

Proyecto de construcción del segundo cinturón de Donostia-San Sebastián

Construction project for the second San Sebastian Ring-Road

Luís de los Mozos Villar. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Subdirector de Supervisión de proyectos, obras y normativa técnica. Diputación Foral de Guipúzcoa.
ldelosmozos@gipuzkoa.net

Agustín López Dóriga. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe de Sección. Diputación Foral de Guipúzcoa. *aldoriga@gipuzkoa.net*

Agustín Zugasti Arizmendarrieta. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Técnico. Bidegi. *azugasti@bidegi.net*

Eduardo García de Guinea. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director del Área de Infraestructuras. Prointec, S.A. *egguinea@prointec.es*

Ignacio Prieto Sánchez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe de Proyectos. Prointec, S.A. *ignaciop@prointec.es*

Resumen: El Proyecto de la autopista Segundo Cinturón de Donostia-San Sebastián discurre de forma sensiblemente paralela a la dirección Oeste – Este, circunvalando por el sur la ciudad de Donostia – San Sebastián, mediante un by-pass a la actual autopista A-8. Conecta también en su recorrido con la autovía A-1 en Lasarte y con la Autovía del Urumea, en Astigarraga; con lo que dispondrá de cuatro nudos o enlaces de conexión con la futura red de gran capacidad. El trazado en planta y alzado se ha diseñado para una velocidad de 120 km/h y junto con los 16,7 km del tronco de autopista, se han proyectado otros 22,1 km en ramales de enlace y otros 13,8 km en la reposición de carreteras y caminos. En total se han proyectado 43 estructuras distribuidas en 14 viaductos, 16 pasos superiores, 10 pasos inferiores, 3 falsos túneles y 24 muros de contención. También se han diseñado 3 túneles dobles a ejecutar mediante el Nuevo Método Austriaco.

Palabras Clave: Segundo cinturón, San Sebastian, Construcción

Abstract: The project for the second San Sebastian ring-road, runs in a noticeably west-east direction, passing the south of San Sebastian in the form of a by-pass to the existing A-8 motorway. This ring road will also connect up with the A-1 highway at Lasarte and the Urumea highway at Astigarraga, thereby providing four main intersections with a future high-capacity network. The plan and section arrangement has been designed for speeds of 120 kph and together with the 16.7 km of motorway, a further 22.1 km have been designed for connecting roads and another 13.8 km to replace existing roads. The entire ring-road project includes 14 viaducts, 16 overpasses, 10 underpasses, 3 false tunnels and 24 retaining walls. Three double tunnels have also been designed which will be built by the New Austrian Method.

Keywords: Second Ring-Road, San Sebastian, Construction

La autopista de peaje A-8 se encuentra en la actualidad con un alto volumen de tráfico, sobre todo en los entornos a las grandes ciudades de Bilbao y Donostia-San Sebastián. En particular, la autopista actual A-8, a su paso por San Sebastián, presenta problemas de congestión diaria, que hace necesaria la actuación en ella con el fin de aumentar su capacidad, por ello, en la actualidad, se encuentra en fase de construcción la ampliación de un carril adicional en la A-8. Esta ampliación de un carril, aunque permite aumentar significativamente la capacidad de la autopista, no resulta suficiente en la zona correspondiente a la circunvalación a San Sebastián, ya

que ahí recoge el tráfico procedente de la autovía A-1. En previsión del aumento de la congestión en la actual circunvalación de San Sebastián, la Diputación Foral de Gipuzkoa puso en marcha hace años una serie de estudios y proyectos "iniciales" en los que se determinaron las necesidades de la red viaria del entorno del área metropolitana de San Sebastián (Donostialdea). Estos estudios dieron paso a la realización de un Estudio Previo y de un Anteproyecto sometido a una primera Información Pública en el año 1999, y con el resultado de la Consulta ciudadana se procedió a la redacción del proyecto de trazado desarrollado durante el año 2001 por la empresa



Fig. 1. Mapa de situación.

consultora PROINTEC, S.A., sometiéndose dicho proyecto a una nueva Información Pública y a Declaración de Impacto Ambiental.

Resuelta la Información Pública, BIDEGI, la reciente sociedad Foral creada por la Diputación Foral de Guipuzkoa para el desarrollo, construcción y gestión de las autopistas, ha sido la encargada de dirigir el definitivo proyecto de construcción, cuya redacción ha corrido a cargo también de la empresa PROINTEC, teniendo en cuenta todos los condicionantes tanto técnicos como sociales y ambientales que a lo largo del proceso de consultas han ido apareciendo.

Este ambicioso proyecto trata de dar solución a los innumerables problemas existentes en el tramo de estudio. El conjunto del proyecto se ha dividido en dos tramos, realizándose para cada uno un proyecto de construcción independiente. El primer tramo discurre entre el inicio de la actuación en Aritzeta y el enlace del Urumea, y el segundo discurre entre el este último enlace y la autopista A-8 en Erretería. En proyecto independiente se han definido las instalaciones de los túneles y el Vial Sur del nuevo planeamiento de Erretería, este último según los convenios adoptados entre la Diputación Foral y el Ayuntamiento.

El trazado de la nueva autopista discurrirá de forma sensiblemente paralela a la dirección Oeste – Este, circunvalando por el sur la ciudad de Donostia – San Sebastián (ver figura 1).

En sus dos extremos conecta con la autopista A-8, la denominada autopista Bilbao – Behobia, a la que a su vez podría decirse que hace de by-pass. Conecta así mismo con la autovía A-1 en Lasarte y con la Autovía del Urumea, en Astigarraga; por lo que se puede decir que dispone de cuatro nudos o enlaces de conexión con la futura red de gran capacidad, de la que, por otra parte, formará parte fundamental.

Este entramado de vías de alta capacidad pretende dar respuesta a la elevada intensidad de tráfico existente en la actualidad en el entorno de Donostia, desviando hacia la nueva infraestructura; y por tanto, alejando de la ciudad, el tráfico de paso que no tiene ni origen ni destino en ella.

La longitud total del tramo es de 16,7 km, y en su desarrollo discurre por una complicada orografía atravesando los incomparables parajes de los términos municipales de Usurbil, Lasarte, Donostia – San Sebastián, Hernani, Astigarraga, Erretería y Oiartzun.

De Oeste a Este, el trazado comienza en la A-8 a la altura del área de servicio de Aritzeta donde conecta mediante enlace direccional Bilbao-Irún, y termina también en la A-8 a la altura de Erretería donde se ha diseñado un complejo enlace completo (ver figura 2).

Estos enlaces con la actual A-8 se han diseñado mediante confluencias y bifurcaciones con lo que se consigue un notable aumento de la capacidad de los mismos. Junto con los 16,7 km del tronco de autopista, se han pro



Fig. 2. Enlace de conexión con la A-8 en Errenteria.

yectado otros 22,1 km en ramales de enlace y otros 13,8 km en la reposición de carreteras y caminos.

Consideraciones ambientales

La consideración de la variable ambiental en el diseño del trazado del Segundo Cinturón, ha sido una premisa básica, desde su génesis inicial, hasta la propuesta final desarrollada por el Proyecto de Construcción convirtiéndose en un camino irrenunciable para los equipos técnicos que han participado en la redacción de los trabajos.

Con base en la normativa sectorial vigente, la actuación considerada fue sometida al procedimiento de evaluación de impacto ambiental, asociada a la redacción del proyecto de trazado y exponiéndose al proceso de información pública durante los primeros meses del año 2003.

La declaración de impacto ambiental, fue publicada en el Boletín Oficial de Guipuzkoa N° 177, de fecha 14 de septiembre, de 2004 por el Departamento para el Desa-

rollo Sostenible de la Diputación Foral, órgano sustantivo competente.

