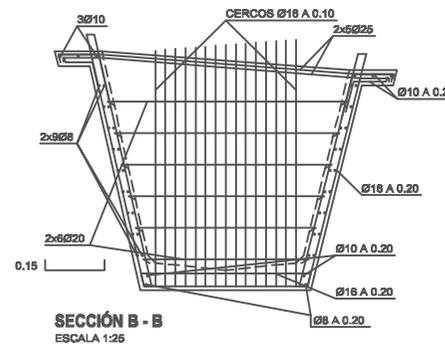
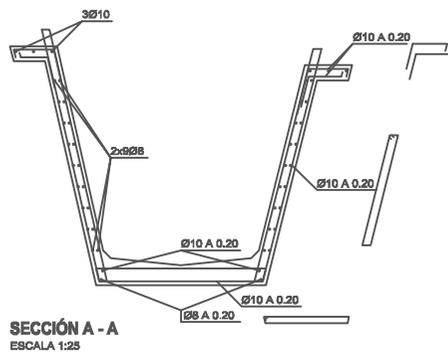
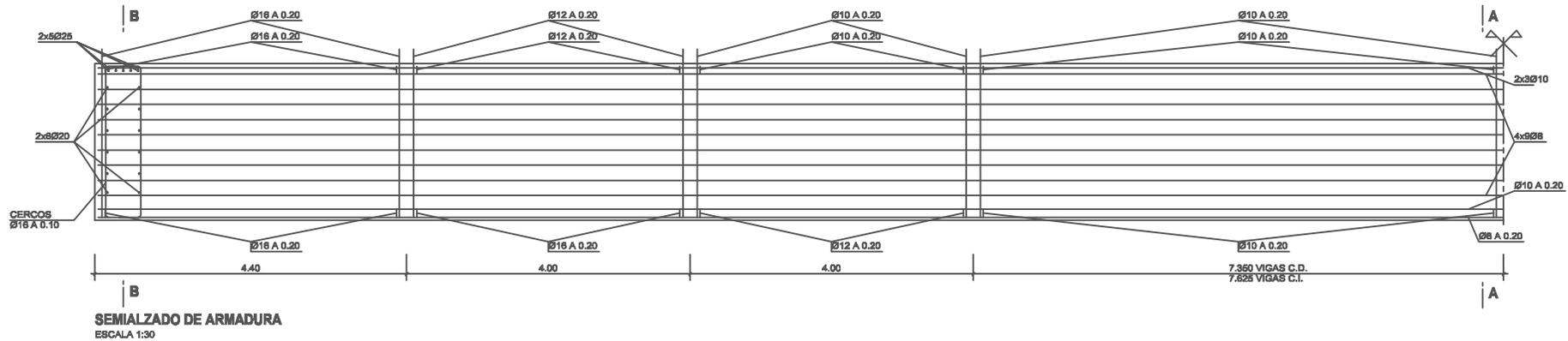


SEMIALZADO DE PRETENSADO
ESCALA 1:30

CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECUBRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	VIGAS	HP-80/8/20' IIla	ESTADÍSTICO	γ _s =1.50	30	0.80	300
	LOSA DE VIGAS	HA-30/8/20' IIla	ESTADÍSTICO	γ _s =1.50	36	0.80	300
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 600 S	NORMAL	γ _s =1.15			
	ARMADURAS ACTIVAS	Y 1880 S7	NORMAL	γ _s =1.15			
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

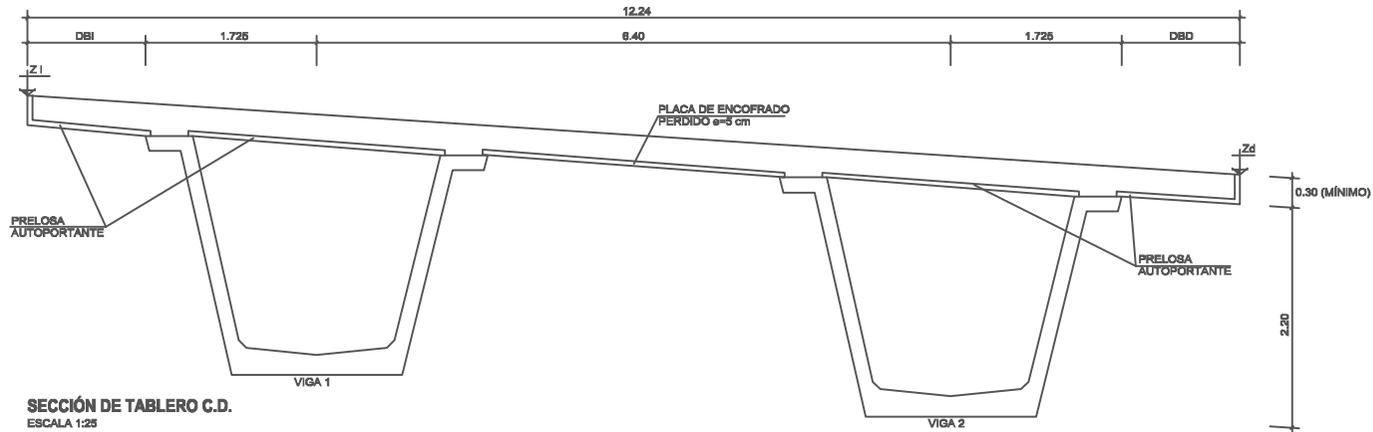
PARA GARANTIZAR LOS RECUBRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO EL ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS, ASÍ COMO EL APLICADOR DEL PRETENSADO, DISPONDRÁN DE UN NIVEL DE GARANTÍA ADICIONAL CONFORME AL ART. 81 DE LA EHE08



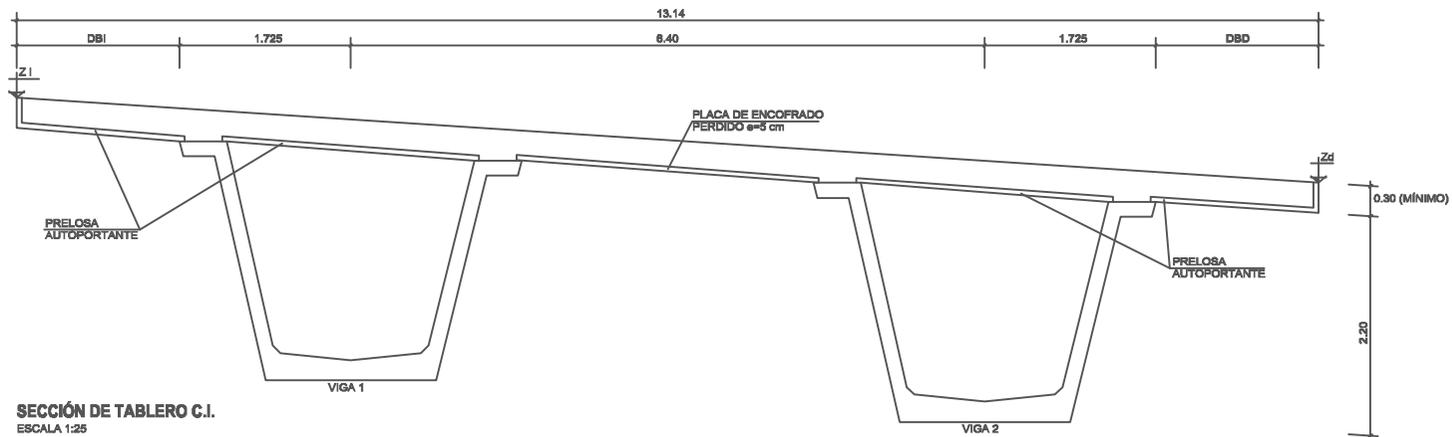
CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURBIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACION AGUA/CEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	VIGAS	HP-50/6/20/ IIIe	ESTADÍSTICO	30	0.50	300	CEM III
	LOSA DE VIGAS	HA-30/6/20/ IIIe	ESTADÍSTICO	35	0.50	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL				
	ARMADURAS ACTIVAS	Y 1800 87	NORMAL				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-99				

PARA GARANTIZAR LOS RECURBIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO EL ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS, ASÍ COMO EL APLICADOR DEL FRETEADO, DISPONDRÁN DE UN NIVEL DE GARANTÍA ADICIONAL CONFORME AL ART. 81 DE LA EHE/08



