



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



Proyecto de Alta Velocidad Santander-Bilbao: estudio de alternativas y diseño operacional

Trabajo realizado por:
Alessio Mattiussi

Dirigido:
Luigi Dell' Olio
Maria Antonia Perez Hernando

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil

Santander, Septiembre de 2016

TRABAJO FINAL DE GRADO

OBJETO

El objeto del presente proyecto fin de grado es la definición de las obras de un nuevo trazado de la Línea de Alta Velocidad entre Santander y Bilbao para así potenciar el uso del transporte público respecto al vehículo privado creando así la necesidad de una conexión ferroviaria entre las dos capitales.

El trazado actual data de finales del siglo XIX, por lo que estas obras se plantean como una mejora para que el servicio ferroviario pueda competir con otros medios de transporte como el autobús o el automóvil.

Esta conexión presenta grandes inconvenientes dado que es necesario atravesar grandes desniveles, pues el trazado que existía antiguamente los salvaba a través de radios de giro muy pequeños, los cuales no son admisibles para una línea de Alta Velocidad.

El objetivo del estudio será conocer los posibles tráfico que se den en las futuras líneas ferroviarias, conociendo los horarios y velocidades máximas permitidas en cada punto del tramo de vía analizado, pudiendo así establecer un sistema de explotación. Para lograr alcanzar estos objetivos se han de analizar los factores que influyen en sus cálculos.

A continuación, se muestra un breve esquema del contenido del trabajo:

1. Estudio de dos alternativas y elección de una de las dos.
2. Estudio geológico, geotécnico e hidrogeológico de la zona interesada.
3. Estudio de tráfico de viajeros y relativa demanda.
4. Características de la vía y tiempos de viaje.
5. Planificación de horarios.
6. Señalización empleada.
7. Conclusiones.

1. ESTUDIO DE DOS ALTERNATIVAS Y ELECCION DE UNA DE ELLAS

Como su propio nombre indica, el presente párrafo tratará el estudio de dos alternativas de trazado, una siguiendo aproximativamente la autovía del Cantábrico y la otra pasará por el interior del territorio de Cantabria. Se analizarán las ventajas y los inconvenientes de las dos opciones y se elegirá la que se asoma a la costa.

2. ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO Y HIDROGEOLOGICO DE LA ZONA INTERESADA

En este apartado se pretende establecer las bases constructivas del territorio por el cual pasará el trazado. Se analizarán la procedencia de los materiales, así como su futuro empleo en la obra, además de saber de dónde se pueden sacar los materiales a utilizar en la misma.

Se va a realizar una caracterización geológica general de todo el tramo. El ciclo orogénico que, sin duda, más ha afectado e influido en el actual modelado tectónico de la región, es el alpino, siendo sus directrices (NO-SE, NNO.-S.SE. y conjugadas) las dominantes en la zona.

En el apartado de geotecnia se describirá en primer lugar, la campaña de reconocimiento geotécnico y ensayos de laboratorio que se ha ejecutado para el conocimiento de los desmontes, terraplenes.

Asimismo, se describirán los criterios seguidos para el diseño de la actual campaña de reconocimiento geotécnico donde se ha tenido en cuenta la abundante información recogida en el Estudio Geotécnico.

Se analizarán de manera detallada la procedencia de materiales y la composición del balasto según la normativa de ADIF.

Finalmente se detallan las condiciones climáticas del lugar de ubicación del proyecto que pueden llegar a condicionar su realización, y además las cuencas hidrogeológicas por las cuales pasa la traza. Las características climáticas son similares en toda la zona de estudio con gran influencia del mar.

3. ESTUDIO DE TRAFICO DE VIAJEROS Y RELATIVA DEMANDA

En este apartado se analizará el tráfico de viajeros a partir de la intensidad media diaria de vehículos medida en las estaciones a lo largo del trazado y especialmente en la estación de Castro- Urdiales donde la demanda es mayor. Los datos están sacados desde el Ministerio de Fomento en el apartado de carreteras. En base a estos valores se ha supuesto un modelo global para calcular la demanda máxima de viajeros en los dos sentidos para cada día de la semana y cada mes del año. En base a estos valores máximos luego se obtiene el número de trenes necesarios para cubrir dicha demanda.

4. CARACTERISTICAS DE LA VIA Y TIEMPOS DE VIAJE

En este párrafo se describe el nuevo trazado de la vía, el territorio que atraviesa aproximadamente especificando los radios de curvatura. Será un trazado de doble vía para servicio de viajeros, para en un futuro aprovecharlo también para mercancías.

Se especifican las características tanto de la plataforma, como de la superestructura, es decir, tipo de traviesa y tipo de carril en los tramos de balasto, como en los tramos de vía en placa detallando el sistema empleado.

Finalmente se añade un capítulo sobre las dos estaciones y relativas características de las mismas.

5. PLANIFICACION DE HORARIOS

En este apartado se realiza una descripción de porque es necesaria la planificación y cómo se ha de llevar a cabo. Para una correcta planificación es necesaria la elaboración de un estudio de horarios, para el cual se establecen unos pasos a seguir y una descripción de los datos necesarios para realizar los cálculos.

Se especifica de manera detallada el modelo de tren que se va emplear para cubrir la demanda de viajeros, así como una descripción de los tipos de bloqueos que se usan en Alta Velocidad. Se analizará el tema de capacidad de la línea y su intervalo, así como la distancia de frenado. Finalmente se calculan los tiempos de viajes con la opción de parada entre estaciones o sin paradas y sus relativos tiempos adicionales. Estos cálculos se obtienen conociendo la velocidad máxima de la vía y sus características, así como la señalización empleada.

Una vez obtenidos estos datos numéricos, se elaboran gráficos de marcha, brevemente descritos, donde se sitúa el movimiento de los trenes, representando las velocidades en cada punto de la vía. Para finalizar el análisis de la planificación de horarios, se obtienen los libros de itinerarios, que ayudan a un mejor funcionamiento del sistema desde el punto de vista del viajero y de los trabajadores, respectivamente.

6. SEÑALIZACION EMPLEADA

El sistema de señalización del tráfico que se va a tomar va a influir en el movimiento de los trenes, así como en la disponibilidad de la vía, por lo tanto, es fundamental ahondar en el tema.

En este capítulo se especifica el sistema de señalización que se emplea en la línea de Alta Velocidad, es decir, el sistema ERTMS Nivel 1, su funcionamiento en la línea y la recepción de datos a través de las balizas, así como el subsistema del tren. Por último, se detalla la señalización lateral empleada.

7. CONCLUSIONES

Durante los cálculos, se describen las limitaciones que tienen las formulaciones y/o los datos, muchas veces influidos por los supuestos de partida o la falta de información al no existir la línea ferroviaria construida.

En el apartado de diseño y planificación del sistema de explotación se realiza una comparación final de las soluciones obtenidas, además de una valoración crítica de ambas en cuanto al servicio ofrecido.



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



High Speed Railway Project Santander- Bilbao: study of alternatives and operational design

Trabajo realizado por:
Alessio Mattiussi

Dirigido:
Luigi Dell' Olio
Maria Antonia Perez Hernando

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil

Santander, Septiembre de 2016

TRABAJO FINAL DE GRADO

OBJETO

The purpose of this final degree project is the definition of the works of a new route of the high speed line between Santander and Bilbao in order to promote the use of public transport compared to private vehicles thus creating the need for a rail link between the two capitals.

The current layout dates from the late nineteenth century, so these works are proposed as an improvement to rail service to compete with other means of transportation such as bus or car.

This connection has significant disadvantages as it is necessary to traverse steep slopes as the path that existed formerly saved them through very small turning radii which are not eligible for a high-speed line.

The aim of the study will be aware of potential traffic that occur in the future railway lines, meeting schedules and speed limits at each point of a track section analyzed, and may establish a system of exploitation. To achieve these objectives have to analyze the factors that influence their calculations.

Following is a brief outline of the work content is displayed:

1. Study of two alternatives and choosing one of the two.
2. geological, geotechnical and hydrogeological study of the area concerned.
3. Study of passenger and relative demand.
4. Characteristics of the route and travel times.
5. Planning schedules.
6. Signaling employed.
7. Conclusions.

1. STUDY OF TWO ALTERNATIVES AND CHOOSING ONE OF THEM:

As its name suggests, this paragraph will deal with the study of two alternative layouts, one approximatively following the Cantabria motorway and the other will pass within the territory of Cantabria. the advantages and disadvantages of the two options will be analyzed and choose the one that overlooks the coast.

2. STUDY GEOLOGICAL, GEOTECHNICAL AND HYDROGEOLOGICAL OF INTERESTED AREA:

This section is to establish the constructive basis of the territory through which pass the path. the origin of the materials will be analyzed and their future employment in the work, and know where you can get the materials to be used in it.

It will make a general geological characterization of the entire stretch. The orogenic cycle that certainly has affected and influenced more in the current tectonic modeling of the region is the alpine, and its guidelines (NW-SE, NNO.-S.SE. and conjugated) dominant in the area.

In the section of geotechnics it is described first campaign geotechnical and laboratory tests has been executed for the knowledge of the cuttings, embankments recognition. Also, the criteria for the design of the current campaign where geotechnical investigation has taken into account the wealth of information gathered in the geotechnical study will be described.

We will analyze in detail the origin of materials and the composition of the ballast according to the rules of ADIF.

Finally the climatic conditions of the project location that can reach condition its realization and further detailed hydrogeological basins for which passes the trace. The climatic characteristics are similar throughout the study area with great influence of the sea.

3. STUDY OF PASSENGERS AND RELATED TRAFFIC DEMAND:

This section passenger traffic will be analyzed from the measured average daily vehicles at stations along the route and especially in Castro Urdiales station where demand is greater. The data are taken from the Ministry of Development in road section. In base to these securities it has been a global model to calculate the maximum demand of travelers in both directions for each day of the week and every month of the year. Based on these peak values are obtained after number of trains needed to meet such demand.

4. CHARACTERISTICS OF THE ROAD AND TIME TRAVEL:

In this paragraph the redrawing of the road, which crosses the territory approximatively specifying the radii of curvatures described. It will be a two-way route for passenger service, but in the future also use it for goods.

the characteristics of both the platform and the superstructure is kind of naughty and type of rail ballast sections, as in slab track sections detailing the system used is specified. Finally a chapter on the two stations and relative characteristics thereof is added.

5. PLANNING SCHEDULE:

This section provides a description of why planning is necessary and as to carry out is done. For proper planning the development of a study timetable is necessary, for which few steps and a description of the necessary data are set to perform calculations.

the model train to be used to meet passenger demand, as well as a description of the types of locks that are used in high speed is specified in detail. the subject line capacity and range, and the braking distance will be analyzed. Finally travel time with or without stops and their relative times additional option to stop between stations are calculated. These calculations are obtained by knowing the maximum speed of the track and its characteristics, as well as the signaling used. Once obtained these numerical data, graphics gear, briefly described, where the movement of trains is located, representing the velocities at each point of the track are made. To conclude the analysis of planning schedules, itineraries books, which help better functioning of the system from the point of view of the traveler and workers respectively are obtained.

6. SIGNALS USED:

The traffic signal system that is going to take will influence the movement of trains, as well as the availability of the road, therefore, it is essential to delve into the subject. This chapter describes the signaling system used on the high speed line ie ERTMS Level 1, its operation in line and receiving data via beacons, and the subsystem of the train is specified. Finally, lineside signals used detailed.

7. CONCLUSIONS:

During the calculations, the limitations of the formulations and / or data are described, often influenced by the assumptions of departure or the lack of information in the absence of the railway line built.

In the section on system design and operating planning a final comparison of the solutions obtained it is performed, along with a critical assessment of both in terms of the service offered.



INDICE

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES GENERALES	4
3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	4
4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	4
5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	5
5.1. ALTERNATIVA 1	5
5.2. ALTERNATIVA 2	6
5.3. ELECCION DE LAS ALTERNATIVAS.....	7
6. GEOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.....	7
7. GEOTÉCNIA.....	11
7.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA.....	12
7.1.1. CALICATAS	12
7.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES	13
7.2.1. PALEOZOICO	13
7.2.2. MESOZOICO.....	13
7.2.3. CRETÁCICO	13
7.2.4. CUATERNARIO	14
7.3. PROCEDENCIA DE MATERIALES.....	14
7.3.1. RELLENOS	14
7.3.2. MATERIALES GRANULARES	15
7.3.3. DISTINTIVO DE CALIDAD ADIF EN CANTERAS.....	15
7.3.4. REQUISITOS DEL ARIDO.....	16
7.3.5. HORMIGONES.....	17
7.3.6. MATERIALES MANUFACTURADOS	17
8. EFECTOS SISMÍCOS	18
8.1. NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE	18
8.1.1. MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA	18
8.1.2. ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO	19
9. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA.....	20
9.1. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA.....	20
9.1.1. ORGANISMOS QUE FACILITAN DATOS	21
9.2. HIDROLOGÍA.....	24
9.2.1. ANÁLISIS DE LAS CUENCAS.....	24



9.2.2. CÁLCULO DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO.....	24
10. PLANEAMIENTO Y TRÁFICO.....	27
10.1 MODELO DE DEMANDA	27
10.2 DEMANDA DE VIAJEROS.....	29
11. TRAZADO DE LA VIA	33
11.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	33
11.2 ESTACIONES Y APARTADEROS.....	40
12. EL BLOQUEO. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS. CAPACIDAD DE TRANSPORTE.....	45
12.1 EL BLOQUEO Y PROCESO DE FRENADO.....	45
12.2 CAPACIDAD DE LA LÍNEA E INTERVALO ENTRE TRENES	46
12.3 TIPOS DE BLOQUEO.....	47
13. CONECTIVIDAD	49
13.1. MODELO DEL TREN	49
13.2. TIEMPOS DE VIAJE	50
14. SEÑALIZACIÓN EN CABINA	60
14.1 SISTEMA ERTMS	60
14.2 ERTMS ADOPTADO	61
14.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA	63
14.4 LA AUTORIDAD DE MOVIMIENTO (MA).....	64
14.5 EL SUBSISTEMA DE VÍA: LAS EUROBALIZAS	65
14.6 EL SUBSISTEMA DE TREN.....	66
15. LA SEÑALIZACIÓN LATERAL	68
16. LIBRO DE ITINERARIOS	71
17. HORARIOS GRÁFICOS:	72
17.1 HORARIO DE INVIERNO	73
17.2 HORARIO DE VERANO	73
18. BIBLIOGRAFÍA y SITOGRAFÍA.....	75
19. ANEXOS	75



1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, numerosos trabajadores se han visto obligados a cambiar de residencia, lo que ha provocado que se haya incrementado la movilidad entre estas dos ciudades aumentando, por tanto, el tráfico por carretera.

Todo el norte del País necesita un nuevo trazado ferroviario capaz de hacer de enlace entre el este y el oeste. La comunidad de Cantabria, por este motivo, se encuentra relativamente aislada y los únicos medios de comunicación eficaces para conectarse con otras grandes ciudades son el avión y el automóvil. Ante esta realidad, existe en la actualidad un importante desequilibrio modal que debería tender a un mayor reparto de medios de transporte a favor de aquellos más sostenibles, particularmente el transporte ferroviario. Como ejemplo, podemos afirmar que aproximadamente el 50% del tráfico de mercancías entre la Península Ibérica y Europa se produce por la fachada atlántica. Únicamente el 1% de este tráfico se produce en ferrocarril, el 16% por mar y el 83% restante se realiza por carretera, lo que ha provocado la saturación de las infraestructuras viarias y el colapso e insostenibilidad del sistema.

Por todo ello, como alternativa idónea al autobús y automóvil se plantea la construcción de una línea de Alta Velocidad entre Santander y Bilbao ya que actualmente, estas dos capitales, aunque se encuentren comunicadas por línea ferroviaria, se trata de una línea ferroviaria de vía estrecha de ADIF (antes FEVE), que conecta la estación de Bilbao con la capital Cántabra a lo largo de 119 Kilómetros.

La línea está habilitada tanto para transporte de mercancías como para viajeros y la duración de dicho trayecto, con una velocidad máxima de 80 km/h, es de 3 horas y consta de tres circulaciones diarias.

La principal línea de FEVE en la Cornisa Cantábrica es la que conecta Ferrol con Bilbao a través de las provincias de Cantabria, Asturias y Lugo. La red es de ancho métrico y dispone de Control de Tráfico Centralizado (CTC) en Santander y Bilbao. Además, para el transporte de mercancías, esta red incorpora algunas terminales intermodales como las ubicadas en Gama (Santander), Lutzana y Ariz (Bilbao).

Santander - Bilbao



1. Trazado Renfe Actual SDR-BIO



2. ANTECEDENTES GENERALES

Se entienden todos aquellos documentos, informes, estudios, proyectos y textos legales que, por su contenido y fecha de redacción, puedan ser considerados antecedentes generales del presente Anteproyecto y tengan relación con el mismo.

Los principales documentos que deberán ser estudiados, y de los que se obtendrá la información necesaria para el posterior desarrollo de los trabajos son:

- Programa de infraestructuras Ferroviarias 2000/2007
- Estudio Informativo del Proyecto del tramo Límite de Asturias con Cantabria-Bilbao, en el corredor ferroviario de Alta Velocidad del Cantábrico.
- Estudio Informativo del Corredor Cantábrico de Altas Prestaciones. Tramo: Bilbao-Santander.
- Proyecto de Corredor Ferroviario de Altas Prestaciones Cantábrico-Mediterráneo.

3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Al igual que en el apartado anterior, se recopilarán, todos los documentos, informes, estudios, proyectos y textos legales que, por su contenido y fecha de redacción, puedan ser considerados antecedentes del presente Proyecto dentro de la línea de ferrocarril Santander – Bilbao.

Entre los principales documentos que deberán ser estudiados, y de los que se obtendrá la información necesaria para el posterior desarrollo de los trabajos, destaca:

- Corredor Cantábrico de altas prestaciones. Tramo: Bilbao – Santander: Este estudio planteaba la integración de todos los estudios existentes en el corredor cantábrico mediterráneo para normalizar las funcionalidades de alta velocidad y mercantes en todo el tramo. La alternativa son las actuaciones puntuales que ya estaban en marcha.

4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente “Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Santander – Bilbao” está basado en la necesidad de adaptación de todas las líneas ferroviarias españolas al programa Infraestructuras Ferroviarias 2000-2007 aprobado por el Ministerio el cual tiene como objetivos principales:

- Reducir a la mitad los tiempos de recorrido
- Todas las capitales quedarán a menos de 4 horas y media de Madrid
- Ninguna provincia estará a más de 6 horas y media de Barcelona
- Mejorar la calidad de servicios viajeros (tanto largas distancias como regionales)
- Hacerle competitivo frente a otros medios de transporte

Dentro de este Programa se prevé, entre otras cosas, conseguir reducir el tiempo de recorrido no sólo de la línea Santander-Bilbao, sino de toda la zona Norte Peninsular, llamado el Corredor del Norte, desde A Coruña hasta San Sebastián-Irún.



Por ello, como alternativa idónea al autobús y automóvil se plantea la construcción de una línea de alta velocidad entre Santander y Bilbao; se considera a este medio de transporte como una alternativa ideal no solo para el medio ambiente, ya que funciona de manera eléctrica y minimiza el impacto en el área por la que discurre, sino también por la descongestión que produciría en las carreteras.

En este sentido, se tratará la elaboración de un estudio informativo que comprende dos alternativas al trazado ya existente entre la capital Cántabra con la capital de Vizcaya a través del ferrocarril, escogiendo, posteriormente, la que consideramos más idónea.

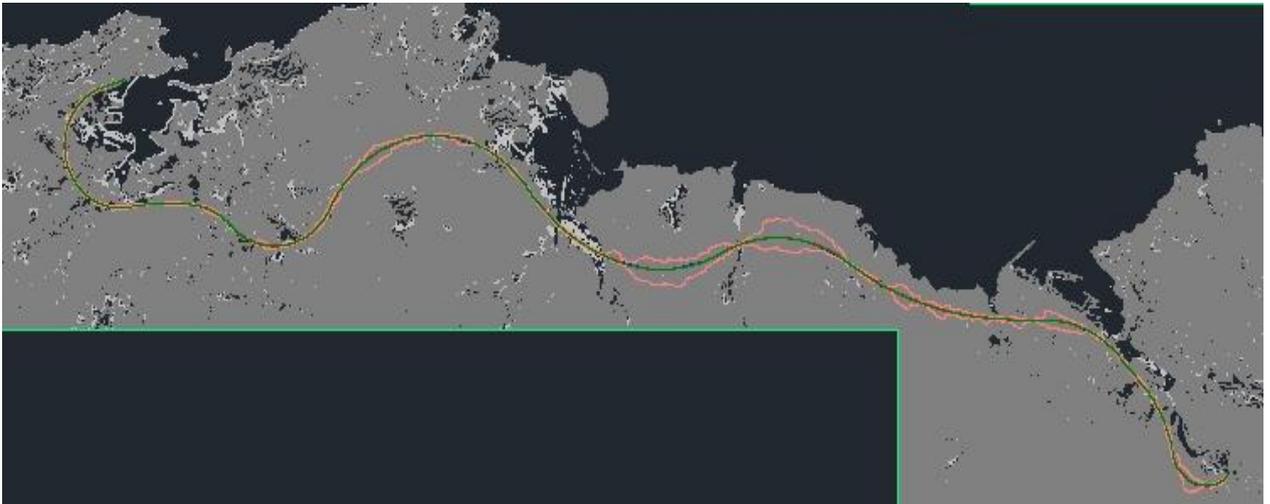
5. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

Se ha obtenido la cartografía a escala 1:25000, en formato digital editada por el Instituto Geográfico Nacional, que cubre desde Santander hasta Bilbao. Se propone que ésta será la cartografía base del Proyecto puesto que posee la escala adecuada y es suficientemente actual.

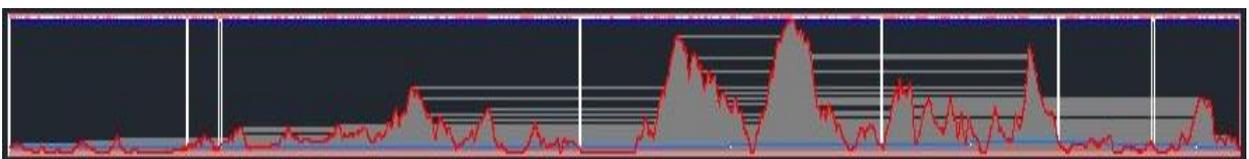
Las hojas del Mapa 1: 25000 que se utilizarán para el nuevo trazado de la línea de Alta Velocidad Santander – Bilbao son:

- 34-II; 34-III; 34-IV
- 35-I; 35-II; 35-III; 35-IV
- 36-IV;
- 37-III; 37-IV;
- 61-I; 61-II;

5.1. ALTERNATIVA 1



2. Planta trazado alternativa costa



3. Perfil longitudinal alternativa costa

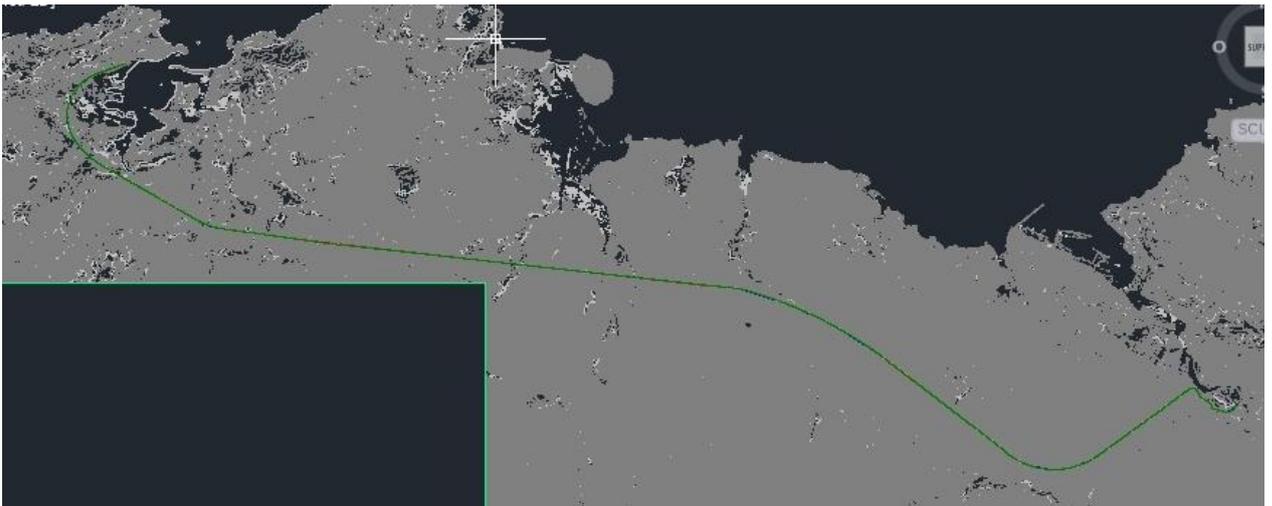


El trazado de esta alternativa se ha diseñado pensando en aprovechar, en parte, la cercanía con la autopista del Cantábrico; la línea recorre prácticamente la costa entre las dos capitales de provincia. Los radios de curvaturas del trazado cumplen con la normativa de ADIF y el trazado tiene una longitud aproximativamente de 96 km.

La ventaja de este trazado es la instalación de dos puntos intermedios de parada para los viajeros, uno en Laredo y otro en Castro. Otro punto a favor es que el territorio por el cual discurre el trazado no se encuentra en una zona muy abrupta, de hecho, se ha aprovechado todo lo posible la orografía del territorio, aunque la mayoría del trazado será proyectado en túneles o viaductos.

Se establecen unos criterios generales a tener en cuenta a la hora de definir las medidas de defensa contra la erosión, recuperación ambiental e integración paisajística de la obra, así como los criterios específicos de diseño y encaje de los desmontes y terraplenes, viaductos, márgenes y riberas, falsos túneles, túneles bocas y laderas adyacentes, trincheras y motas, vertederos, obras de fábrica y de drenaje, zonas específicas (instalaciones de obra, caminos temporales y permanentes de acceso) y barreras anti ruido.

5.2. ALTERNATIVA 2



4. Planta trazado alternativa interior



5. Perfil longitudinal alternativa interior

El trazado de esta alternativa discurre prácticamente por el interior del territorio de Cantabria y de Vizcaya. La longitud del recorrido es aproximativamente de 90 km. Con esta opción, se prefiere recortar en longitud de trazado, pero con ello se obvia los dos puntos intermedios de Laredo y Castro; de esta manera, este recorrido no sería aprovechado por los ciudadanos de las localidades costeras que es donde más afluencia de habitantes hay.



El trazado recorre, en su mayoría, el interior de la comarca de Trasmiera, introduciéndose posteriormente en la comarca del Asón – Agüera recorriendo los valles de Arredondo y Ramales de la Victoria. Cruzando la frontera con Vizcaya entra en la Comarca de Encartaciones donde el territorio es muy abrupto.

Desde el punto de vista ambiental la construcción de este trazado supondría un enorme cambio del territorio además de un coste elevado.

5.3. ELECCION DE LAS ALTERNATIVAS

Por todo lo sobre mencionado, y evaluando las ventajas y desventajas de las dos alternativas se elige la Nº 1 para el desarrollo del estudio informativo y del diseño operacional.

6. GEOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES

Uno de los principales aspectos que es preciso tener en cuenta a la hora de realizar cualquier construcción de ingeniería civil es todo lo referente a la geología y a la procedencia de los materiales. Hace falta conocer perfectamente el terreno en sus aspectos geológicos, relativos a los distintos materiales que componen el terreno en el que se va a disponer la obra. Además, será necesario saber de dónde se pueden sacar los materiales a utilizar en la misma.

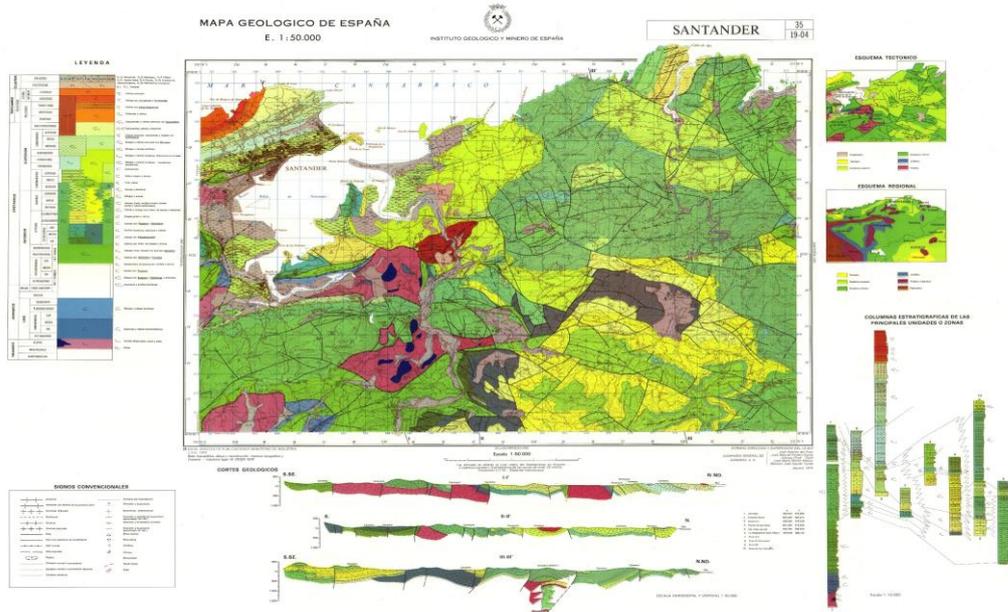
En consecuencia, a continuación, se analizarán ambos aspectos, haciendo especial hincapié en las distintas unidades geológicas existentes.

En la fase de recopilación de datos básicos se prestará especial atención a las hojas geológicas publicadas por el ITGE (antiguo IGME) a diferentes escalas y que suponen una herramienta fundamental a la hora de abordar las tareas de campo, en especial la elaboración de la cartografía geológica de detalle y la localización de canteras.

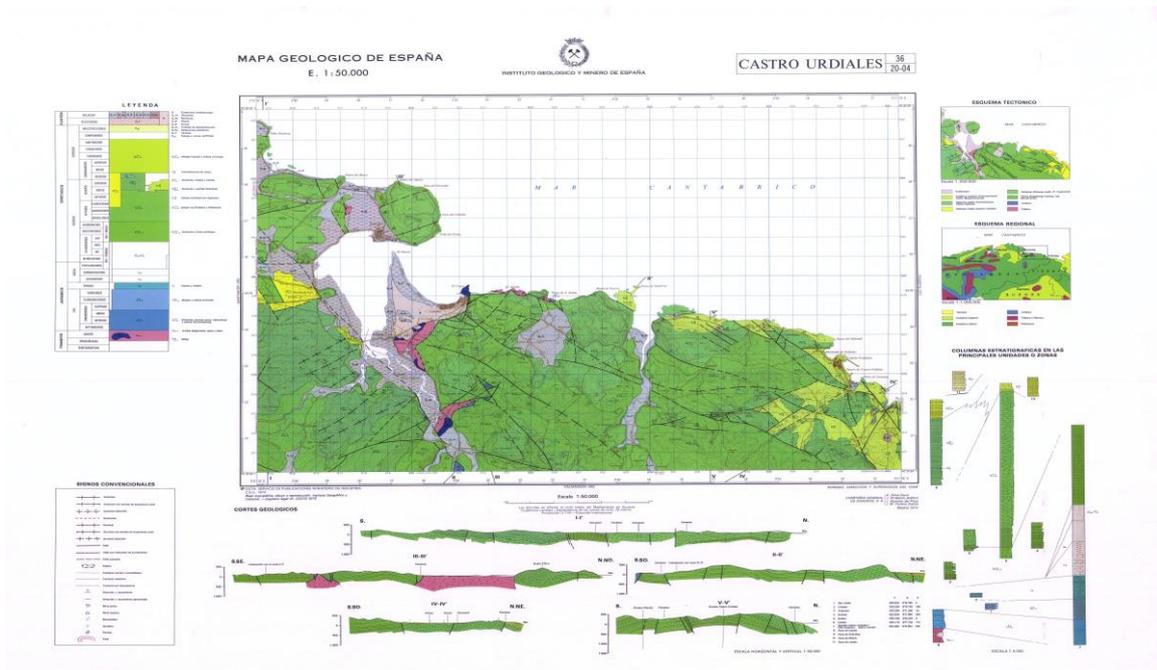
De los planos existentes, incluidos a continuación, caben destacar las siguientes hojas 1: 50000 (serie MAGNA) que cubren la totalidad de la zona de estudio:

- Hoja 35: Santander
- Hoja 36: Castro Urdiales
- Hoja 37: Algorta
- Hoja 61: Bilbao

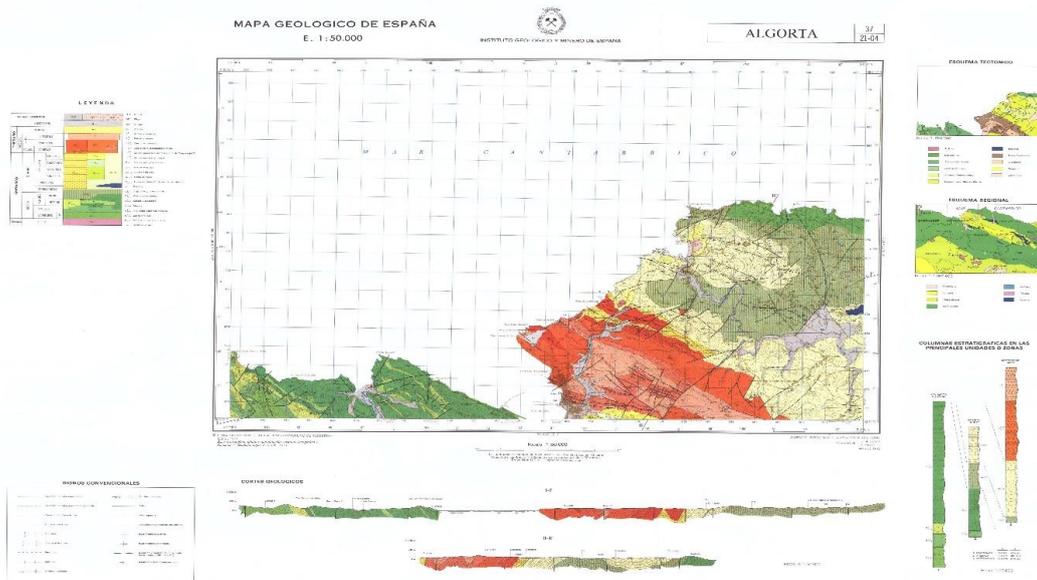
Los mapas incluidos son los planos geológicos, de rocas industriales y geotécnicos a escala 1:50000 en la descripción geológico - geotécnica de los materiales, realizada en apartados posteriores, para una mejor comprensión de las mismas.