Durante la redacción del proyecto de construcción, se han abordado numerosos trabajos de índole ambiental que, de una parte garantizan el cumplimiento de las condiciones establecidas en la declaración y de otra aumentan la integración de la obra proyectada en el territorio. Entre las más significativas, destacan:

- La sustitución de un terraplén por un viaducto en la vaguada localizada al sur del Polígono Industrial de "Errekalde", minimizando la afección sobre formaciones de robleal y vegetación de ribera, con el análisis específico para la ubicación de pilas y estribos.
- La implantación de un falso túnel, en el paraje de "Larraburu", que minimiza la incidencia visual de la obra y facilita, oportunamente adaptado, la permeabilidad faunística.
- Para minimizar el potencial efecto de la obra sobre los recursos hídricos subterráneos y en especial en el entorno de ubicación de una futura área de servicio, se ha realizado un completo estudio hidrogeológico para establecer los mecanismos y magnitudes en los procesos de carga y descarga. Tras éste, se han planteado una serie de medidas de carácter protector, asociadas tanto a la fase de obras como a la de explotación. Han destacado propuestas específicas que conducen las aguas de escorrentía de la plataforma y zonas anexas a depósitos estancos que pueden almacenar aguas de lavado de las calzadas y sustancias tóxicas, derivadas de accidentes durante la fase de explotación. Estas propuestas persiguen el mantenimiento de los procesos de recarga y asegurar la no afección a la calidad de los recursos subterráneos en las zonas catalogadas con mayor vulnerabilidad.
- Se ha establecido una propuesta específica para la gestión de residuos inertes, excedentes de obra, que

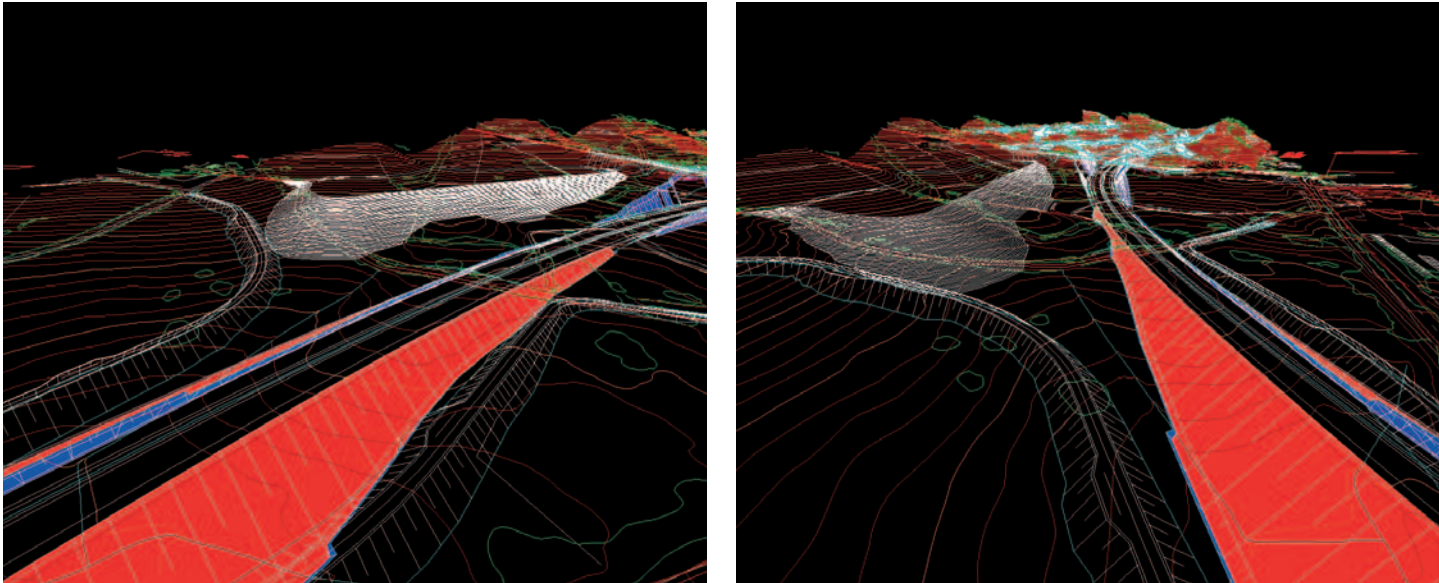


Fig. 3. Modelización básica de vertedero.

ha supuesto la definición de distintos enclaves para vertedero. En la selección de éstos, han primado criterios de recuperación de áreas degradadas existentes en el ámbito del proyecto o terrenos naturales carentes de méritos ambientales, como una adecuada conexión con los diferentes tajos generadores de materiales.

En algún caso los vertederos planteados se han diseñado y modelizado con morfologías preliminarmente concebidas, al objeto de adecuarlos a futuros usos previstos en la zona (ver figura 3).

- Se ha realizado una caracterización de la totalidad de rellenos antrópicos presentes a lo largo del trazado, al objeto de evaluar la presencia de suelos potencialmente contaminados. Los trabajos se han basado en numerosos recorridos de campo, recopilación documental, realización de calicatas y sondeos mecánicos, la tipificación de los potenciales entornos contaminados y la definición de las medidas de resultar precisas para su inertización.

- Para el conjunto del itinerario, se han realizado los oportunos modelos de simulación acústica, determinando áreas sensibles que superan los umbrales establecidos en la Directiva 2002/49/CE y elaborando los correspondientes mapas de ruidos. Resultado de estos trabajos ha sido la propuesta de numerosas pantallas acústicas en enclaves específicos y con tipologías constructivas variadas.

Es especialmente destacable en este punto, el análisis acústico realizado en puntos concretos del trazado donde la obra corretea con otras vías de alta capacidad, es el caso del núcleo de Lasarte (conexión con la A-1) y el núcleo de Errentería (conexión con la A-8).

En éstos se han evaluado los efectos sinérgicos de la obra proyectada con las vías existentes, modelizándose los escenarios acústicos esperados mediante el modelo de previsión de niveles sonoros CADNA-A V.3.5., el cuál implementa el método de cálculo NMPB-Routes-96 conforme a la norma francesa XPS 31-433, y es capaz de dar cumplimiento completo a todos los requerimientos de la Directiva 2002/49/CE y de la Ley 37/2003 del Ruido.

De la aplicación de dicho programa acústico se obtienen los mapas de ruido, tanto horizontales como verticales (en fachadas de edificios) de los ámbitos mencionados (figuras 4 y 5).

Este conjunto de tareas de integración, junto con las habituales de restauración, han incrementado de forma notable los efectos negativos de la obra en el entorno. En su diseño y aplicación se ha contado con el apoyo y experiencia técnica tanto del equipo promotor, como de los profesionales adscritos al Departamento de Desarrollo Sostenible de la Diputación Foral de Guipuzkoa, con los que se han mantenido frecuentes reuniones de trabajo.

Cartografía y topografía

Para la redacción de los proyectos de trazado y construcción se han realizado dos vuelos fotogramétricos en color a escala 1:4.000, estos vuelos una vez apoyados sirvieron de base para la restitución de la cartografía base a escala 1:1000. Como en cualquier otro proyecto se completaron los trabajos topográficos con la realización de la poligonal básica, implantación de 65 bases de re-

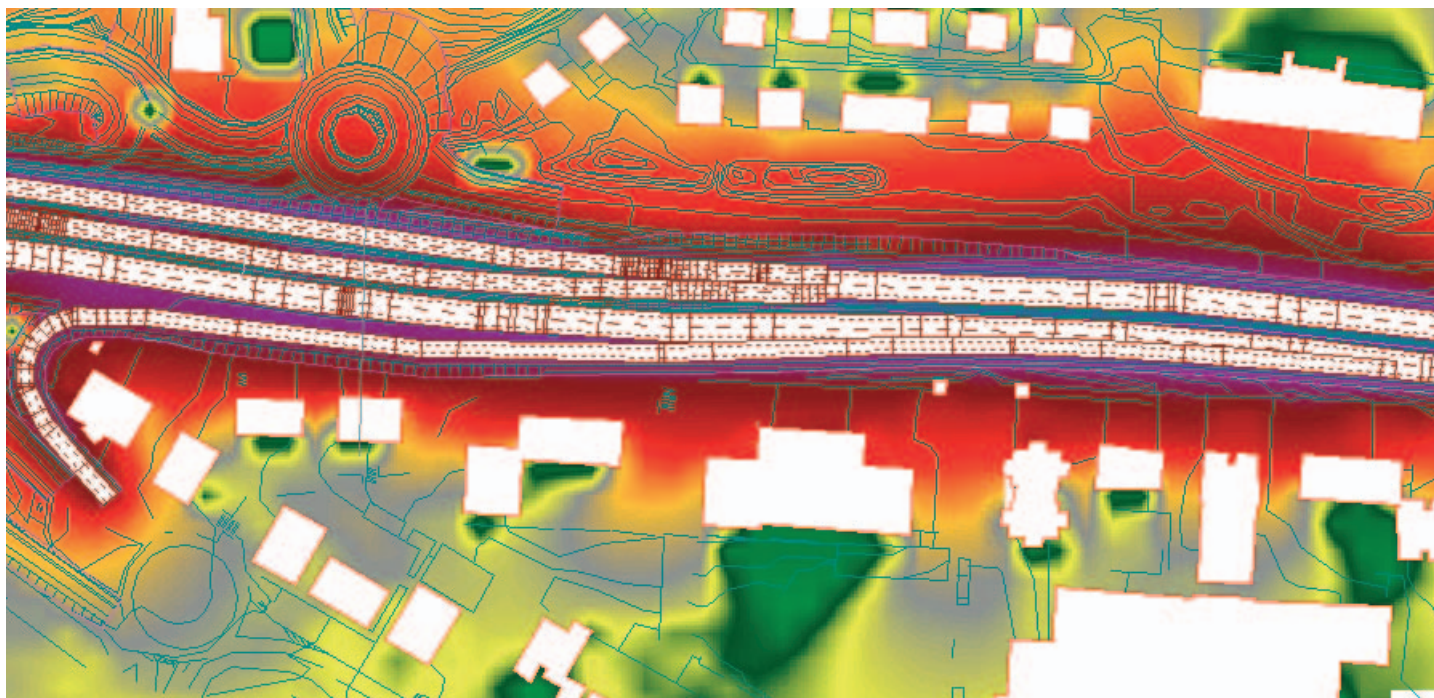


Fig. 4. Mapa de ruido horizontal en el entorno del Enlace de Lasarte.