SECCIÓN DE TABLERO C.D.
ESCALA 1:25

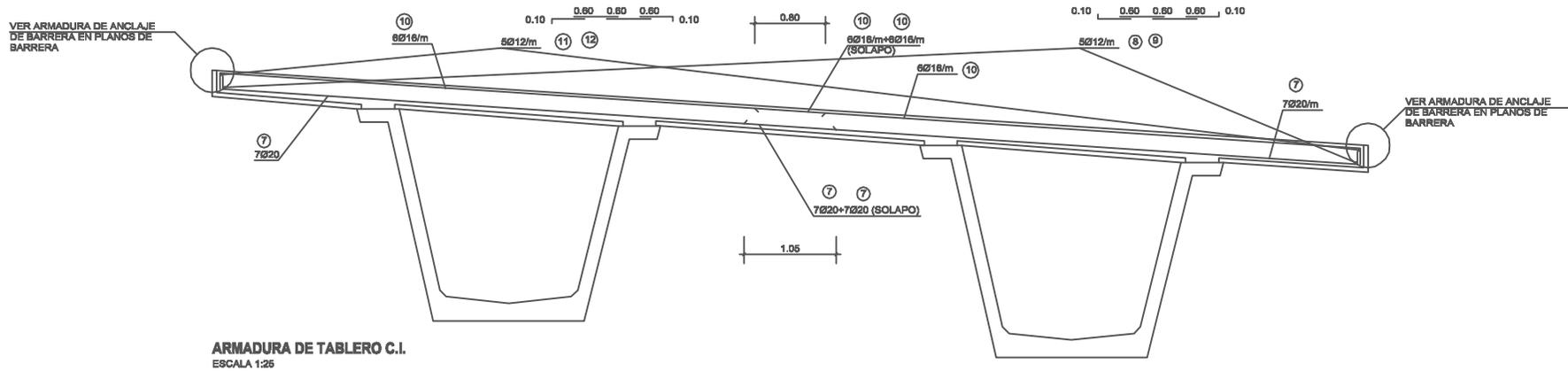
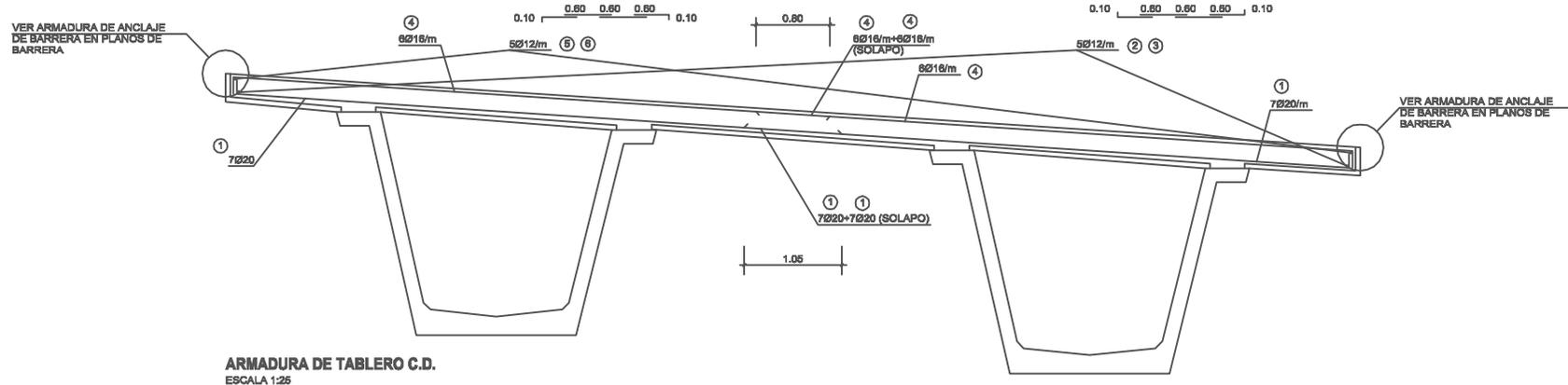


SECCIÓN DE TABLERO C.I.
ESCALA 1:25

CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	REQUISITOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO	
HORMIGÓN	VIGAS	HP-90/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_s=1.50$	30	0.80	300	CEM III
	LOSA DE VIGAS	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_s=1.50$	35	0.80	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
	ARMADURAS ACTIVAS	Y 1990 S7	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98					

PARA GARANTIZAR LOS REQUISITOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO EL ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS, ASÍ COMO EL APLICADOR DEL PRETENSADO, DISPONDRÁN DE UN NIVEL DE GARANTÍA ADICIONAL CONFORME AL ART. 81 DE LA EHE/08

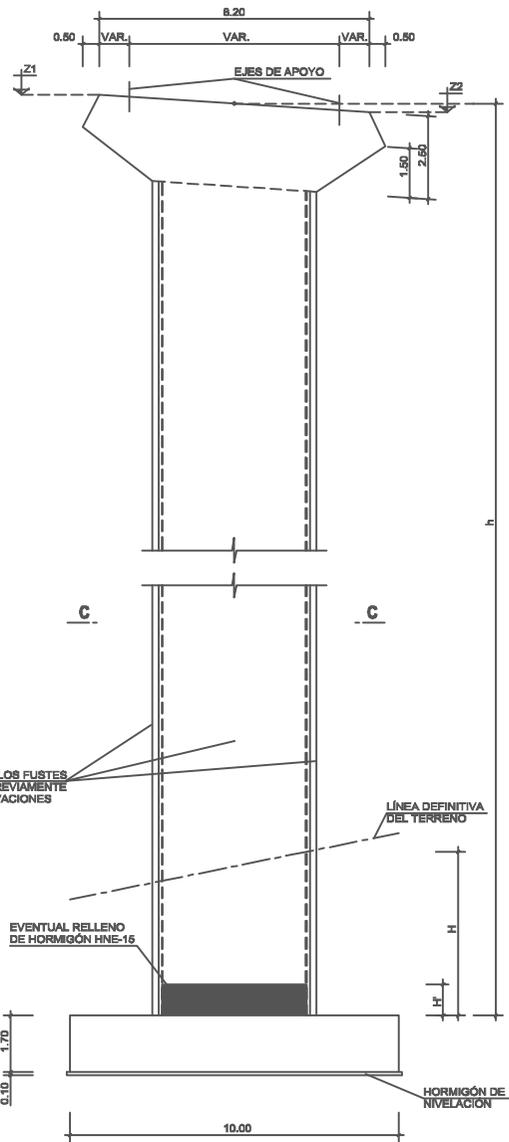


NOTA :
LOS EMPALMES DE BARRAS SE HARÁN POR SOLAPO TAL COMO INDICA LA INSTRUCCIÓN EHE

CONTROL DE CALIDAD

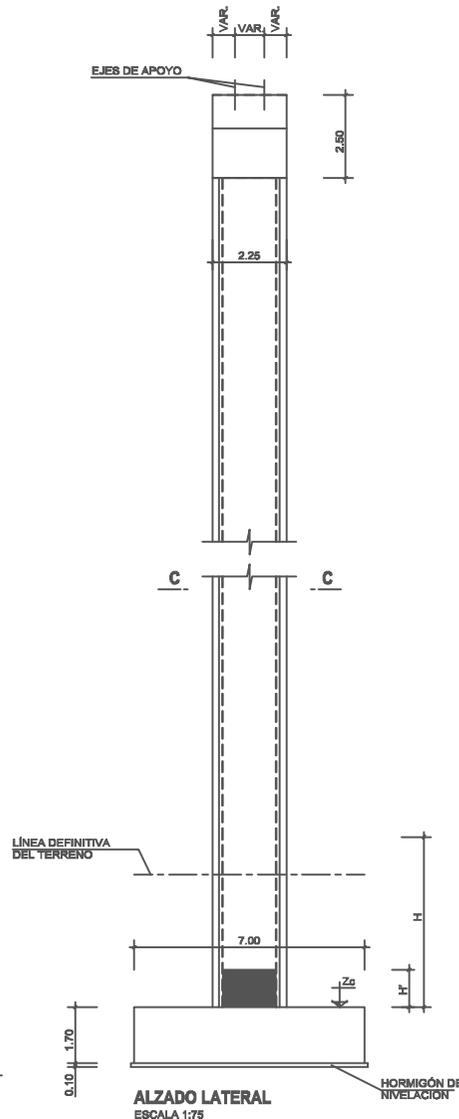
MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECLUBRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	VIGAS	HP-60/80/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _c =1.50	30	0.50	CEM III
	LOSA DE VIGAS	HA-30/80/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _c =1.50	35	0.50	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	γ _s =1.15			
	ARMADURAS ACTIVAS	Y 1880 ST	NORMAL	γ _s =1.15			
EJECUCIÓN	TOCOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS RECLUBRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO EL ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS, ASÍ COMO EL APLICADOR DEL PRETENSAO, DISPONDRÁN DE UN NIVEL DE GARANTÍA ADICIONAL CONFORME AL ART. 84 DE LA EHE/08