6. Plano geológico Santander



7. Plano geológico Castro - Urdiales



8. *Plano geológico Algorta*



9. *Plano geológico Bilbao*

Es de destacar que se ha de prestar especial atención a los proyectos y obras que se están realizando en el entorno del área de estudio. De estos proyectos se pueden extraer datos de sondeos, canteras, estabilidad de taludes, inventario de túneles y obras existentes, y características geotécnicas de los materiales.



Se tendrán en cuenta todos aquellos estudios geotécnicos realizados por la Dirección General de Ferrocarriles en la zona de estudio y que aporten datos de las características de los materiales atravesados.

En este apartado se van a detallar adecuadamente las características geológicas existentes de la línea de Alta Velocidad Santander – Bilbao.

En primer lugar, y teniendo en cuenta los datos indicados en el apartado anterior, se va a realizar una caracterización geológica general de todo el tramo. El ciclo orogénico que, sin duda, más ha afectado e influido en el actual modelado tectónico de la región, es el alpino, siendo sus directrices (NO-SE, NNO.-S.SE. y conjugadas) las dominantes en la zona.

Descripción de las principales estructuras:

- **Diapiro de la Bahía de Santander:** Atraviesa el tramo inicial de la alineación del presente proyecto. Sus materiales están compuestos por arcillas y sales (especialmente yesos) del Keuper que ascendieron aprovechando la existencia de fallas.
- **Diapiro de Marina de Cudeyo y Diapiro de Solares:** Posteriores al diapiro de la Bahía de Santander nos encontramos con estos dos diapiros, los cuales tienen la misma composición geológica, como es el afloramiento del Keuper compuesto por arcillas abigarradas, yesos, sales y ofitas.
- **Anticlinal de Solórzano:** mantiene una dirección NO-SE al igual que la mayor parte de las fallas de superficie.
- **Falla de Colindres:** Atraviesa gran parte de la Hoja con dirección aproximada NO-SE recorriendo en los alrededores de la ría de Colindres el afloramiento del Keuper y la zona de marismas del Cuaternario.
- **Anticlinal de Colindres – Alto Guriezo:** Amplia estructura de dirección NO-SE con buzamientos suaves en sus flancos. La zona septentrional de su flanco sur se encuentra afectada por una prolongación del diapiro de Santoña, que hace que el Keuper aflore, arrastrando algunos bloques jurásicos.
- **Falla de Laredo:** Atraviesa gran parte de la Hoja con dirección aproximada NO-SE. En su parte oriental presenta una zona de complicación con varias bifurcaciones y una tectónica de pequeños bloques que parece indicar una mayor influencia del Keuper en profundidad, quizá por ser ésta una zona de más debilidad que haya favorecido la penetración en este punto de las masas plásticas de éste.
- **Anticlinal de Liendo – Nocina:** Es una estructura de buzamiento suave, cuyo flanco sur se halla interrumpido por la falla de Laredo- La Peña. Tiene dirección E.O., que a la altura de Nocina vira y pasa a ser NO-SE. Su flanco norte se encuentra afectado por una serie de fallas de gravedad paralelas, con dirección NO-SE que desplazan algo la serie.

La banda de estudio atraviesa varias unidades geológicas muy diferentes entre sí y que comprenden rocas de diferentes edades. La gran mayoría son sedimentos del Cretácico y Triásico existiendo, además, algunos pequeños afloramientos de Cuaternario localizados en la zona centro-oriental destacando por su extensión los asociados a la Ría de Limpias. En la zona cercana de esta ría destacan suelos de tipo marismas con importantes recubrimientos antrópicos al tratarse de una zona urbana.



De oeste a este del área de estudio las unidades geológicas atravesadas son:

- **CRETÁCICO:** Albiense Medio-Superior y Albiense Medio-Superior a Cenomaniense Inferior, formado por areniscas y arcillas limolíticas. Por encima de la serie de calizas y calcarenitas de facies Urganiana, se desarrolla un conjunto supraurgoniano de facies predominantemente margosa y calizo-arcillosa al este de la ría de Colindres, arenosa y limolítica al oeste de dicha ría. La facies margo-calcárea en su base se caracteriza por presentar alternancias de calizas y margas calcáreas grises. La facies arenosa del Albiense Medio-Superior a Cenomaniense Inferior, extendida al oeste de la ría de Colindres, está representada por un conjunto de unos 600-700 m de potencia, constituido por areniscas micáceas, entre las que se intercalan delgados lechos de arcillas limolíticas de tonos grises preferentemente en la base. Por otra parte, nos encontramos con Aptiense Gargasiense-Bedouliense formado por calizas con rudistas y orbitolinas en la falla de Laredo situada en la parte oeste de la ría de Colindres; sin embargo, a la altura de Linares y en toda la falla de Liendo el cretácico es Barremiense-Hauteriviense formado por areniscas y limos arcillosos. Siguiendo el tramo del proyecto planteado nos encontramos recorriendo Castro-Urdiales con albiense medio-superior formado por calizas arcillosas con espículas; en Santurce con calizas de espículas, y llegando al destino final, en la ciudad de Bilbao, el cretácico inferior aptiense está formado por filones de cuarzo.
- **CUATERNARIO:** Existe un tramo concentrado en el anticlinal de Solorzano que se asigna al Cuaternario Holoceno compuesto por cubetas de descalcificación; igualmente, hay manchas de materiales arenoso-margosos silicificados en algunos puntos que se asignan al Cuaternario indiferenciado (Q). Los depósitos de marismas son los que se desarrollan ampliamente en la ría de Colindres, entre esta localidad y Santoña.

Se caracterizan por ser sedimentos terrígenos finos, dominando las arcillas, limos, fangos, etc que por su carácter están afectados por los movimientos de marea, lo que dificulta su delimitación cartográfica.

- **TRIÁSICO:** Los sedimentos correspondientes al Triásico Superior quedan localizados en el primer tramo del proyecto, correspondiente a la Bahía de Santander, así como en la zona de Marina de Cudeyo, Solares y, por último, en los alrededores de la ría de Colindres, tratándose de pequeñas manchas muy recubiertas por sedimentos cuaternarios. El keuper se encuentra representado por un conjunto de arcillas abigarradas, que localmente pueden presentar bloques de dolomías vacuolares o, excepcionalmente, de dolomías compactas negras de lías Inferior, normalmente en situación caótica. Esta fase arcillosa se encuentra localizada en los afloramientos existentes junto a Orejo, Sobremaza, Laredo, Colindres y Limpias. Son también frecuentes los afloramientos de masas volcánicas, donde alcanzan gran extensión horizontal y vertical. Son rocas ofíticas, con textura holocristalina, heteroglandular, diabásicas, compuestas por plagioclasas, piroxenos y minerales opacos.

7. GEOTÉCNIA

En el presente anejo se describirá en primer lugar, la campaña de reconocimiento geotécnico y ensayos de laboratorio que se ha ejecutado para el conocimiento de los desmontes, terraplenes.



Asimismo, se describirán los criterios seguidos para el diseño de la actual campaña de reconocimiento geotécnico donde se ha tenido en cuenta la abundante información recogida en el Estudio Geotécnico previo ya realizado.

7.1. DESCRIPCIÓN DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Reconocimiento de las estructuras y obras de fábrica, así como en los nuevos desmontes localizados en el trazado. La campaña engloba las siguientes prospecciones:

- Sondeos a rotación con recuperación de testigo continuo para reconocimientos geotécnicos.
- Sondeos a rotación en seco para la determinación de la calidad ambiental de los suelos.
- Sondeos de pequeño diámetro (86 mm) y escasa profundidad (hasta 5-6 m) para la realización de muestreos ambientales en zonas de difícil acceso y reducido espacio.
- Toma de muestras inalteradas de pared gruesa (XP P94-202) y fina, tipo Shelby (ASTM-D1587-00), pruebas de penetración estándar SPT (UNE 103-800-92).
- Realización de ensayos hidrogeológicos en el interior del sondeo, para determinar la permeabilidad del terreno (Lefranc y Lugeon).
- Instalación de piezómetros con diámetros de 2", 3", y 4", con tubería de PVC roscada, ciega y ranurada, anular de gravas silíceas redondeadas, bentonita, cemento y arquetas de protección.
- Ensayos de penetración dinámica tipo "SPDH", según norma Une 103-801-94.
- Campañas de detección de compuestos orgánicos volátiles "Soil Gas Survey" en la zona no saturada del terreno, mediante medios semi-manuales (hasta 2 m) y mecánicos (hasta 5-6 m).
- Sondeos mecánicos a rotación.

7.1.1. CALICATAS

Durante todo el tramo, se van a realizar calicatas no solo en las zonas de las excavaciones (desmontes), sino también en los apoyos de los rellenos y en la ubicación de las estructuras.

El fin de la realización de éstas calicatas es determinar y describir los diferentes tipos de materiales más superficiales del subsuelo que aparecen a lo largo de toda la traza y la recogida de muestras representativas en las que se realizarán los ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización geotécnica de los materiales y la definición del aprovechamiento de los distintos tipos de material cortados en los desmontes.

El número de calicatas a realizar será suficiente para definir con exactitud las características de los materiales propios de la traza, distribuyéndose a lo largo de la misma y haciendo hincapié en las zonas de retirada de material (desmontes) y en el apoyo de los rellenos.

Aparte de las calicatas en diversas zonas de la traza para el estudio de las estructuras, desmontes y cimientado de los rellenos se realizarán calicatas en zonas de préstamos, susceptibles de utilizarse en la formación de los rellenos, para conocer su aptitud para el uso en el núcleo y coronación de terraplenes y capas de forma.



7.2. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

A continuación, se realiza una descripción de las principales características geotécnicas de los materiales reconocibles en la banda de estudio ordenada de mayor a menor antigüedad:

7.2.1. PALEOZOICO

7.2.1.1. FORMACIÓN CALIZA

Se caracteriza por ser una roca muy resistente, con una elevada capacidad portante. Es necesario el uso de voladura para su excavación y presenta taludes estables con alturas importantes e indicaciones superiores al 2V: 1H. No obstante, son frecuentes las caídas de bloques inestables debido a que presentan una fracturación importante asociada a las fallas inversas (Este- Oeste).

Los materiales procedentes de la excavación de esta unidad son aprovechables para la ejecución de rellenos (pedraplenes y escollera), saneo en cemento e incluso, con el machaqueo adecuado, se pueden utilizar para la elaboración de la capa de forma.

7.2.1.2. FORMACIÓN LEBEÑA

Materiales controlados por la estratificación, de forma que en este sector al cortarse transversalmente se pueden adoptar taludes de 45º (1:1) de inclinación con medidas adicionales como la colocación de mallas o redes y la ejecución de bulones en los bloques y cuñas inestables. Son excavables con medios mecánicos tipo martillo neumático, si bien los niveles de areniscas portantes requieren el uso de voladuras. El producto obtenido es apto para ejecutar rellenos. La capacidad portante es de media a alta.

7.2.2. MESOZOICO

7.2.2.1. (TRIÁSICO) FACIES KEUPER

Las arcillas del Keuper no presentan una estructura definida al tratarse de una roca blanda con un comportamiento plástico. En superficie se presentan bastante alteradas y fisuradas; es una litología fácilmente erosionable con problemas de estabilidad en los taludes.

Geotécnicamente se comportan como un suelo que presenta problemas de inestabilidad en los taludes existentes en la zona, así como fenómenos de inestabilidad en laderas naturales. Por lo tanto, son previsibles los problemas de inestabilidad en desmontes y túneles excavados en esta litología.

Esta litología será excavable por métodos mecánicos en la mayoría de los casos, aunque no se descarta del todo la necesidad del ripado en ciertos niveles más endurecidos salvo tramos de ofitas, que es un material inadecuado para su uso en rellenos; debe llevarse a vertedero.

7.2.3. CRETÁCICO

7.2.3.1 APTIENSE- ALBIENSE

Los conglomerados son de tipo poligénico, si bien predominan los cantos silíceos, con cantos calcáreos. Salvo caídas de cantos que se pueden evitar con mallas, presentan un comportamiento geotécnico medio a favorable. Es necesario el uso de voladuras para su excavación y son aprovechables para la ejecución de rellenos. Las areniscas confieren un comportamiento geotécnico desfavorable.



7.2.3.2. ALBIENSE- CENOMANIENSE INFERIOR

El comportamiento geotécnico es desfavorable, ya que se degradan con facilidad generando inestabilidades en taludes. La capacidad portante es media a baja. La excavación se puede realizar con medios mecánicos convencionales y en general no son aprovechables ya que presentan un alto porcentaje de finos plásticos.

7.2.4. CUATERNARIO

7.2.4.1. ORIGEN COLUVIAL

La capacidad portante es media en los niveles arenosos y de gravas, y de baja a muy baja en las llanuras limosas encharcadas, con problemas de tipo hidrogeológico.

La estabilidad de estos materiales en taludes de desmontes es baja, por no presentar cementación. Son excavables con medios mecánicos y reutilizables en rellenos. La capacidad portante es media a baja en función del contenido en matriz de arcillas e índice de poros que presenten.

7.2.4.2. SUELOS MARISMA

La excavación se puede ejecutar con medios mecánicos convencionales y no serán utilizables para la realización de rellenos.

7.3. PROCEDENCIA DE MATERIALES

En relación a la estabilidad de desmontes y rellenos, los taludes adoptados en los desmontes oscilan entre el 1,5H: 1V y el 1H: 3V. En este caso, se ha optado por unos taludes 1,5H: 1V en la totalidad de los desmontes del tramo.

En los rellenos, se adopta un talud 1H: 1V. Estos taludes se determinan con unos coeficientes de estabilidad adecuados, de acuerdo con los parámetros resistentes de las formaciones en desmonte y para el material que se va a utilizar una vez puesto en obra, en el caso de los rellenos.

Dado que los materiales procedentes de los desmontes servirán para los rellenos, no es necesario transportar material de relleno de cantera a obra. Sin embargo, será necesario el transporte de balasto desde cantera a la obra.

7.3.1. RELLENOS

Los rellenos localizados, los generales tipo terraplén (cimiento, núcleo y espaldón) y/o pedraplén (cimiento, núcleo, espaldón, transición y zonas especiales) y los rellenos todo uno, se construirán con materiales procedentes de las excavaciones de la obra (tierra, tránsito o roca) aptos para su utilización y destino, complementados con materiales de préstamo procedentes de préstamos autorizados y canteras del entorno de la obra y de los tramos vecinos (30 km desde la envolvente circular de la traza con centro en el de gravedad de la misma) aptos según su utilización y destino.

Los rellenos de coronación se construirán con materiales procedentes de las excavaciones de la obra (tierra, tránsito o roca), aptos para su utilización y destino según lo especificado en el PPTP,



complementados con materiales procedentes de préstamos autorizados y canteras del entorno de la obra (distancia máxima 30 km desde la envolvente circular de la traza con centro en el de gravedad de la misma) y aptos según su utilización y destino. Las areniscas de las que disponemos se pueden clasificar como un 10% todo uno y el resto como suelo tolerable, por lo que serán utilizadas para el núcleo y el cimientado del terraplén.

7.3.2 MATERIALES GRANULARES

Los materiales granulares intervinientes rellenos (localizados y generales), esqueleto de materiales compuestos (hormigón, mbc, etc.), elementos de drenaje, escolleras, etc. Provenirán íntegramente de canteras del entorno de la obra (distancia máxima 30 km desde la envolvente circular de la traza con centro en el de gravedad de la misma).

La excepción a la distancia antes reseñada es la que hace referencia a materiales áridos destinados a la ejecución de las capas de balasto y subbalasto de la superestructura. Los materiales granulares destinados constituyentes de estas capas, serán transportados desde canteras autorizadas y reconocidas por Adif para el suministro de balasto, ya que está reconocido el cumplimiento de unas características requeridas por parte de esos materiales, que dadas sus especiales condiciones pueden no encontrarse en el entorno de la obra.

Así pues, el material destinado a servir como balasto deberá proceder de una cantera que cuente con el distintivo de ADIF para ser suministradora de balasto.

7.3.3 DISTINTIVO DE CALIDAD ADIF EN CANTERAS

El Distintivo de Calidad otorgado por ADIF a una cantera, engloba tanto la calidad geotécnica de la masa canterable, la planta de fabricación y los frentes de explotación, de manera que se garantice, que el balasto producido se comporta adecuadamente en vía. Los certificados del Distintivo de Calidad ADIF tienen una vigencia de cinco años, por lo que deben actualizarse con carácter quinquenal.

El procedimiento a seguir para la obtención del Distintivo de Calidad consta de varias fases: una primera fase de estudio en la que los técnicos de ADIF realizan una inspección inicial de la cantera solicitante, y toman unas muestras para realizar ensayos de laboratorio preliminares, principalmente el de desgaste (Coeficiente de Los Ángeles); superada esta fase, se inicia la fase de estudio propiamente dicho, que consta de tres objetivos generales: demostrar la calidad geotécnica de la roca, demostrar la calidad de la planta y verificar la viabilidad y capacidad para asegurar los suministros de balasto.

En esta fase se redacta el estudio geológico y de explotación en el que se estudia la calidad geotécnica de la roca y el estudio geológico del entorno de la cantera, estudiando la información geológica publicada de la zona y realizar una cartografía de la zona de estudio. De esta forma se analizan las litologías, la estructura tectónica y el marco geomorfológico del área de estudio, con la finalidad de conocer los tipos de roca que existen en la explotación.

La calidad de la roca se establece mediante ensayos de laboratorio realizados sobre muestras tomadas en los frentes. Los ensayos realizados a las muestras requieren unas connotaciones técnicas propias que se especifican en el P.A.V. 3-4-0.0. /7ª Edición.

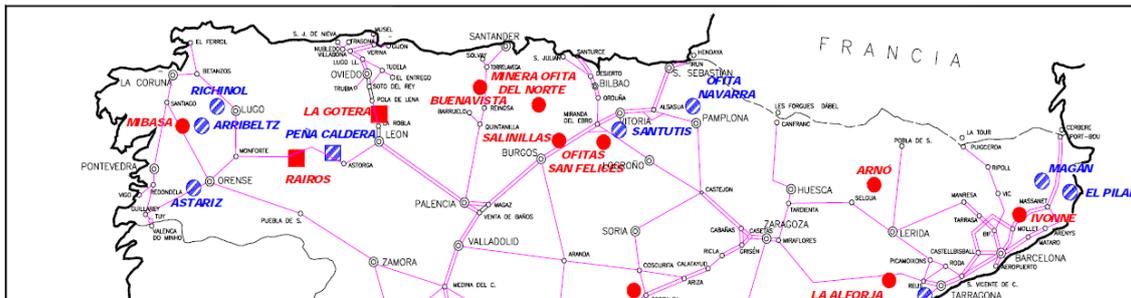
Otra parte importante del estudio, es el análisis de la planta de tratamiento y del conjunto de la maquinaria y medios de producción. Por ello se han de verificar las características de la



tritadora primaria, los molinos secundarios y las cribas que intervienen en el proceso de fabricación del balasto.

Para el análisis de la viabilidad y continuidad de los suministros, se tiene en cuenta la evolución de las reservas de la cantera, el estudio de impacto ambiental y las medidas correctoras durante la explotación, de manera que estén solventados los posibles problemas que puedan surgir durante la vigencia del Distintivo de Calidad.

En general las rocas aptas para elaborar balasto son rocas silíceas de grano fino y tendencia a fábricas granulares, con alta resistencia a la compresión y desgastes bajos. Este tipo de rocas se encuentran en todos los grandes grupos de rocas, plutónicas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias. Entre las primeras las óptimas son las ofitas y diabasas, pero son adecuadas también las serpentinitas, las dioritas, los pórfidos y los granitos. Estos últimos tienen que ser granitos con mucho cuarzo y grano fino. Entre las rocas volcánicas se utilizan los basaltos, las andesitas y las traquitas. Las rocas metamórficas más adecuadas son las corneanas, rocas que son de textura granular y grano fino, pero son también utilizadas las anfibolitas y algunos tipos de milonitas, a pesar de que éstas tengan una fábrica foliada.



10. Distribución de canteras con el distintivo de Calidad (2009)

Las ofitas destinadas a realizar las funciones de balasto procederán de las canteras reconocidas más próximas a la zona, como podrán ser las canteras de Minera Ofitas del Norte, u Ofitas San Felices (Haro- La Rioja). Será válido cualquier material procedente de una cantera en disposición del distintivo de calidad de cantera de Adif, que cumpla con las especificaciones del PPTP.

7.3.4 REQUISITOS DEL ARIDO

La calidad de la roca se establece mediante ensayos de laboratorios realizados sobre muestras tomadas en los frentes. Estos ensayos tienen por objeto por un lado ver las propiedades del material y por otro verificar que el proceso de elaboración en la planta es el adecuado. Cada uno de estos aspectos tiene sus ensayos específicos. Los tipos y norma de ensayos se especifican en la Norma N.A.V. 3-4-0.2. /4ª Edición de obtención del Distintivo de calidad ADIF y en la Norma N.A.V. 3-4-0.1. /2ª Edición, de características técnicas del balasto.

Los ensayos para establecer la calidad de las rocas y sus límites son los siguientes.

- Coeficiente Desgaste Los Angeles. Esta propiedad es básica y mediante ella se clasifica en balasto en los siguientes tipos:
 - Balasto tipo 1: <14 % (apto para líneas de Alta velocidad)
 - Balasto tipo 2: <16 %
 - Balasto tipo 3: <20%
 - Usos especiales: <12%



- Resistencia a la compresión. El material debe tener una resistencia $>1.200 \text{ Kg/cm}^2$
- Absorción de agua. Se trata de que el agua no absorba agua que pueda helarse y fragmentar la piedra. Su límite es $< 0,5$. Si hay una absorción mayor pero menor de $1,5 \%$ hay que realizar un ensayo resistencia a la heladicidad mediante sulfato magnésico.
- Resistencia a la acción del sulfato magnésico: $<4 \%$
- Densidad de la roca
- Densidad del balasto
- Ensayo de ebullición Sonnebrand en rocas basálticas: cambio CLA $<5 \%$

Los ensayos para verificar la calidad del proceso de elaboración en la planta son los siguientes:

- Granulometría: (Suma retenido 40 y 31,5 $>50\%$)
- Limpieza: (Partículas finas $< 0,6$; Polvo: $<0,5\%$)
- Elementos aciculares y lajosos: (Índice de forma: $<10 \%$)
- Elementos retenidos entre 25 y 16 mm: $<27\%$
- Elementos granulares menores de 16 mm: $<5\%$
- Longitud máxima de partículas (100 mm): $<4\%$

Todos estos ensayos se realizan en laboratorios homologados sobre muestras recogidas en el marco del estudio en los frentes, procurando que haya un número representativo de muestras para caracterizar los diferentes bancos de los frentes pero a este estudio se añade un análisis de los datos de ensayos anteriores, concretamente los que se realizan por parte de ADIF para control de la calidad de los suministros y elaboración del sistema de calidad de Penalización por Incumplimiento Tolerado (PIT), que son proporcionados por ADIF a los técnicos que realizan el estudio.

7.3.5. HORMIGONES

Los hormigones a utilizar en la obra provendrán de plantas del entorno de la obra (distancia máxima 30 km desde la envolvente circular de la traza con centro en el de gravedad de la misma). Esto se refiere al 100 % del material en cuestión.

7.3.6. MATERIALES MANUFACTURADOS

Los materiales manufacturados a emplear en la obra, procederán de cualquiera de las fábricas que los produzcan y/o de los almacenes mayoristas, siendo su ámbito territorial el nacional (tanto para producción como para distribuidor en el caso de importación por mayorista), según el tipo de material de que se trate. Esto se refiere al 100 % del material en cuestión.

Las distancias de transporte especificadas ya han sido tenidas en cuenta a la hora de evaluar el precio de los materiales a pie de obra y, por tanto, consideradas en la elaboración de los precios de las unidades de obra.

La clasificación de procedencias en tanto por ciento, para los rellenos y otros materiales referidos, ha sido tenida en cuenta en la elaboración de los precios de las unidades de obra por lo que estos se ajustan a tales hipótesis.

Se incluye en este anejo la ubicación de las principales canteras, plantas de hormigón y plantas de mezclas bituminosas que actualmente se hallan en funcionamiento en el entorno de la obra proyectada.

8. EFECTOS SISMÍCOS

8.1 NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

8.1.1 MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA

De acuerdo a la “Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)”, la peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica.

Dicho mapa suministra, (expresada en relación al valor de la gravedad g), la aceleración sísmica básica (a_{bb}), un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno, y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

Atendiendo al mapa de zonificación de las aceleraciones sísmicas básicas, la obra se encuadra dentro de la zona con aceleraciones sísmicas básicas (a_{bb}) menores que $0,04 g$.



11. Mapa de peligrosidad sísmica

Debido a esta norma, de acuerdo con el uso al que se destinan, con los daños que pueden ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:



- de importancia moderada
- de importancia normal
- de importancia especial.

8.1.2 ACELERACIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

La aceleración sísmica de cálculo, a_{cc} se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

a_b = Aceleración sísmica básica

ρ = Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda

a_c = en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:

- Construcciones de importancia normal $\rho = 1,0$.
- Construcciones de importancia especial $\rho = 1,3$.

S Coeficiente de ampliación del terreno. Toma el valor:

Para $\rho \cdot a_b \leq 0,1 g$:

$$S = \frac{C}{1.25}$$

Para $0,1 < \rho \cdot a_b < 0,4 g$:

$$S = \frac{C}{1.25} + 3.33 * \left(\rho * \frac{a_b}{g} - 0.1 \right) * (1 - C/1.25)$$

Para $0,4 g \leq \rho \cdot a_b$

$$S = 1,0$$

Siendo:

C Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación.

Sin embargo, esta Norma no será de aplicación en este caso, debido a que la aceleración sísmica básica (a_b) es inferior a 0,04 g; siendo g, la aceleración de la gravedad.

9. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

9.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA

En este capítulo se definen las directrices necesarias para la obtención de los datos básicos de Climatología e Hidrología del “Proyecto de la Línea de Alta Velocidad Santander-Bilbao”.

Las condiciones climáticas del lugar de ubicación del proyecto pueden llegar a condicionar su realización. Se necesita un anejo de datos orientado al conocimiento de las condiciones de contorno del proyecto previamente al diseño del mismo.

Las características climáticas son similares en toda la zona de estudio con gran influencia del mar.



12. Regiones geográficas con características meteorológicas comunes

Se recogerán todos los datos climáticos y meteorológicos de las estaciones representativas de la zona en la que se van a desarrollar las obras. Algunas de ellas son:

- 1082 Bilbao Aeropuerto
- 1109 Santander Aeropuerto

Con las estaciones seleccionadas, se preparará un cuadro genérico en el que se indicará su altitud, coordenadas, cuenca hidrográfica, designación y número de relación asignado por el Servicio Meteorológico Nacional.



9.1.1. ORGANISMOS QUE FACILITAN DATOS

9.1.1.1 MINISTERIO DE FOMENTO

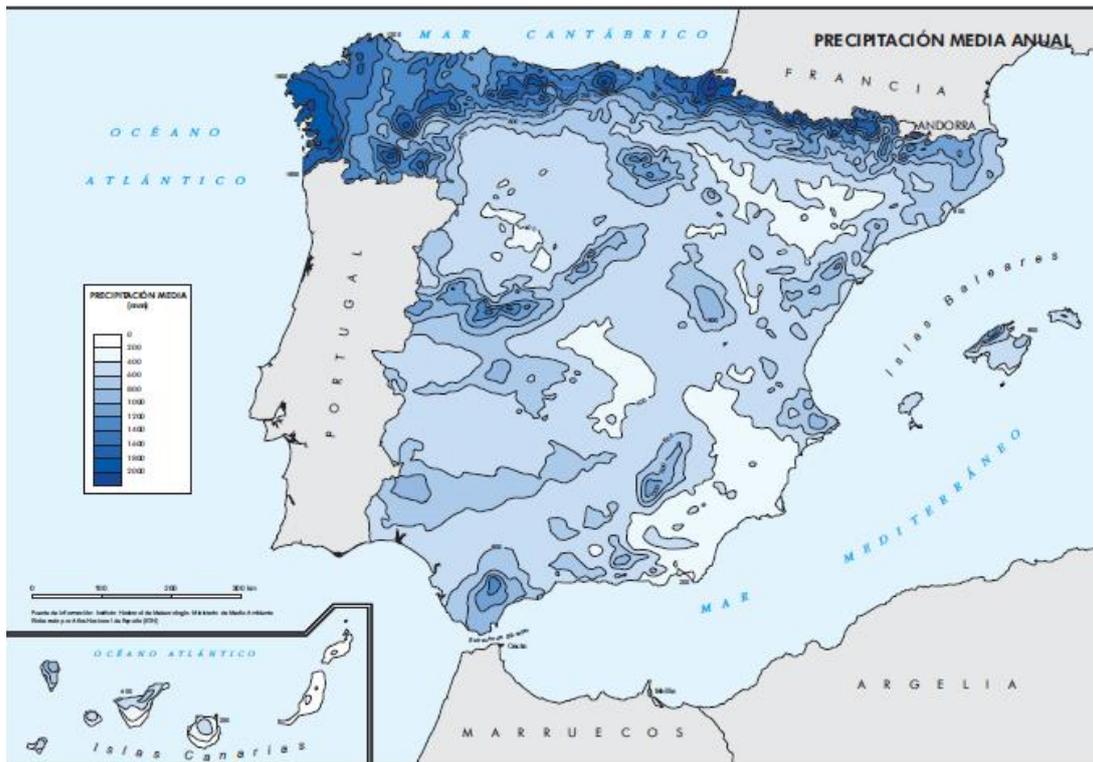
- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular (1999)

Este documento tiene su origen en un Convenio entre la Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, y el Centro de Estudios Hidrográficos del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del mismo Ministerio.

Con esta publicación, la Dirección General de Carreteras proporciona de forma directa y para toda la Península, los datos de precipitación máxima en 24 horas para un cierto período de retorno.

La precipitación media anual tiene un valor uniforme en toda la zona Norte (superior a los 1.200 milímetros en toda el área comprendida entre Santander y Bilbao), y después disminuye progresivamente hacia las zonas situadas más al Sur.

Mes	SANTANDER (Aeropuerto de Parayas)			BILBAO (Aeropuerto)		
	Prec. Men. Máx (mm)	Prec. Men. Min (mm)	Prec. Diaria Máx (mm)	Prec. Men. Máx (mm)	Prec. Men. Min (mm)	Prec. Diaria Máx (mm)
Enero	311,3	4,9	55,1	312,1	6,4	55,9
Febrero	251,2	12,6	66	210,6	20,2	44,1
Marzo	187,1	9,2	58,7	215,3	11,7	83,8
Abril	256,9	1,3	79,1	259,9	10,4	92,4
Mayo	198,9	17,6	51,6	177,6	26,6	92,5
Junio	208	15,2	70,8	239,8	14,3	108,1
Julio	101,9	14	74,9	117,2	5,9	67,7
Agosto	406,5	8	134,4	629,9	9,1	252,6
Septiembre	224	4	71,7	199,7	0,4	90,1
Octubre	350	14,4	119,4	432,2	12,6	84,6
Noviembre	317,1	12,7	72,2	263,6	10,1	85,2
Diciembre	270,4	11,9	68,3	245,1	13,8	66,2
Año	1548,5	817,8	134,4	1428,4	824	252,6



13. Mapa de precipitaciones medias anuales

- Datos climáticos para carreteras (1964)

En esta publicación, aparecen unos gráficos de isolíneas y unas tablas, donde se pueden obtener diversos datos climatológicos.