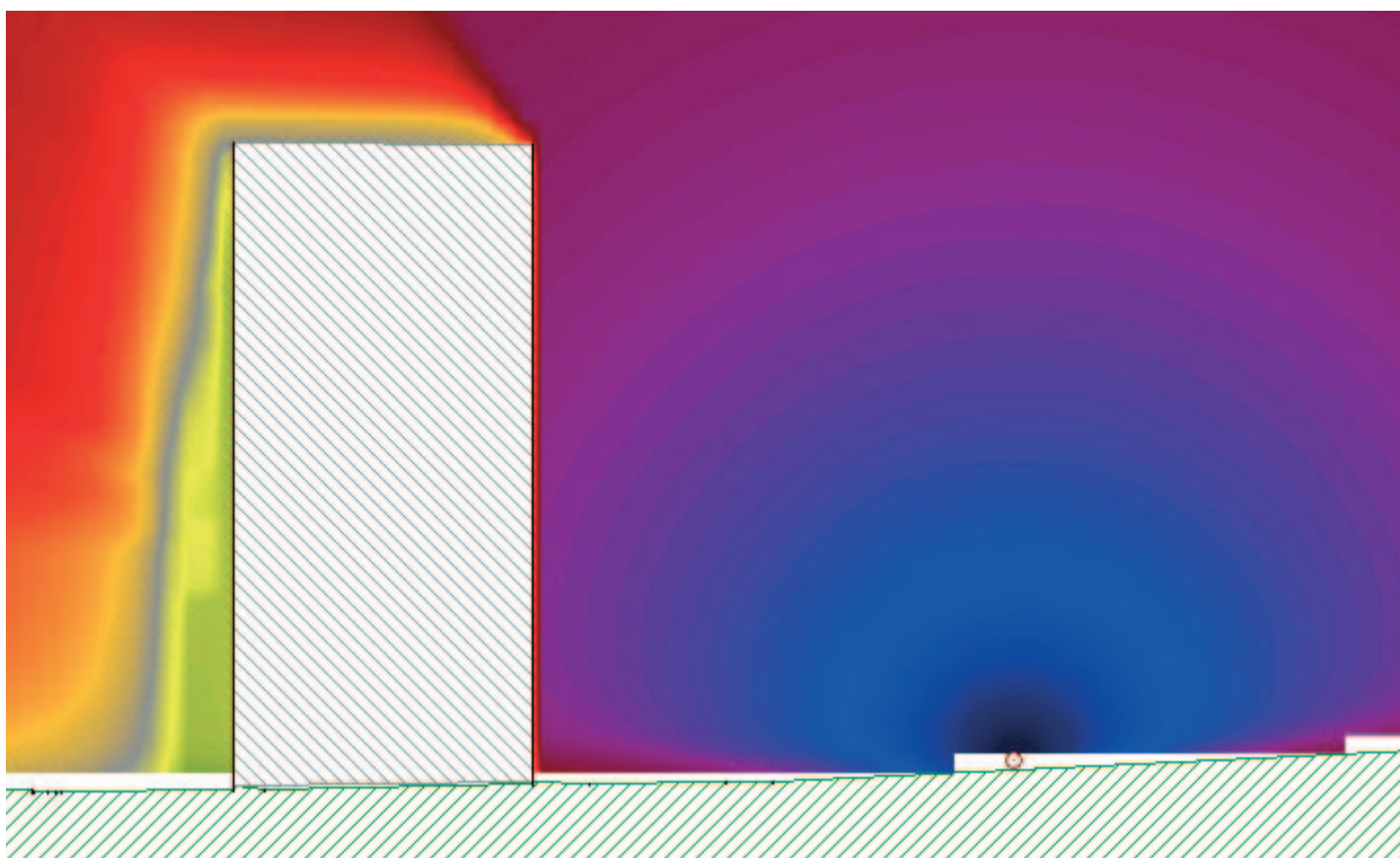


Fig. 5. Mapa de ruido vertical (en fachada de edificios) en edificaciones del Enlace de Lasarte.

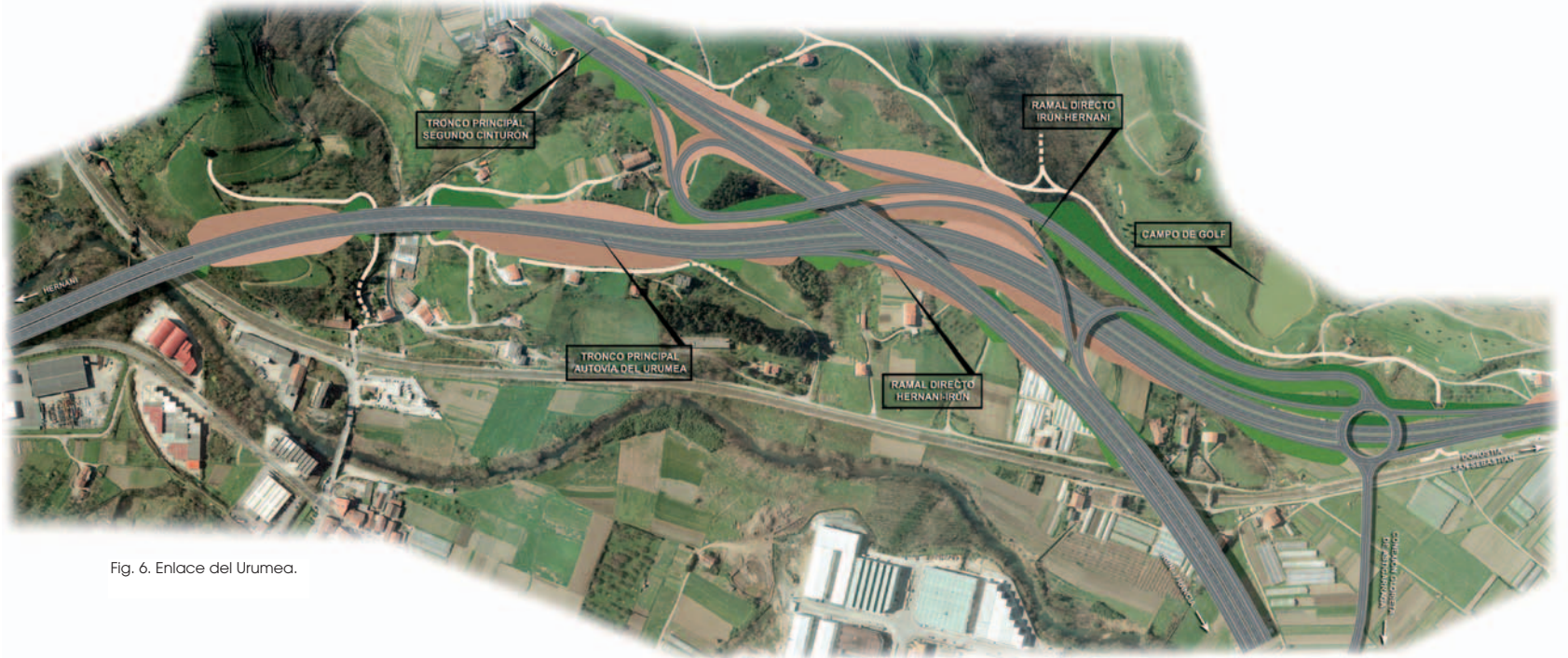


Fig. 6. Enlace del Urumea.

planteo, el replanteo de los ejes y toma de perfiles transversales del terreno y la realización de los taquimétricos de detalle a escalas 1:500 y 1:200 para el diseño de la implantación de las estructuras, los túneles, los muros y las diversas obras de drenaje.