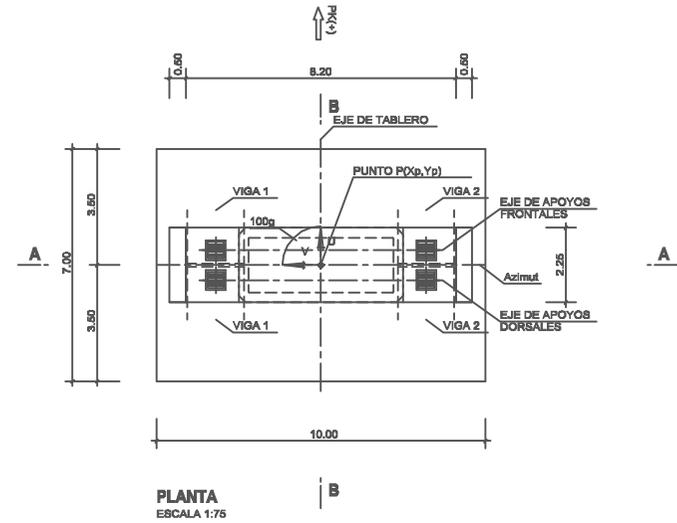


ALZADO FRONTAL
ESCALA 1:75

SI LA ALTURA DEFINITIVA H DE TIERRAS EN EL CONTORNO DE LA PILA ES MAYOR DE 4.00 METROS, EL INTERIOR DE LA PILA SE RELLENARÁ DE HORMIGÓN HNE-16 EN UNA ALTURA H' TAL QUE H'=H-4.00



ALZADO LATERAL
ESCALA 1:75



ALTAURA DE RELLENO H'

PILA	CALZADA IZQUIERDA	CALZADA DERECHA
1	6.00	2.40
2	3.25	1.15
3	2.40	1.30

ALTAURA MEDIA DE IMPERMEABILIZACIÓN

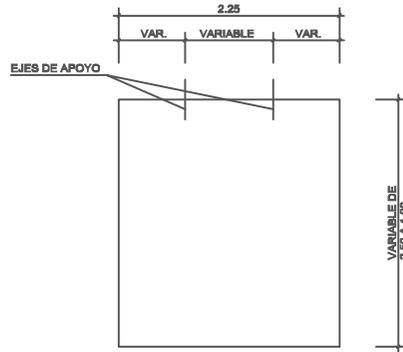
PILA	CALZADA IZQUIERDA	CALZADA DERECHA
1	6.50	5.30
2	6.25	3.60
3	4.40	4.30

CONTROL DE CALIDAD

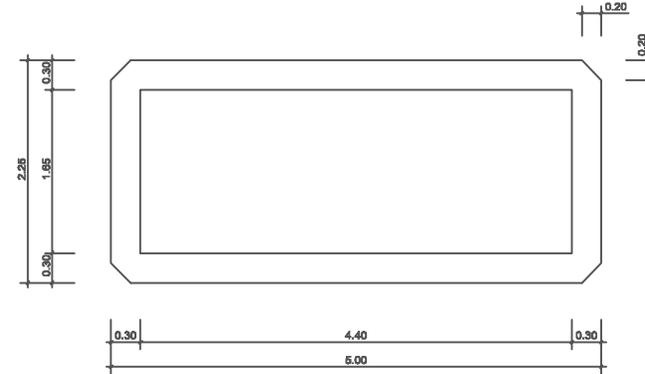
MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO	
NIVELACION	HL-160/B/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL					CEM I	
HORMIGÓN	ZAPATAS PILAS	HA-25/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	30	0.80	275	CEM I
	ALZADO PILAS	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	35	0.80	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-08					

PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO





SECCIÓN DE DINTEL
ESCALA 1:25



SECCIÓN C - C
ESCALA 1:25

CUADRO DE REPLANTEO DE PILAS CALZADA DERECHA

PILA	Xp	Yp	Z1	Z2	Zc	Azmut	h
1	466.912	3050.880	161.396	160.895	131.131	116.8787	30.000
2	456.340	3012.692	162.146	161.616	123.381	118.4232	36.600
3	443.245	2974.757	162.981	162.410	132.686	120.9698	30.000

EL AZIMUT ESTÁ EXPRESADO EN GRADOS CENTESIMALES Y CORRESPONDE AL EJE DE LA PILA. LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X₀=831000.000 Y₀=4693000.000

CUADRO DE REPLANTEO DE PILAS CALZADA IZQUIERDA

PILA	Xp	Yp	Z1	Z2	Zc	Azmut	h
1	478.044	3047.835	162.273	161.742	132.008	115.8768	30.000
2	488.327	3008.724	163.023	162.492	126.757	118.4233	36.000
3	456.067	2970.373	163.860	163.328	133.593	120.9698	30.000

EL AZIMUT ESTÁ EXPRESADO EN GRADOS CENTESIMALES Y CORRESPONDE AL EJE DE LA PILA. LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X₀=831000.000 Y₀=4693000.000

CUADRO DE REPLANTEO DE APOYOS DE VIGAS CALZADA DCHA.

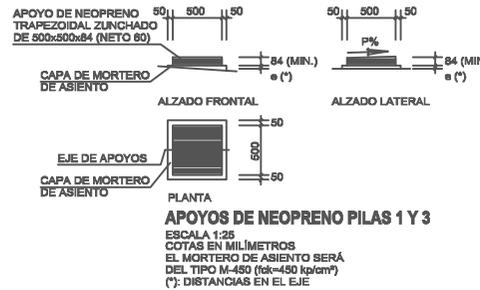
PILA	VIGA	APOYOS DORSALES					APOYOS FRONTALES				
		U	V	e	P(%)	VIGA	U	V	e	P(%)	
1	1	-0.577	3.200	0.030	1.970	1	0.577	3.198	0.056	1.989	
	2	-0.448	-3.198	0.032	1.982	2	0.448	-3.200	0.053	2.002	
2	1	-0.578	3.200	0.030	1.989	1	0.578	3.199	0.052	1.989	
	2	-0.450	-3.199	0.033	2.002	2	0.451	-3.200	0.049	2.002	
3	1	-0.578	3.201	0.054	1.989	1	0.581	3.198	0.049	2.129	
	2	-0.450	-3.198	0.072	2.002	2	0.459	-3.201	0.030	2.308	

CUADRO DE REPLANTEO DE APOYOS DE VIGAS CALZADA IZQDA.

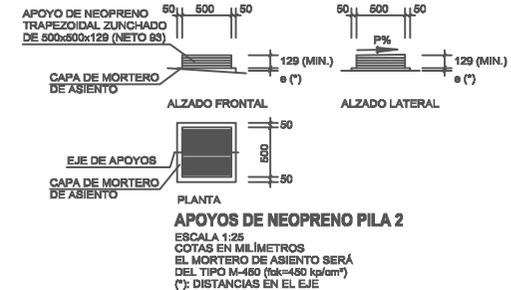
PILA	VIGA	APOYOS DORSALES					APOYOS FRONTALES				
		U	V	e	P(%)	VIGA	U	V	e	P(%)	
1	1	-0.577	3.200	0.030	1.943	1	0.578	3.198	0.055	1.962	
	2	-0.448	-3.198	0.032	1.955	2	0.449	-3.200	0.053	1.975	
2	1	-0.578	3.200	0.030	1.982	1	0.578	3.199	0.051	1.982	
	2	-0.450	-3.199	0.032	1.975	2	0.450	-3.200	0.049	1.975	
3	1	-0.578	3.201	0.030	1.982	1	0.572	3.198	0.063	1.757	
	2	-0.450	-3.198	0.035	1.975	2	0.449	-3.201	0.056	1.932	

NOTA :
LOS REPLANTEOS SE COMPROBARÁN EN OBRA ANTES DEL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN DE LA MISMA

NOTA
PARA EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN SE HA CONSIDERADO, DE ACUERDO CON EL INFORME GEOTÉCNICO, UNA TENSIÓN ADMISIBLE EN EL TERRENO DE 4.00 kg/cm².