Con los valores anteriores, se determinarán los datos necesarios para la programación de las obras (coeficientes medios anuales para la obtención del número de días aptos para trabajar).

Mes	SANTANDER (AEROPUERTO DE PARAYAS)												BILBAO (Aeropuerto)											
	Periodo:1981-2010 Altitud(m):5 Latitud:43° 25' 45" N Longitud 3° 49' 53" O												Periodo:1981-2010 Altitud(m):42 Latitud:43° 17' 53" N Longitud 2° 54' 21" O											
	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	9,7	13,6	5,8	106	72	12,3	0,4	0,8	0,8	2,1	2,9	85	9,3	13,4	5,1	120	72	12,6	0,7	1,3	1,2	3,2	2,9	85
Febrero	9,8	13,8	5,7	92	72	11,1	0,3	1,1	0,9	1,2	3,1	104	9,7	14,3	5,7	86	69	10,6	0,7	1,2	1,9	2,1	3,1	97
Marzo	11,3	15,7	7,0	88	71	9,9	0,1	0,9	1,2	0,4	2,9	135	11,5	16,5	6,4	90	68	10,5	0,3	1,0	1,6	1,0	2,9	132
Abril	12,4	16,6	8,3	102	72	11,9	0,0	1,3	0,7	0,0	2,4	149	12,6	17,6	7,6	107	69	12,5	0,0	2,5	2,0	0,1	2,4	138
Mayo	15,1	19,1	11,1	78	74	10,4	0,0	1,6	1,7	0,0	2,4	172	15,7	20,8	10,6	78	69	10,5	0,0	3,1	1,6	0,0	2,4	169
Junio	17,8	21,6	13,9	58	75	7,6	0,0	1,8	1,2	0,0	3,7	178	18,4	23,4	13,4	60	70	7,2	0,0	2,6	1,2	0,0	3,7	180
Julio	19,8	23,6	16,0	52	75	7,3	0,0	2,0	0,5	0,0	4,5	187	20,4	25,4	15,4	50	71	7,0	0,0	2,8	1,1	0,0	4,5	186
Agosto	20,3	24,2	16,4	73	76	7,6	0,0	1,4	0,8	0,0	3,8	180	20,9	26,0	15,7	76	72	7,9	0,0	3,1	1,8	0,0	3,8	179
Septiembre	18,6	22,8	14,4	83	76	8,9	0,0	1,5	1,9	0,0	4,6	160	19,2	24,6	13,8	73	71	8,3	0,0	2,1	3,0	0,0	4,6	160
Octubre	16,1	20,3	11,8	120	75	11,1	0,0	1,0	2,1	0,0	2,8	129	16,4	21,4	1,4	111	71	10,8	0,0	1,4	2,5	0,0	2,8	16
Noviembre	12,5	16,3	8,7	157	75	13,3	0,0	1,3	0,9	0,4	3,2	93	12,4	16,6	8,1	147	73	12,7	0,1	1,6	1,8	0,8	3,2	88
Diciembre	10,5	14,2	6,7	118	73	12,1	0,1	0,9	0,6	2,0	3,4	74	9,9	13,9	5,9	122	72	12,3	0,3	0,9	1,7	2,9	3,4	78
Año	14,5	18,5	11,5	1129	74	123,6	0,9	15,7	13,4	6,2	38,9	1649	14,7	19,5	9,9	1134	70	124	2,2	23,7	21,5	9,6	38,9	1610

Leyenda:

- T: Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM: Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm: Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)



- R: Precipitación mensual/anual media (mm)
- H: Humedad relativa media (%)
- DR: Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN: Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT: Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF: Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH: Número medio mensual/anual de días de helada
- DD: Número medio mensual/anual de días despejados
- I: Número medio mensual/anual de horas de sol

En las zonas más próximas a la costa, el número medio de días de lluvia es muy superior al producido en la Meseta.

En cuanto al número medio de días de nieve, en la zona costera y alrededores, el valor alcanzado es prácticamente nulo, mientras que en sitios más del interior alcanza hasta 30 días.

9.1.1.2. MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

- Guía resumida del clima en España (1981-2010)

Las estaciones meteorológicas principales consideradas en esta publicación son:

- Cantabria: Santander (aeropuerto).
- País Vasco: Bilbao (aeropuerto).

En esta publicación se describe, para todo el territorio español, el estado climático relativo al periodo 1981 -2010 con los valores medios y extremos de los principales elementos climatológicos, obtenidos en base a los datos de observación procedentes de una selección de estaciones climatológicas del instituto nacional de meteorología.

De dicha publicación, pueden recogerse los principales datos climatológicos



14. Mapa de tipo de clima de España



9.2 HIDROLOGÍA

9.2.1 ANÁLISIS DE LAS CUENCAS

Las cuencas de estudio han sido analizadas según los planos geomorfológicos.

Para cuencas pequeñas son apropiados los métodos hidrometeorológicos, basados en la aplicación de una intensidad media de precipitación a la superficie de la cuenca, a través de una estimación de su escurrimiento. Ello equivale a admitir que la única componente de esta precipitación que interviene en la generación de caudales máximos es la que escurre superficialmente.

Los parámetros geométricos necesarios para calcular los caudales en función de las Intensidades de lluvia son: Superficie de la cuenca, su longitud, tiempo de concentración y la pendiente media (diferencia de cotas y longitud del tramo considerado).

	CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS				
	Superficie (Km ²)	Longitud (Km ²)	Cota Máxima (m)	Cota Mínima (m)	Desnivel (m)
CUENCA DEL ASÓN	562	44	680	0	680
CUENCA DEL AGÜERA	135	27	600	0	600
CUENCA DEL NERVIÓN	1900	72	800	0	800

9.2.2. CÁLCULO DE LA MÁXIMA PRECIPITACIÓN DIARIA PARA DISTINTOS PERÍODOS DE RETORNO

El cálculo de la máxima precipitación diaria para diferentes períodos de retorno, se ha efectuado mediante el método de máximos de Gumbel. Se han comparado los valores obtenidos con los que resultan del “Mapa de máximas lluvias diarias en la España peninsular”, del Ministerio de Fomento.

9.2.2.1 PRECIPITACIONES MÁXIMAS SEGÚN LAS “MÁXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR”

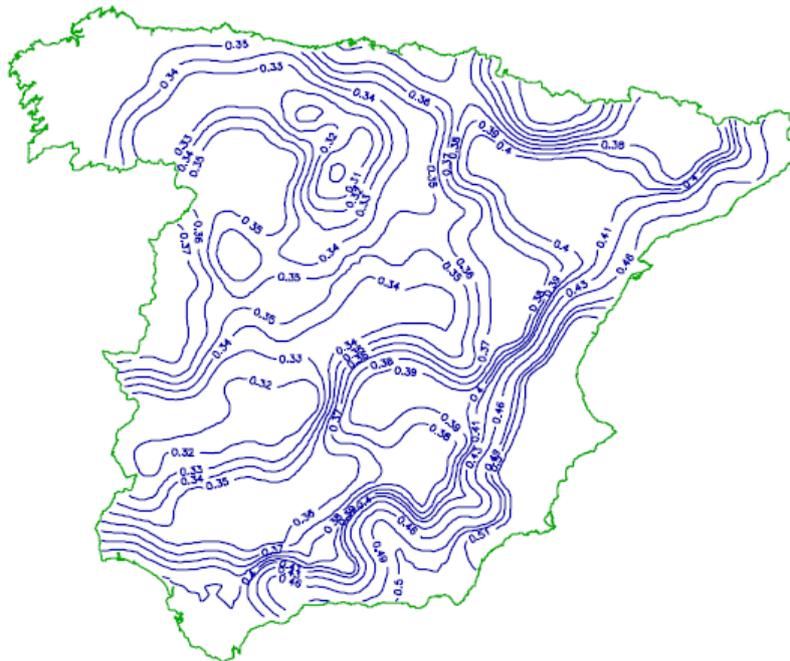
Para el cálculo, nos hemos basado en la publicación “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”. Se procede a la estimación de cantiles para distintos períodos de retorno, mediante el uso de mapas de representación del coeficiente de variación Cv y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.

El proceso operativo de obtención de los cantiles para distintos periodos de retorno a partir de estos mapas es el siguiente:

- Localización en los planos del punto geográfico deseado.
- Estimación mediante las Isolíneas representadas del coeficiente de variación Cv y del valor medio P de la máxima precipitación diaria anual.



- Para el periodo de retorno deseado T y el valor de Cv, obtención del cantil regional Yt (también denominado “Factor de Amplificación KT” en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular” de 1997).
- Realizar el producto del cantil regional Yt por el valor medio P obteniéndose Xt es decir, el cantil local buscado (también denominado PT en el “Mapa para el Cálculo de Máximas Precipitaciones Diarias en la España Peninsular de 1997).



15. Mapa de cálculo de máximas precipitaciones diarias

Como se observa en la imagen anterior, la zona de estudio está afectada por un coeficiente de variación (Cv) de 0,38 y una precipitación P de 68mm.

FACTORES Kt PARA Cv= 0,38							
T(años)							
2	5	10	25	50	100	200	500
0,914	1,24	1,469	1,793	2,052	2,327	2,617	3,014

Multiplicando los factores Kt por la P, se obtienen las precipitaciones máximas diarias buscadas.

FACTORES Kt PARA Cv= 0,38							
T(años)							
2	5	10	25	50	100	200	500
62,152	84,32	99,892	121,924	139,536	158,236	177,956	204,952



9.2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL:

$$\bar{X} = X + \frac{\Delta X}{\Delta n} (\gamma_t + \gamma_n)$$

Donde:

- \bar{X} : Precipitación máxima diaria en 24 horas correspondiente al período de retorno T.
- ΔX : Desviación típica de los datos de precipitaciones máximas disponibles.
- X: Promedio de los datos de precipitaciones máximas diarias disponibles.
- $\gamma_n, \Delta n, \gamma_t$: Factores que dependen del número de datos disponibles.

9.2.2.3. DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE REFERENCIA

El método de estimación de los caudales asociados a distintos períodos de retorno depende del tamaño y naturaleza de la cuenca aportante.

Según el Método Racional Modificado (método hidrometeorológico) el caudal a desaguar viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{3000}$$

Donde:

- Q: Caudal máximo previsible en la sección de desagüe (l/s).
- C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca.
- I: Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y para un intervalo igual al tiempo de concentración.
- A: Superficie a drenar (m²).

9.2.2.4. CAUDALES DE AVENIDA

El caudal de referencia Q en el punto en el que desagüe una cuenca o superficie se obtendrá mediante la fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot t \cdot A}{3}$$

Donde:

- Q: Caudal máximo previsible en la sección de desagüe (m³/s).
- C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca.
- I: Intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y para un intervalo igual al tiempo de concentración.
- A: Superficie a drenar (m²).



10. PLANEAMIENTO Y TRÁFICO

Esta alternativa sigue la autovía del Cantábrico en línea recta en su mayor parte, encontrándose próxima a la línea marítimo- terrestre, si bien, se ha ido salvando la orografía por el norte.

10.1 MODELO DE DEMANDA

Hacer una previsión sobre la demanda del uso de transporte ferroviario no es tarea fácil, pero si bien es cierto que resulta útil para poder establecer las políticas de actuación para fomentar dicho medio de transporte.

Existen varios estudios como Wardman (2006), Wardman y Tyler (2000) en los que se demuestra que el PIB es una de las variables macroeconómicas que afectan a la demanda del transporte ferroviario aunque los modelos que se basan en estas variables macroeconómicas no son lo suficientemente fuertes para predecir y por eso se utilizan otro tipo de modelos, basados en la teoría de la utilidad aleatoria, dichos modelos son conocidos como modelos desagregados y resuelven todas las limitaciones de los otros. (ver Nuzzolo et al., 2000).

En el artículo de referencia, existe una clasificación de los distintos tipos de modelos y los engloban en dos grandes categorías:

- 1) Basados en la venta de billetes (Ticket sale data)
- 2) Basados en encuestas

Los primeros tienen en cuenta:

- Variables macroeconómicas como el PIB
- Variables sociodemográficas relacionadas con el origen-destino del viaje
- Datos relativos al viaje: origen-destino del viaje, tiempo y coste del viaje en tren y en coche.

Un modelo que se basa en datos relativos a la venta de billetes y estimación del volumen de viajes entre 2 estaciones i y j en un periodo t:

$$V_{ijt} = F^{\alpha} * G^{\gamma} * P^{\delta} * T^{\kappa} * C^{\lambda} * H^{\theta}$$

Donde:

- F: tarifa tren
- G: Producto Interior Bruto per cápita
- P: Población en el origen del viaje
- T: tiempo de viaje en coche de origen a destino
- C: costes en coche de origen a destino
- H: hogares con coche

α , γ , δ , κ , λ , o representan las elasticidades de cada término de la fórmula.

Los siguientes datos, recogidos en la web del Instituto Nacional de Estadística (INE), nos sirven para calcular la demanda futura de viajeros al año entre Santander y Bilbao.



	Santander	Bilbao
Código INE municipio	39075	48020
Población al 1 de enero 2014 (P)	175736	346574
Producto interior bruto	2986438000	10705324286
Producto interior bruto per cápita (G)	16743	30889
Tasa de motorización [nº vehi/ nº hab]	454.69	388.41
Paro 2015 [%]	18.98	18.15
Nº coches 2013 [nº]	79905	134613
Nº vehículos 2013 [nº]	112080	179871
Hogares con coche (H)	73395	147655

- Calculo de la demanda de viajeros al año entre Santander y Bilbao:

Suponiendo que:

- F (tarifa de tren AVE) pueda ser de 20€;
- T (tiempo de viaje en coche) pueda ser de 60 min;
- C (coste en coche) pueda ser de 20€.

Los términos de las elasticidades pueden variar entre unos valores y se refieren a una hipótesis optimista y pesimista de la demanda. Como no conocemos las elasticidades, nos basamos en estudio previos y planteamos dos escenarios: uno más optimista y otro pesimista.

- Hipótesis pesimista:

Término	Elasticidad relativa
F = 20 €	$\alpha = -0.72$
G = 16743 €	$\gamma = 1$
P = 175736 hab	$\delta = 0.7$
T = 60 min	$\kappa = -0.59$
C = 20 €	$\lambda = 0.6$
H = 73395	$\omega = -0.6$

$V_{ijt} = 5896.62$ viajeros/año.

- Hipótesis optimista:

Término	Elasticidad relativa
F = 20 €	$\alpha = -0.55$
G = 16743	$\gamma = 1$
P = 175736	$\delta = 0.7$
T = 60 min	$\kappa = -0.38$
C = 20 €	$\lambda = 0.6$
H = 73395	$\omega = -0.42$

$V_{ijt} = 174184.66$ viajeros/año.



- Calculo de demanda de viajeros entre Bilbao y Santander:
 - Hipótesis pesimista:

Termino	Elasticidad relativa
F = 20 €	$\alpha = -0.72$
G = 30889 €	$\gamma = 1$
P = 346574 hab	$\delta = 0.7$
T = 60 min	$\kappa = -0.59$
C = 20 €	$\lambda = 0.6$
H = 147655	$\omega = -0.6$

$V_{ijt} = 11504.81$ viajeros/año.

- Hipótesis optimista:

Termino	Elasticidad relativa
F = 20 €	$\alpha = -0.55$
G = 30889 €	$\gamma = 1$
P = 346574 hab	$\delta = 0.7$
T = 60 min	$\kappa = -0.38$
C = 20 €	$\lambda = 0.6$
H = 147655	$\omega = -0.42$

$V_{ijt} = 385416.97$ viajeros/año.

Hipótesis pesimista total: $5896.62 + 11504.81 = 17401.43$ viajeros/año

Hipótesis optimista total: $174184.66 + 385416.97 = 559601.63$ viajeros/año

10.2 DEMANDA DE VIAJEROS

Para calcular el nº de trenes que vamos a disponer en la línea Santander-Bilbao, nos vamos a apoyar en los datos de la Intensidad Media Diaria (IMD) de la estación de tráfico de Castro-Urdiales en donde aparece el total de vehículos ligeros y pesados de todos los días y meses del año.

ESTACIÓN CASTRO								
Mes	L	M	X	J	V	S	D	T
ENERO	35503	36240	36411	36941	42931	32468	24636	34544
FEBRERO	35841	35179	36362	37863	42424	35169	33132	36677
MARZO	42594	39781	41066	39675	43459	40643	40859	41226



ABRIL	40980	40283	41499	41136	48763	39851	37930	41556
MAYO	42123	37553	38168	39322	48987	39210	42373	41566
JUNIO	48240	44977	45828	46838	60687	46229	43937	48044
JULIO	55636	45771	46866	49482	67638	63293	62064	55372
AGOSTO	68109	58606	60236	61984	70795	61204	57093	62811
SEPTIEMBRE	50464	48445	52198	49429	56254	40882	41425	48418
OCTUBRE	42716	39570	41116	46750	53643	42147	39759	43609
NOVIEMBRE	38447	36533	37689	39662	43847	34490	27880	36662
DICIEMBRE	40203	38424	40220	40371	43929	37974	35750	39123
TOTAL	45452	41722	43097	44119	52434	43032	40034	44134
Media	45071	41780	43138	44121	51946	42797	40570	44134

Para el presente proyecto, como ya hemos indicado anteriormente, nos interesan los valores de mayor demanda de viajeros por lo que para calcular la demanda diaria en los dos sentidos: Santander-Bilbao y Bilbao-Santander tendremos en cuenta los datos máximos de demanda ya calculados obteniendo los siguientes resultados:

- Demanda diaria Santander-Bilbao = $174184,66/365 = 477,22$
- Demanda diaria Bilbao-Santander = $385416,97/365 = 1055,94$

Vamos sacando el coeficiente de variación, es decir, el cociente entre IMD de cada mes y la media de la IMD del mismo mes; por ejemplo: en el mes de enero el coeficiente de los lunes es de 0.79; este dato lo obtenemos de la división la siguiente división: $35503/ 45071$, datos que podemos localizar en el mes de enero de la tabla anterior.

Coeficiente de variación								
Mes	L	M	X	J	V	S	D	T
ENERO	0,79	0,87	0,84	0,84	0,83	0,76	0,61	0,78
FEBRERO	0,80	0,84	0,84	0,86	0,82	0,82	0,82	0,83
MARZO	0,95	0,95	0,95	0,90	0,84	0,95	1,01	0,93
ABRIL	0,91	0,96	0,96	0,93	0,94	0,93	0,93	0,94
MAYO	0,93	0,90	0,88	0,89	0,94	0,92	1,04	0,94
JUNIO	1,07	1,08	1,06	1,06	1,17	1,08	1,08	1,09
JULIO	1,23	1,10	1,09	1,12	1,30	1,48	1,53	1,25
AGOSTO	1,51	1,40	1,40	1,40	1,36	1,43	1,41	1,42
SEPTIEMBRE	1,12	1,16	1,21	1,12	1,08	0,96	1,02	1,10
OCTUBRE	0,95	0,95	0,95	1,06	1,03	0,98	0,98	0,99
NOVIEMBRE	0,85	0,87	0,87	0,90	0,84	0,81	0,69	0,83
DICIEMBRE	0,89	0,92	0,93	0,92	0,85	0,89	0,88	0,89

Para saber el número máximo de viajeros que circularán en los dos sentidos durante todos los días del año hay que multiplicar la demanda diaria de los dos sentidos por los respectivos coeficientes de variación. Por ejemplo: el número máximo de viajeros de un lunes del mes de enero en el sentido Santander-Bilbao será de 375,91. Este dato lo hemos obtenido multiplicando el coeficiente de variación por la demanda diaria Santander-Bilbao: $0,79 \cdot 477,22$.



Máxima demanda de viajeros Santander Bilbao							
Mes	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	375,91	413,94	402,80	399,56	394,40	362,05	289,79
FEBRERO	379,49	401,82	402,26	409,53	389,74	392,16	389,73
MARZO	450,99	454,38	454,29	429,13	399,25	453,20	480,62
ABRIL	433,90	460,12	459,08	444,93	447,97	444,37	446,17
MAYO	446,00	428,94	422,23	425,31	450,03	437,22	498,43
JUNIO	510,77	513,73	506,97	506,60	557,52	515,49	516,83
JULIO	589,08	522,80	518,46	535,20	621,37	705,77	730,05
AGOSTO	721,14	669,41	666,36	670,43	650,38	682,48	671,58
SEPTIEMBRE	534,32	553,34	577,44	534,63	516,79	455,87	487,28
OCTUBRE	452,28	451,97	454,85	505,65	492,80	469,97	467,68
NOVIEMBRE	407,08	417,28	416,94	428,99	402,81	384,59	327,95
DICIEMBRE	425,67	438,88	444,94	436,66	403,56	423,44	420,52

A continuación, mostramos la tabla en la que constan los datos relativos al número máximo de viajeros de Bilbao-Santander a diferencia del trayecto Santander-Bilbao, para obtener estos datos hemos cogido como referencia la demanda diaria Bilbao-Santander (1055,94) la cual multiplicamos por el coeficiente de variación respectivo.

Por ejemplo: el número máximo de viajeros de un lunes del mes de enero será de 831,77. Este dato lo hemos obtenido multiplicando el coeficiente de variación por la demanda diaria Bilbao - Santander: $0,79 \cdot 1055,94$

Máxima demanda Bilbao Santander							
Mes	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	831,77	915,92	891,27	884,10	872,68	801,09	641,22
FEBRERO	839,69	889,10	890,07	906,16	862,37	867,74	862,35
MARZO	997,90	1005,41	1005,21	949,53	883,41	1002,80	1063,46
ABRIL	960,08	1018,10	1015,81	984,50	991,23	983,26	987,23
MAYO	986,86	949,10	934,28	941,08	995,78	967,44	1102,87
JUNIO	1130,17	1136,73	1121,78	1120,96	1233,61	1140,62	1143,58
JULIO	1303,45	1156,80	1147,18	1184,24	1374,91	1561,65	1615,38
AGOSTO	1595,67	1481,19	1474,46	1483,44	1439,08	1510,11	1486,00
SEPTIEMBRE	1182,28	1224,38	1277,70	1182,97	1143,50	1008,70	1078,19
OCTUBRE	1000,76	1000,08	1006,44	1118,85	1090,42	1039,91	1034,83
NOVIEMBRE	900,74	923,32	922,55	949,22	891,30	850,98	725,65
DICIEMBRE	941,88	971,11	984,50	966,19	892,96	936,95	930,49

De los datos obtenidos, a continuación, hemos calculado el número de trenes que tenemos que habilitar en función de los pasajeros que viajarán diariamente en el trayecto Santander-Bilbao-



Santander teniendo en cuenta que en cada tren con el modelo elegido Alvia 114S, como ya hemos mencionado anteriormente, entran un total de 236 pasajeros.

Por ejemplo: Un lunes de mes de enero sentido Santander-Bilbao, serán necesarios 1,6 trenes; este dato se obtiene de la Máxima demanda de viajeros Santander Bilbao dividido entre la capacidad del tren. (375,91/236)

Nº de trenes Santander-Bilbao							
	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	1,6	1,8	1,7	1,7	1,7	1,5	1,2
FEBRERO	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
MARZO	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,9	2,0
ABRIL	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
MAYO	1,9	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1
JUNIO	2,2	2,2	2,1	2,1	2,4	2,2	2,2
JULIO	2,5	2,2	2,2	2,3	2,6	3,0	3,1
AGOSTO	3,1	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,8
SEPTIEMBRE	2,3	2,3	2,4	2,3	2,2	1,9	2,1
OCTUBRE	1,9	1,9	1,9	2,1	2,1	2,0	2,0
NOVIEMBRE	1,7	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,4
DICIEMBRE	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7	1,8	1,8
Nº de trenes Bilbao-Santander							
	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	3,5	3,9	3,8	3,7	3,7	3,4	2,7
FEBRERO	3,6	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7
MARZO	4,2	4,3	4,3	4,0	3,7	4,2	4,5
ABRIL	4,1	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2
MAYO	4,2	4,0	4,0	4,0	4,2	4,1	4,7
JUNIO	4,8	4,8	4,8	4,7	5,2	4,8	4,8
JULIO	5,5	4,9	4,9	5,0	5,8	6,6	6,8
AGOSTO	6,8	6,3	6,2	6,3	6,1	6,4	6,3
SEPTIEMBRE	5,0	5,2	5,4	5,0	4,8	4,3	4,6
OCTUBRE	4,2	4,2	4,3	4,7	4,6	4,4	4,4
NOVIEMBRE	3,8	3,9	3,9	4,0	3,8	3,6	3,1
DICIEMBRE	4,0	4,1	4,2	4,1	3,8	4,0	3,9

En definitiva, los trayectos necesarios en cada uno de los sentidos teniendo en cuenta el número de pasajeros, la capacidad del tren y el número de trenes disponibles serán los establecidos en las tablas siguientes:

Nº de trenes Santander-Bilbao							
	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	2	2	2	2	2	2	2
FEBRERO	2	2	2	2	2	2	2
MARZO	2	2	2	2	2	2	2
ABRIL	2	2	2	2	2	2	2



MAYO	2	2	2	2	2	2	2
JUNIO	3	3	3	3	3	3	3
JULIO	3	3	3	3	3	3	3
AGOSTO	3	3	3	3	3	3	3
SEPTIEMBRE	3	3	3	3	3	2	2
OCTUBRE	2	2	2	3	3	2	2
NOVIEMBRE	2	2	2	2	2	2	2
DICIEMBRE	2	2	2	2	2	2	2
Nº de trenes Bilbao-Santander							
	L	M	X	J	V	S	D
ENERO	4	4	4	4	4	4	3
FEBRERO	4	4	4	4	4	4	4
MARZO	4	4	4	4	4	4	5
ABRIL	4	4	4	4	4	4	4
MAYO	4	4	4	4	4	4	5
JUNIO	5	5	5	5	5	5	5
JULIO	6	5	5	5	6	7	7
AGOSTO	7	6	6	6	6	6	6
SEPTIEMBRE	5	5	5	5	5	4	5
OCTUBRE	4	4	4	5	5	4	4
NOVIEMBRE	4	4	4	4	4	4	4
DICIEMBRE	4	4	4	4	4	4	4

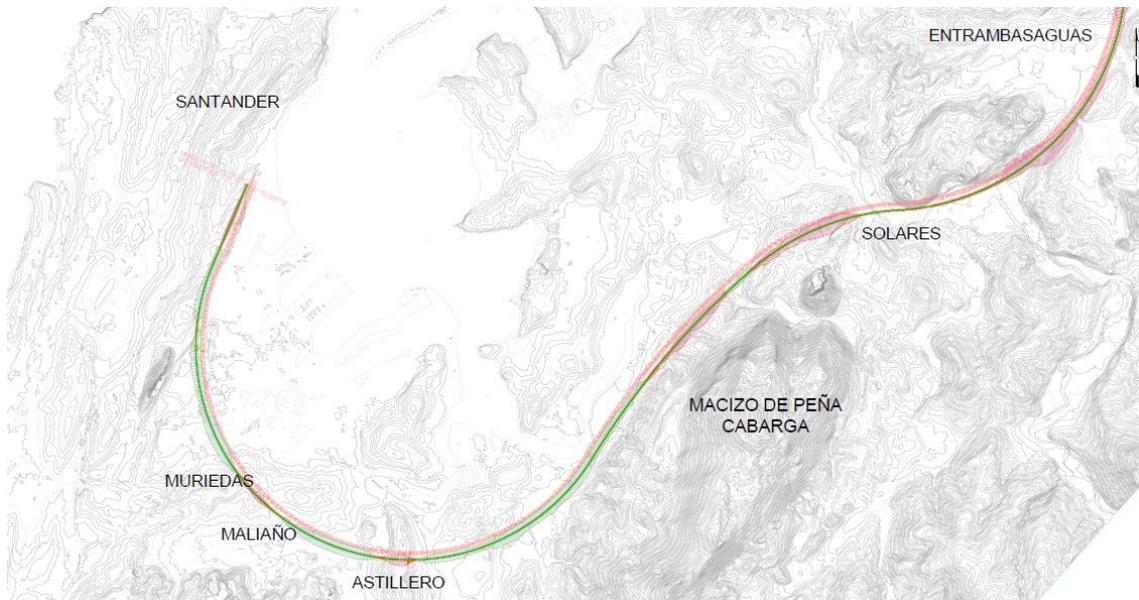
11. TRAZADO DE LA VIA

11.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Una de las características principales de los trazados ferroviarios de alta velocidad es su rigidez geométrica en contraposición con las carreteras de montaña, cuya adaptación al terreno es notable. Esta rigidez de los trazados se debe, por una parte, al necesario confort de los viajeros en relación con las velocidades de trayecto y, por otra, a las suaves pendientes que requiere el tráfico de mercancías. Asimismo, el tráfico mixto (viajeros/mercancías) tiene un condicionante adicional derivado de la diferencia de velocidad entre los trenes de viajeros con velocidades entre los 250 y 350 km/h, y los trenes de mercancías con velocidades muy inferiores, 90 a 120 km/h, que se refleja en la necesidad de disponer un radio mínimo en curva.

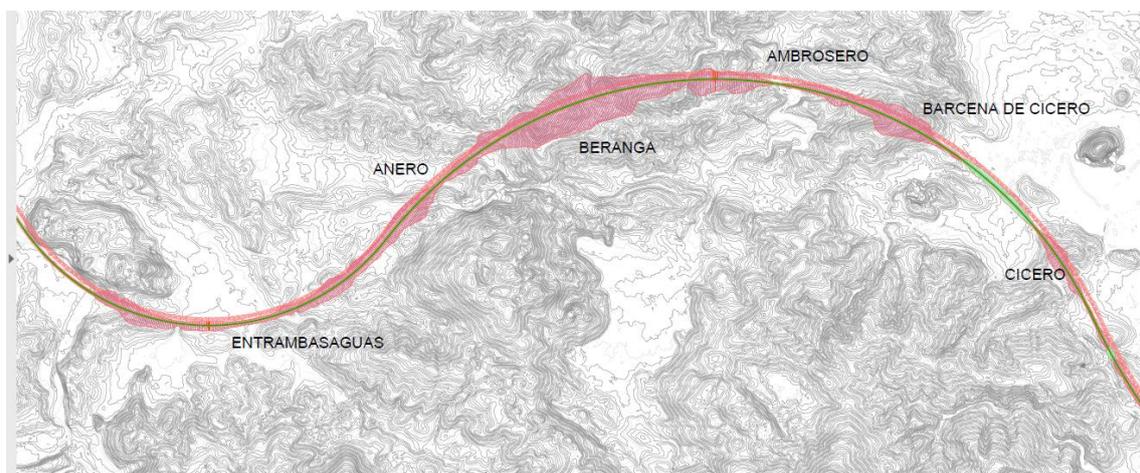
En consecuencia, y salvando los condicionantes del entorno, los trazados de alta velocidad están obligados a diseñarse con amplias curvas y suaves pendientes lo cual, aplicado a un relieve tan abrupto como el Cantábrico, obliga prácticamente a una sucesión de túneles y viaductos. Sin embargo, y en relación con la rigidez del trazado, lo que en un principio supone un sobreesfuerzo económico y de ingeniería, se traduce en el caso Cantábrico en una gran permeabilidad territorial (ausencia de efecto barrera de las infraestructuras) y bajo impacto visual en su conjunto.

El trazado empieza en la actual estación de Santander. Después, con un radio de curvatura de 3700 metros sale de la zona metropolitana pasando por Maliaño y Muriedas y recorriendo 11 km rodea la bahía; se hace recto desde Astillero hasta Solares dejando a un lado el macizo de Peña Cabarga.