Velocidad de proyecto, trazado y enlaces

A pesar de los numerosos condicionantes existentes en la zona de proyecto que cuenta con innumerables puntos de paso obligado, el trazado en planta y alzado alcanzado resulta muy ambicioso, ya que se consigue, a lo largo de todo el tramo, una velocidad de proyecto de 120 km/h., frente al diseño de la actual A-8 que fue concebido para una velocidad de 80 km/h. Para ello, el diseño ha sido ajustado milimétricamente para poder sortear los condicionantes existentes y minimizar el impacto medioambiental.

Entre los puntos más conflictivos, de mayor dificultad o de obligado paso a la hora del encaje del trazado se pueden citar los siguientes:

- Alineaciones en túnel de Aritzeta con consideraciones sobre deslumbramientos solares por su disposición Este-Oeste.
- Secuencia de radios y curvas de acuerdos correspondientes entre el túnel de Aritzeta y el cruce de la N-I en Lasarte. Las limitaciones de longitudes de los di-

ferentes elementos de trazado marcados por la instrucción 3.1.1.C. y las dificultades de pasar sobre las estructuras y calzadas existentes, afectando lo menos posible a edificaciones y servicios hicieron de este tramo uno de los de mayor dificultad a la hora de su diseño.

- Minimización de afección al entorno de Chillida Leku incluidas las masas arbóreas situadas frente a él.
- Compatibilización con otras infraestructuras proyectadas, ejecutadas o en Planeamiento. A destacar en este punto la variante Norte de Hernani, Variante de la GI-131 (autovía del Urumea, ver figura 6), proyectos o actuaciones ferroviarias en entorno del Urumea y en Errenteria, variante de Astigarraga y viario del Planeamiento Municipal de Errenteria.
- Minimización de afección a edificaciones de márgenes izquierda y derecha del río Urumea y del entorno del túnel de Menditxo.
- Consideraciones geotécnicas para el emplazamiento de los viaductos, de los túneles y sus boquillas, en especial las de Menditxo y Perurena (ver figuras 7 y 8).
- Minimización de la afección a edificaciones y explotaciones agrarias o industriales del entorno de Errenteria

Con estos condicionantes junto con la necesidad de no apartarse sensiblemente del pasillo definido en el anteproyecto del Segundo Cinturón de Donostia-San Sebastián de fecha Junio del 1996 se ha diseñado el traza-

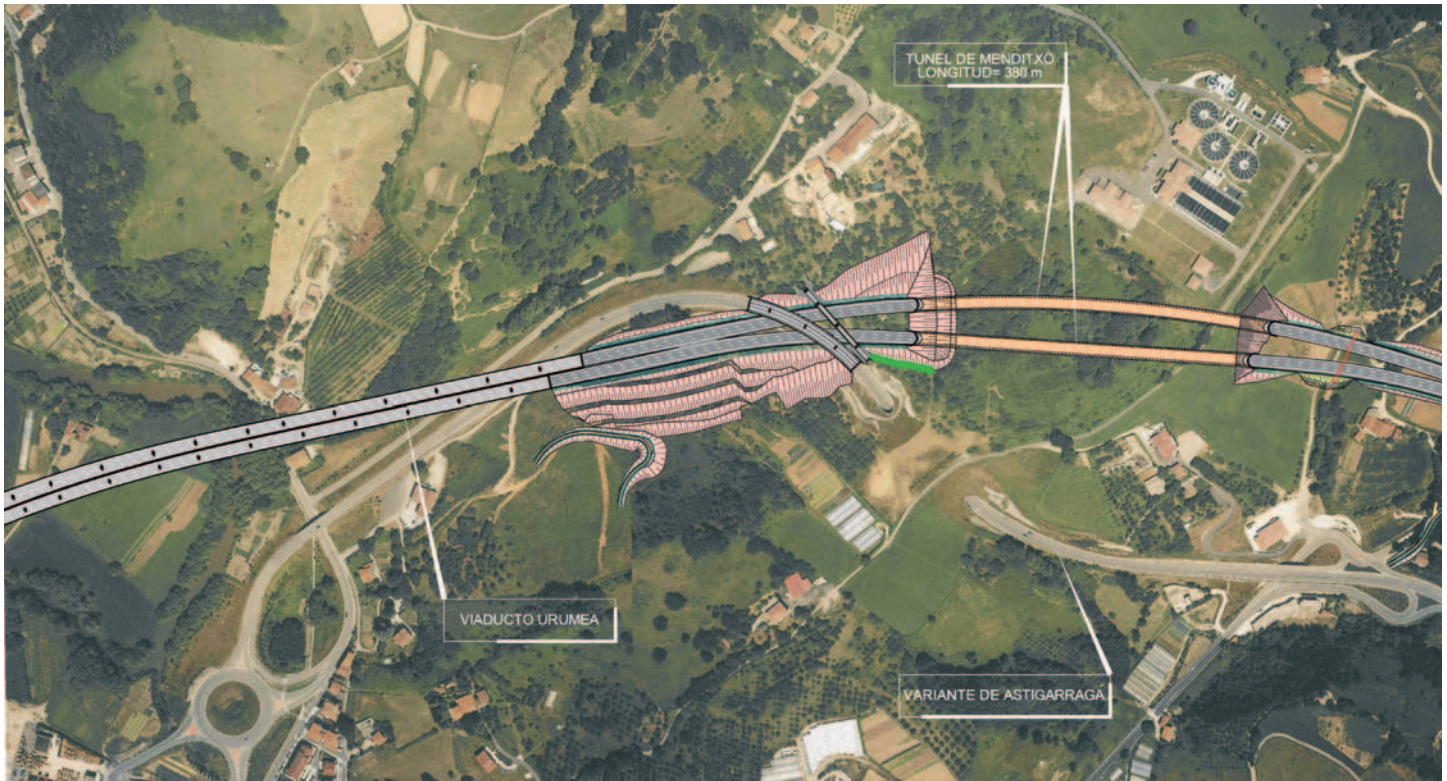


Fig. 7. Túnel de Menditxo.



Fig. 8. Túnel de Perurena. Boquillas.

Tabla 1

PLANTA				ALZADO			
				Inclinación		Parám. de acuerdo vertical	
R max.	R min.	A max.	A min.	Max.	Min.	Kv max.	Kv min.
RECTA	270,28	530,00	149,19	5,55	0,50	36.500	4.350

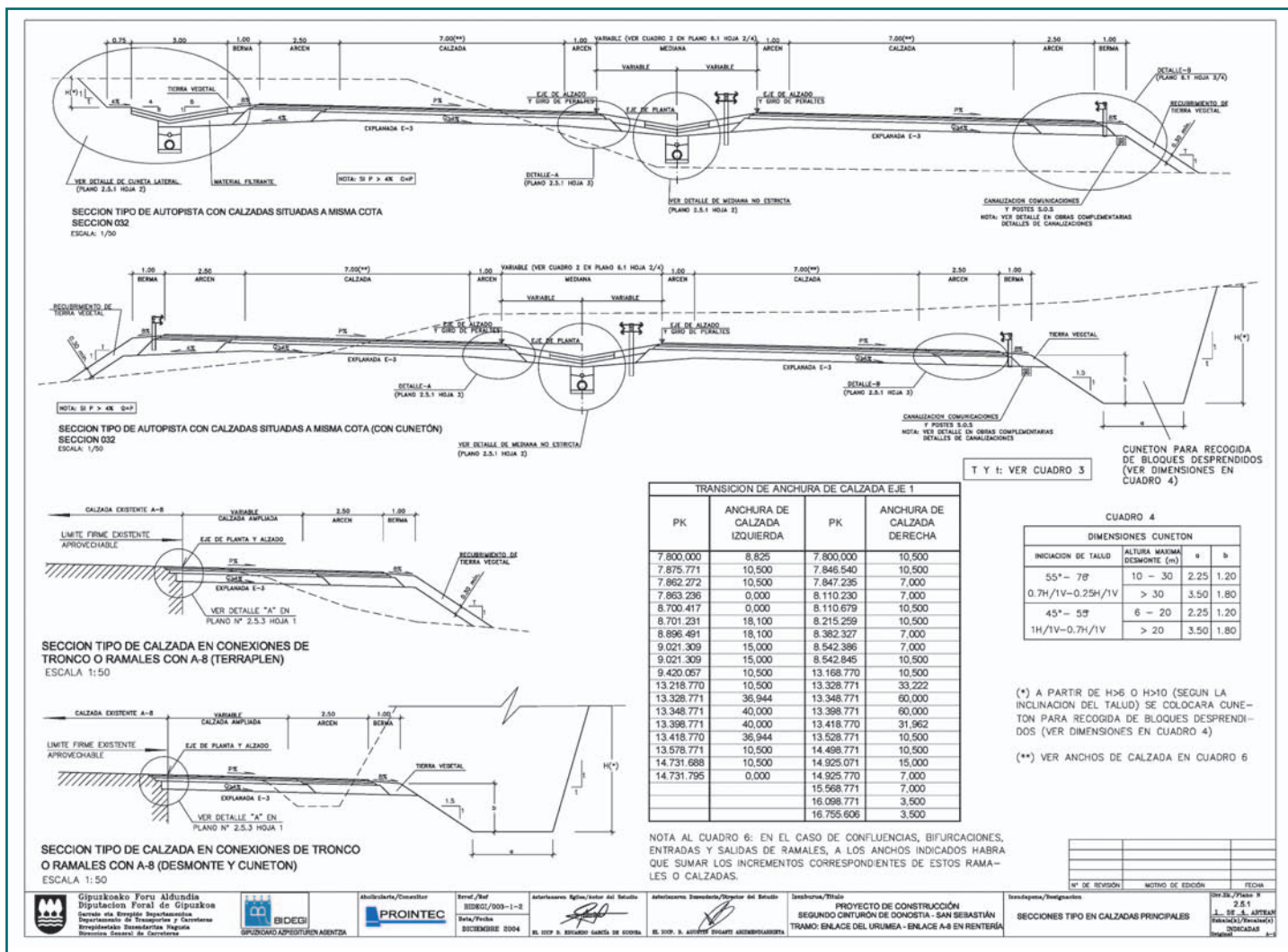
do cuyos parámetros geométricos extremos se relacionan en la tabla 1.