APOYOS DE NEOPRENO PILAS 1 Y 3
ESCALA 1:25
COTAS EN MILÍMETROS
EL MORTERO DE ASIENTO SERÁ DEL TIPO M-450 (f_{ck}=450 kg/cm²)
(*): DISTANCIAS EN EL EJE

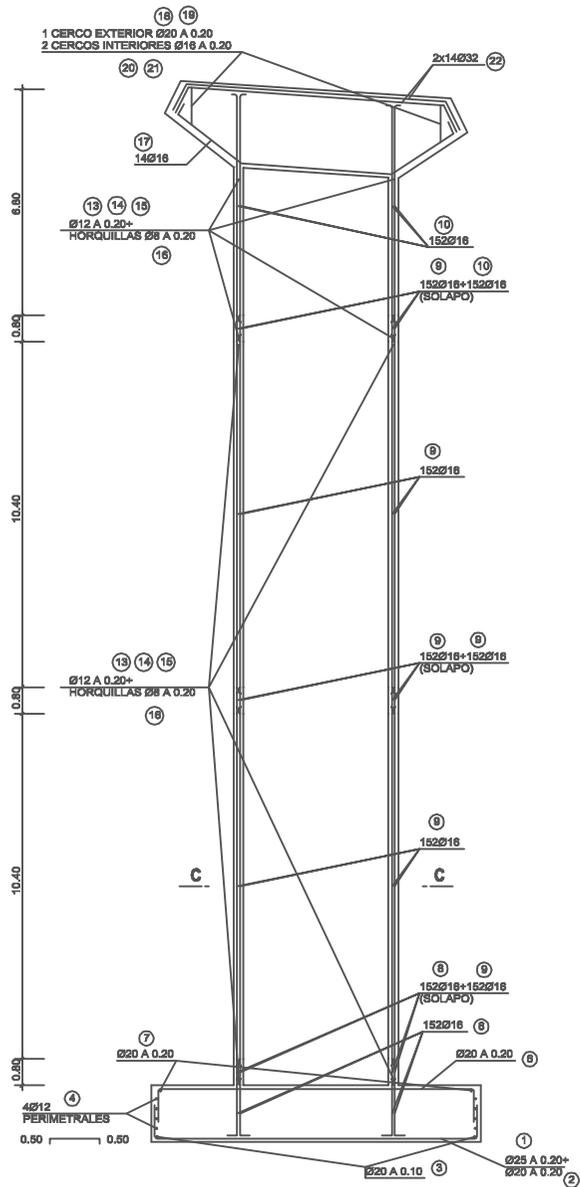


APOYOS DE NEOPRENO PILA 2
ESCALA 1:25
COTAS EN MILÍMETROS
EL MORTERO DE ASIENTO SERÁ DEL TIPO M-450 (f_{ck}=450 kg/cm²)
(*): DISTANCIAS EN EL EJE

CONTROL DE CALIDAD

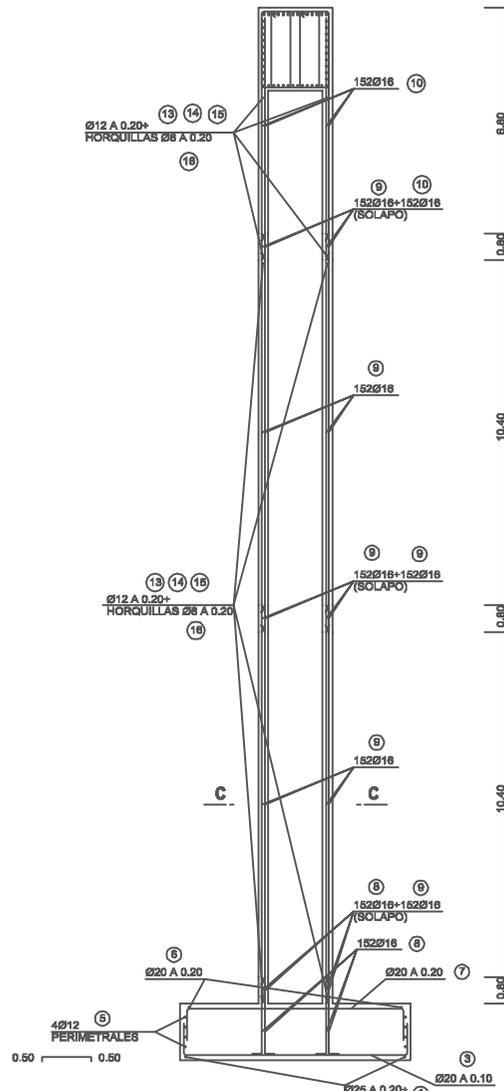
MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACIÓN	HL-150/B/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL				CEM I
	ZAPATAS PILAS	HA-25/B/20/18a	ESTADÍSTICO	γ _s =1.50	30	0.60	275
	ALZADO PILAS	HA-30/B/20/18a	ESTADÍSTICO	γ _s =1.60	35	0.60	300
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 600 S	NORMAL	γ _s =1.18			
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO