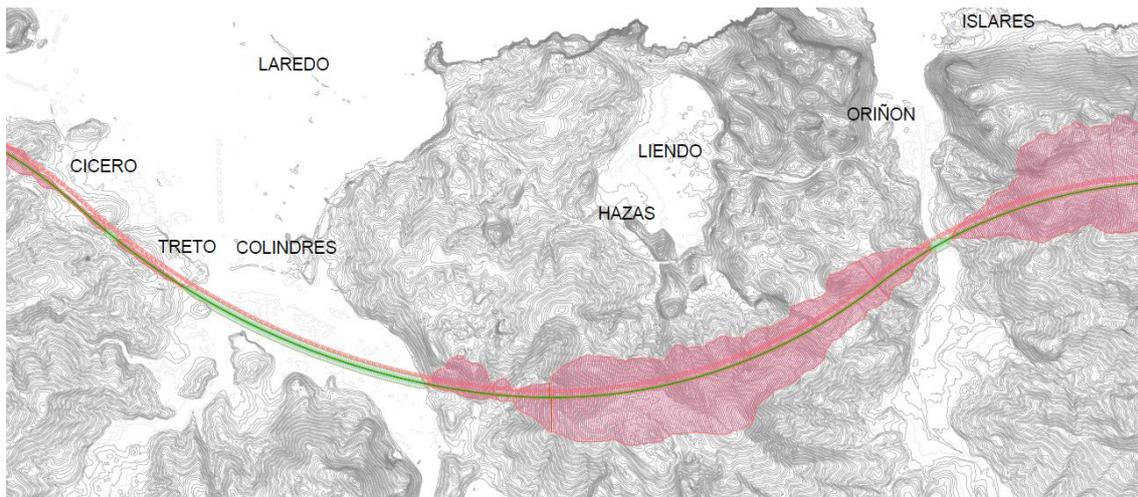
16. Particular Trazado 1

Con una ligera curva hacia la derecha de 3600 metros de curvatura supera el pueblo de Solares rodeando la formación rocosa. Sigue después con un tramo recto llano entre Entrambasaguas y Anero de 2 Km en dirección nordeste y desde aquí comienza una curva a la derecha de 13 km de recorrido con un radio de giro de 7100 metros pasando por la zona interior montañosa entre Beranga y Ambrosero.



17. Particular trazado 2

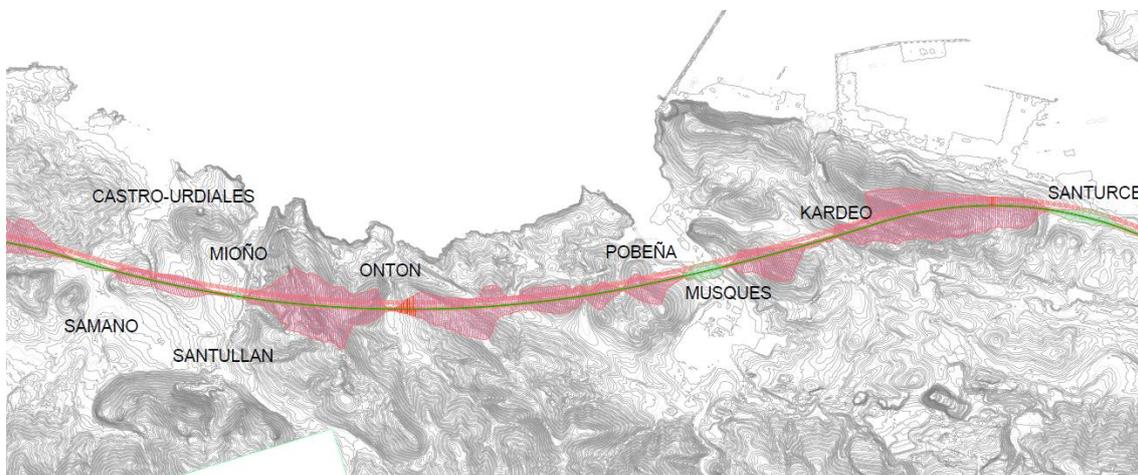
El trazado acaba recto en la zona de Barcena de Cicero y Cicero al km 43 en una longitud de 3 km; aquí es donde se va a predisponer la primera estación que sirve para los núcleos de las poblaciones de Santoña, Laredo y Colindres.



18. Particular trazado 3

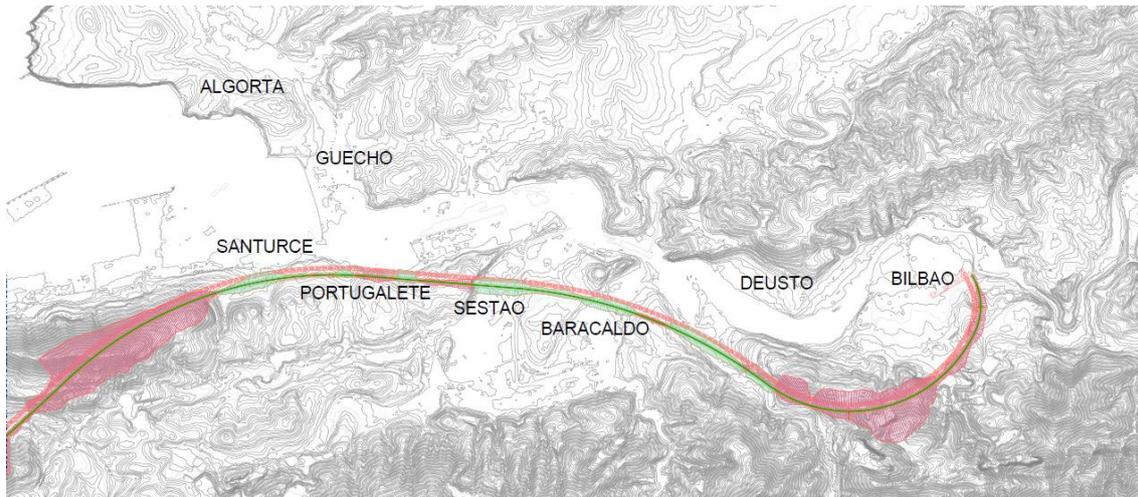
Cruzando con un viaducto por la ría de Treto la línea tiene un radio de curvatura de 7800 metros con una curva hacia la izquierda y longitud de 12 km pasando por la zona montañosa de Limpias, Hazas, Liendo y terminando en la zona de Oriñon y Rio Agüera. Después, con un cambio de sentido de una longitud de 7 km y radio de 6500 metros cruza la zona montañosa entre Islares y llega a Castro Urdiales.

En los siguientes 3 km en llano se va a predisponer la segunda estación de viajeros para la zona de Castro y Sámano. Desde este punto, con un tramo bastante recto entre Mioño-Santillan y Kandreo, llega a los alrededores de Santurce después de un recorrido de 10 km. En este tramo, el trazado es paralelo a la autovía de Cantábrico, cruzando el rio Barbadun en la zona de Pobeña.



19. Particular trazado 4

Finalmente, en una longitud de 8 km la línea sigue los alrededores del puerto de Bilbao pasando por Portugalete, Sestao y Barakaldo y luego con una curva a la izquierda de 2000 metros de curvatura entra en el centro de Bilbao y en su estación.



20. Particular trazado 5

Para la velocidad de proyecto de 250 km/h el radio de curvatura normal es de 3550 metros y el excepcional es de 3100 metros por lo que el trazado cumple con las Instrucciones y recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma según la norma ADIF.

A lo largo de la traza se han empleado diferentes tipologías de superestructuras:

- Vía sobre balasto empleada con carácter general en el trazado Santander - Bilbao:

Un aspecto determinante del diseño previo de una infraestructura ferroviaria es el adecuado dimensionamiento de las capas de asiento en el caso de la vía sobre balasto (capas de balasto, sub-balasto y coronación de plataforma).

En el caso de construcción de una nueva infraestructura, se aplicará el método de dimensionado establecido por la FICHA UIC-719, que permitirá definir los espesores y características de las capas de subbalasto y balasto en función de las características de la nueva plataforma.

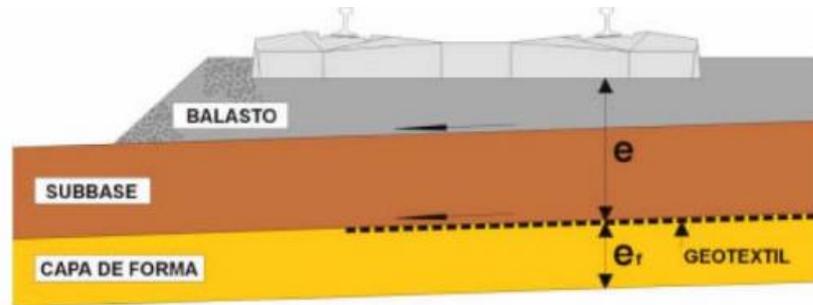
La plataforma tiene como función proporcionar apoyo a la capa de asiento, a la vía y a los dispositivos destinados a controlar el movimiento de los trenes para que la explotación pueda realizarse eficazmente. Está formada por el propio terreno, cuando se trata de un desmonte, o por suelos de aportación, constituyendo un terraplén en el relleno de una depresión. La plataforma debe quedar rematada por una capa de terminación, llamada también capa de forma, provista de pendientes transversales para la evacuación de las aguas pluviales.

Sobre esta capa de terminación se disponen las capas de asiento integradas por una subbase y, como remate, la banqueta de balasto.

Para los trazados ferroviarios nuevos se proyecta, mediante sustitución del terreno natural, una explanada tipo P3 y se utilizará para la formación de capa de forma la clase de suelo QS3. Por lo tanto, los espesores que resultarán para la capa de forma variarán entre 0 (para calidad de suelo QS3), 40 centímetros (para calidad de suelo QS2) y 60 centímetros (para calidad de suelo QS1).

Las capas de la subbase se disponen entre la banqueta de balasto y la capa de forma de modo que se asegure el buen comportamiento de la vía férrea desde el punto de vista de su rigidez, alineación, nivelación y drenaje. Consiste en una capa de subbalasto que debe estar formada por una grava arenosa bien graduada, con algún porcentaje de elementos finos para que sea compactable, no se desligue bajo el tráfico de las máquinas durante la obra, sea insensible al

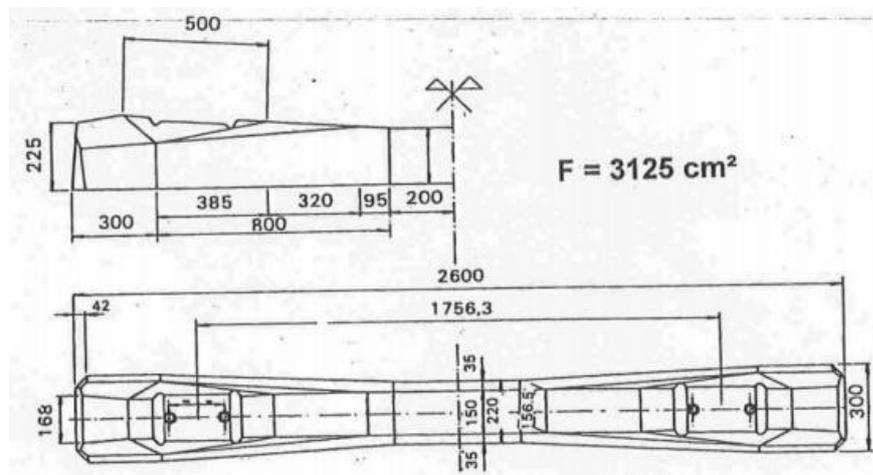
hielo y proteja la plataforma de la erosión de las aguas de lluvia. Es conveniente que lleve un porcentaje no inferior al 30 por 100 de piedra procedente de machaqueo.



21. Composición plataforma ferroviaria con superestructura

La superestructura sobre balasto, queda conformada por los siguientes elementos:

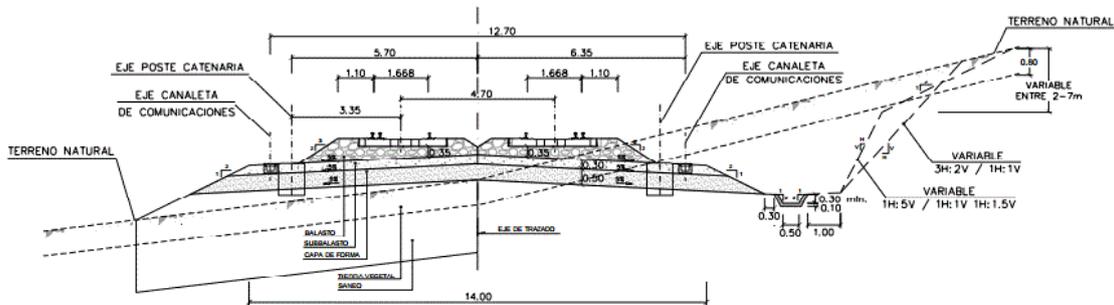
- Balasto: se dimensionará conforme a la normativa vigente prestando especial atención a los elementos aciculares, la resistencia al desgaste, el espesor de elementos granulares y las características geométricas, debiendo ser silíceo la naturaleza del mismo. El espesor del balasto será el que garantice de manera conjunta e integrada las siguientes funciones primordiales: amortiguar las acciones que ejercen los vehículos sobre la vía al transmitir las a la plataforma, repartir uniformemente estas acciones sobre dicha plataforma, impedir el desplazamiento de la vía estabilizándola en dirección vertical, longitudinal y transversal, facilitar la evacuación de las aguas, proteger los suelos de la plataforma contra la acción de las heladas.
En todo caso, al tratarse de una línea de alta velocidad, el espesor de balasto no será inferior a 35 centímetros bajo traviesa en eje de carril.
- Traviesas: La traviesa diseñada para las líneas de Alta Velocidad en la red española responde al modelo DW, y presenta un área de apoyo de $F=3125 \text{ cm}^2$. Este es un valor muy superior al visto para las traviesas usadas por RENFE en las líneas convencionales (allí el modelo RS tenía un área $F=2088 \text{ cm}^2$), representando un incremento de área de apoyo cercano al cincuenta por ciento (50%).



22. Particular tipo traviesa empleada



- Carril: es del tipo 60 E1, incluso aparatos de vía, que llega a obra en forma de barras largas de 270 m conformadas a partir de 7 soldaduras eléctricas de 8 barras simples de 36 m. Una vez en vía se conforman las barras largas soldadas definitivas mediante soldadura aluminotérmica.
- Aparatos de vía;
- Sujeciones y elementos de unión.

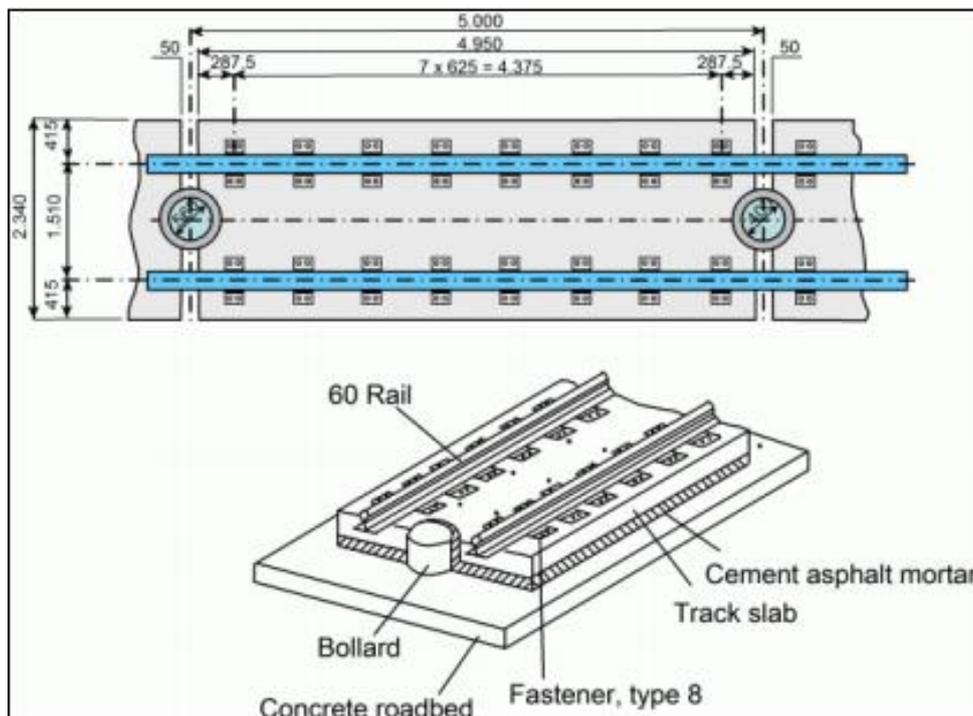


23. Sección tipo vía doble sobre balasto

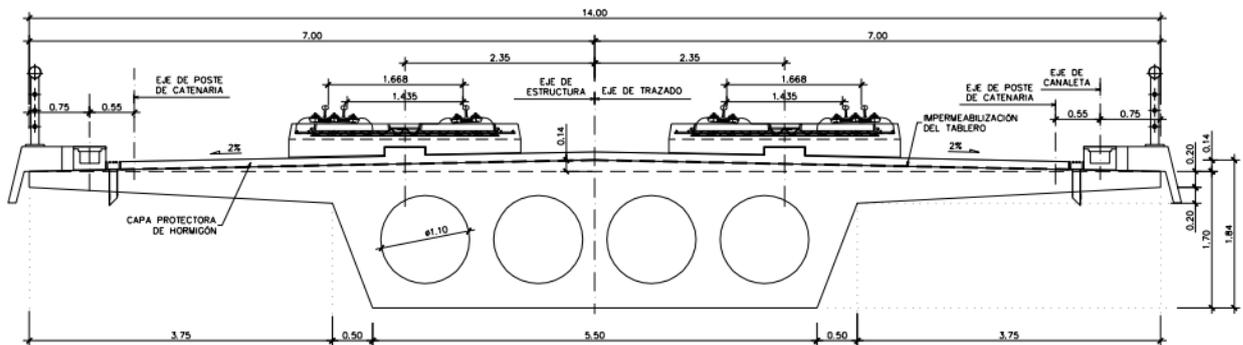
- Vía con sistema en placa utilizada en túneles y viaductos:

El trazado será con un sistema de vía en placa de losas flotantes sin traviesas. El sistema consta de una placa prefabricada que apoya sobre una solera de hormigón. Las placas prefabricadas son de hormigón pretensado bastante aligerado tipo A, es decir 4.95 metros de largo por 2.34 metros de ancho embebidas en toda la superficie mediante mortero en frío, mezcla de betún asfáltico y cemento.

Las placas se colocan encajadas entre los cilindros verticales de hormigón que sobresalen de la solera “lo stoppers”, estos unen las losas entre sí y con la solera. Estos cilindros están recubiertos de mortero de resina y sirven como juntas de dilatación del hormigón.



24. Estructura vía en placa utilizada



27. Sección tipo viaducto vía doble en placa

11.2 ESTACIONES Y APARTADEROS

Los servicios de viajeros de la nueva línea de Alta Velocidad gravitan sobre las Estaciones de las dos Capitales, que atienden principalmente a la población de sus Áreas metropolitanas. Estas dos Estaciones principales, se localizan en ámbitos con una alta accesibilidad metropolitana y regional.

La Nueva Red, apta para el Tráfico Mixto, será utilizada por composiciones que diferirán significativamente en las velocidades de circulación, formando una malla heterogénea de trenes que requerirán realizar distintas operaciones como adelantamientos, cruces y estacionamientos. Además, deberá garantizarse una óptima respuesta del sistema ferroviario ante las incidencias que puedan producirse durante su explotación comercial.

Todo ello exige la construcción de una serie de instalaciones ferroviarias que permitan organizar y flexibilizar la explotación, que deben disponerse adicionalmente a las estaciones de viajeros y terminales de mercancías, cuya ubicación viene determinada por razones comerciales y logísticas de captación de tráficos.

En la nueva línea de Alta Velocidad y tráfico mixto, se disponen normalmente dos tipos de instalaciones: apartaderos o puestos de adelantamiento de trenes y puestos de banalización.

La separación entre ellas viene determinada por las características de la línea y los tráficos previstos, y se sitúa habitualmente en torno a los 25 – 30 km. Estas instalaciones requieren alineaciones rectas de al menos 1.500 metros de longitud, que deben disponerse a cielo abierto, en tramos de rasante constante y pendientes mínimas (cuasi horizontales).

Las de mayor entidad son los Puestos de Adelantamiento o Estacionamiento de Trenes (PAET), que disponen de varias vías de apartado, cuyo número depende de las necesidades de explotación previstas.

Al menos dos vías de apartado, una por sentido, disponen de andenes y se prolongan en mangos que permiten el apartado de los trenes, sin ocupar las vías vivas de adelantamiento.

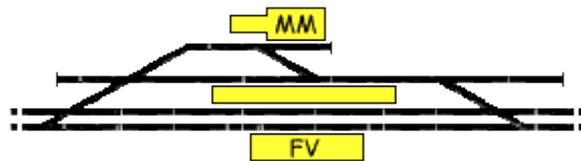


28. Puesto de Adelantamiento de Trenes (PAET).

Los puntos intermedios o de línea que se dispondrán serán:

- Estación de Santoña-Laredo ubicada al km 42+500.
- Estación de Castro Urdiales ubicada al km 65+500.

Las dos serán de tipo pasante y de superficie. Estarán constituidos por dos vías de correcto trazado y una tercera vía para la parada por los adelantamientos y por el desvío de trenes mercancías. Los dos puntos intermedios estarán sujetos al mando del control de tráfico de Santander o Bilbao.



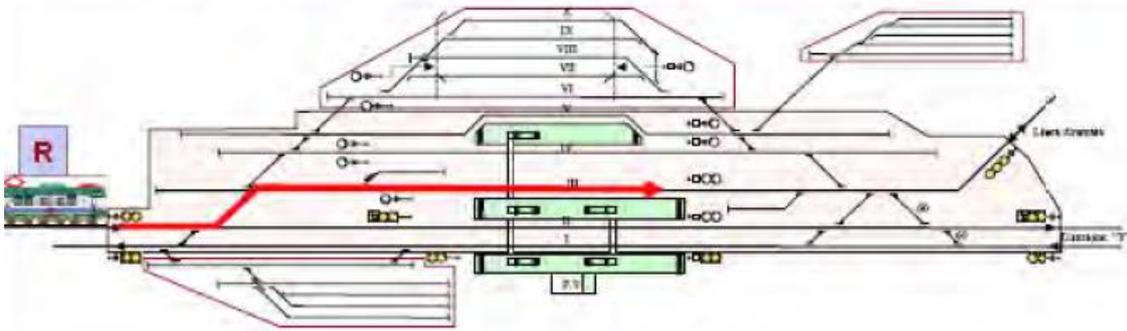
29. Esquema estación intermedia tipo

El paso de una vía a otra para la realización de los movimientos de trenes en estaciones se realiza por medio de los llamados aparatos de vía: desvíos, travesías y cruzamientos. El enclavamiento tiene que establecer de forma segura una ruta una vez verificado, bien sea por inspección visual o por medio de equipos de detección de tren, que no esté ocupada, asegurar la posición correcta de todos los aparatos que forman parte de la ruta, garantizar su permanencia mientras la señal está abierta autorizando un movimiento sobre esa ruta, impedir que se puedan hacer otras rutas incompatibles que impliquen una amenaza en contra de la seguridad y mantener la ruta asegurada mientras está pasando el tren.

Entre la posición de la señal avanzada y la de entrada a la estación corresponde una distancia para detener el tren con freno nominal de servicio; para líneas de AV esta distancia se ha establecido en 2000 metros.

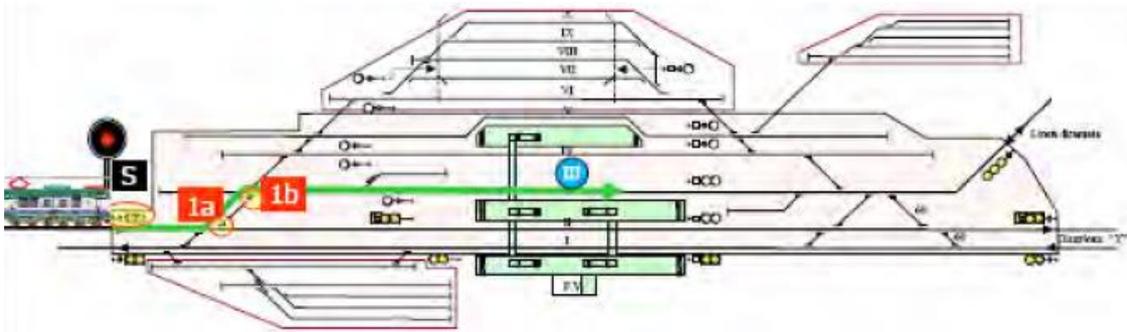
La ruta o itinerario del tren es el camino seguido por un tren y siempre está definido de señal a señal. En la secuencia de dibujos se muestra el itinerario de entrada a la estación.

- La locomotora R pide consentimiento para entrar en estación con parada en la vía III



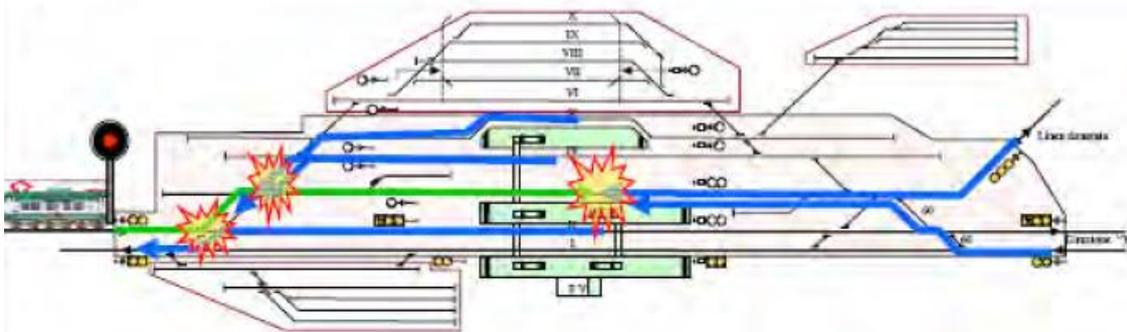
30. Itinerario en estación 1

- Entes involucrados: desvío 1a, desvío 1b, señal de protección S.



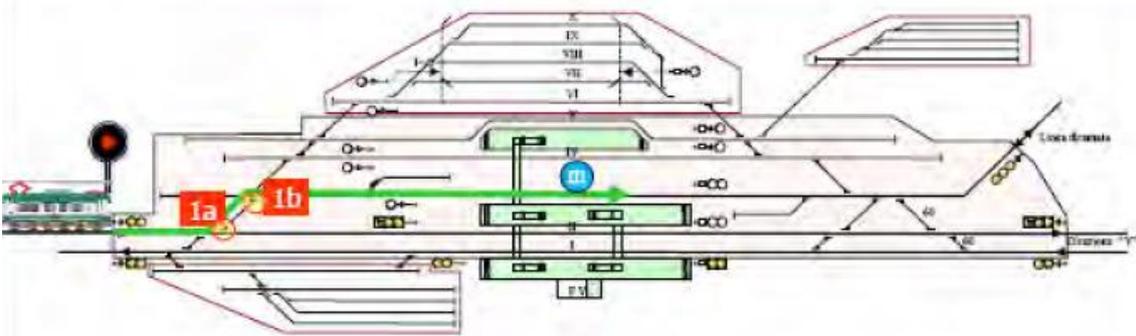
31. Itinerario en estación 2

- Comprobar que ninguno de los itinerarios en azul, incompatibles con el itinerario por el cual ha sido pedido la entrada del tren estén ya ocupados.



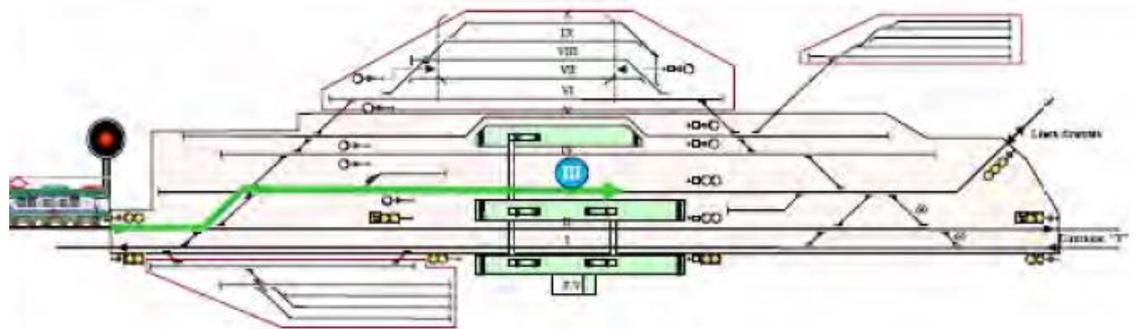
32. Itinerario en estación 3

- Comprobar que los desvíos 1a y 1b estén en la posición oportuna para el itinerario pedido.



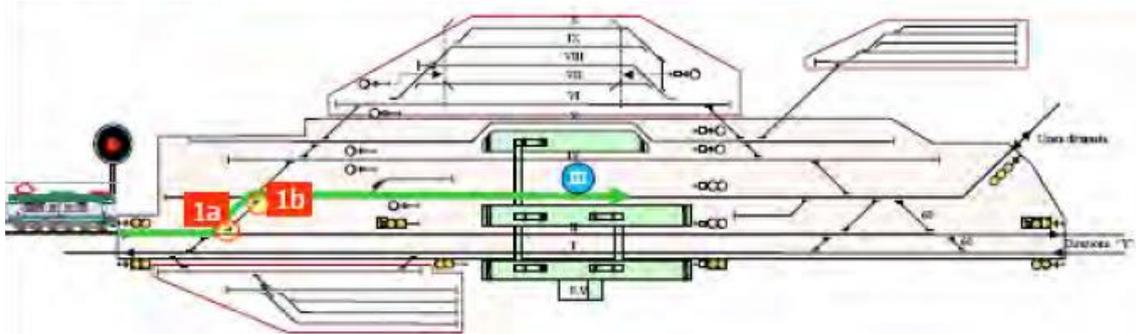
33. Itinerario en estación 4

- Comprobar que en el itinerario pedido no estén otros trenes circulando o parados.



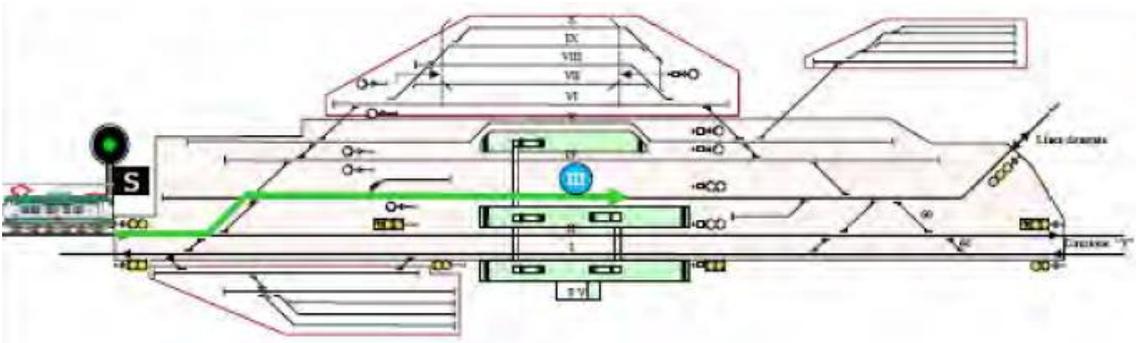
34. Itinerario en estación 5

- Verificar que no sea posible modificar la posición establecida de los desvíos 1a y 1b.



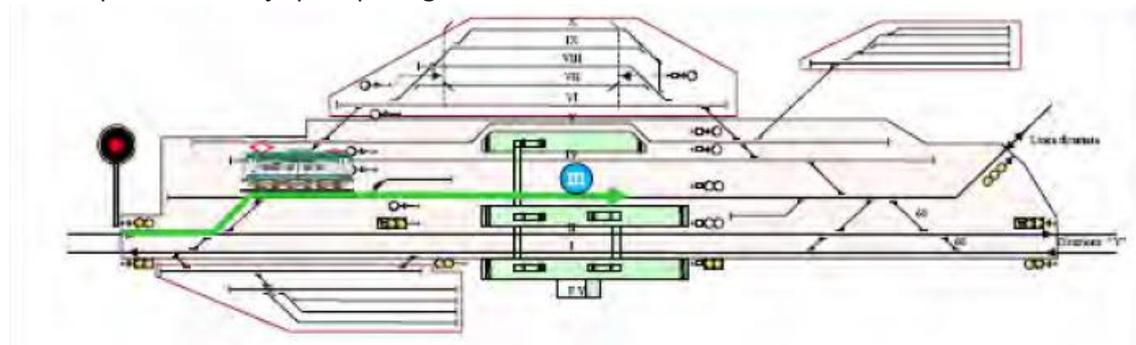
35. Itinerario en estación 6

- La señal de protección de la estación se cambia a verde para marcar vía libre.



36. Itinerario en estación 7

- La locomotora “R” recorre el itinerario y la señal de protección de la estación vuelve a ponerse en rojo para proteger el tren.



37. Itinerario en estación 8

Se disponen también escapes ferroviarios, en ambos extremos, que permiten acceder a las vías de apartado desde las dos vías generales, y además posibilitan el cambio de vía para poder circular en ambos sentidos por cualquiera de ellas, aprovechando las prestaciones de los modernos bloqueos automáticos banalizados, especialmente eficaces para la resolución de incidencias en el tráfico de los trenes.