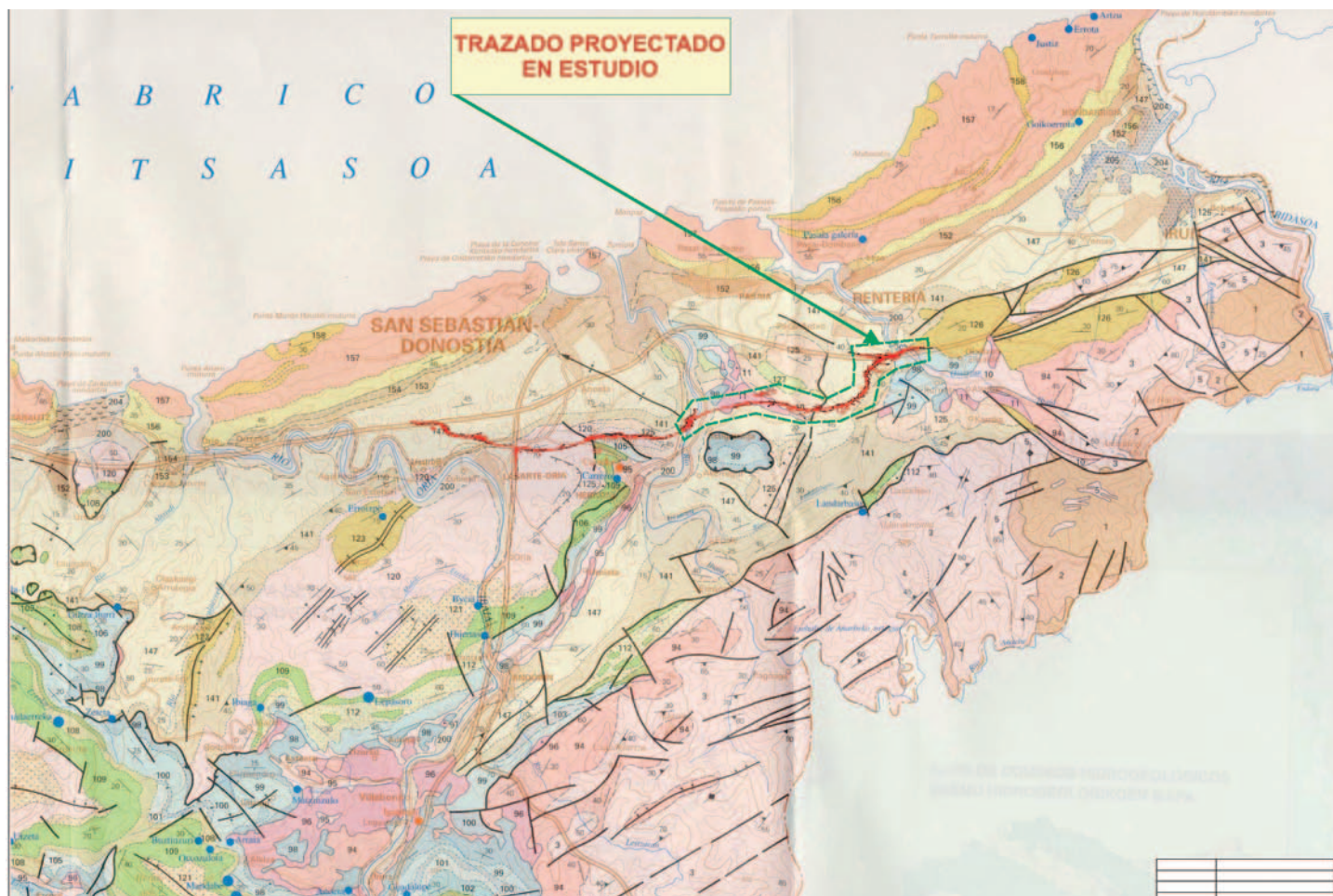
La sección tipo de estas calzadas está compuesta por dos o tres carriles de 3,50 m cada uno con arcenes exteriores de 2,50 m e interiores de 1,00 m (ver figura 9). La mediana es variable con un ancho mínimo de 4,00 m, medidos entre líneas blancas de calzada, y llegando a los 41.93 m de semimediana en el túnel de Perurena. Las bermas exteriores tienen 1.00 m de anchura suficiente para incluir las barreras de seguridad necesarias y su previsible deforma-

ción en caso de impacto. Las cunetas laterales son de seguridad con talud 6/1 junto a la calzada para situación en desmontes menores de 6.00 m. Para desmontes con alturas superiores y para prevenir el desprendimiento de rocas se proyectan cunetones con dimensiones base /altura comprendidas entre 2.25/1.20 y 3.50/1.80.

En lo referente a los enlaces, el segundo cinturón plantea a lo largo de los 16,7 km un total de cuatro enlaces. Tanto el enlace inicial (la conexión con la A-8 en Aritzeta) como el enlace con la N-I en Lasarte, son direccionales; esto

Fig. 9. Sección tipo calzadas principales.





es, permiten acceder al Segundo Cinturón desde las calzadas existentes en una sola dirección, hacia el este. Esto se debe a la lógica inexistencia de demanda que pretenda acceder desde el este a Donostia por el Segundo Cinturón a través de la A-8, en Aritzeta, cuando previamente lo podría haber hecho desde la propia A-8 en Errenteria ó a través de la Autovía del Urumea, en Astigarraga. Lo mismo ocurre con el acceso en dirección este desde la N-I en Lasarte, pues existe la posibilidad de realizarlo a través del actual By Pass entre ésta y la A-8.

Los enlaces con la Autovía del Urumea y con la A-8 en el este del corredor, disponen, en cambio, de todos los movimientos.

Aspectos geológico-geotécnicos

Desde el punto de vista de la geología regional, la zona objeto de este estudio se sitúa dentro de la Cuenca Vasco - Cantábrica, y más concretamente en la zona denominada como Rama Oriental del Arco Vasco o cobertera Mesozoica del Macizo de Cinco Villas.

Fig. 10. Hidrogeología de la zona.

Litológicamente el macizo rocoso está constituido por materiales detríticos y carbonatados con edades comprendidas entre el Triásico y el Cretácico, afectados por diversas fases de plegamiento de la Orogenia Alpina que complican notablemente su disposición estructural, aunque su configuración actual se debe a movimientos de edad terciaria. Adicionalmente aparecen una sucesión de materiales volcánicos intercalados en la serie sedimentaria.

La estructura general de la región está marcada por una clara directriz tectónica principal NW-SE, y otra secundaria de orientación NE-SW. Estas directrices tectónicas tienen su origen en las etapas de deformación de la Orogenia Hercínica, reactivándose en el Cretácico, durante la apertura del Golfo de Vizcaya.

En cuanto a la geomorfología, el trazado discurre por un paraje de lomas y pequeños montes, limitado al norte por la existencia de una elevada cadena costera. A lo largo del trazado se atraviesan numerosos arroyos afluentes de los ríos Urumea y Oiartzun, los cuales a su vez se cruzarán en su parte central y final del trazado, respectivamente.