ARMADURA (SECCIÓN A - A)
ESCALA 1:75

NOTA:
LOS EMPALMES DE BARRAS SE HARÁN POR SOLAPO TAL COMO INDICA LA INSTRUCCIÓN EHE

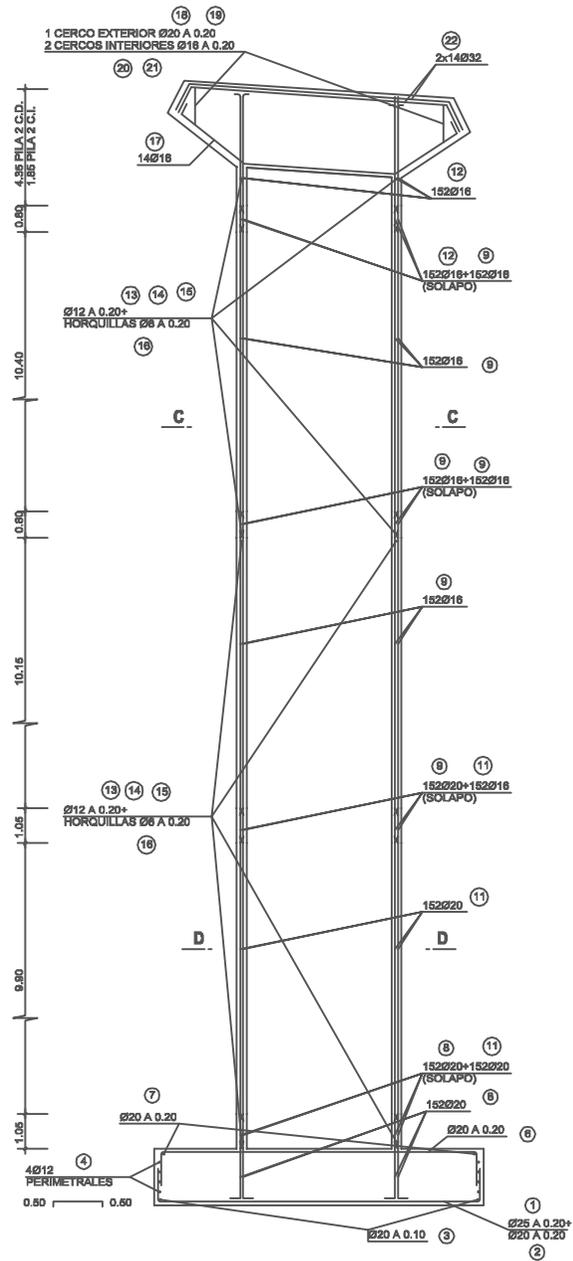


SECCIÓN B - B (ARMADURA)
ESCALA 1:75

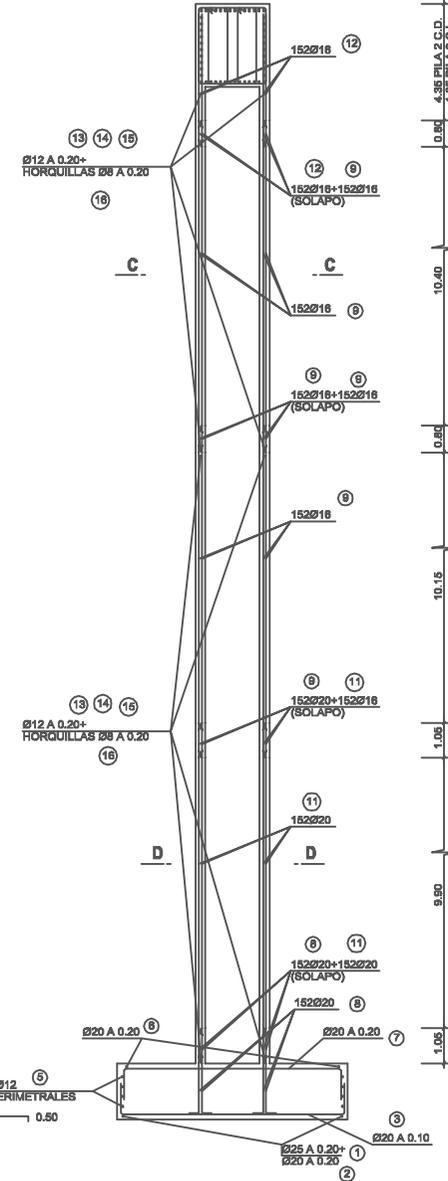
CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUACEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO	
	NIVELACIÓN	HL-150/8/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL				CEM I	
HORMIGÓN	ZAPATAS PILAS	HA-25/8/20/ IIIe	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	30	0.80	275	CEM I
	ALZADO PILAS	HA-30/8/20/ IIIe	ESTADÍSTICO	$\gamma_c=1.50$	35	0.60	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	$\gamma_s=1.15$				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98					

PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO

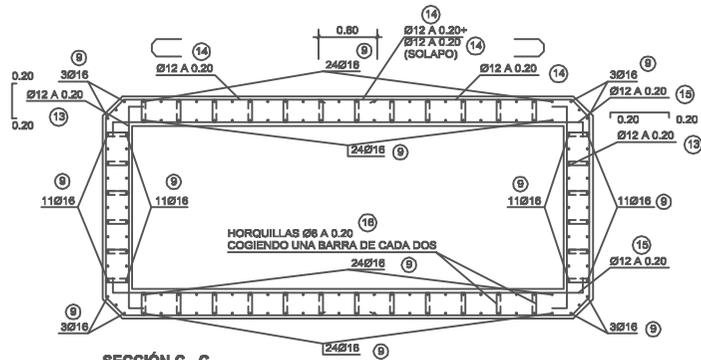


ARMADURA (SECCIÓN A - A)
ESCALA 1:75

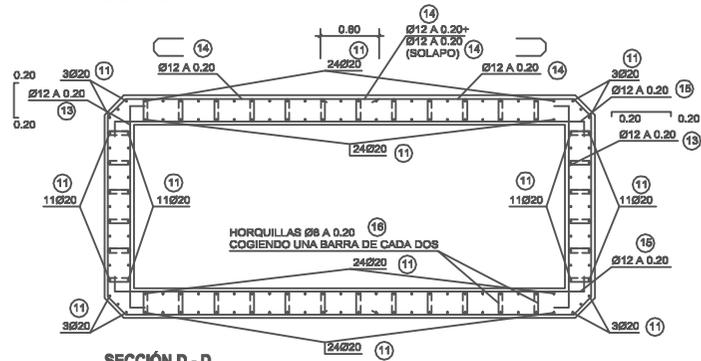


SECCIÓN B - B (ARMADURA)
ESCALA 1:75

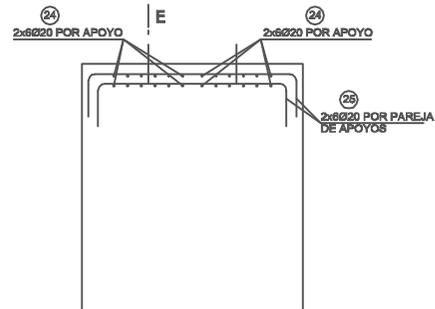
NOTA :
LOS EMPALMES DE BARRAS SE HARÁN POR SOLAPO TAL COMO INDICA LA INSTRUCCIÓN EHE