Las instalaciones técnicas más elementales son los Puestos Intermedios de Banalización (PIB), que disponen solamente de un doble escape, con desvíos ferroviarios diseñados para permitir el cambio de vía a velocidades elevadas. Su finalidad es permitir la circulación en ambos sentidos por las dos vías generales, especialmente para resolver incidencias en la explotación.



38. Puesto intermedio de Banalización (PIB)



12. EL BLOQUEO. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

12.1 EL BLOQUEO Y PROCESO DE FRENADO

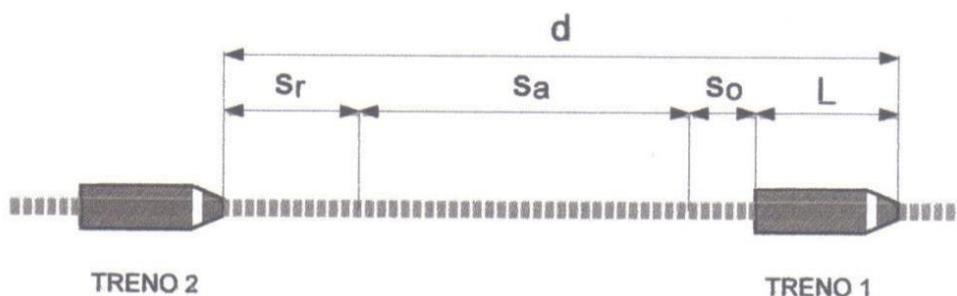
El bloqueo es el término empleado para designar al sistema de señalización, equipos, elementos y procedimientos, que permiten el movimiento de los trenes de forma segura entre dos puntos de la línea, manteniendo al menos la distancia de seguridad, distancia de frenado entre los mismos, para evitar una posible colisión.

Además, el bloqueo debe proporcionar una frecuencia de circulación de acuerdo con las máximas necesidades de transporte que se hayan especificado. Este número de circulación responderá a las necesidades reales de transporte de viajeros para cada día y para cada franja horaria y tendrá por límite la máxima frecuencia de circulaciones especificadas como objetivo para el bloqueo.

Es importante señalar, que la solución más adecuada para una línea no tiene que ser la que técnicamente proporciona la máxima capacidad, sino la que técnicamente responde a las necesidades reales de transportes.

Previamente al estudio del tipo de señalización a elegir y su impacto en la capacidad de transporte de una línea, es necesario analizar el modo de conducción del maquinista y el proceso de frenado del tren.

El distanciamiento entre trenes tendrá que ser tal de dejar entre un tren y otro, un espacio suficiente para consentir la parada del tren que sigue en caso de que el tren que lo preceda pare. Dicho espacio tendrá que estar compuesto por un espacio S_r recorrido durante un tiempo de reacción t_r , que va desde la percepción de la necesidad de pararse hasta el instante de completa eficiencia del sistema de frenado, un espacio de frenado S_a , necesario para que el tren se pare y de un espacio de seguridad S_o .



39. Distancia de frenado entre trenes

La distancia de parada entre los dos trenes será:

$$Df = v_{max} * t_{react} + FS * \frac{v_{max}^2}{2 * d}$$



Donde:

- V_{max} es la velocidad de tren
- d es la deceleración media
- t_{reac} es el tiempo de reacción del maquinista (se considera 3-4 sec)
- FS es un factor de seguridad (1.3)

Como regla aproximada se considera que trenes automotores o composiciones de unidades de tren y trenes de alta velocidad suelen tener deceleraciones de 0.7 m/s^2 a 0.85 m/s^2 .

Suponiendo una velocidad de $180 \text{ km/h} = 50 \text{ m/s}$ y una deceleración de 0.80 m/s^2 se obtiene:

$$Df = 50 * 3 + 1.3 * \frac{50^2}{2 * 0.80} = 150 + 2031.25 = 2181.25 \approx 2.2 \text{ km}$$

Se supone que deben tener mejores prestaciones y así permitir conseguir mayor capacidad de transporte.

12.2 CAPACIDAD DE LA LÍNEA E INTERVALO ENTRE TRENES

Dado que el diseño de la posición de las señales a lo largo de la línea, así como la distancia entre ellas, tiene que ser independiente del tipo de tren, por consiguiente, de la deceleración del tren, en todas las líneas de ferrocarriles ha sido necesario llegar a compromisos a lo largo de la historia que han condicionado la implementación de soluciones nuevas.

En España se ha adoptado el criterio de disponer señales a una distancia a de 1500 m. en horizontal que corresponde a la distancia necesaria para detener un tren desde 160 km/h con una deceleración media de 0.7 ó 0.8 m/s^2 en horizontal y teniendo en cuenta los 300 m. de visibilidad previo a la señal.

Los factores analizados en el proceso de conducción y de frenado, influyen, tanto teóricamente como prácticamente, en la capacidad del transporte por ferrocarril, tanto la línea con su tipo de bloqueo.

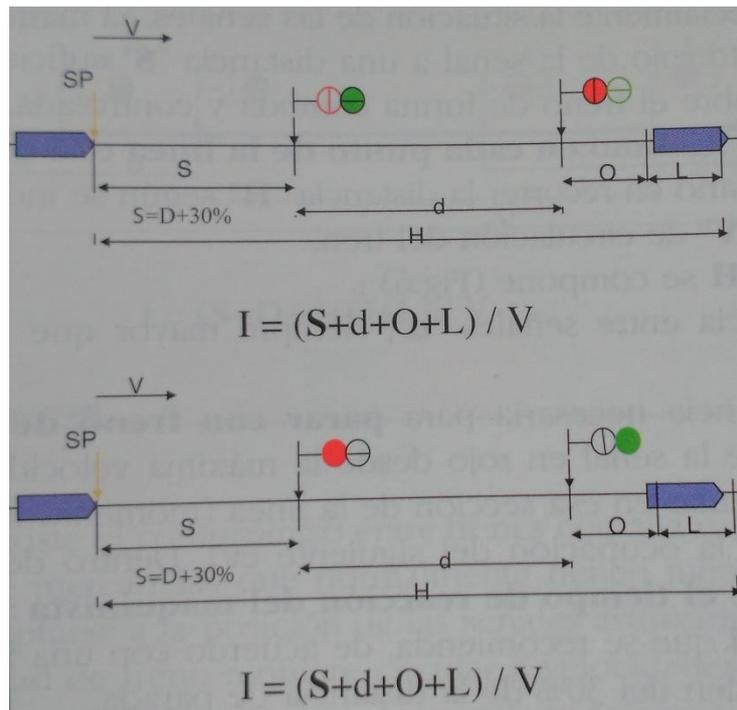
Bajo el término de **capacidad de transporte** se designa al número de trenes por hora circulando a la máxima velocidad que permita la línea por sus características constructivas sin que se vean afectados por las condiciones de limitación de la velocidad impuestas por el funcionamiento de la señalización. La señalización y en especial el tipo de bloqueo elegido influye en la capacidad de transporte de la línea.

Junto al concepto de capacidad de transporte se utiliza casi indistintamente el concepto de **intervalo** que es el inverso de la capacidad, es decir al tiempo entre dos trenes consecutivos. En cada punto de la línea puede existir un intervalo diferente; es decir en un punto puede ir un tren separado del siguiente un tiempo determinado y diferente. Cada punto de la línea o cada señal puede proporcionar un intervalo distinto.

El intervalo mínimo en cada punto de la línea está determinado por el tiempo necesario en recorrer la distancia "H" según se indica en la figura a la velocidad "V" de circulación del tren. La distancia "H" se compone:



- La distancia entre señales “d”, siempre mayor que la distancia de frenado;
- La distancia necesaria para parar con freno de servicio, “S” delante de la señal en rojo desde la máxima velocidad a la que se puede circular en esa sección de la línea. Dentro de esta distancia se incluye el tiempo de reacción del maquinista y un factor de seguridad que es del orden del 30% de la distancia de parada;
- La distancia “O” asignada al “overlap”. En sistemas continuos de protección este valor puede ser cero;
- La longitud del tren “L”.



40. Intervalo de paso entre trenes

Al aumentar la velocidad de la línea también disminuye el número de trenes que pueden circular por hora. La señalización, número de aspectos y posición de las señales, debe elegirse de acuerdo con la velocidad comercial típica de la línea.

Otra conclusión importante es que al aumentar la velocidad de la línea no se aumenta su capacidad, es decir el número de trenes por hora, si bien es cierto que el tiempo de desplazamiento entre dos puntos es menor. Esto último lleva a considerar dos aspectos importantes en el diseño del sistema de señalización. El número de trenes por hora en hora punta y el tiempo de viaje en horas valle. En una línea de AV siempre tendrá menor capacidad de trenes por horas que una línea más lenta. En una línea de alta velocidad unos de los objetivos es transportar en poco tiempo viajeros, entre dos ciudades.

12.3 TIPOS DE BLOQUEO

El tipo de bloqueo que vamos a utilizar en el trazado Santander – Bilbao será un Bloqueo Automático en vía Doble Banalizada (B.A.B.). Este tipo de bloqueo es una evolución del bloqueo

automático en vía única en el que por necesidades de tráfico al requerir la línea mayor capacidad de transporte, se ha instalado una segunda vía doble.

Las señales se colocan a la distancia que requiera la capacidad que se especifique para la línea y nunca menor que la distancia de frenado requerida. La situación normal es instalar una señalización de 3 o 4 aspectos (en nuestro caso de 3 aspectos), dependiendo de la velocidad máxima de circulación.

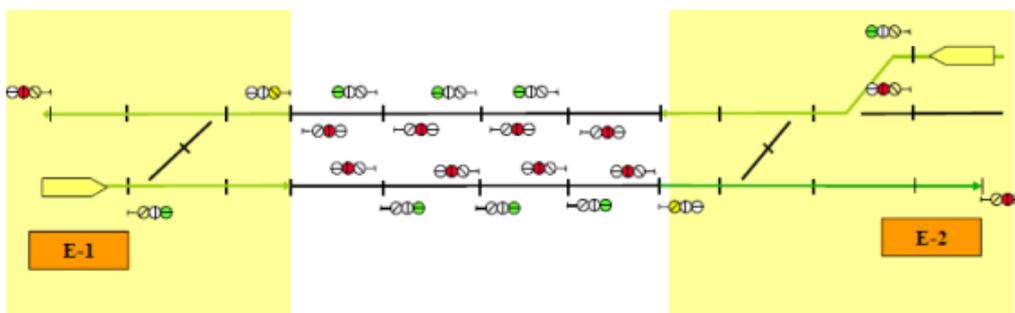
La mayor circulación de tráfico ha exigido una disponibilidad grande en las instalaciones. Con objeto de proporcionar una alta flexibilidad en caso de avería en el bloqueo, se ha establecido los bloqueos automáticos en vía doble banalizados.

Esta configuración no proporciona mayor capacidad de tráfico que los BAD en condiciones normales, pero si permiten una mayor capacidad de tráfico en condiciones degradadas por causa de una incidencia en una de las vías de bloqueo.

Cada vía se equipa con señales en ambos sentidos y cada vía puede funcionar con el mismo régimen de bloqueo en ambos sentidos. El establecimiento del bloqueo en un sentido u otro sigue las mismas condicionantes que en los bloqueos automáticos en vía única.



41. Trazado de la vía con señalización para BAB



42. Esquema bloqueo automático en vía doble banalizada



13. CONECTIVIDAD

13.1. MODELO DEL TREN

El modelo de tren que vamos a utilizar para este proyecto será un tren de alta velocidad para ancho internacional, Avant S-114. Son Trenes formados por cuatro coches, con posibilidad de marchar en tracción múltiple de hasta tres composiciones y con una velocidad comercial máxima de 250 km/h.

De los coches que conforman el tren, los extremos incorporan un frontal aerodinámico, que reduce la resistencia al avance y detrás, en los cuales se sitúan las cabinas de conducción. A diferencia del modelo 104, el morro de la cabina del 114 es más alargado, al contar con un sistema anti-crash, característica destacable en este tren.

Tanto las características de tracción y frenado, como de señalización son idénticas en los modelos de las series 104 y 114, así como las características de los coches.

A continuación, se especifican las características técnicas de este tren:

Composición mínima:	Mc+Mi+Mi+Mc (4 coches)	Compresor:	2
Estructura de caja:	Aleaciones de aluminio	Tipo freno dinámico:	Eléctrico regenerativo
Ancho de vía:	1.435 mm	Tipo freno neumático continuo:	Aire comprimido
Tensión:	25 kW, 50 Hz	Aparato de enganche:	Schafenberg
Velocidad máxima (km/h):	270 km/h	Mando múltiple:	3 trenes
Velocidad Comercial:	250 km/h	Empate bogies:	2.700 mm
Plazas sentadas por unidad de tren:	236+1 PMR	Diámetro de las ruedas:	890 mm
Plazas coche 1:	31 de Preferente	Año puesta en servicio:	2004
Plazas coche 2:	67 de Turista + 1 PMR	Constructor principal:	Alstom-Caf
Plazas coche 3:	74 de Turista	Longitud total:	105.52 mm
Plazas coche 4:	64 de Turista	Altura máxima:	4.200 mm
Bogies motores:	8	Altura del piso sobre el carril:	1.250 mm
Motores de tracción:	asincronos trifasicos	Longitud coches 1 y 4:	27.600 mm
Frenado:	Electrico y neumatico	Longitud coches 2 y 3:	25.160 mm
Sistema de señalización:	ERTMS niveles 1 y 2; STM de LZB y Asfa	Peso total en vacío:	230 Tn
Udes de servicio:	20	Peso total con carga máxima:	242 Tn
Tracción:	Eléctrica	Peso máximo por eje:	17 Tn
Potencial total:	4.000 kW	Ancho máximo:	2.920 mm
Cabinas de conducción:	2	Alimentación auxiliares:	4 convertidores estáticos de 110 kVA



43. Esquema de la composición del tren modelo Avant Serie 114

13.2. TIEMPOS DE VIAJE

La solución proyectada, potencia las relaciones entre la Capital cántabra y la Capital Vasca, que quedarán conectadas por una red ferroviaria interurbana de alta calidad.

Además, al establecer una conexión directa, en ancho internacional, de Santander con Bilbao y la frontera francesa, se favorecen extraordinariamente las relaciones ferroviarias del Área Metropolitana, el Puerto de Bilbao y de Santander con las Redes Transeuropeas de Transporte.



44. Nodos ferroviarios del Arco Atlántico



Frente al papel marginal del ferrocarril en los desplazamientos a media y larga distancia, las nuevas líneas de alta velocidad ofrecerán conexiones con las principales ciudades de nuestro entorno, con servicios de calidad y tiempos de viaje muy ventajosos frente a la carretera, e incluso competitivos con el avión en algunas relaciones.

Santander - Bilbao	Duración viaje
Coche	1 hora 10 min
Autobús ALSA	1 hora 44 min
Tren Feve	2 horas 58 min
Tren AVE	35 min ÷ 45 min

La planificación de horarios tiene las siguientes funciones:

- Coordinar las expediciones de trenes en el proceso de planificación para un uso óptimo de la infraestructura.
- Asegurar el carácter predictivo del tráfico ferroviario.
- Generar paneles de horarios como información al viajero.
- Permitir el control del tráfico, uso de locomotoras y material rodante y asignación de personal.

Para confeccionar los horarios de los trenes se necesita disponer, básicamente, de dos tipos de datos: técnicos y comerciales. A partir de los primeros se establece para cada línea, cada material motor previsto y para la carga remolcable establecida, la velocidad o marcha base.

Datos técnicos:	Datos comerciales:
Perfil de la vía del trayecto que se trate	Programa de llegadas y salidas en estaciones, apeaderos, etc
Velocidades máximas, limitadas por la geometría de la vía en el trayecto considerado	Enlaces y esperas
Tipo de tracción a utilizar y curvas características de las locomotoras	Tiempos de parada en las estaciones
Composición y carga del tren	Cadencia de los trenes
Condiciones de seguridad. Tipo de frenado enclavamiento y bloqueos	
Longitud de las estaciones	

La demanda es muy variable y no es posible expedir trenes en base a un horario preestablecido. De acuerdo con la ficha UIC451-1(2000), se define el concepto Tiempo de marcha-tipo: como el tiempo necesario entre dos puntos para adoptar como horario de un tren. Es la suma del tiempo deducido de la marcha de base más los márgenes de regularidad y suplementarios que se le incorporen:

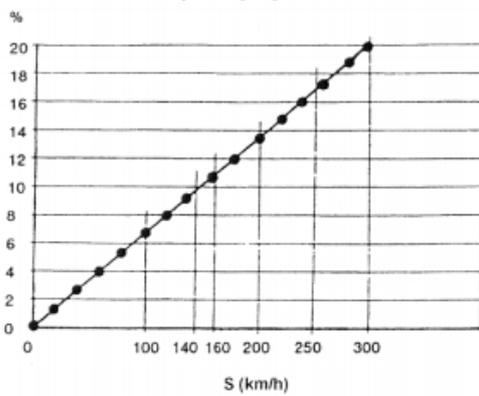
- Marcha base: es el tiempo más corto posible para recorrer una sección determinada de línea remolcando una cierta carga, a partir de la consideración de los valores medios referidos a:
 - La conducción del tren por parte del maquinista;
 - Las presentaciones técnicas ofrecidas por el material motor;
 - La alimentación de la corriente de tracción;
 - La adherencia;
 - La resistencia ofrecida por el material remolcado y por las secciones de línea;
 - La velocidad permitida por el trazado.



- Margen de regularidad: representa un tiempo suplementario al tiempo de recorrido calculado (marcha base) para compensar los retrasos debidos a:
 - Los trabajos periódicos de conservación de las instalaciones, que son susceptibles de ser planificadas y moduladas.
 - Los posibles tiempos perdidos a causa de incidentes técnicos a nivel de explotación, condiciones meteorológicas adversas, estacionamientos elevados en estaciones por una elevada afluencia de viajeros.

- Margen suplementario: representa un incremento de tiempo destinado a compensar los retrasos debidos a la realización de importantes trabajos en las instalaciones durante un periodo prolongado de tiempo. También se incluyen los retrasos que se producen en grandes nudos ferroviarios por causa de las operaciones de maniobra que se derivan de la configuración de su infraestructura.

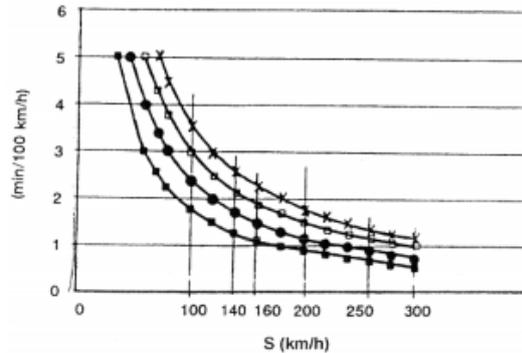
Se puede indicar en % con respecto al tiempo de viaje en marcha base, en función de la distancia recorrida (por cada 100kms) o como una constante (en minutos) por estación.



● 4 min/100 km

45. Evaluación de los márgenes de tiempo:

margen de regularidad 1



■ 3 % ● 4 %
□ 5 % X 6 %

46. Evaluación de los márgenes de tiempo:

margen de regularidad 2

- Trenes de viajeros no automotores:
 - Un mínimo de 1,5 minutos/100 Km mayorado en base al siguiente criterio:

V. Límite Tonelaje	≤140 km/h	141-160 km/h	161-200 km/h	>200 km/h
≤ 300 t	3%	3%	4%	5%
301- 500 t	4%	4%	5%	%
501 – 700 t	4%	5%	6%	%
>700 t	5%	5%	6%	7%

- Un mínimo de al menos 3,5 minutos /100 Km



- Trenes de viajeros automotores
 - Un mínimo de 1 minuto/100 Km mayorado en base al siguiente criterio:

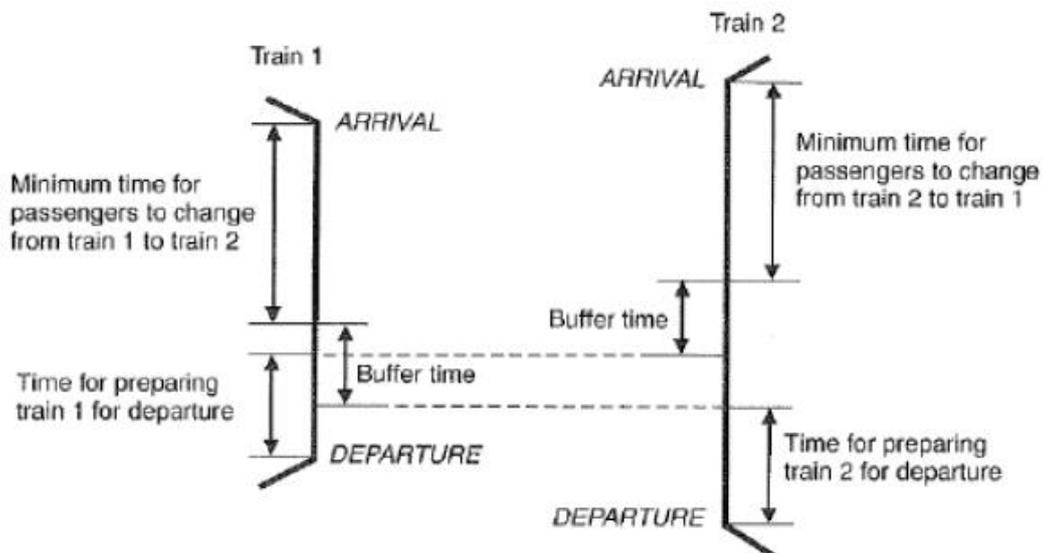
V.Límite	141-160Km/h	161-200Km/h	201-250Km/h	>250 Km/h
3%	4%	5%	6%	7%

En líneas de alta velocidad donde solo circulen ramas autopropulsadas, el porcentaje suplementario respecto al tiempo de recorrido puede variar entre el 3% y 7% para velocidades superiores a 200 km/h.

A diferencia del margen de regularidad el margen suplementario no se calcula como un porcentaje del tiempo de viaje. Se calcula como un intervalo fijo a añadir al tiempo de viaje en una determinada sección de línea.

El tiempo de espera programado se añade por razones de programación de horarios:

- Sincronizar los horarios de diferentes líneas de viajeros en punto de intercambio;
- Sincronizar la programación de expediciones en una programación a horario;
- Esperar para llevar a cabo un cruce o un adelantamiento;
- El tiempo de espera programado se puede añadir al margen de regularidad.



46. Esquema del tiempo de espera programado

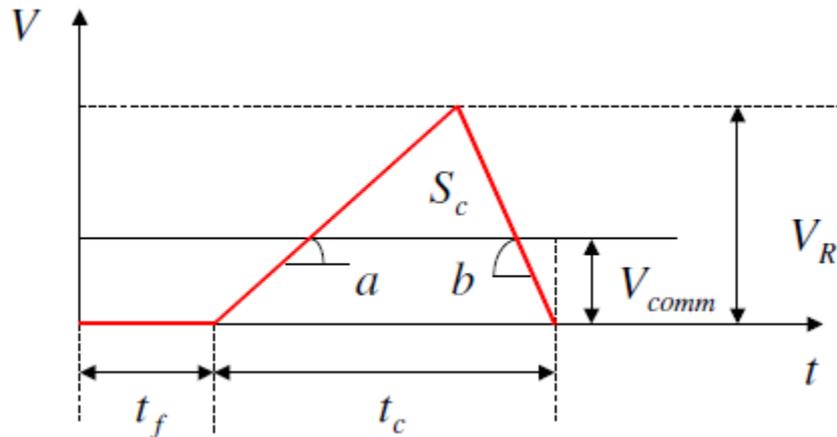
Cuando hay que determinar el tiempo de viaje hay que estudiar el diagrama de tracción y las curvas relativas al tren que vamos a emplear.

En este caso vamos a calcular primero el espacio necesario para llegar a la velocidad de régimen (250 km/h) y su relativo tiempo. Luego habrá que calcular la distancia de frenado del tren desde la velocidad de régimen y el respectivo tiempo para pararse. En el medio de estas dos fases se encuentra la fase de régimen donde el tren se mueve de moto uniforme a la velocidad de régimen de 250 km/h.



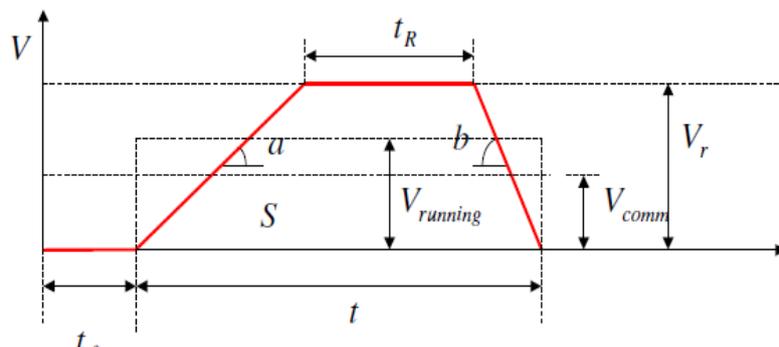
Los datos necesarios son los siguientes:

- **a**: aceleración en fase de comienzo, que se puede asumir constante e igual al valor medio
- **b**: deceleración constante en fase de frenado
- **V_r**: velocidad de régimen entre dos paradas
- **S**: distancia entre las dos paradas
- **t_f**: tiempo medio de parada
- **S_c**: espacio necesario para llegar a la velocidad de régimen



47. Diagrama tracción con S_c mínimo para V_{reg}

En la gráfica de arriba se observa el moto de un tren que arranca, llega a su velocidad de régimen en un espacio S_c y luego frena hasta parar en la siguiente estación.



48. Diagrama tracción en forma trapezoidal con t_r

En esta grafica se observa además de las fases de aceleración y frenado, la parte intermedia de moto uniforme con su velocidad de régimen y su respectivo tiempo de régimen. Este es el caso en el que la distancia entre las dos paradas S , es mayor de S_c .

Calculo S_c :

$$S_c = \frac{V_r^2}{2*a} + \frac{V_r^2}{2*b}$$



Fijo V_c y saco t_R de la siguiente relación:

$$S = \frac{V_r^2}{2*a} + V_r*t_R + \frac{V_c^2}{2*b}$$

Calculo t:

$$t = \frac{V_r}{a} + t_R + \frac{V_r - V_c}{c} + \frac{V_c}{b}$$

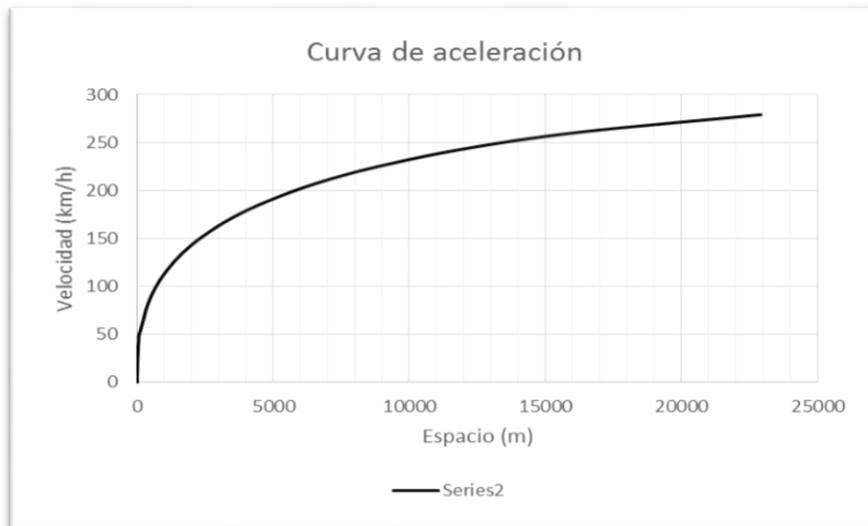
Vamos calculando el tiempo de viaje Santander – Bilbao con las dos paradas intermedias (Laredo y Castro Urdiales). Por ello necesitamos de algunos datos:

- Velocidad de régimen: 250 km/h = 69.44 m/s
- Aceleración de arranque modelo Avant S114: 0.32 m/s²
- Deceleración con freno de servicio modelo Avant S114: 0.50 m/s²

Tramo 1: Santander (km 0+000) – Laredo (km 42+000): 42 km

- Fase de aceleración:

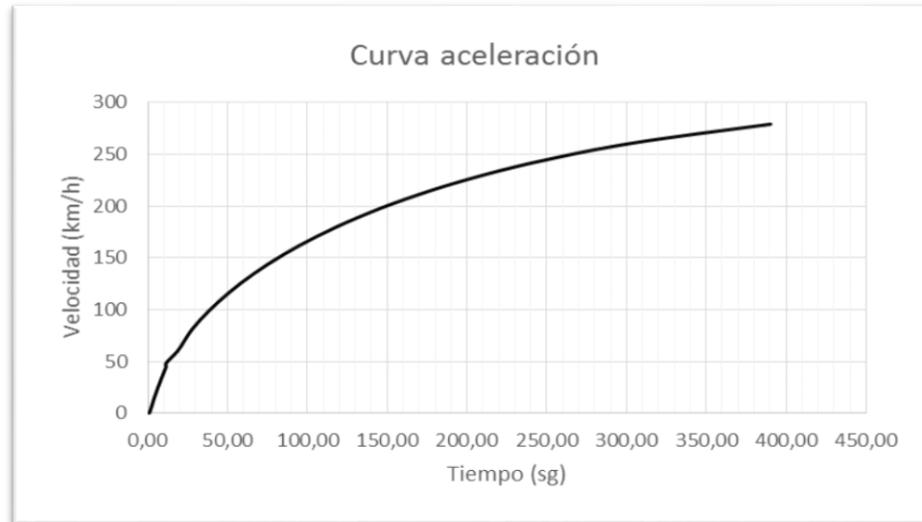
$S_c \approx 13.5 \text{ Km} = 13500 \text{ m.}$ (espacio necesario para llegar a 250 km/h)



49. Curva de aceleración [v;s] para modelo Avant serie 114



$t \approx 270 \text{ seg} \approx 4.5 \text{ min}$ según curva de aceleración V/T



50. Curva de aceleración [v;t] para modelo Avant serie 114

- Fase de frenado:

$$D_f = (69.44 * 3) + 1.3 * \frac{69.44^2}{2 * 0.50} = 208.32 + 6268.49 = 6476.81 \text{ m} \approx 6.5 \text{ km}$$

$$V_f - V_i = a * t \implies 0 - 69.44 = -0.50 * t \implies t = 138.88 \text{ sec} \approx 2.31 \text{ min}$$

- Fase moto uniforme:

$$S_r = 42 - 13.5 - 6.5 = 22 \text{ km}$$

$$S_r = V_r * t_r \implies t_r = \frac{22000}{69.44} = 316.82 \text{ sec} \approx 5.28 \text{ min}$$

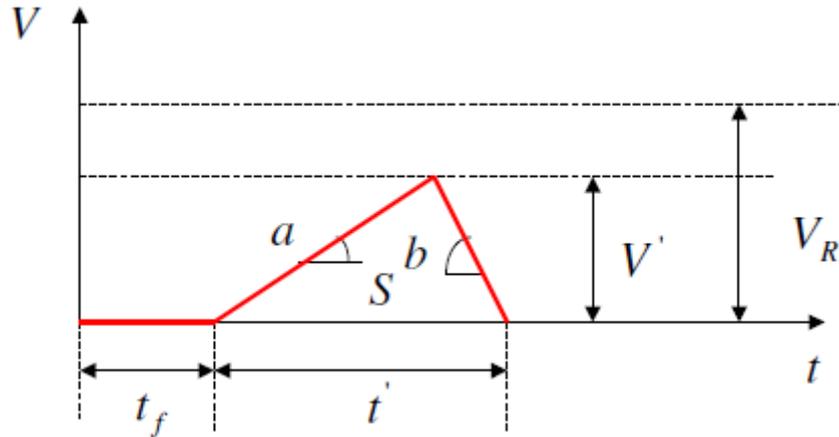
- Tiempo Total 1º tramo: $4.50 + 2.31 + 5.28 = 12.09 \text{ min} \approx 13 \text{ min}$

Parada 1: Estación de Laredo = 3.00 min (desde km 42+000 a km 43+000)

Tramo 2: Laredo (km 43+000) – Castro Urdiales (km 65+000): 22 km

En este tramo no vamos a llegar a la velocidad de régimen de 250 km/h por qué no tenemos el adecuado espacio para poder mantener dicha velocidad en un determinado tiempo y también porque no tenemos espacio suficiente para poder frenar. Además, no queremos desgastar mucho los frenos de los bogies y tampoco gastar de manera innecesaria en aceleración y deceleración.

Por estas razones vamos a imponer una velocidad más baja (200 km/h = 55.55 m/s) es decir empiezo a frenar antes de llegar a la velocidad de régimen.