Debido a la intensa pluviosidad de la región, y a la existencia de frecuentes monteras de alteración, es co-

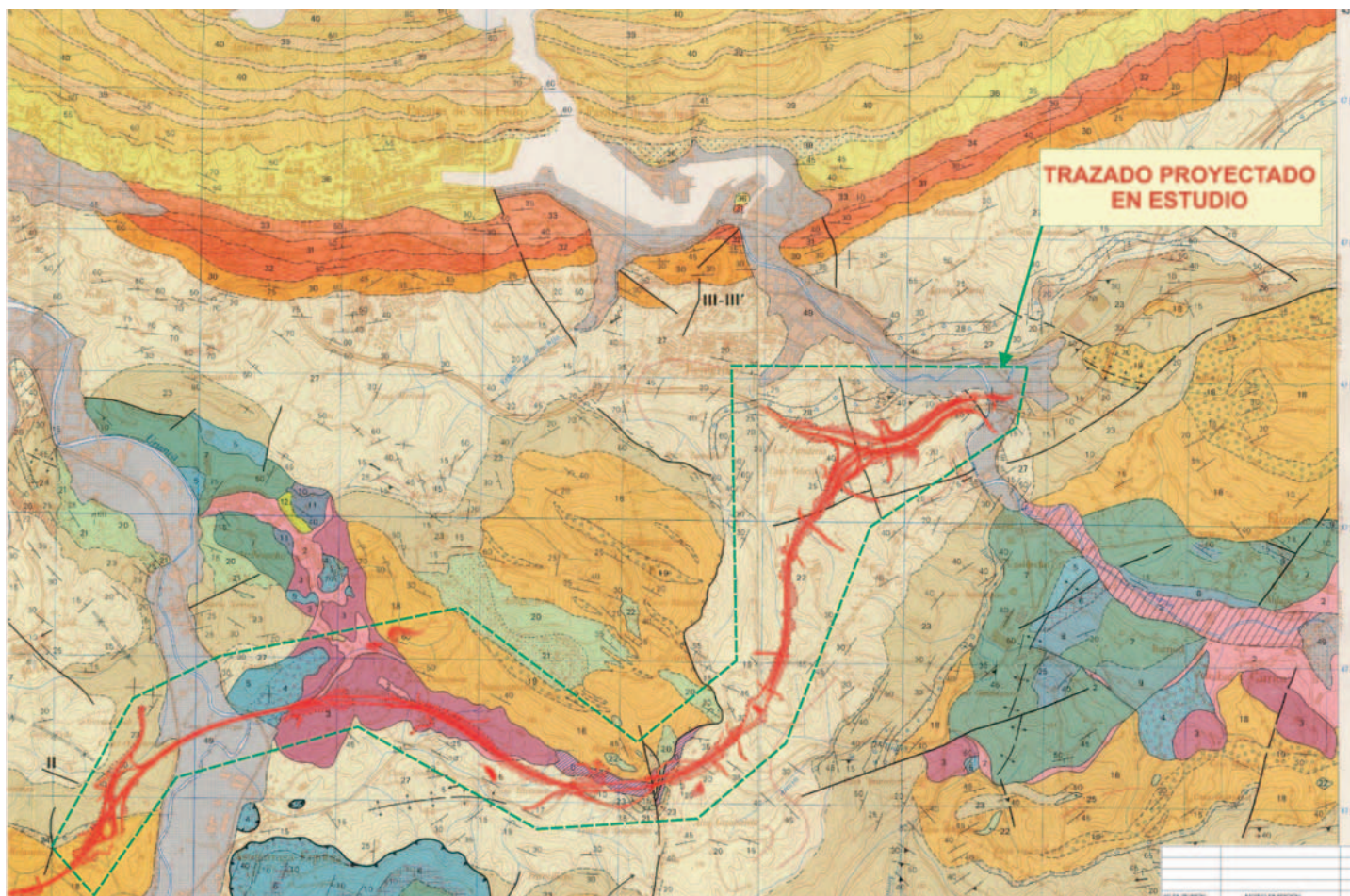


Fig. 11.
Geología
tramo 2.

mún observar procesos de inestabilidad en las laderas, que se manifiestan mediante la aparición de algunos deslizamientos, tanto antiguos como recientes, de espesores muy variables, que oscilan entre uno o dos metros y superiores a 10 metros.

Dentro de los estudios para la caracterización del corredor y determinación de los parámetros básicos de diseño de la nueva autopista, se encuentra el estudio geológico-geotécnico que ha determinado entre otras el aprovechamiento de los materiales existentes en la traza, la búsqueda de préstamos y vertederos, las condiciones de estabilidad de los taludes proyectados (lo que redundará tanto en el movimiento de tierras como en la ocupación final de terrenos), la necesidad o no de sistemas de sostenimiento de dichos taludes, las condiciones de cimentación tanto de los terraplenes como de las estructuras, las posibilidades de excavabilidad de los túneles y la situación óptima de sus boquillas, las condiciones de cimentación de las estructuras, los materiales empleados en las obras de fábrica, etc..

Para determinar con exactitud estas características geotécnicas se ha efectuado una extensa campaña a

base mayoritariamente de sondeos con extracción de muestras inalteradas, sondeos geofísicos, penetrómetros, perfiles sísmicos y calicatas junto con sus preceptivos ensayos de laboratorio, que ha requerido, por su elevado volumen, un gran esfuerzo en trabajos de campo, tanto en equipos humanos como en medios auxiliares.

La campaña de investigación geotécnica de campo realizada finalmente ha consistido en la realización de 165 sondeos mecánicos con una longitud total superior a los 4000 m, 202 calicatas de reconocimiento, 119 penetrómetros dinámicos, 40 perfiles sísmicos de refracción y 40 presiómetros.

Drenaje

Los principales cauces atravesados por el Segundo Cinturón de Donostia-San Sebastián son el río Urumea, cuya vega se cruza mediante un viaducto de más de 1 km de longitud, y el río Oiartzun, que es atravesado por los ramales de conexión con la autopista A-8, mediante viaductos de similares características a los existentes en la actual autopista.

El resto del trazado del Segundo Cinturón de San Sebastián se caracteriza por atravesar una zona de orografía abrupta, en la que se cruza un gran número de cauces que corresponden con cabeceras de cuenca, por lo que, en general, se trata de torrentes que si bien no transportan caudales significativos, siempre inferiores a 7 m³/s para la avenida centenaria, éstos se caracterizan por las fuertes pendientes de sus cauces y por las altas velocidades que alcanza el agua en los mismos.

El sistema de drenaje diseñado para la autopista de circunvalación ha tenido como objetivo, por un lado, respetar la red de drenaje actual de los terrenos atravesados, evitando en la mayor medida posible, cualquier trasvase de cuenca o concentración de caudales. Esto ha supuesto el diseño de más de medio centenar de obras de drenaje transversales, que para una carretera de unos dieciséis kilómetros aproximadamente supone un paso para el agua cada 300 m.

Por otro lado se ha puesto especial atención en controlar la energía del agua, ya que, como se ha comentado anteriormente, se trata de cauces con fuertes pendientes y por tanto con un gran poder erosivo de las aguas que transportan. En el diseño de las obras de drenaje transversal se ha buscado una geometría caracterizada por anchos importantes frente a calados pequeños, con el objetivo de aumentar la superficie de rozamiento y reducir las velocidades a un límite superior de 6 m/s. Tanto a la entrada como a la salida de las obras de drenaje transversal se ha dispuesto un sistema de disipación de energía formado por un escollero, con el objeto de evitar descalces de las obras originados por procesos erosivos.

En ocasiones ha sido necesario proyectar el conducto de la obra de drenaje transversal a media ladera del cauce existente, por resultar excesiva la pendiente del cauce en el lugar de cruce con la carretera. En estos casos se ha planteado la necesidad de conducir el caudal del torrente a través de la lima-hoya, resultante entre el pie de terraplén y ladera del valle, controlando la velocidad del agua y garantizando su correcta restitución al cauce del torrente. Para ello se ha diseñado un tipo de bajantes escalonados formados por una sucesión de cuencos amortiguadores, con la misión de disipar la energía del agua y garantizar el flujo controlado de la misma (ver figura 12).