SECCIÓN C - C
ESCALA 1:25

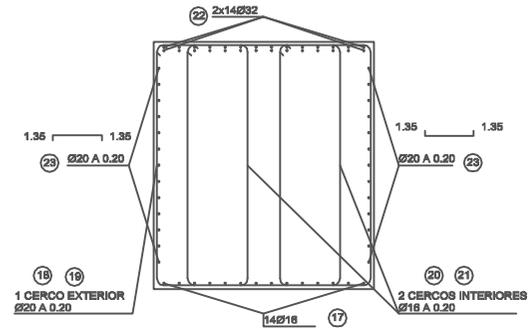


SECCIÓN D - D
ESCALA 1:25

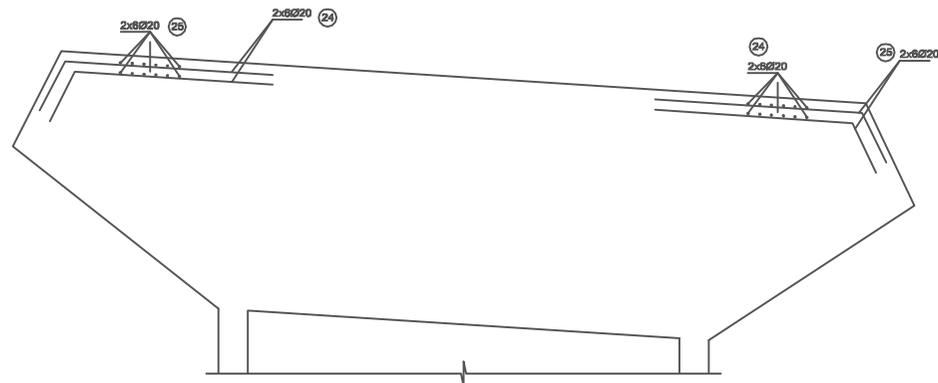


ARMADURA ADICIONAL DE APOYOS
ESCALA 1:25

NOTA:
LOS EMPALMES DE BARRAS SE HARÁN POR SOLAPO TAL COMO INDICA LA INSTRUCCIÓN EHE



ARMADURA DE DINTEL
ESCALA 1:25

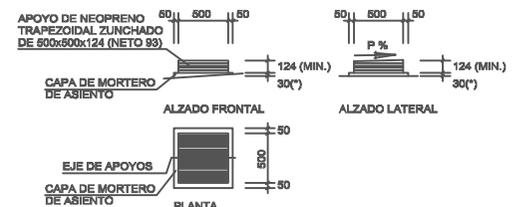
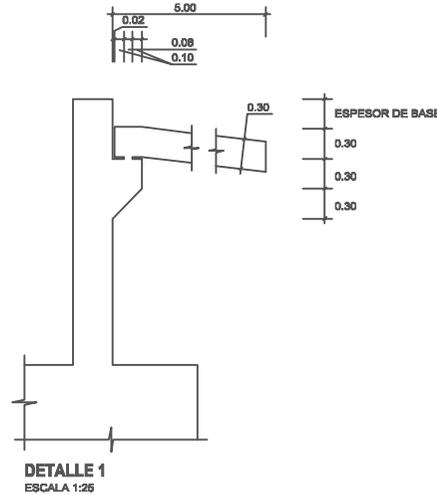
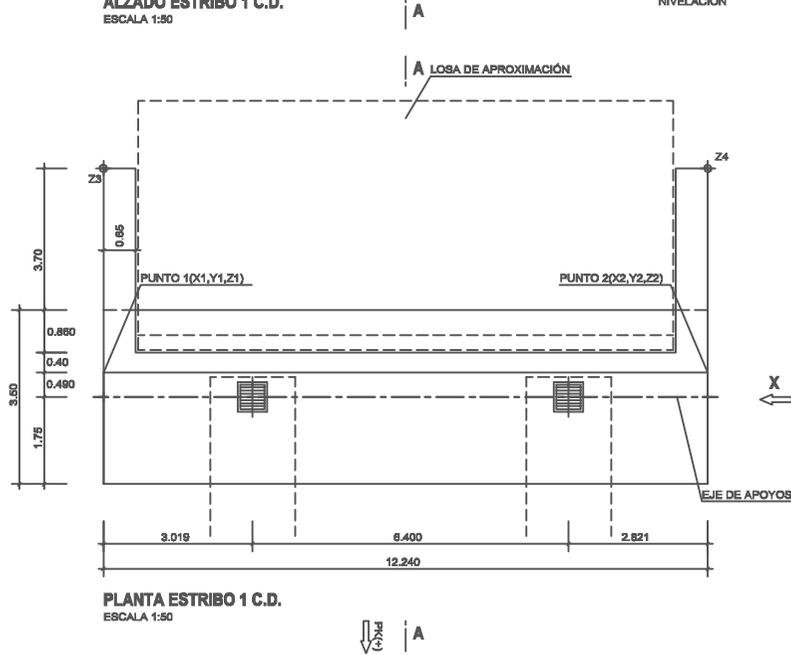
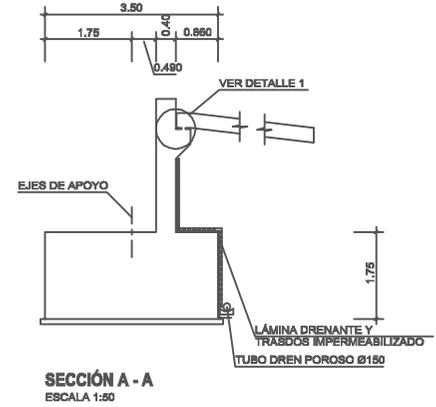
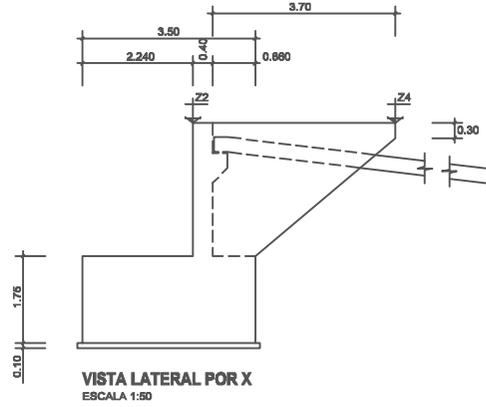
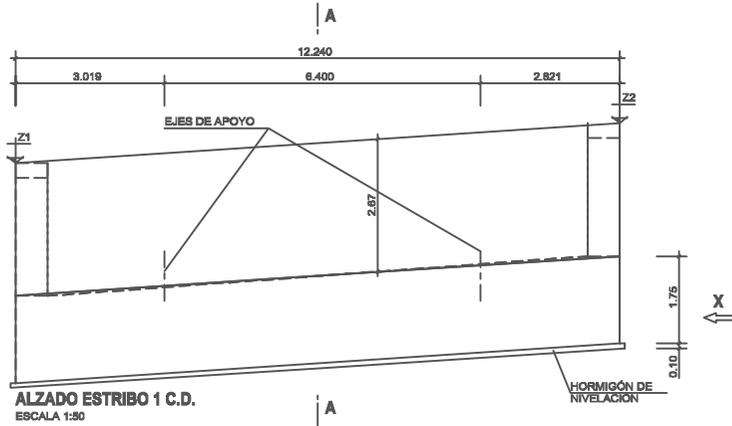


SECCIÓN E - E
ESCALA 1:25

CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUANCEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACIÓN	HL-160/9/26	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL				CEM I
	ZAPATAS PILAS	HA-26/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _c =1.50	30	0.50	275
	ALZADO PILAS	HA-30/B/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _c =1.50	35	0.50	300
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 500 S	NORMAL	γ _s =1.15			CEM III
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO



NOTA
 PARA EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN SE HA CONSIDERADO, DE ACUERDO CON EL INFORME GEOTÉCNICO, UNA TENSIÓN ADMISIBLE EN EL TERRAPLÉN DE 2.00 kg/cm².

CUADRO DE REPLANTEO DE ESTRIBO 1 CALZADA DCHA.

ESTRIBO	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Z3	Z4
1	468.804	3081.010	162.654	480.824	3088.228	163.380	162.510	163.307

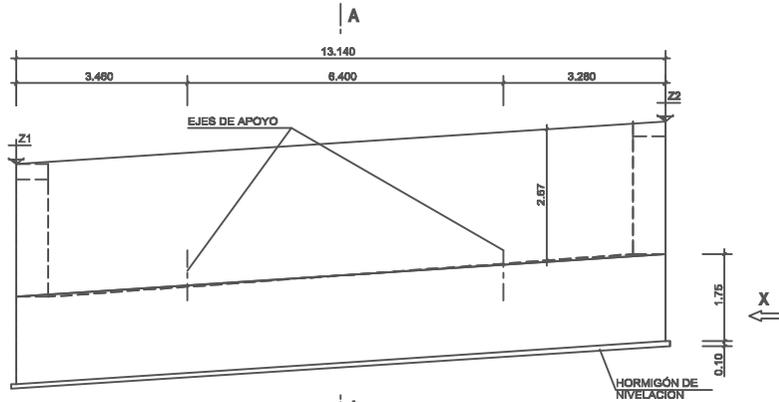
LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X₀=631000.000 Y₀=4683000.000

NOTA :
 LOS REPLANTEOS SE COMPROBARÁN EN OBRA ANTES DEL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN DE LA MISMA

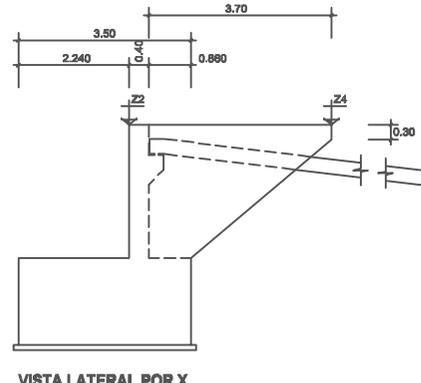
CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECURRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACIÓN	HL-180/R/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL				CEM I
	ESTRIBOS CARGADERO	HA-30/R/20/ IIb	ESTADÍSTICO	Y ₀ =1.50	36	0.50	300
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	B 600 S	NORMAL	Y ₀ =1.15			
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

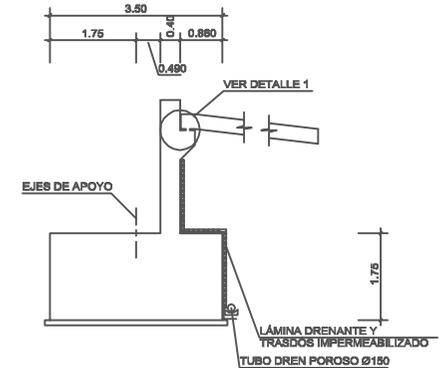
PARA GARANTIZAR LOS RECURRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO



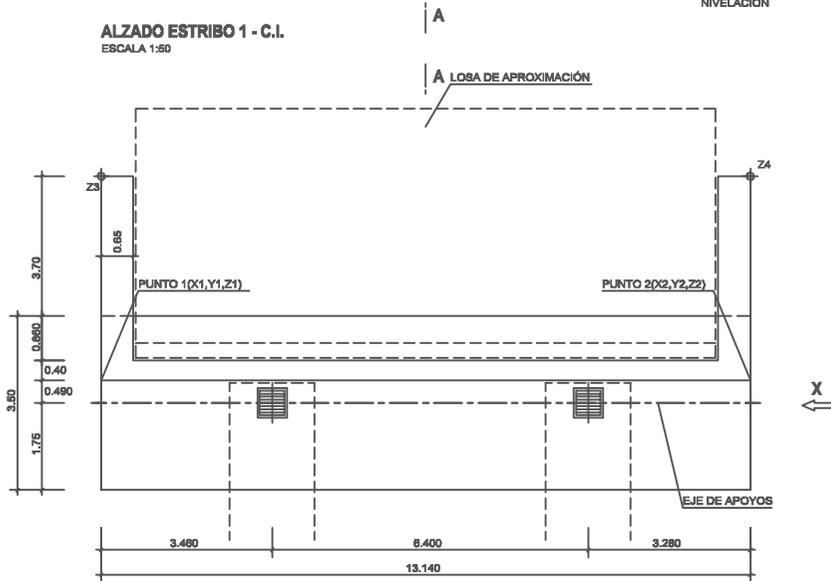
ALZADO ESTRIBO 1 - C.I.
ESCALA 1:50



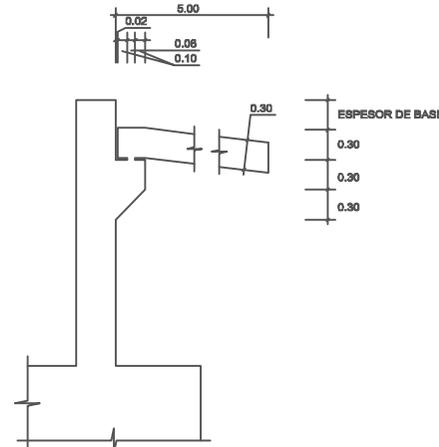
VISTA LATERAL POR X
ESCALA 1:50



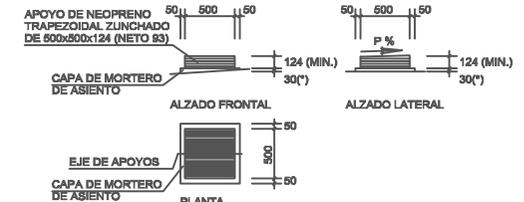
SECCIÓN A - A
ESCALA 1:50



PLANTA
ESCALA 1:50



DETALLE 1
ESCALA 1:25



APOYOS DE NEOPRENO
ESCALA 1:25
COTAS EN MILÍMETROS
EL MORTERO DE ASIENTO SERÁ DEL TIPO M-460 (f_{ck}=460 kp/cm²)
(*) DISTANCIAS EN EL EJE PARA P% VER PENDIENTE DE LAS VIGAS EN HOJA 10

NOTA

PARA EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN SE HA CONSIDERADO, DE ACUERDO CON EL INFORME GEOTÉCNICO, UNA TENSIÓN ADMISIBLE EN EL TERRAPLEN DE 2.00 kp/cm².

CUADRO DE REPLANTEO DE ESTRIBO 1 CALZADA IZQDA.

ESTRIBO	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Z3	Z4
1	481.719	3088.298	163.431	494.617	3085.308	164.288	163.358	164.214

LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X₀=531000.000 Y₀=4690000.000

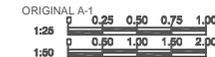
NOTA :

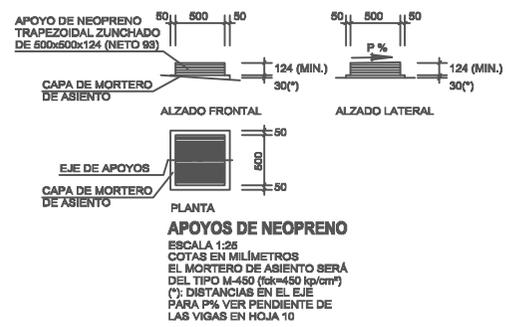
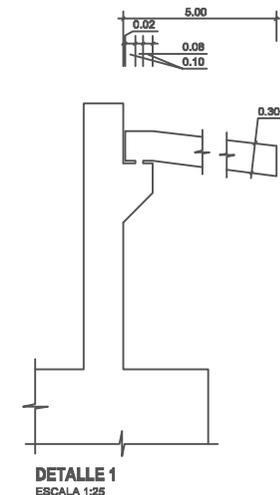
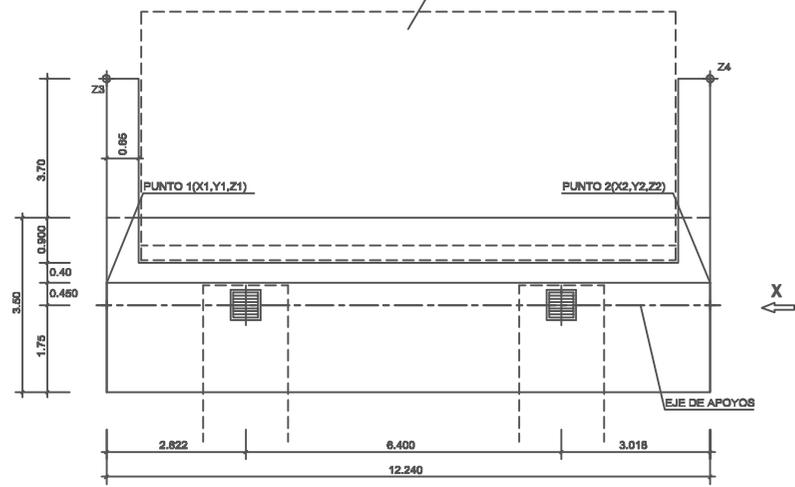
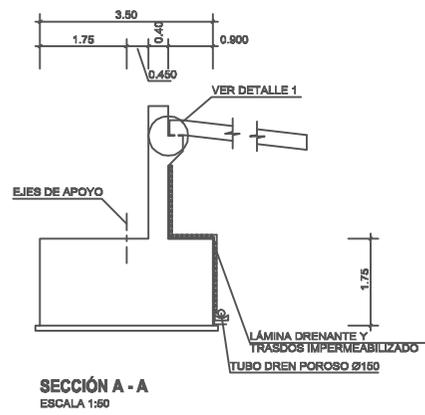
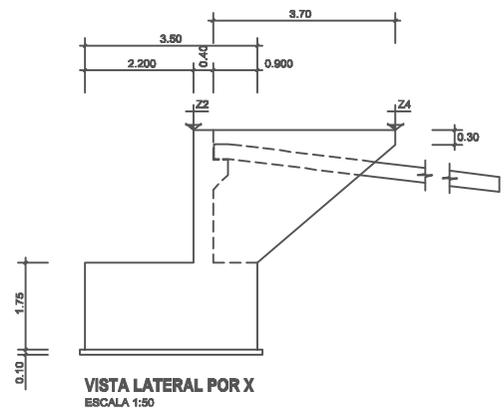
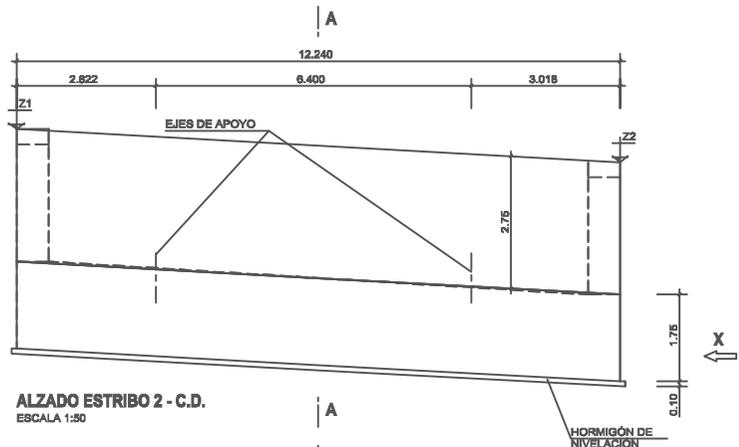
LOS REPLANTEOS SE COMPROBARÁN EN OBRA ANTES DEL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN DE LA MISMA

CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	RECRUBRIMIENTOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUAJEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACION	HL-150/B/25	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL				CEM I
	ESTRIBOS CARGADERO	HA-30/B/20/IIIa	ESTADÍSTICO	≥1.60	35	0.50	300
ACERO	ARMADURAS PASIVAS	Ø 500 S	NORMAL	≥1.15			
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS RECRUBRIMIENTOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO





NOTA
 PARA EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN SE HA CONSIDERADO, DE ACUERDO CON EL INFORME GEOTÉCNICO, UNA TENSIÓN ADMISIBLE EN EL TERRAPLÉN DE 2.00 kp/cm².

CUADRO DE REPLANTEO DE ESTRIBO 2 CALZADA DCHA.