51. Diagrama tracción con $V < V_R$

- Fase de aceleración:

$$S_c \approx 6.0 \text{ km} = 6000 \text{ m (espacio necesario para llegar a 200 km/h)}$$

$$t \approx 150 \text{ seg} \approx 2.5 \text{ min según curva de aceleración V/T}$$

- Fase de frenado:

$$D_f = (55.55 * 3) + 1.3 * \frac{55.55^2}{2 * 0.50} = 166.65 + 4011.54 = 4178.19 \text{ m} \approx 4.2 \text{ km}$$

$$V_f - V_i = a * t \implies 0 - 55.55 = -0.50 * t \implies t = 111.10 \text{ sec} \approx 1.85 \text{ min}$$

- Fase moto uniforme:

$$S_r = 22 - 6 - 4.2 = 11.8 \text{ km}$$

$$S_r = V_r * t_r \implies t_r = \frac{11800}{55.55} = 212.42 \text{ sec} \approx 3.54 \text{ min}$$

- Tiempo Total 2º tramo: $2.50 + 1.85 + 3.54 = 7.89 \text{ min} \approx 8 \text{ min}$

Parada 2: Estación de Castro Urdiales = 3.00 min (desde km 65+000 a km 66+000)

Tramo 3: Castro Urdiales (km 66+000) – Bilbao (km 96+000): 30 km

- Fase de aceleración:

$$S_c \approx 13.5 \text{ Km} = 13500 \text{ m. (espacio necesario para llegar a 250 km/h)}$$



$t \approx 270 \text{ seg} \approx 4.5 \text{ min}$ según curva de aceleración V/T

- Fase de frenado:

$$D_f = (69.44 * 3) + 1.3 * \frac{69.44^2}{2 * 0.50} = 208.32 + 6268.49 = 6476.81 \text{ m} \approx 6.5 \text{ km}$$

$$V_f - v_i = a * t \implies 0 - 69.44 = -0.50 * t \implies t = 138.88 \text{ sec} \approx 2.31 \text{ min}$$

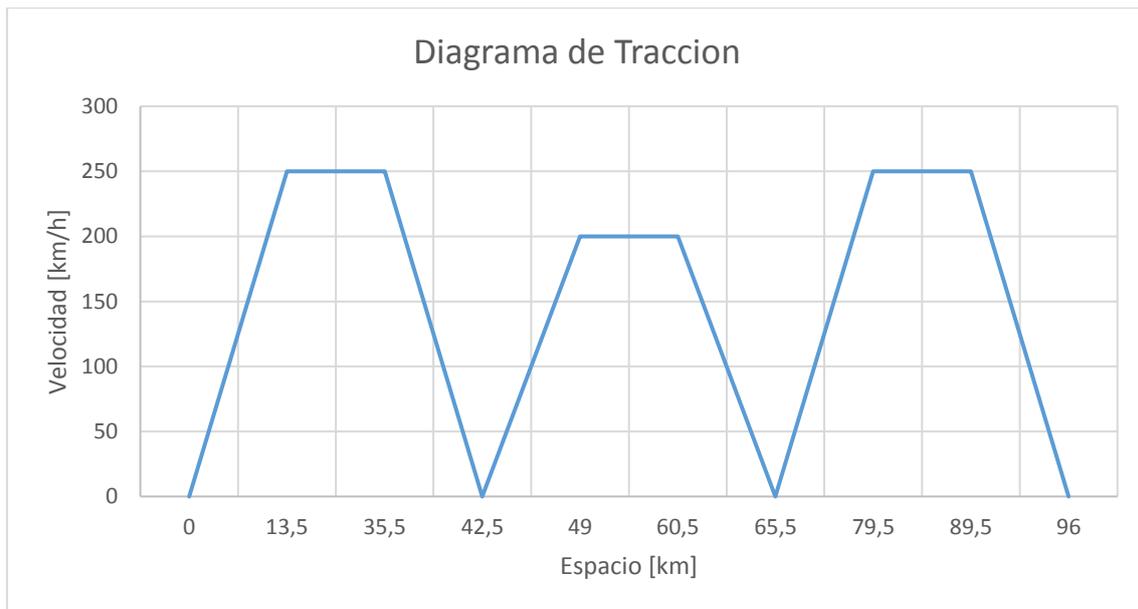
- Fase moto uniforme:

$$S_r = 30 - 13.5 - 6.5 = 10 \text{ km}$$

$$S_r = V_r * t_r \implies t_r = \frac{10000}{69.44} = 144.01 \text{ sec} \approx 2.40 \text{ min}$$

- Tiempo Total 3º tramo: $4.50 + 2.31 + 2.40 = 9.21 \text{ min} \approx 10 \text{ min}$

Tiempo Total entero recorrido: $13 + 3 + 8 + 3 + 10 = 37 \text{ min.}$



52. Diagrama tracción con paradas intermedias

En el caso de usar un servicio de viajeros que no haga parada entre las 2 capitales el tiempo se verá reducido bastante. En este caso el tren podrá mantener la velocidad de régimen más tiempo.

Tramo Único: Santander (km 00+000) – Bilbao (km 96+000): 96 km

- Fase de aceleración:

$$S_c \approx 13.5 \text{ Km} = 13500 \text{ m. (espacio necesario para llegar a 250 km/h)}$$



$t \approx 270 \text{ seg} \approx 4.5 \text{ min}$ según curva de aceleración V/T

- Fase de frenado:

$$D_f = (69.44 * 3) + 1.3 * \frac{69.44^2}{2 * 0.50} = 208.32 + 6268.49 = 6476.81 \text{ m} \approx 6.5 \text{ km}$$

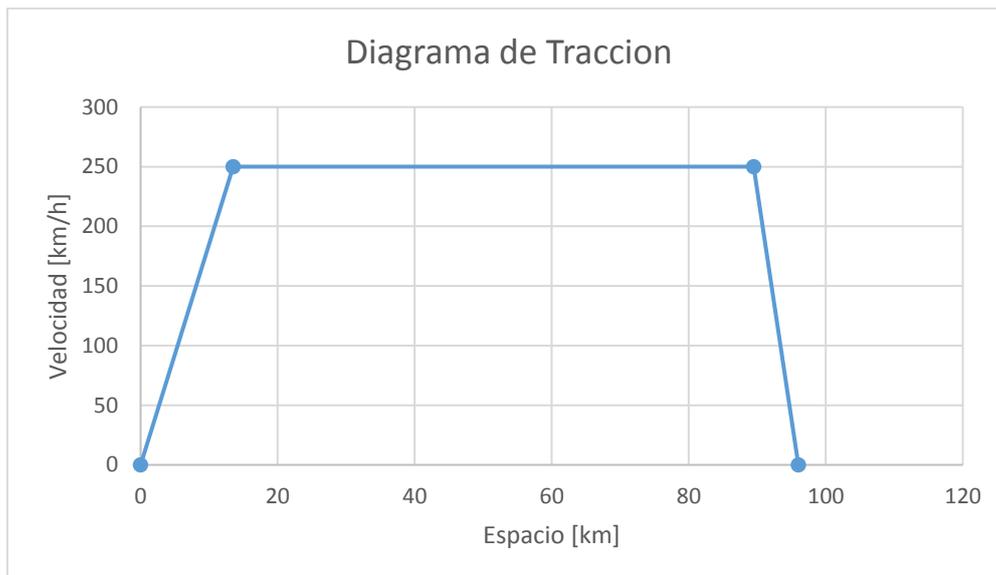
$$V_f - V_i = a * t \implies 0 - 69.44 = -0.50 * t \implies t = 138.88 \text{ sec} \approx 2.31 \text{ min}$$

- Fase moto uniforme:

$$S_r = 96 - 13.5 - 6.5 = 76 \text{ km}$$

$$S_r = V_r * t_r \implies t_r = \frac{76000}{69.44} = 1094.47 \text{ sec} = 18.24 \text{ min} \approx 19 \text{ min}$$

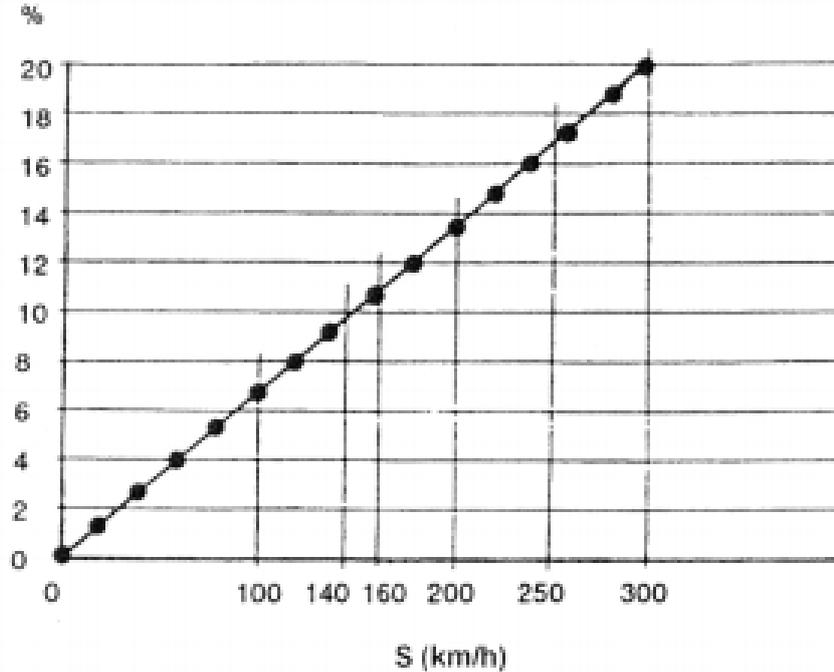
Tiempo Total entero recorrido: $4.50 + 2.31 + 19 = 25.81 \text{ min} \approx 27 \text{ min}$.



53. Diagrama tracción sin paradas intermedias

Lo que hemos calculado son los tiempos base de recorrido a los que hay añadir un porcentaje de tiempo suplementario representado por los eventuales esperas adicionales o por averías en los sistemas de tracción de los trenes, o para la manutención ordinaria del tren antes de su salida desde la estación.

Para ello se utiliza la gráfica aquí representada, donde el tiempo suplementario varía en función de la velocidad de recorrido.



54. Margen de tiempo adicional en base a V

En nuestro caso para una velocidad de 250 km/h sale un porcentaje adicional de 17.5% que hay que añadir. Calculando se obtiene:

- En el caso de tener paradas a los 37 min hay que sumar aproximativamente unos 6.48 minutos y se obtiene al final un tiempo total de 44 min.
- En el caso de no tener paradas a los 27 min hay que sumar aproximativamente unos 4.73 minutos y se obtiene al final un tiempo total de 32 min.

14. SEÑALIZACIÓN EN CABINA

14.1 SISTEMA ERTMS

El desarrollo del sistema ERTMS (European Railway Train Management System) comprende los siguientes subproyectos:

- Euroradio
- Eurocabina
- Eurobaliza

La UE fijó como objetivo básico la interoperabilidad, es decir, los equipos fabricados e instalados por una empresa tenían que ser compatibles con los equipos fabricados por otras empresas siempre que estuviera realizados e instalados de acuerdo con unas especificaciones comunes.



Las principales características técnicas del sistema ERTMS/ ETCS se pueden resumir en:

- ERTMS/ETCS: es un sistema automático de control (protección) de trenes formado por un subsistema a bordo del tren (Eurocabina) y otro en la vía (Eurobaliza)
- Estos sistemas se comunican a través de balizas (lazos) y radio por medio de unos interfaces estándar
- Existe un interfaz estándar con los sistemas de ATP nacionales que permiten la transición de un sistema nacional al sistema ERTMS

El ETCS es un sistema de control y protección del tren con tres niveles de aplicación pensados para que progresivamente pueda accederse desde la aplicación más sencilla, nivel 1 a la más compleja, nivel 3.

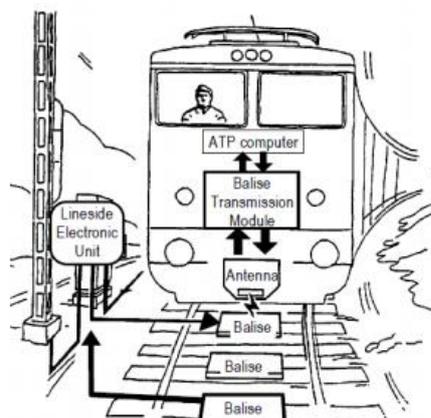
Uno de los objetivos principales fue la interoperabilidad entre equipos de diversos fabricantes. Para ello se establecen unos interfaces estándar como se ve en la figura, marcados por una línea de puntos. Estos permiten circular trenes con equipos de diferentes fabricantes por líneas instaladas con equipos de también diferentes suministradores.

Estos interfaces corresponden a las comunicaciones entre las balizas en vía y los trenes, así como también a las comunicaciones entre estos y el puesto de control del ETCS.

14.2 ERTMS ADOPTADO

El sistema ERTMS funciona con tres niveles operativos diferentes:

- Nivel 1: está basado en la transmisión al tren desde balizas situadas en la vía de la información necesaria para la conducción, y constituye un sistema de los catalogados como un sistema puntual de supervisión continua
- Nivel 2: el tren recibe de forma continua vía radio, la información que necesita para circular y constituye un sistema de transmisión continua.
- Nivel 3: se encuentra en fase inicial de aplicación, no obstante, corresponde a un sistema tipo "Moving Block"

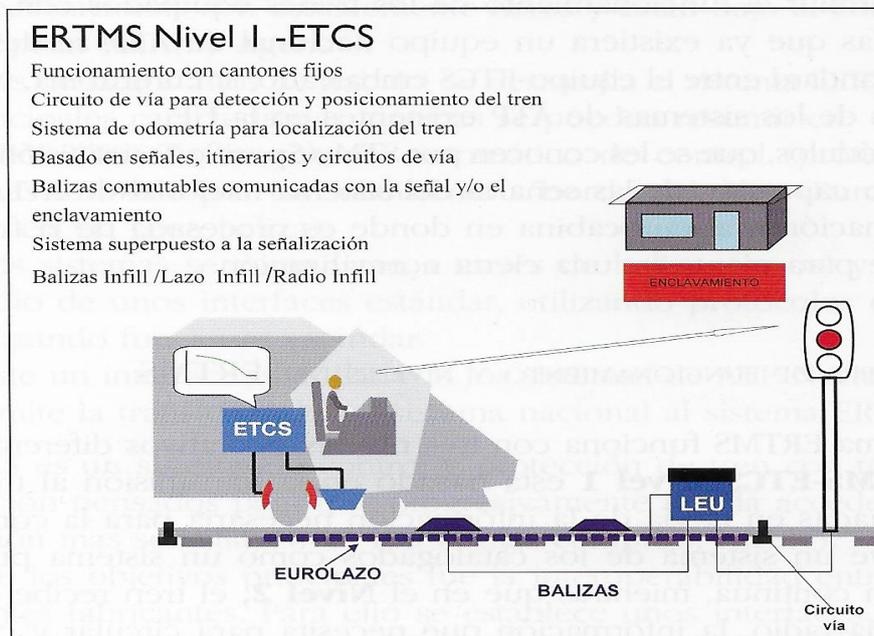


55. Esquema sistema ERTMS

El sistema ERTMS que adoptaremos en el presente proyecto será el nivel 1. Este nivel, consiste en la transmisión desde unas balizas (Eurobalizas) situadas a pie de señal de la información que necesita la Eurocabina para proporcionar al maquinista toda la información necesaria para la conducción del tren.

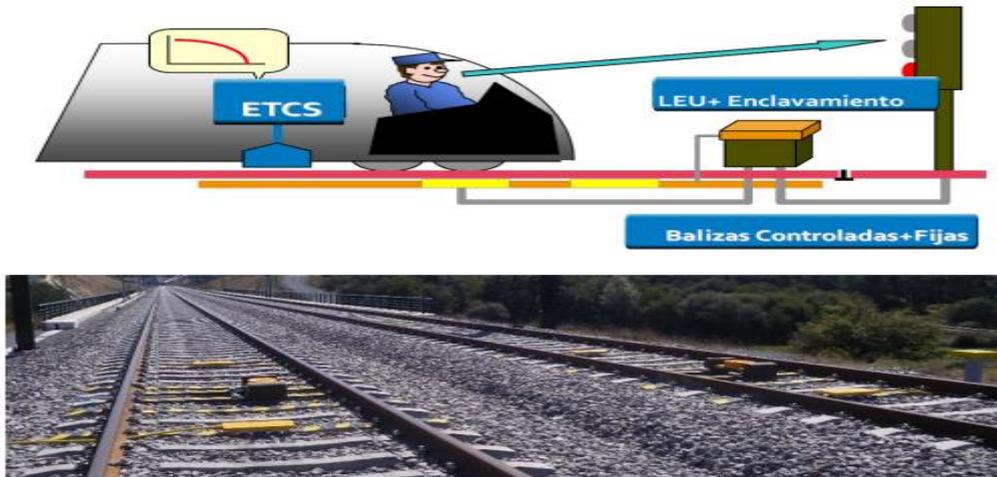
En caso de distracción o equivocación el equipo ETCS embarcado (Eurocabina) aplica el freno de servicio y si es necesario el freno de emergencia, previo los avisos correspondientes para parar el tren delante de la señal en rojo.

Las balizas reciben del enclavamiento la información de las características geográficas de la ruta establecida y del aspecto de la señal, a través de unos equipos específicos LEUs (Line Encoder Unit). Esta información depende de la ruta seleccionada y del aspecto de la señal y, por consiguiente, puede ser variable en cada momento. Las balizas pueden transmitir en cada momento una información diferente en función de la ruta y de la señal que es utilizada por la Eurocabina para calcular la velocidad máxima permitida de conducción y el punto de aplicación del freno, en función de las características de deceleración del propio tren.



56. Esquema funcionamiento ERTMS nivel 1

La posición del tren es detectada por los circuitos de vía o sistemas de detección del tren. Éste está protegido también por las señales laterales, y el conductor debe conducir atendiendo tanto a la información recibida en cabina como a la señalización lateral. Es importante indicar que la información recibida en cabina tiene que ser coherente con el aspecto de las señales laterales para evitar posibles malentendidos en otras situaciones especiales de conducción.



57. Relación sistema tren y sistema vía

La localización precisa de la situación del tren, necesaria para la supervisión por la Eurocabinas del movimiento del tren es realizada por el sistema de odometría del equipo embarcado del ETCS.

El sistema ETCS Nivel 1 se puede superponer a cualquier sistema de señalización lateral.

14.3 FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

El ERTMS/ ETCS incorpora una serie de funciones y características básicas:

- Comunicación desde baliza/radio: en el ETCS la información para el control y supervisión de la marcha del tren se transmite en cualquiera de sus niveles desde la vía al tren en base a unos telegramas y mensajes estándar. En el Nivel 1, como es nuestro caso, la comunicación se hace por medio de balizas situadas en la vía próximas a las señales de las que recibe la información que transmiten al tren. En este Nivel esa comunicación se puede completar por una comunicación a través de lazos o por radio.
- Autoridad de Movimiento (MA): constituye el concepto más característico del ERTMS igual para los tres niveles y corresponde al tramo o trayecto de vía asignado por el sistema a un tren para su movimiento con plena garantía de seguridad y bajo la supervisión del sistema ETCS. Corresponde a la autorización del movimiento dado por el sistema de señalización lateral al mostrar un aspecto diferente al rojo.
- Localización del tren como referencia e información de su posición: el tren está localizado continuamente con relación a la última baliza recibida (LRBG).
- Conocimiento por el sistema de las características geográficas de la vía: el ERTMS define y especifica la forma de codificar todos estos parámetros de modo igualmente genérico para los tres niveles.
- Supervisión/control continuo de la velocidad: El RTMS realiza una supervisión continua de la velocidad del tren en función de la deceleración y velocidad máxima de forma que elimina la posibilidad de un rebase del MA o circulación a una velocidad superior a la permitida ya sea por limitación de la vía o del propio tren.



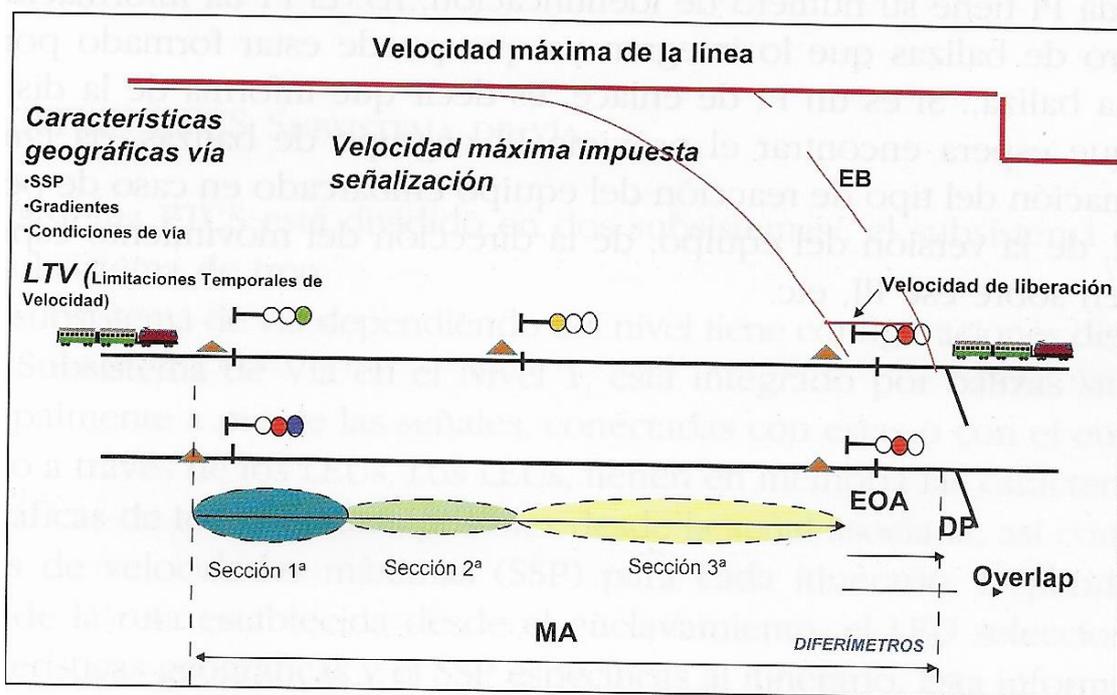
- Modos de conducción y operaciones especiales: en el ETCS se ha definido dos modos de conducción funcional iguales para los tres niveles como son conducción supervisada, maniobras, marcha a la vista.

14.4 LA AUTORIDAD DE MOVIMIENTO (MA)

En la figura que se incluye a continuación se ha dibujado un esquema en el que se muestra el significado del MA en el Nivel 1 sobre dos trayectos con diferente tipo de señalización lateral, uno con tres aspectos y otro típico de las líneas de AV españolas. Los conceptos asociados con el MA son:

- El EOA (End of Authority) o punto de parada nominal del tren que coincide con la posición de la señal en el nivel establecido.
- El DP (Danger Point), punto de peligro en la vía. Si el tren lo rebasara podría existir riesgo de accidente grave.
- El Overlap o zona de protección por deslizamiento.

En el dibujo se muestra como el MA está medido siempre desde una baliza de referencia. Toda autorización de movimiento tiene un tiempo de validez pasado el cual esta información puede ser errónea. Por este motivo, junto con el MA se definen unos tiempos de validez. Se pueden especificar hasta tres secciones con sus tiempos de validez y puntos de control asociado que sirven para supervisar el movimiento y paso del tren en cada zona.

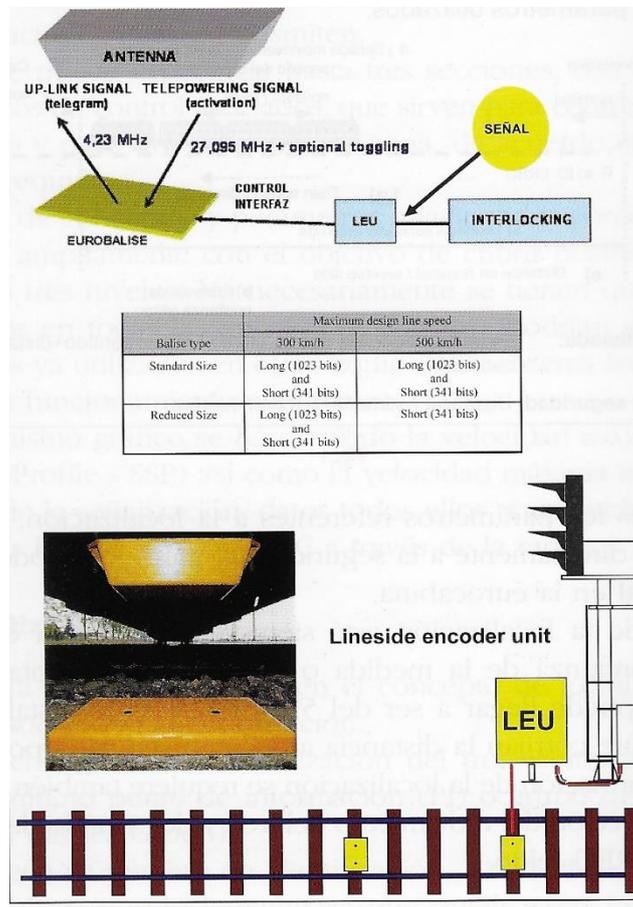


58. Esquema autoridad de movimiento (MA)

14.5 EL SUBSISTEMA DE VÍA: LAS EUROBALIZAS

El subsistema de vía en el Nivel 1 está integrado por balizas situadas principalmente a pie de las señales conectadas con estas o con el enclavamiento a través de los LEUs. Éstos, tienen en memoria las características geográficas de todas las rutas posibles desde la señal asociada, así como los límites de velocidad máximas (SSP) para cada itinerario. Dependiendo de la ruta establecida desde el enclavamiento, el LEU selecciona las características geográficas y el SSP específicas al itinerario.

Esta información, junto con la correspondiente al aspecto de las señales en cada momento es transmitida desde las balizas en forma de telegrama a la Eurocabina a bordo del tren la cual los recibe a través de la antena y el BTM los procesa, informa al maquinista de las acciones a tomar y supervisa la marcha del tren.



59. Esquema subsistema de la vía

Las Eurobalizas pueden ser fijas o configurables. Son equipos pasivos. La energía que requieren la recibe desde la antena/captador del tren. Solo emiten ante la presencia del tren.



60. Particular Eurobaliza

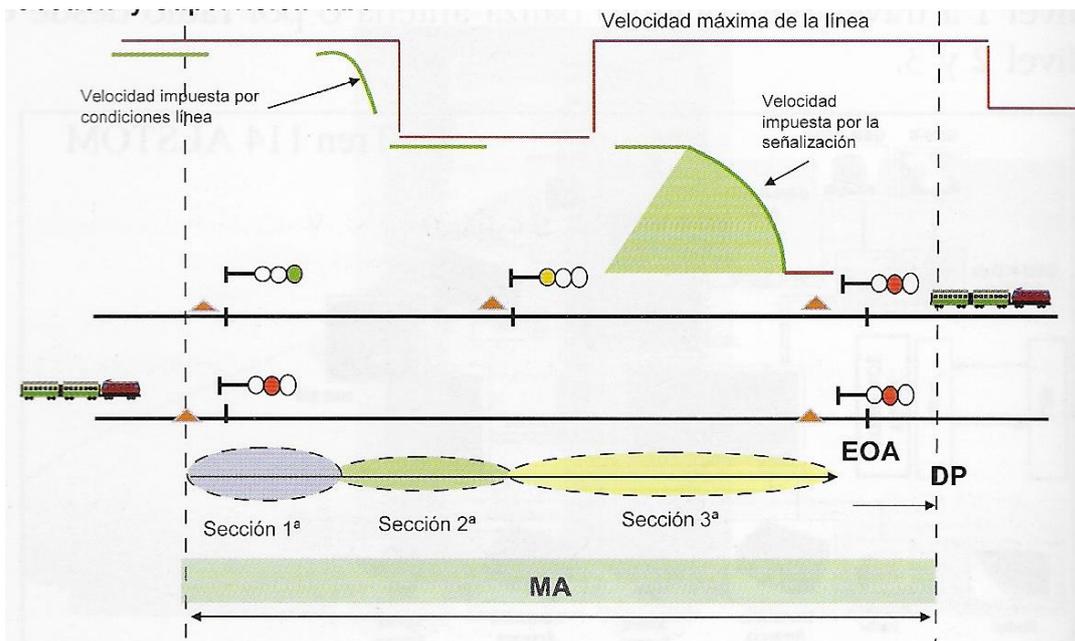
La capacidad de almacenamiento en bits depende del tipo de baliza; Los telegramas almacenados pueden tener una parte fija y otra variable. Esta última esta proporcionada por el LEU en función del aspecto de la señal, autoridad de movimiento, y del itinerario enclavado por el enclavamiento y seleccionado por el puesto de mando.

El sistema de captación está diseñado para una velocidad de hasta 500 Km/h, sin embargo, en el presente proyecto en el que vamos a implantar el ERTMS de Nivel 1, diseñado para velocidades de hasta 300 Km/h, es más que suficiente ya que, como hemos comentado anteriormente la velocidad máxima que alcanzaremos en nuestro trayecto será de 250 Km/h.

14.6 EL SUBSISTEMA DE TREN

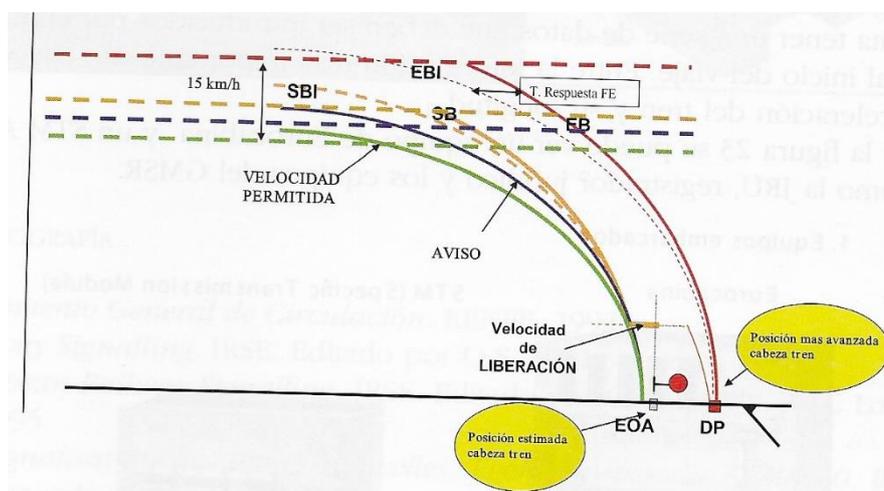
Los equipos a bordo del tren forman el subsistema de tren que se comunica con los equipos ERTMS situados en vía a través de interfaces estándar iguales para todos los fabricantes. Esta comunicación se realiza en el Nivel 1 a través del conjunto baliza-antena.

El equipo embarcado recibe a través de la antena y del BTM los telegramas desde las balizas con todos los datos geográficos correspondientes a la ruta seleccionada y a su velocidad máxima. Estos telegramas son procesados y junto con la información de localización generada en el propio equipo, establece los controles para realizar una supervisión continua de la marcha del tren. El resultado de esta supervisión es presentado al maquinista que conduce el tren en base a la información de velocidad permitida en cada momento y para poder detener el tren ante el EOA.



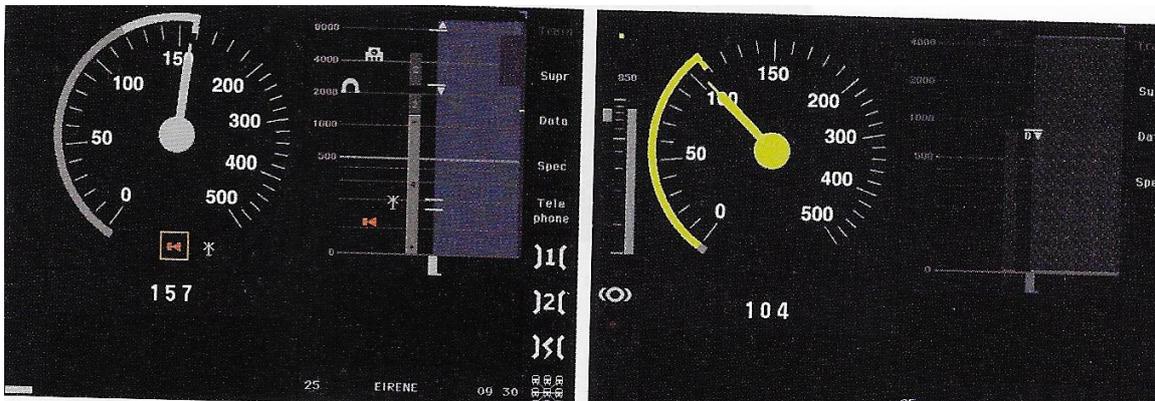
61. Esquema de gestión y supervisión MA

La Eurocabina calcula en todo momento, y en especial en la zona de frenado, las curvas correspondientes a la velocidad de aviso a la de supervisión (SB) y a la de emergencia (EB). Para poder detener el tren delante del EOA, freno de servicio, o delante del EP, freno de emergencia. Si el maquinista no reaccionara a la indicación de aviso al entrar en zona de frenado, aplicando el freno correspondiente de servicio y la velocidad del tren alcanzara una velocidad superior a la permitida por la curva de intervención del freno de servicio, el equipo ETCS de bordo a tren aplica automáticamente el freno de servicio de acuerdo con una curva de intervención (SBI) calculada internamente. De esta actuación es informado el maquinista cambiando el color de la aguja del velocímetro en el DMI.