Estructuras del tramo

El proyecto del segundo cinturón cuenta con una gran cantidad de estructuras, cada una con una problemática diferente y por tanto, todas tienen un diseño distinto adecuado a sus peculiaridades y necesidades. Para su optimización se ha realizado un detallado estudio de ubicación, implantación y de tipologías que ha determi-



Fig. 12. Bajante escalonado tipo.

nado para cada una la tipología más aconsejable desde los puntos de vista funcional, económico, estético y medioambiental. En el diseño de las estructuras se ha tenido especial atención a la accesibilidad a la zona de pilas y estribos, proyectando para ello los diferentes accesos de obra. En total se han proyectado 43 estructuras distribuidas en 14 viaductos, 16 pasos superiores, 10 pasos inferiores, 3 falsos túneles y 24 muros de contención. Algunas de estas estructuras son de gran envergadura, debido a las singulares que resulta preciso salvar. Entre éstas y a título de ejemplo podemos destacar cuatro estructuras en orden de su posición a lo largo del trazado.

La primera de ellas, el viaducto de Lasarte, situada en el p.k 3+200, se diseña para poder salvar, en el entorno periurbano de Lasarte, un enjambre de infraestructuras existentes formadas por la carretera N-634, la autovía A-1, el by-pass de la A-1 a la A-8 los viales urbanos de Lasarte y la línea de ferrocarril. Por tanto la disposición de vanos y pilas se encuentra totalmente condicionada por las vías de tráfico inferiores, con lo que se obtiene un viaducto de unos 428 m. formado por 10 vanos con luces máximas de 70 m.

La gran cantidad de obstáculos a salvar ha condicionado la configuración del viaducto proyectado en sus aspectos fundamentales: posición de pilas, magnitud de las luces de los vanos y constitución de un tablero cuya construcción sea compatible con la existencia del tráfico que debe discurrir por su parte inferior.

La limitación del espacio disponible ha determinado la obligada posición de las pilas y en algunos casos, ha precisado disponer un tipo de cimentación especial, mediante micropilotes, a fin de no causar interferencias ni descalzar las zapatas del viaducto existente. En la figura



Fig. 13. Zona de ubicación de una pila en viaducto de Lasarte.

13 se muestra la posición de una de las pilas del futuro viaducto, en el espacio comprendido entre los bordes exteriores de dos tableros muy próximos entre sí.

Una consecuencia del establecimiento de las pilas en los escasos espacios disponibles ha sido la gran variabilidad de luces, desde 30 a 70 metros; en este último caso debido a la necesidad de salvar dos calzadas de la Autovía N-1 y evitar interferencias con un túnel de ferrocarril, situado por debajo del viaducto proyectado (ver figura 14).

Se ha previsto disponer un tablero constituido por estructura mixta, formada por un cajón metálico y una losa



Fig. 14. Línea ff.cc. bajo viaducto de Lasarte.

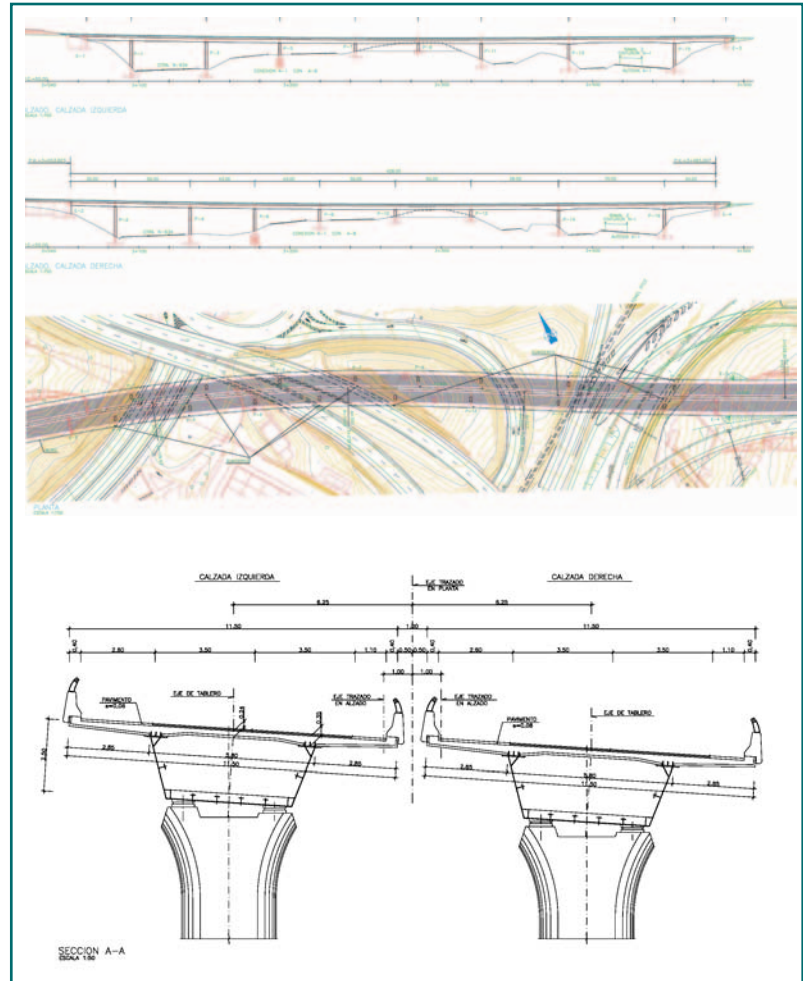


Fig. 15. Viaducto de Lasarte.

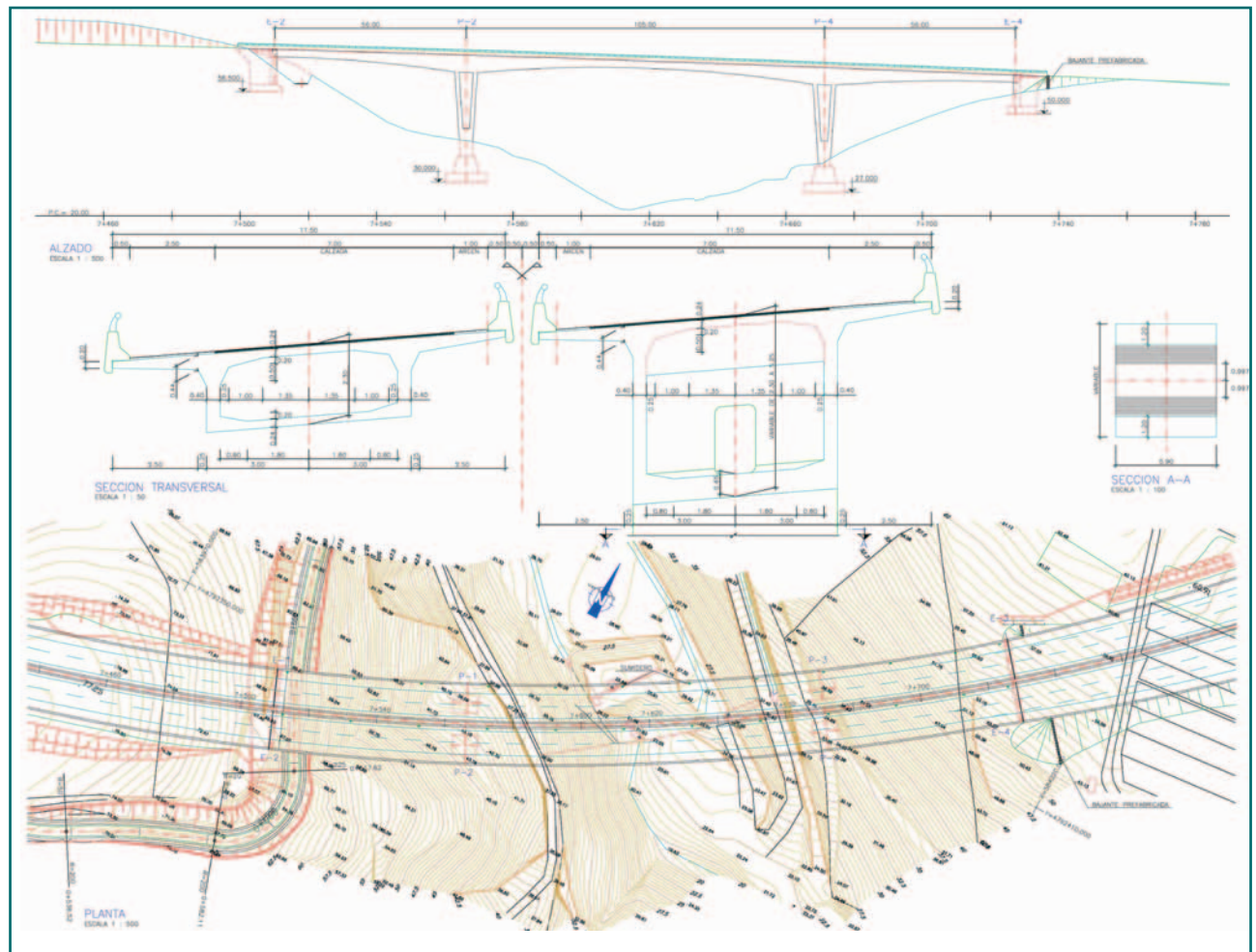
superior de hormigón armado, cuyo sistema constructivo está apropiado para causar mínimas interferencias con el tráfico inferior. La construcción del tablero se ha previsto mediante montaje con grúa del cajón metálico y prelosas de hormigón, sin necesidad de recurrir a ningún tipo de apeo provisional.