ESTRIBO	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Z3	Z4
2	435.320	2935.392	186.543	423.616	2939.650	185.882	186.627	185.996

LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X₀=531000.000 Y₀=4663000.000

NOTA :
 LOS REPLANTEOS SE COMPROBARÁN EN OBRA ANTES DEL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN DE LA MISMA

CONTROL DE CALIDAD

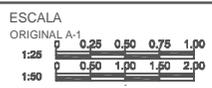
MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	REQUISITOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUACEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACIÓN HL-180/8/26	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL					CEM I
HORMIGÓN	ESTRIBOS CARGADERO HA-90/6/20/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _s =1.50	35	0.50	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS B 500 S	NORMAL	γ _s =1.15				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS REQUISITOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN SEPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO



INGENIERO CIVIL Y AUTOR DEL PROYECTO
 PEDRO FROJÁN PINO

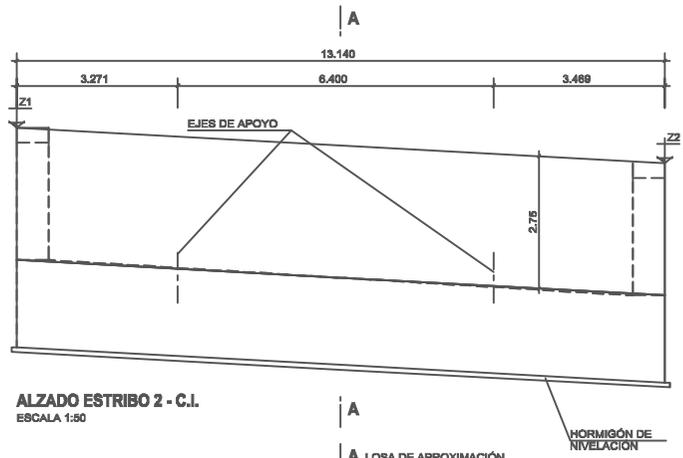
TÍTULO:
 ESTUDIO DE VIABILIDAD DE ALTERNATIVAS PARA EL VIADUCTO "REGO DO BARCO" (AUTOVÍA A-57 TRAMO: A ERMIDA - VILABOA)



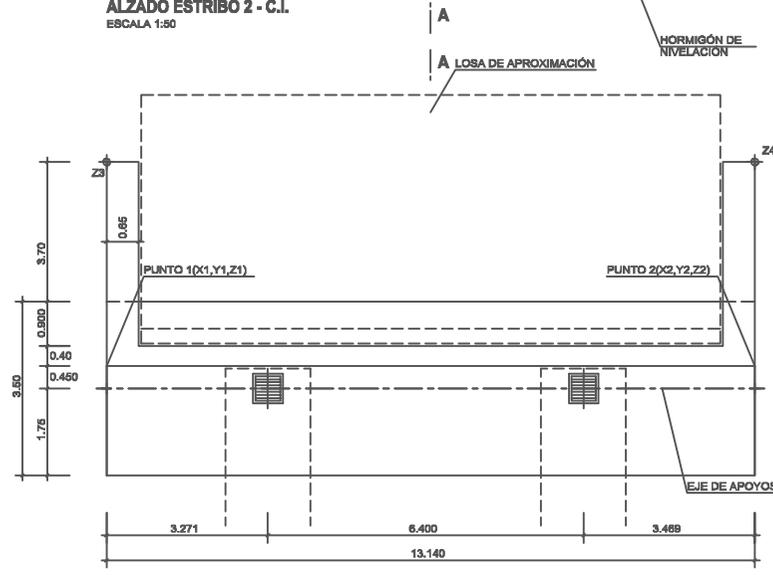
FECHA
 JUNIO 2017

TÍTULO DE PLANO:
 ALTERNATIVA 1
 ESTRIBO 2 C.D.

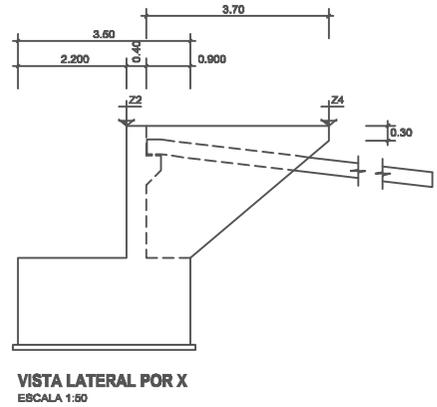
NÚMERO PLANO
 1.14
 HOJA 14 DE 15



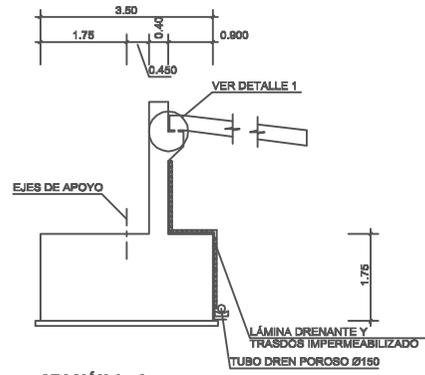
ALZADO ESTRIBO 2 - C.I.
ESCALA 1:50



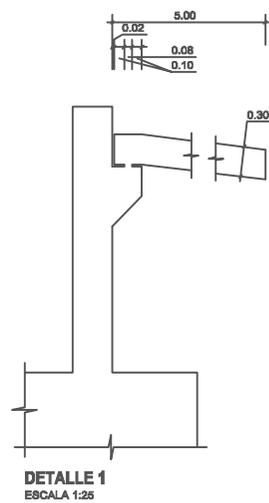
PLANTA
ESCALA 1:50



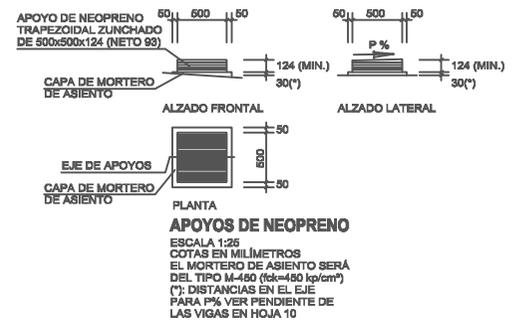
VISTA LATERAL POR X
ESCALA 1:50



SECCIÓN A - A
ESCALA 1:50



DETALLE 1
ESCALA 1:25



NOTA
PARA EL CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN SE HA CONSIDERADO, DE ACUERDO CON EL INFORME GEOTÉCNICO, UNA TENSIÓN ADMISIBLE EN EL TERRAPLÉN DE 2.00 kp/cm².

CUADRO DE REPLANTEO DE ESTRIBO 2 CALZADA IZQDA.

ESTRIBO	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Z3	Z4
2	448.386	2930.334	167.308	436.038	2934.630	166.596	167.396	166.676

LAS COORDENADAS X E Y ESTÁN REFERIDAS A UNOS EJES LOCALES, PARALELOS A LOS ORIGINALES, Y CUYO ORIGEN SE ENCUENTRA SITUADO EN EL PUNTO X0=531000.000 Y0=4890000.000

NOTA :
LOS REPLANTEOS SE COMPROBARÁN EN OBRA ANTES DEL COMIENZO DE LA EJECUCIÓN DE LA MISMA

CONTROL DE CALIDAD

MATERIAL	DEFINICIÓN	NIVEL DE CONTROL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	REQUISITOS NOMINALES (mm)	MÁXIMA RELACIÓN AGUA/CEMENTO	MÍNIMO CONTENIDO DE CEMENTO (kg/m ³)	TIPO DE CEMENTO
HORMIGÓN	NIVELACIÓN HL-180/9/26	HORMIGÓN NO ESTRUCTURAL					CEM I
	ESTRIBOS CARGADERO HA-30/9/22/ IIIa	ESTADÍSTICO	γ _s ≥1.50	26	0.50	300	CEM III
ACERO	ARMADURAS PASIVAS B 500 S	NORMAL	γ _s ≥1.15				
EJECUCIÓN	TODOS LOS ELEMENTOS	INTENSO	SEGÚN IAP-98				

PARA GARANTIZAR LOS RECURSOS EXIGIDOS DE LAS ARMADURAS SE UTILIZARÁN REPARADORES DE MORTERO DE CEMENTO