62. Esquema de supervisión de la velocidad

Si aún el tren no reacciona suficientemente y existiera el riesgo de rebasar el DP, rebasando la velocidad máxima indicada por la curva EBI de intervención del freno de emergencia, se le aplicará el freno de emergencia.



63. Velocímetro con velocidad permitida y velocímetro en zona de frenado

Esta figura se corresponde con dos aspectos de DMI en momentos diferentes; en el primer caso, el velocímetro del DMI indica la velocidad de conducción permitida en un color gris. En la parte de la derecha se presentan las características del trayecto cubierto por el MA. En la fotografía de la derecha, se puede ver cómo el color de la aguja del velocímetro ha cambiado a un color amarillo indicándole que está en zona de curva de frenado.

15. LA SEÑALIZACIÓN LATERAL

La señalización que se dispondrá a lo largo del trazado ferroviario será la adecuada para la circulación de los trenes, en este caso para vía doble banalizada (B.A.B.).

- Atendiendo al elemento indicador:
 - Señales luminosas las indicaciones se dan mediante focos. Tienen como máximo 4 focos (5 en AVE): Verde, Rojo, Amarillo, Blanco, Azul (AVE). Tensión de 110 o 220 Vac.



65.. Particular señal luminosa



- Señales mecánicas: las indicaciones se dan por las diferentes posiciones de un disco, de un brazo o de un tablero.



66.. Particular señal mecánica

- Atendiendo a la altura.
 - Señales altas instaladas sobre el mástil: se encuentran en las vías principales de una estación, en la entrada y en el trayecto. Focos en vertical



64. Particular señal luminosa en estación

- Señales bajas ubicadas directamente sobre el suelo: se encuentran en las vías secundarias y en las áreas de maniobras. Focos en forma de cuadrado.



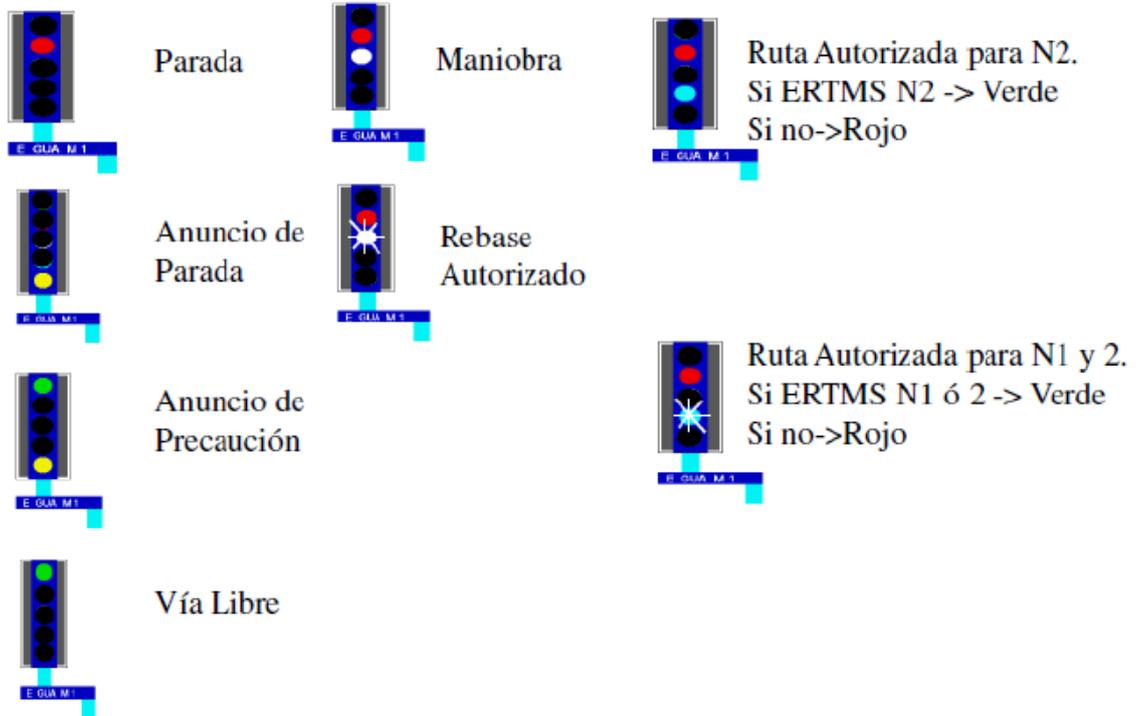
65. Particular señal baja

- Atendiendo a la movilidad:
 - Señales fijas se gobiernan desde el enclavamiento o bloqueo.
 - Señales portátiles no tienen interés desde el punto de vista de la automatización de la señalización.
- Señales LED para alta velocidad con 5 focos:



66. Particular señal LED para AV

Significado según aspectos de la señal:



67. Significado señales LED según colores

16. LIBRO DE ITINERARIOS

El libro de itinerarios es la transcripción de los gráficos de marcha para el uso del personal de explotación (regulación y conducción). Contempla varios tipos de información: trenes ordinarios o regulares, marchas para asimilación de trenes o trenes facultativos, márgenes de regularidad suplementarios, información al cliente en caso de incidencia.

- Horario de verano: [\(ver diagrama s-t verano\)](#)

SANTANDER- BILBAO									
SERVICIO		LD Avant	MD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant	LD Avant
PROVENIENTE DE									
SALIDA SANTANDER		8:05	8:12	12:10	15:15	15:29	18:45	18:55	21:45
LAREDO	LLEGADA		8:25	12:23		15:42		19:08	
	SALIDA		8:28	12:26		15:45		19:11	
CASTRO	LLEGADA		8:36	12:34		15:53		19:19	
	SALIDA		8:39	12:37		15:56		19:22	
LLEGADA BILBAO		8:32	8:49	12:47	15:42	16:06	19:12	19:32	22:12
DIRECCIÓN A		S. Sebastián							S. Sebastián



BILBAO - SANTANDER									
SERVICIO		MD Avant	LD Avant	MD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant
PROVENIENTE DE	Vitoria								
SALIDA BILBAO		7:00	7:15	10:00	14:30	16:10	18:00	20:15	21:15
CASTRO	LLEGADA	7:10		10:10	14:40		18:10		21:25
	SALIDA	7:13		10:13	14:43		18:13		21:28
LAREDO	LLEGADA	7:21		10:21	14:51		18:21		21:36
	SALIDA	7:24		10:24	14:54		18:24		21:39
LLEGADA SANTANDER		7:37	7:42	10:37	15:09	16:37	18:37	20:42	21:52
DIRECCIÓN A									

- Horario de invierno: [\(ver diagrama s-t invierno\)](#)

SANTANDER- BILBAO										
SERVICIO		LD Avant	MD Avant	MD Avant	MD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant
PROVENIENTE DE	Madrid									
SALIDA SANTANDER		8:05	8:12				15:15	15:29	18:45	19:45
LAREDO	Llegada		8:25					15:42		19:58
	Salida		8:28					15:45		20:01
CASTRO	Llegada		8:36					15:53		20:09
	Salida		8:39	11:00	12:10	13:30		15:56		20:12
LLEGADA BILBAO		8:32	8:49	11:10	12:20	13:40	15:42	16:06	19:12	20:22
DIRECCIÓN A	S. Sebastián									

BILBAO - SANTANDER											
SERVICIO		MD Avant	LD Avant	MD Avant	MD Avant	MD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant	LD Avant	MD Avant
PROVENIENTE DE	Vitoria										
SALIDA BILBAO		7:00	7:15	10:30	11:40	13:00	14:30	16:10	18:00	20:15	20:45
CASTRO	Llegada	7:10		10:40	11:50	13:10	14:40		18:10		20:55
	Salida	7:13					14:43		18:13		20:58
LAREDO	Llegada	7:21					14:51		18:21		21:06
	Salida	7:24					14:54		18:24		21:09
LLEGADA SANTANDER		7:37	7:42				15:09	16:37	18:37	20:42	21:22
DIRECCIÓN A	Madrid										

17. HORARIOS GRAFICOS:

Ante todo, hay que decir que los gráficos que vienen a continuación sirven como base de partida para un futuro plan de explotación del proyecto. Además, como se ha obtenido desde los cálculos de planeamiento de tráfico, la demanda de viajeros necesaria sería inferior a los servicios ofrecidos en estos horarios, es decir, se ha sobredimensionado la demanda. Una de las razones por las que se ha pensado actuar de esta manera es que hay que pensar que en un futuro no muy lejano se ampliará la red de Alta Velocidad Española a lo largo del país, por lo que habrá mayores enlaces entre las ciudades y como consecuencia se aprovechará más el servicio ferroviario; un ejemplo de ello es la construcción de la red de alta velocidad en el País Vasco, la llamada “Y vasca”, que conectará las tres capitales de provincia y por lo tanto, con mayor razón, tiene sentido un futuro enlace ferroviario de alta velocidad entre Bilbao y Santander.

Se ha establecido un tiempo de parada para mantenimiento de la composición de un mínimo de 20 minutos hasta 1 hora que permite efectuar las operaciones de rutina y las accidentales, cuando las haya.



17.1 HORARIO DE INVIERNO

Como se puede apreciar tanto en la gráfica como en los datos de demanda máxima de viajeros, se ha establecido un recorrido en los dos sentidos, tanto de Santander a Bilbao como a la inversa; asimismo, a pesar de que la mayor demanda se encuentra en el sentido Bilbao – Santander, para garantizar eventuales incidencias, se ha establecido mismo número de recorrido en los dos sentidos.

Tal y como consta en la gráfica, existen dos servicios de tren: Larga y Media distancia; de este modo, el primero de ellos, no hace paradas entre las dos capitales de provincia, mientras que el de media distancia sí efectúa paradas intermedias.

Asimismo, se ha determinado dos servicios por la mañana los cuales sirven para los viajeros que necesitan desplazarse a las respectivas capitales por motivos laborales. Posterior a ello, a lo largo de la mañana, se ha fijado un servicio de media distancia repetitivo entre Bilbao y Castro – Urdiales de tal forma que puede servir a los viajeros que se muevan alrededor de la zona industrial de Bilbao y hasta Castro – Urdiales.

Entrando en la tarde, se ha puesto un servicio a primera hora para aquellos viajeros que, teniendo jornada intensiva, vuelven a sus respectivos hogares y con ello se ha alternado un servicio de media distancia con otro de larga.

Finalmente, se ha tratado de dar el mismo servicio a los viajeros que, teniendo una jornada laboral partida, puedan regresar a su casa una vez la hayan finalizado, enlazando de nuevo las dos capitales de provincia.

Se puede notar que el servicio de media distancia es usado para recorrer la misma línea a lo largo del día entre las dos Capitales, mientras que de larga distancia puede salir de las dos ciudades, pero también puede que sea un servicio que luego siga su itinerario yendo a su destino final y viniendo desde un lugar prefijado.

Por último, si nos fijamos en los dos primeros servicios desde Bilbao podemos observar que en la estación de Castro – Urdiales el servicio de media distancia tiene que dar la precedencia, y, por tanto, consentir el adelantamiento del servicio de larga distancia. Igualmente, se puede apreciar que los cruces son efectuados en algunos casos en las estaciones intermedias, mientras que, en otros casos a lo largo del trazado, gracias al hecho de tener una vía doble.

17.2 HORARIO DE VERANO

Este tipo de horario se ha pensado para que sea aprovechado por los viajeros trabajadores y los viajeros que se desplazan por motivos vacacionales.

Se han mantenido los servicios pronto por la mañana para los viajeros que se mueven por motivos laborales y luego a lo largo de la mañana se han puesto unos servicios de media distancia para los que se muevan por motivos de ocio.

Se han mantenido los servicios de media y larga distancia para los viajeros trabajadores a lo largo de la tarde modificando algunas bandas horarias y, como se puede ver, los últimos servicios desde las dos Capitales se han retrasado permitiendo una vuelta más tardía respecto



al horario de invierno. También en este caso los cruces se efectuaran en las estaciones intermedias o a lo largo del trazado.

También en este caso los servicios Avant de larga distancia recorren la línea en ambos sentidos y luego siguen su itinerario establecido.

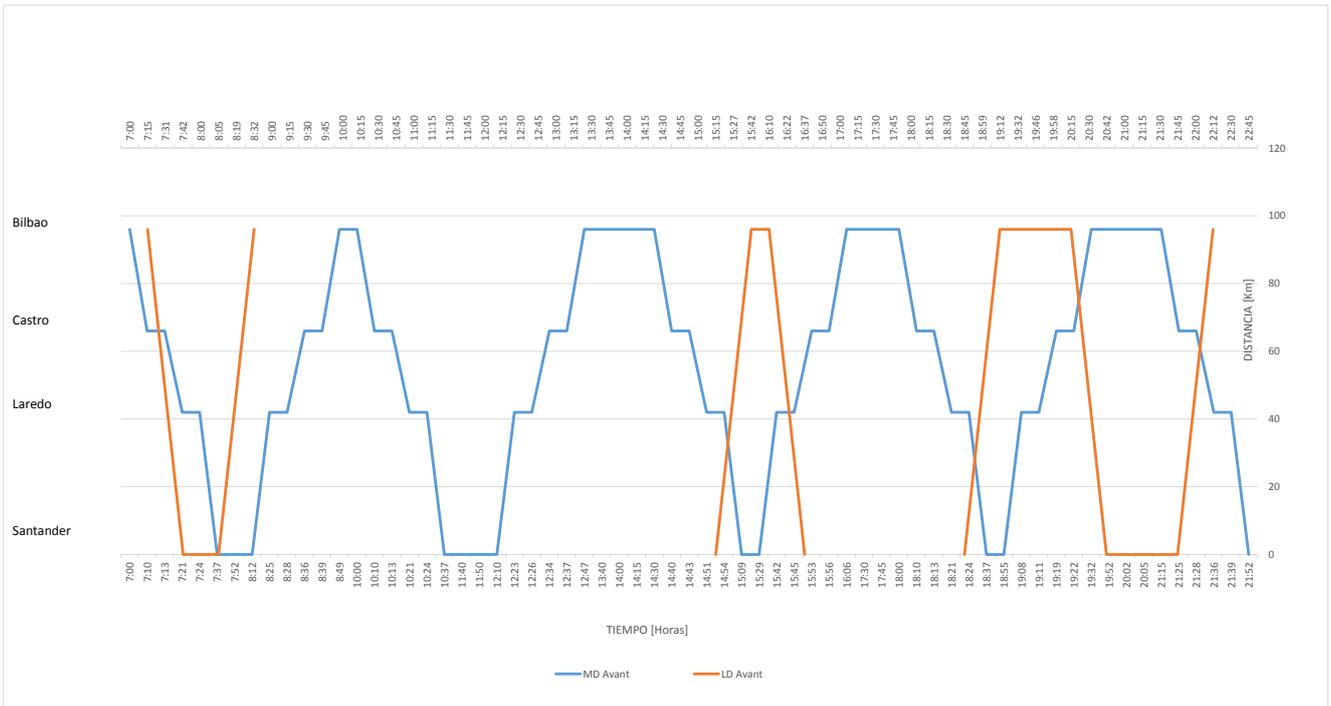


18. BIBLIOGRAFIA y SITOGRAFÍA

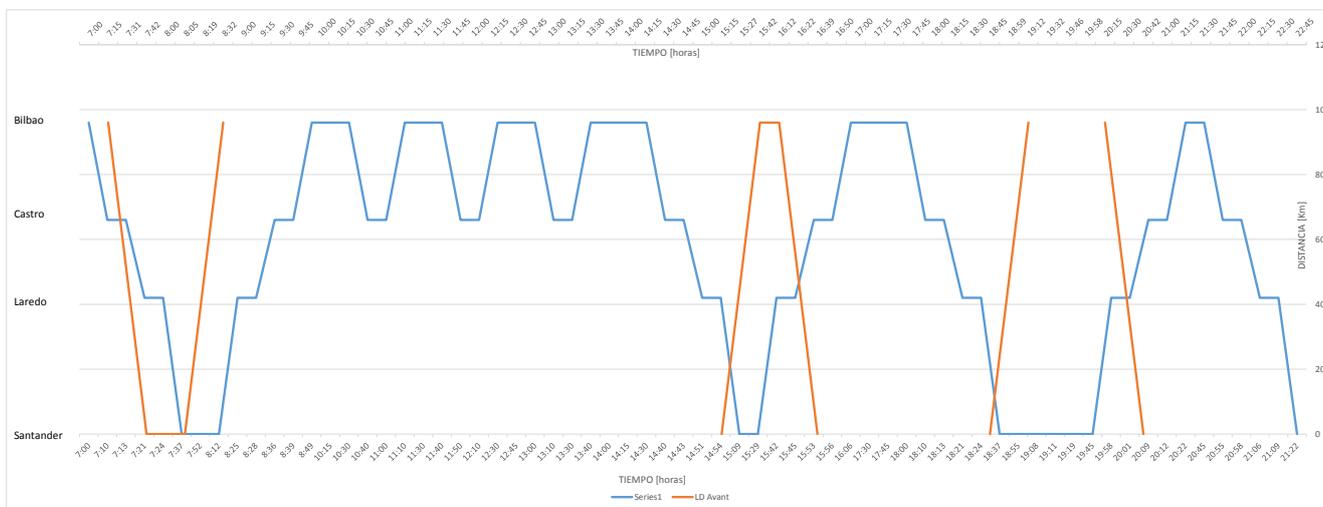
- MONTES PONCE DE LEÓN, F.: “Los sistemas de control de tráfico y señalización y señalización en el ferrocarril”. Madrid. Universidad Pontificia Comillas (Publicaciones). 2011. ISBN: 987-84-8468-363-6
- WARDMAN, M.R.: “Demand for Rail Travel and the Effects of External Factors. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review”. 2006. Pp. 149.158. ISSN 1336- 5545
- DELL’OLIO, L y ALONSO, OREÑA, B. Apuntes de clase. Universidad de Cantabria. 2015-2016.
- GORI, S. Apuntes de clase. “Corso trasporti ferroviari”. Università degli Studi di Roma Tre. 2015-2016.
- LUPI, M. “Tecnica ed economia dei trasporti”. Università di Pisa. 2015-2016
- Instituto Geográfico Nacional: Mapas Geológicos Nacionales 1:25000, obtenido de: <http://www.ign.es>
- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular. Publicado en: <http://www.fomento.gob.es>
- INSTRUCCIÓN 5.2.1 Drenaje Superficial
- Cuenca del Río Asón, publicado en: dmacantabria.cantabria.es
- Cuenca del Río Agüera, publicado en: dmacantabria.cantabria.es
- Cuenca del Río Nervión, publicado en: www.wikipedia.org/wiki/Nervión
- Distintivo de Calidad De Adif, publicado en: www.concretonline.com
- Foto trazado B.A.B., obtenida de: www.adifaltavelocidad.es
- Características mecánicas del tren “Avant S 114”, elaboración propia, obtenido de www.renfe.com
- <http://www.euskalyvasca.com/es/home.htm>
- Fotos señales, obtenida de: www.railfaneurope.net

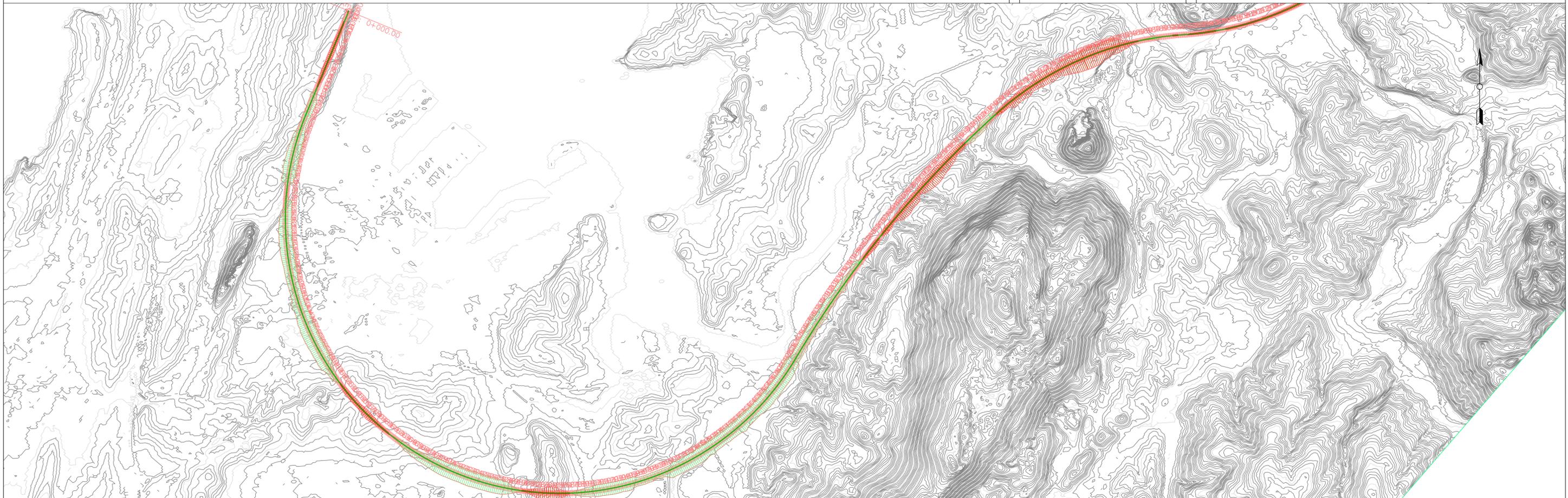
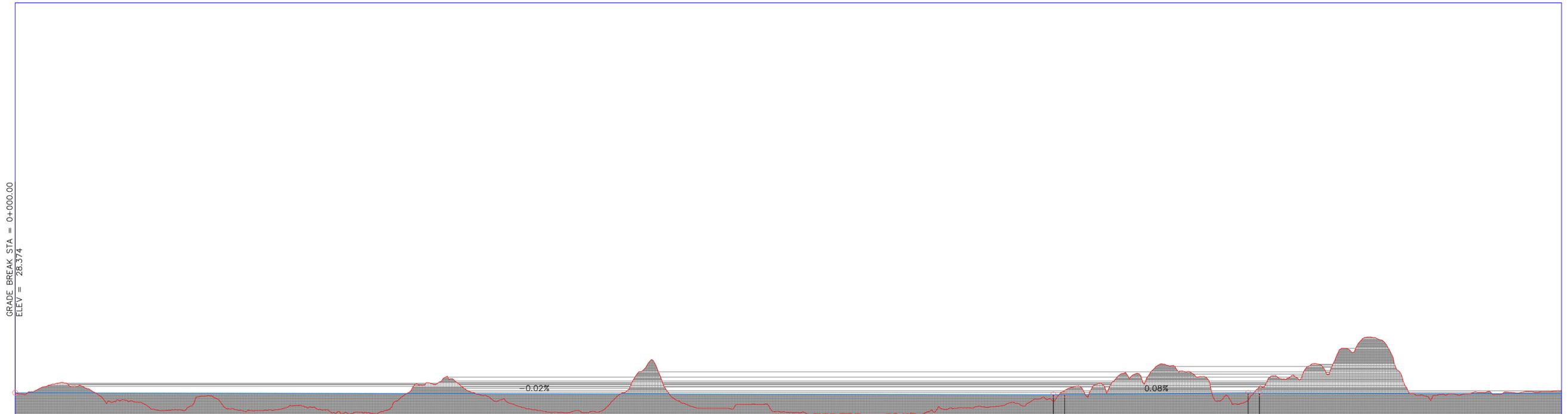
19. ANEXOS

Horario de verano



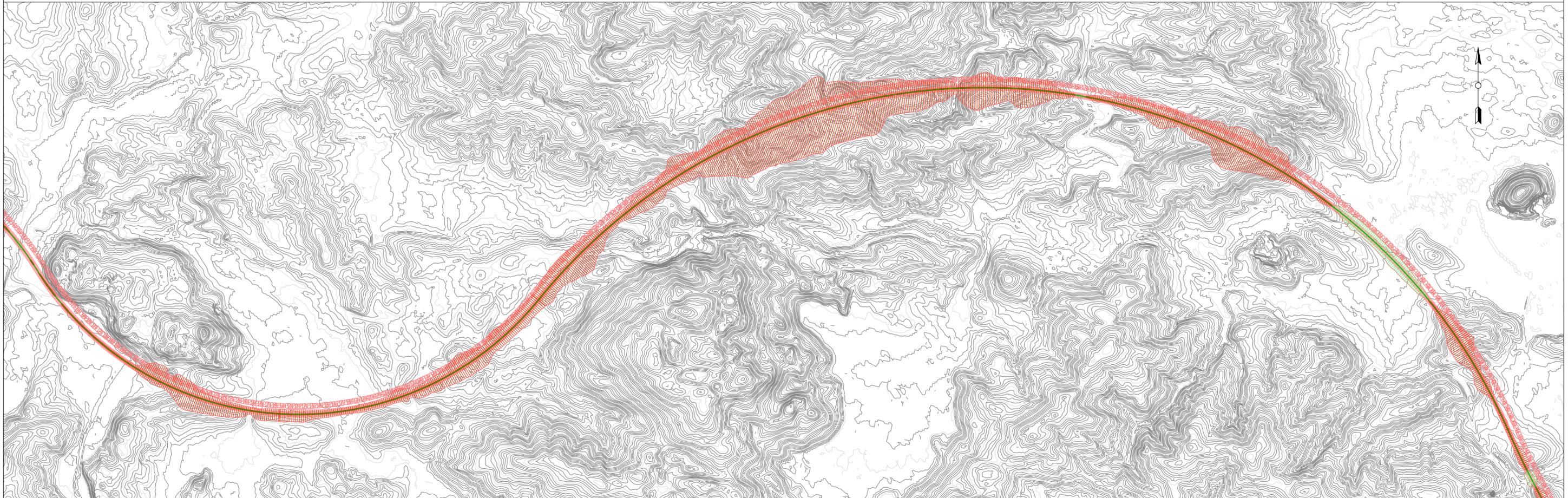
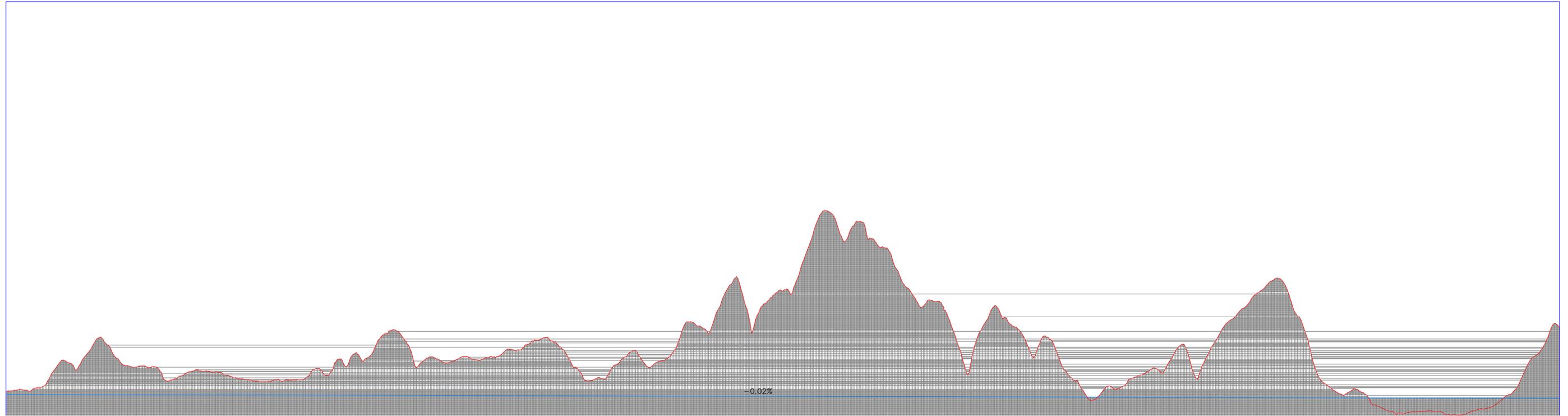
Horario de invierno





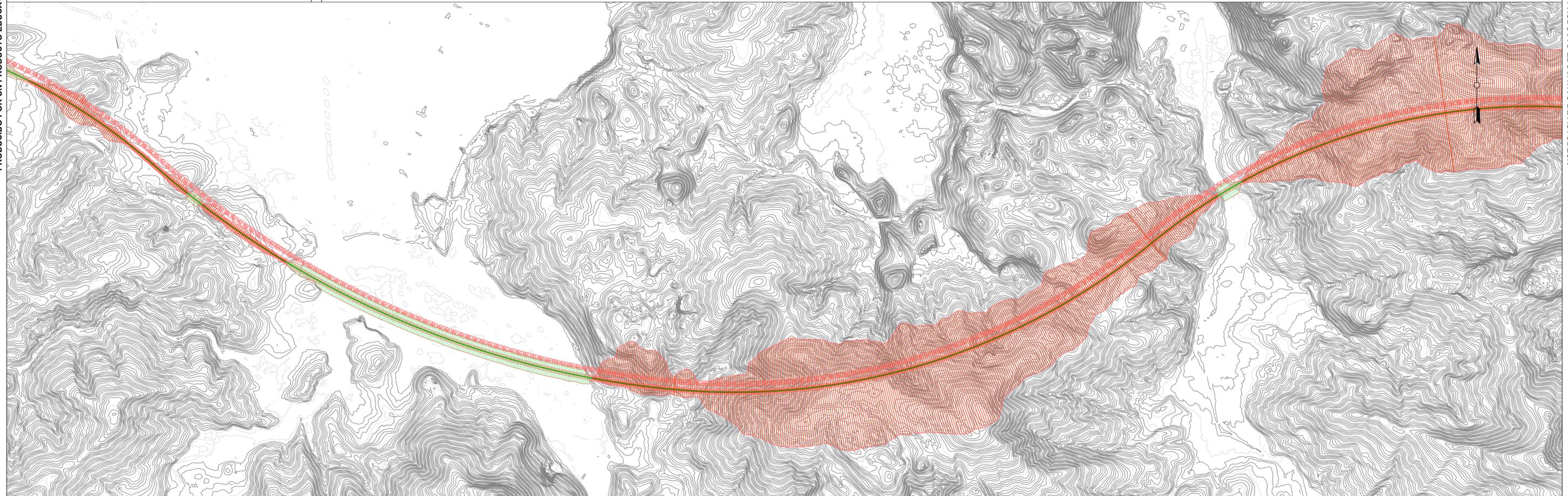
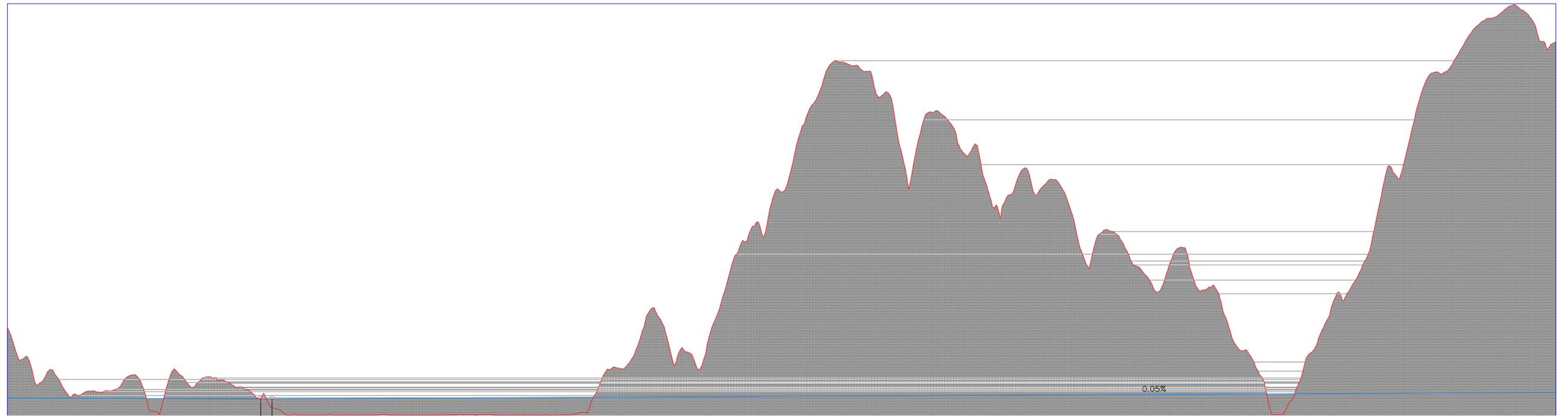
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO Proyecto Basico	TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Viscaya	TITULO DEL PLANO Conjunto	AUTOR Alessio Mattiussi	ESCALA 1:25000	FECHA Septiembre 16	PLANO 1
				PROVINCIA Cantabria - Viscaya					HOJA 1 DE 1

PERFIL: alineacion costa



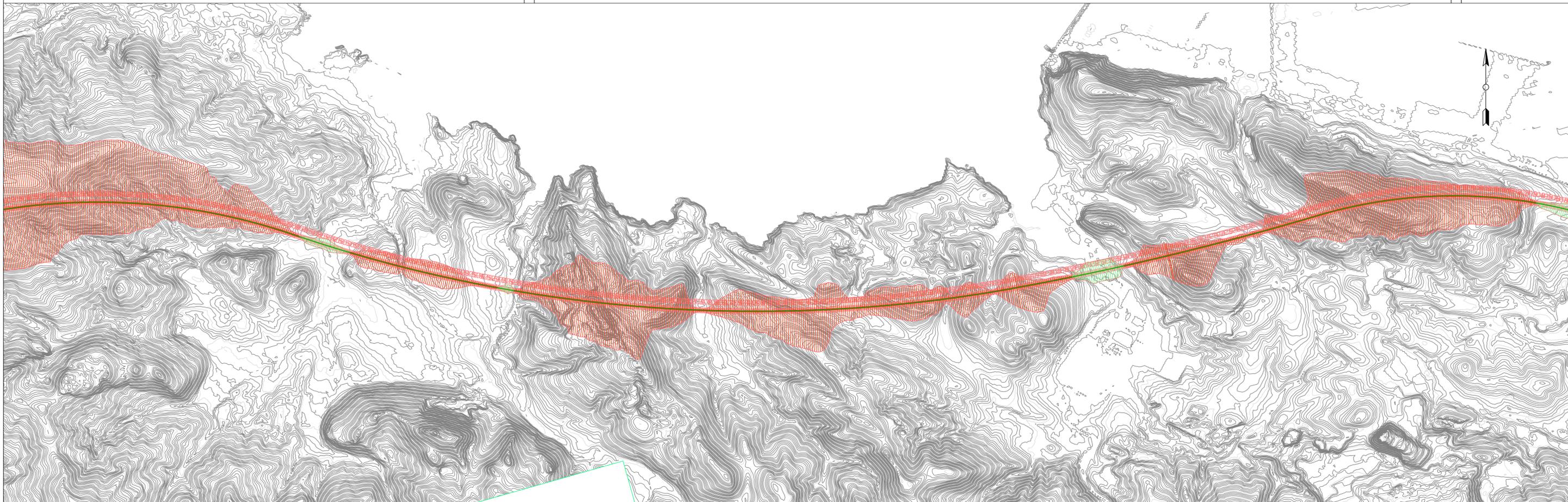
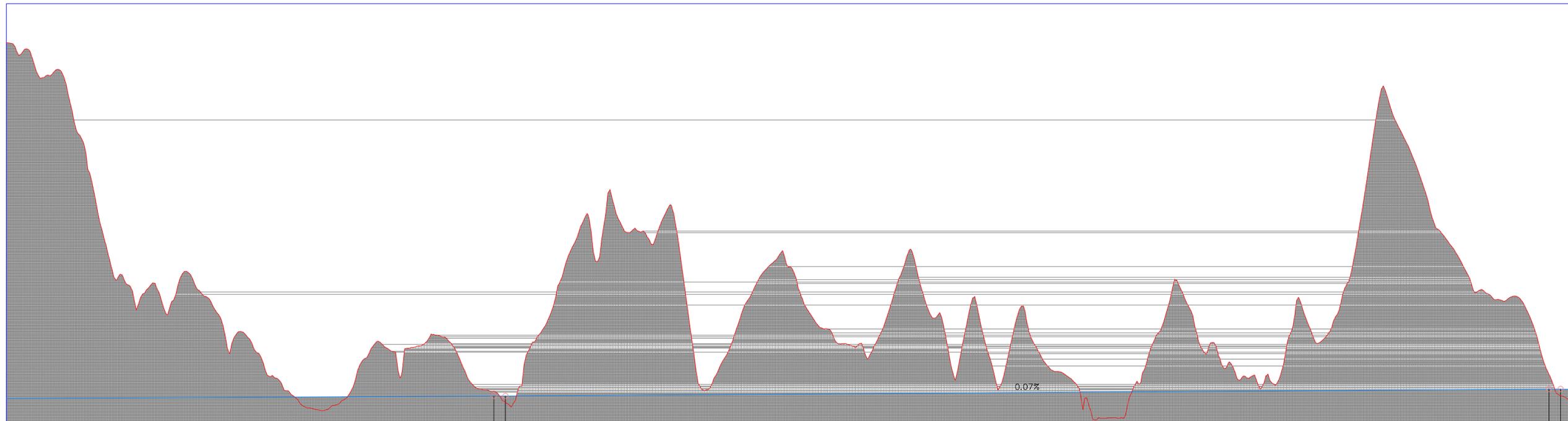
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO Proyecto Basico	TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Viscaya	TITULO DEL PLANO Conjunto	AUTOR Alessio Mattiussi	ESCALA 1:25000	FECHA Septiembre 16	PLANO 2
				PROVINCIA Cantabria - Viscaya					HOJA 1 DE 2

PERFIL: alineacion costa



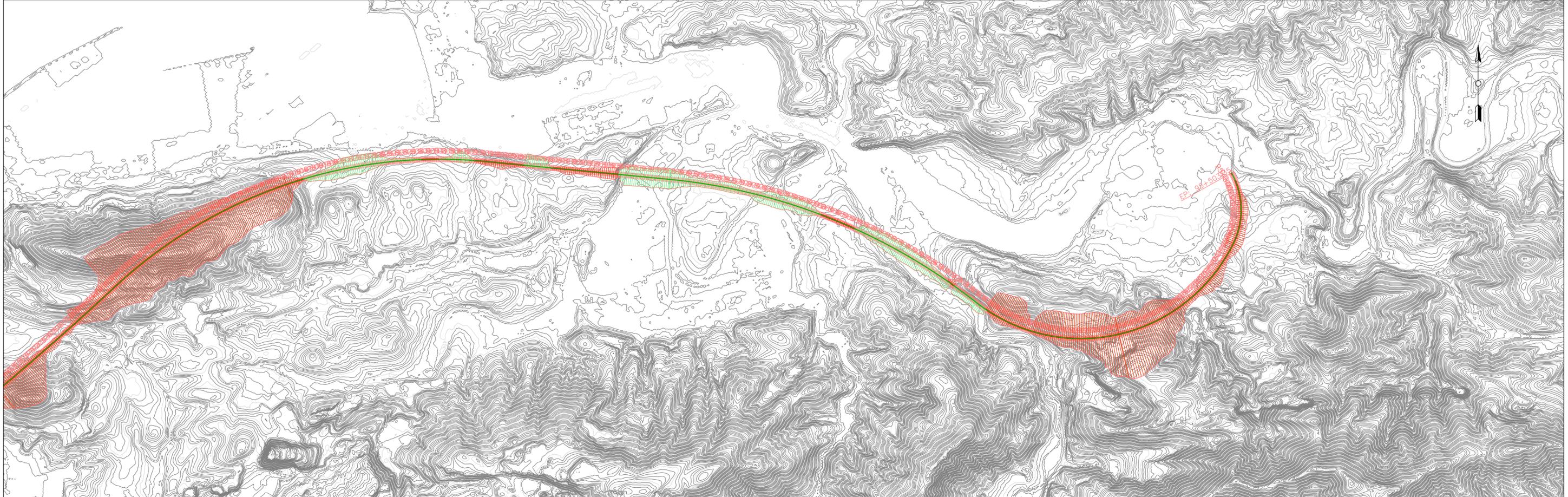
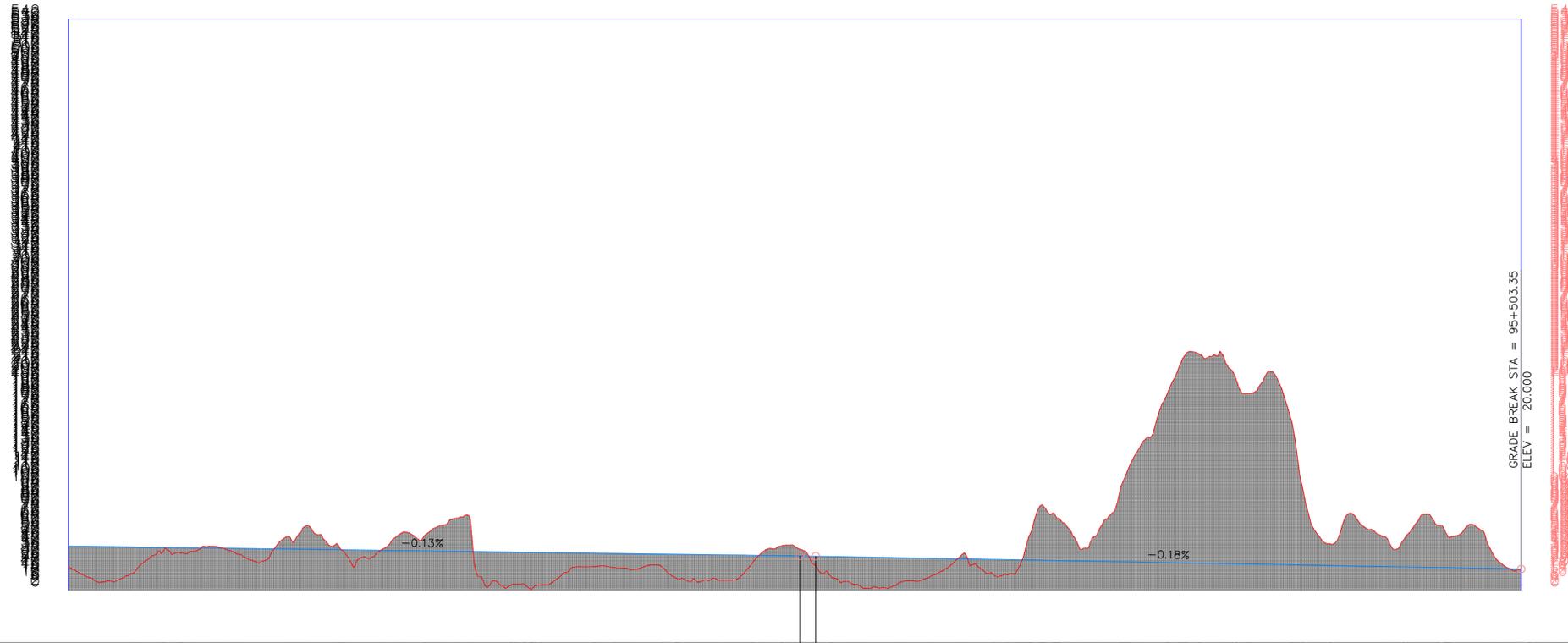
	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO Proyecto Basico	TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Viscaya	TITULO DEL PLANO Conjunto	AUTOR Alessio Mattiussi	ESCALA 1:25000	FECHA Septiembre 16	PLANO 3
				PROVINCIA Cantabria - Viscaya					HOJA 1 DE 3

PERFIL: alineacion costa



 ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO Proyecto Basico	TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Viscaya	TITULO DEL PLANO Conjunto	AUTOR Alessio Mattiussi	ESCALA 1:25000	FECHA Septiembre 16	PLANO 4
			PROVINCIA Cantabria - Viscaya					HOJA 1 DE 4

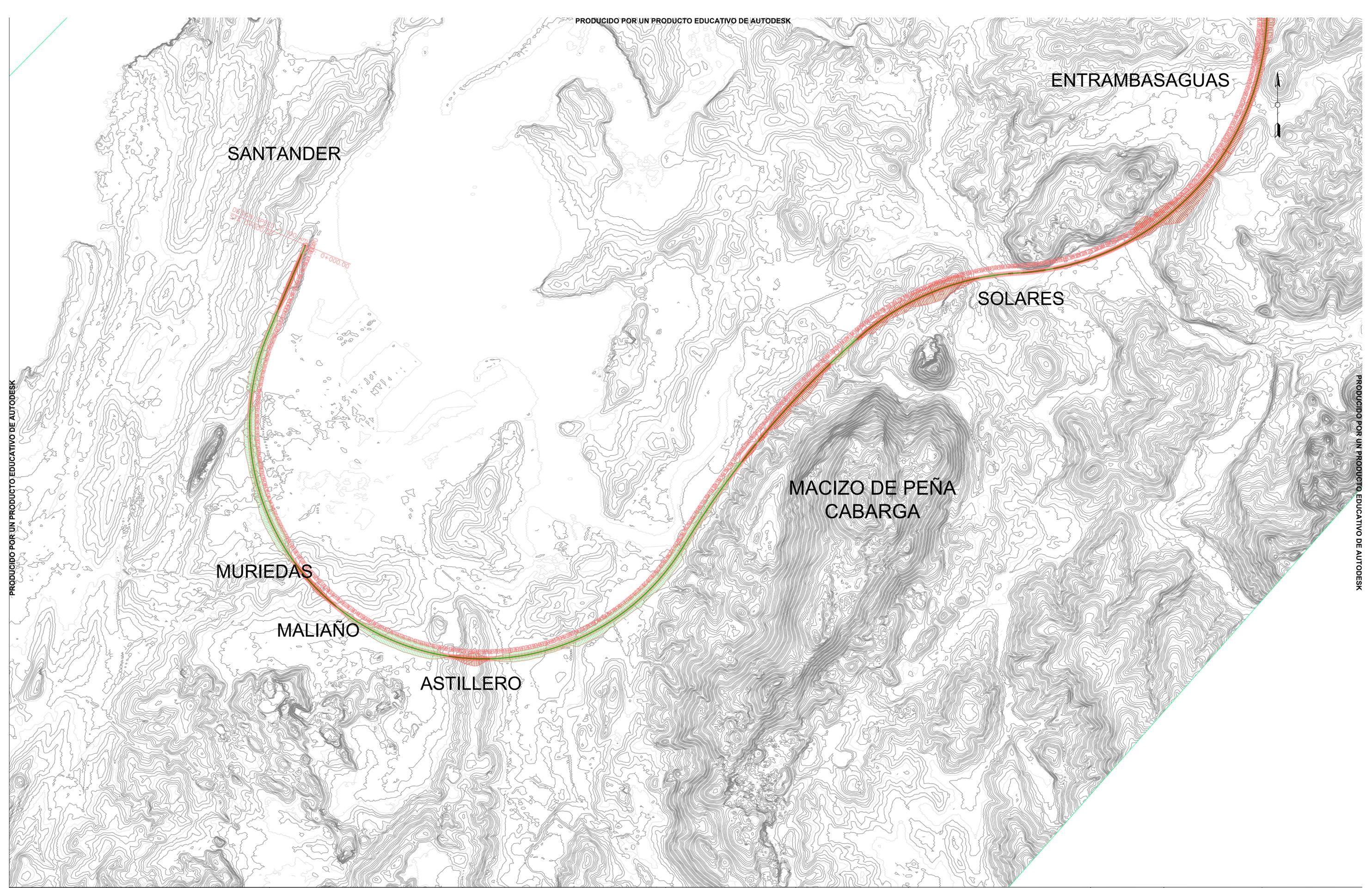
PERFIL: alineacion costa



	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO Proyecto Basico	TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Viscaya	TITULO DEL PLANO Conjunto	AUTOR Alessio Mattiussi	ESCALA 1:25000	FECHA Septiembre 16	PLANO 5
				PROVINCIA Cantabria - Viscaya					HOJA 1 DE 5

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TIPO
Proyecto Basico

TITULO
Linea Alta Velocidad
Santander - Bilbao

TERMINO MUNICIPAL
Cantabria - Vizcaya
PROVINCIA
Cantabria - Vizcaya

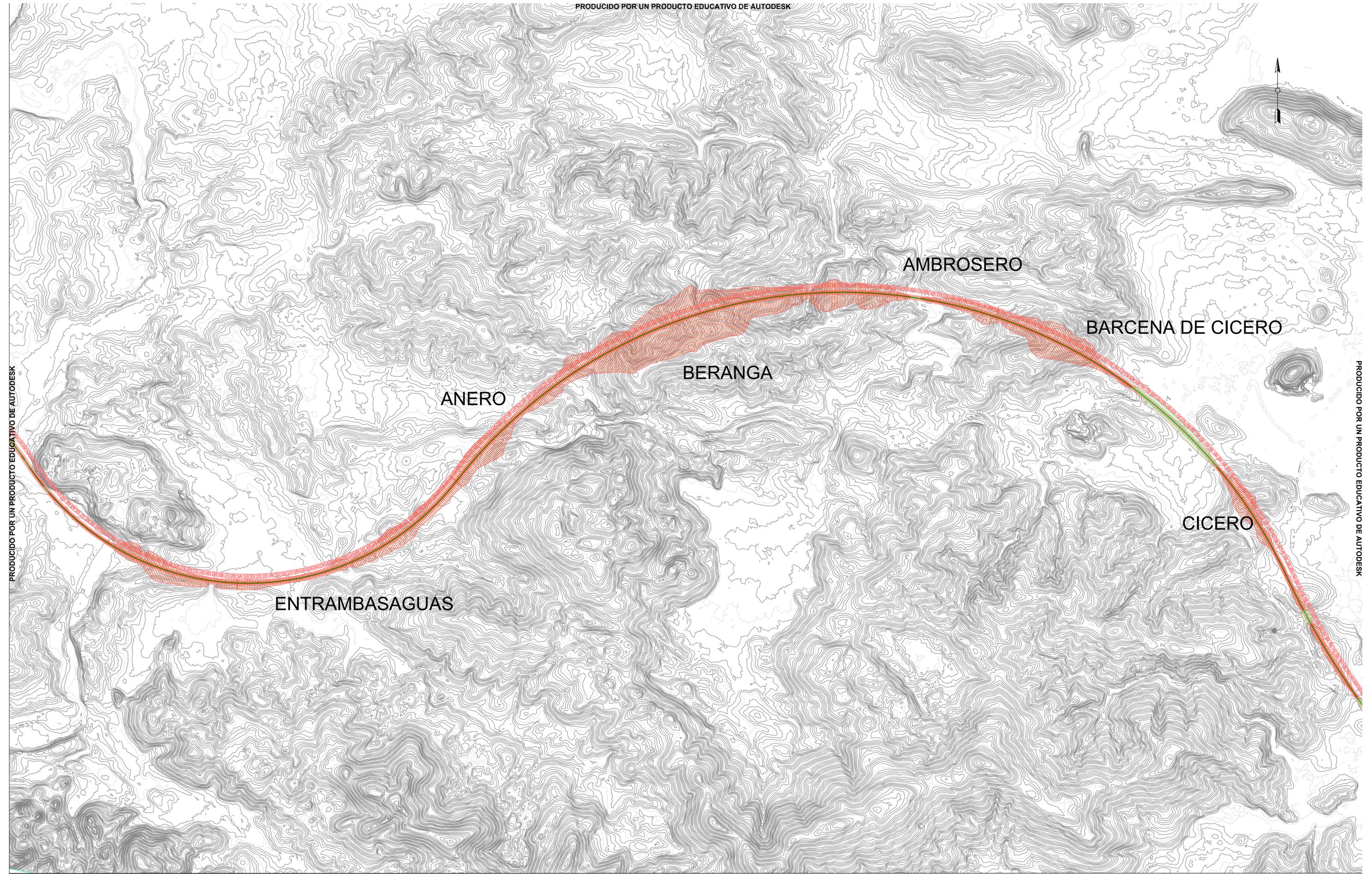
TITULO DEL PLANO
Planta

AUTOR
Alessio
Mattiussi

ESCALA
1:50000

FECHA
Septiembre 16

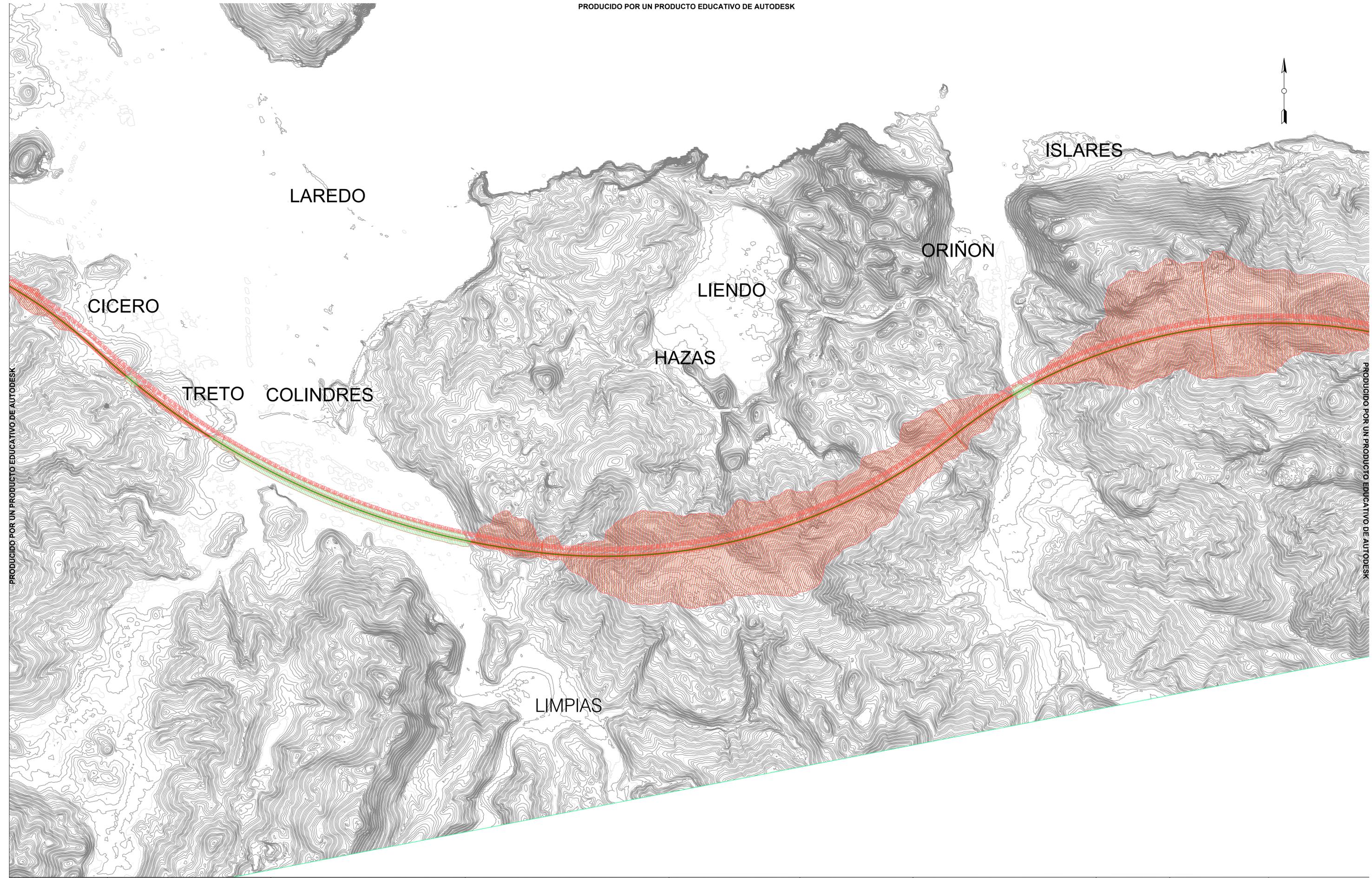
PLANO 6
HOJA 1 DE 5



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

 <p>ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</p>	<p>TIPO Proyecto Basico</p>	<p>TITULO Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao</p>	<p>TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Vizcaya</p>	<p>TITULO DEL PLANO Planta</p>	<p>AUTOR Alessio Mattiussi</p>	<p>ESCALA 1:50000</p>	<p>FECHA Septiembre 16</p>	<p>PLANO 7</p>
			<p>PROVINCIA Cantabria - Vizcaya</p>					<p>HOJA 2 DE 5</p>



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

TIPO
Proyecto Basico

TITULO
Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao

TERMINO MUNICIPAL Cantabria - Vizcaya
PROVINCIA Cantabria - Vizcaya

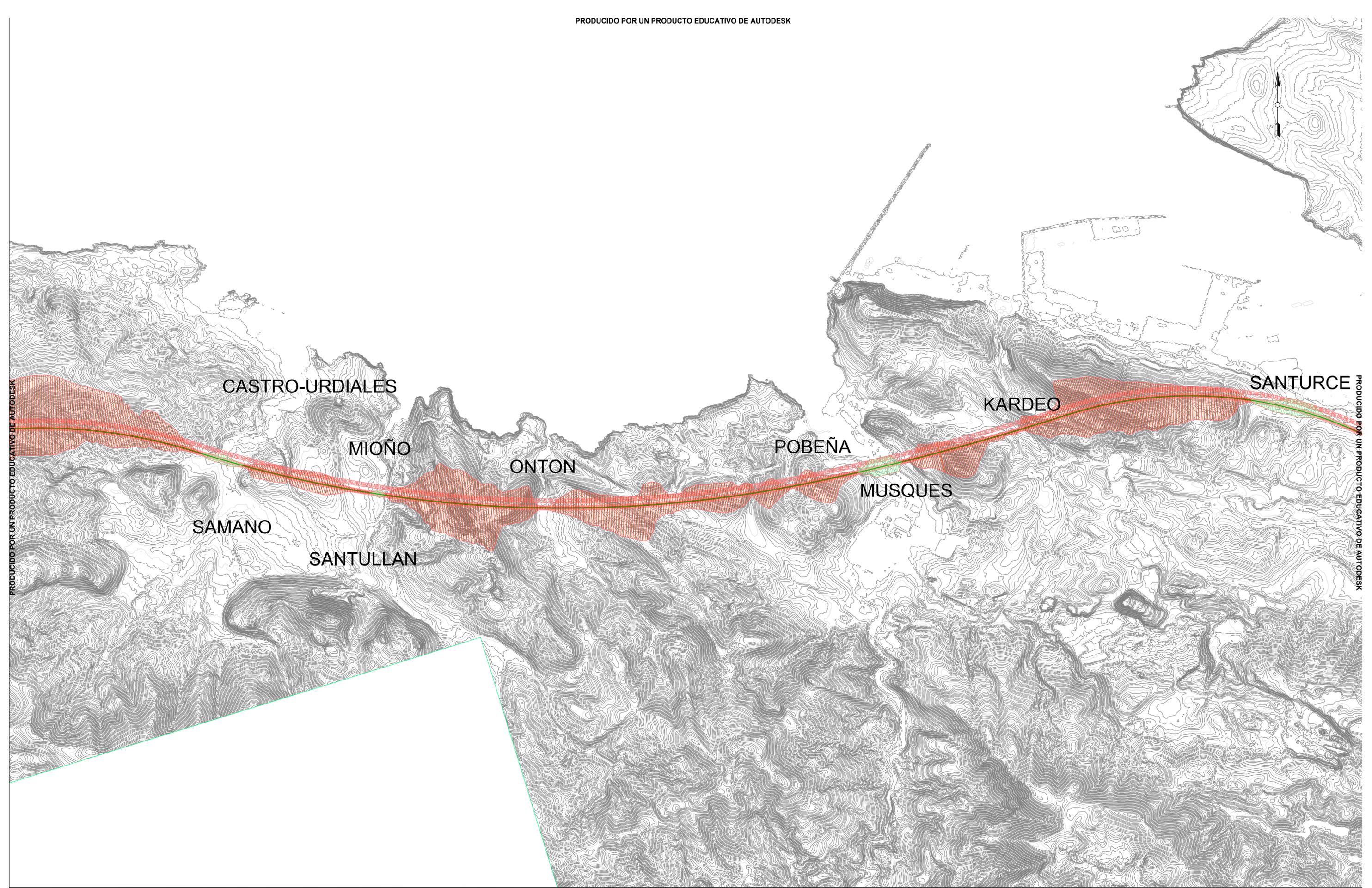
TITULO DEL PLANO
Planta

AUTOR
Alessio Mattiussi

ESCALA
1:50000

FECHA
Septiembre 16

PLANO 8
HOJA 3 DE 5



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

	ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	TIPO	TITULO	TERMINO MUNICIPAL	TITULO DEL PLANO	AUTOR	ESCALA	FECHA	PLANO 9
		Proyecto Basico	Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	Cantabria - Vizcaya	Planta	Alessio Mattiussi	1:50000	Septiembre 16	HOJA 4 DE 5



ALGORTA

GUECHO

SANTURCE

PORTUGALETE

SESTAO

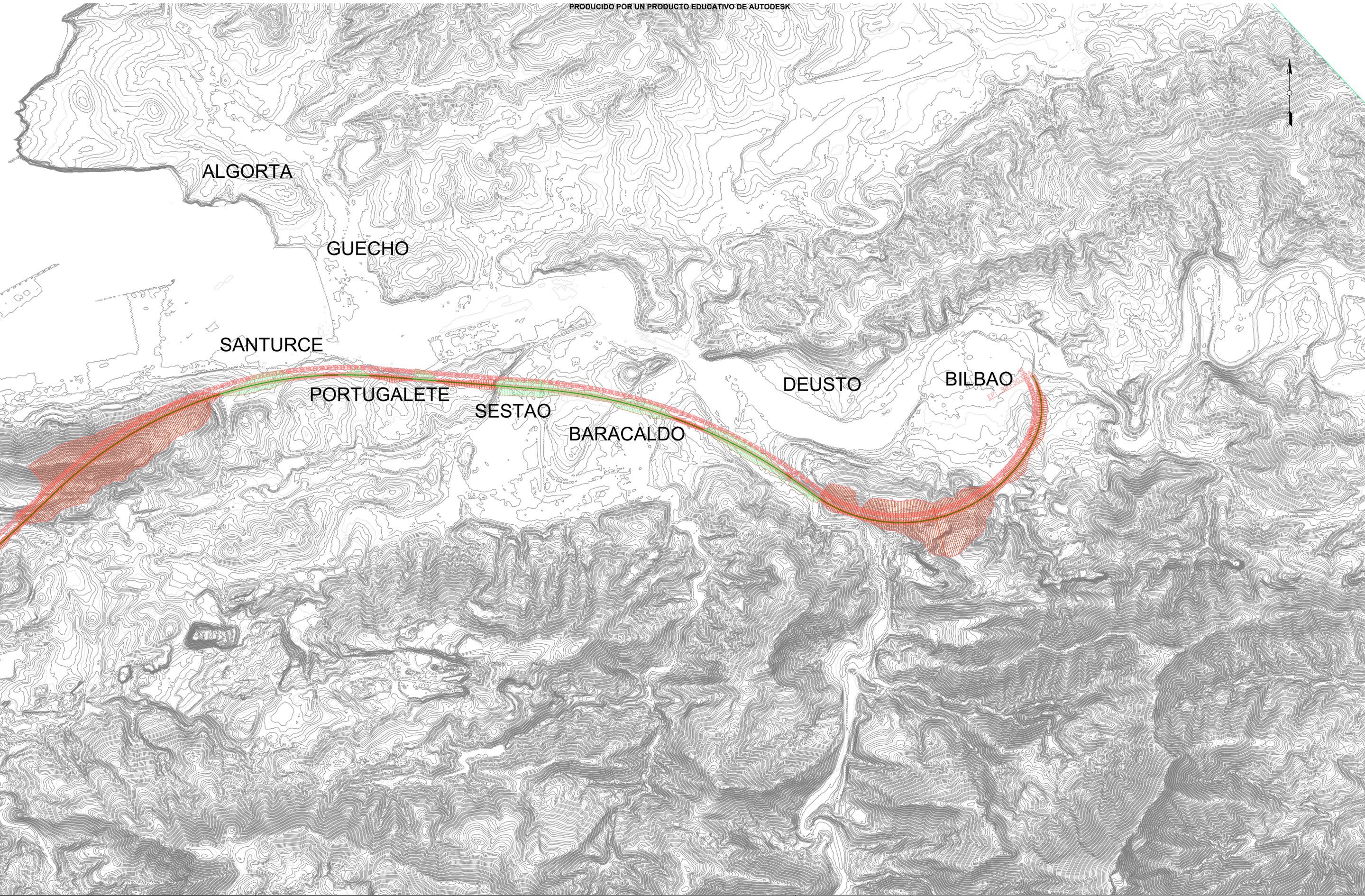
BARACALDO

DEUSTO

BILBAO

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



	ESCUOLA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	TIPO	TITULO	TERMINO MUNICIPAL	TITULO DEL PLANO	AUTOR	ESCALA	FECHA	PLANO 10
	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Proyecto Basico	Linea Alta Velocidad Santander - Bilbao	PROVINCIA Cantabria - Vizcaya	Planta	Alessio Mattiussi	1:50000	Septiembre 16	HOJA 5 DE 5