El tablero se desarrolla mediante un esquema de viga continua de canto constante de 2,50 m en la mayor parte del viaducto, salvo en la zona de pilas próximas al vano de 70 m, donde aumenta hasta 3,50 m. En la figura 15 se muestra el plano general del viaducto.

Las pilas están formadas por un fuste macizo, con alturas comprendidas entre 7 y 23 metros. En cabeza, las pilas se abren transversalmente para recoger el tablero. Los estribos son cerrados con aletas en vuelta para contener las tierras y su cimentación es directa.

La segunda estructura destacable es la correspondiente al viaducto de Ergobia (ver figura 16), situado en el p.k. 7+600 y se dispone para permitir el cruce sobre una vaguada en las proximidades del vertedero de Ergobia, este cruce se efectúa con una altura máxima

Fig. 16. Viaducto de Ergobia.



sobre el fondo de la vaguada de unos 45 metros, teniendo ésta un perfil en V, ligeramente acusado. Este un viaducto de 217m de longitud esta formado por tres vanos de 56, 105 y 56 m respectivamente y la tipología finalmente diseñada ha sido la de cajón "in situ" mediante avance en voladizo. El tablero, de hormigón pretensado, tiene una sección cajón monocelular, con canto variable parabólicamente entre 5,25 metros en eje de pilas y 2,30 metros en centro del vano central y en los últimos 4,50 metros de los vanos laterales. El ancho del cajón es de 5,90 metros, con dos cartelas de 0,30 metros y 0,50 metros de espesor y voladizos laterales de 2,50 metros con canto variable linealmente entre 0,44 y 0,20 metros.

El tercer viaducto de dimensiones poco habituales es el correspondiente al viaducto del Urumea (ver figura 17), situado en el p.k. 9+200 y se desarrolla en una longitud aproximada de 1000 m sobre la vega del río Urumea, la línea de ff.cc. Madrid -Irún, la futura estación del ferrocarril de alta velocidad, el paso del río Urumea, la variante de Astigarraga y la nueva variante de la GI-131. Además

de todas estas incidencias se ha previsto salvar el nuevo encauzamiento del río Urumea que aún se encuentra en proyecto.

La solución adoptada consiste en una estructura de dos calzadas con solución en viga continua acartelada en zonas de pilas. La calzada izquierda se desarrolla en 21 vanos con luces máximas de 55 m resultando una longitud de 1024 m. La calzada derecha se encuentra formada por 20 vanos con luces máximas también de 55 m y su longitud asciende a 997 m. La anchura de las calzadas no es constante ya que si bien la calzada derecha es de anchura constante de 10,5 m con tres carriles, la calzada izquierda es de ancho variable ya que se encuentra afectada por el ramal de salida del enlace del Urumea. A sí pues en la calzada derecha se pueden encontrar tres secciones diferentes de 14 m, transición de 14 a 21,60 y finalmente de 21,60 m. La sección transversal es una losa aligerada de 1,80 metros de canto con cartelas en zona de pilas que varían desde un canto de 1,95 metros en el inicio de las cartelas hasta los 2,60 metros en entronque de pilas. Las pilas dis-

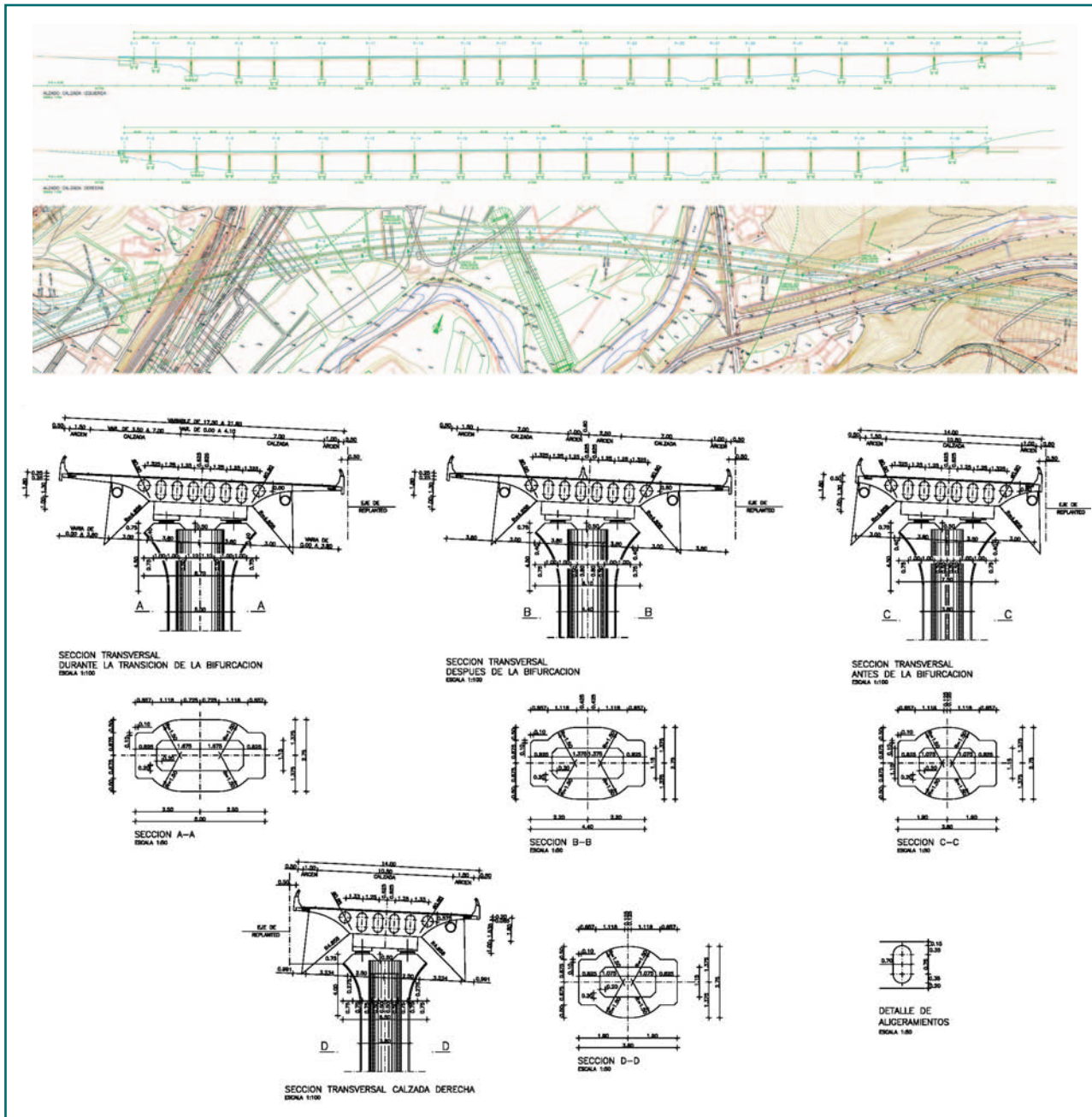


Fig. 17. Viaducto del Urumea.

puestas se basan en pilas prismáticas de sección rectangular de lados mayores coincidentes con la dirección transversal de la estructura, a la que se adosan en ámbas caras transversales dos bloques formados, cada uno, por porciones cilíndricas de generatrices paralelas al eje de la pila y de 1,50 metros de radio unidas por un plano tangente a ambas. En toda esta zona de la vega del río resulta necesario disponer, en pilas y estribos, de cimentación profunda mediante pilotes de 2 metros de diámetro variables en longitud, número y separación en función de las características de cada pila.

La cuarta estructura de especiales características es la correspondiente al ramal Irún -2º cinturón (oeste), que se encuentra al final del tramo, formando parte de las estructuras del enlace de Errentería (ver figura 18). La principal problemática de esta estructura es el cruce por encima de la autovía Bilbao-Behobia (A-8), que pasa de manera muy esviada por debajo de la misma, y con un gálibo estricto. Este gran esviaje, unido al ancho de la plataforma de la A-8 y a su trazado en planta, genera una luz libre a salvar del orden de los 110 metros. Por otro lado se pretende construir la estructura con nula o mínima afec-



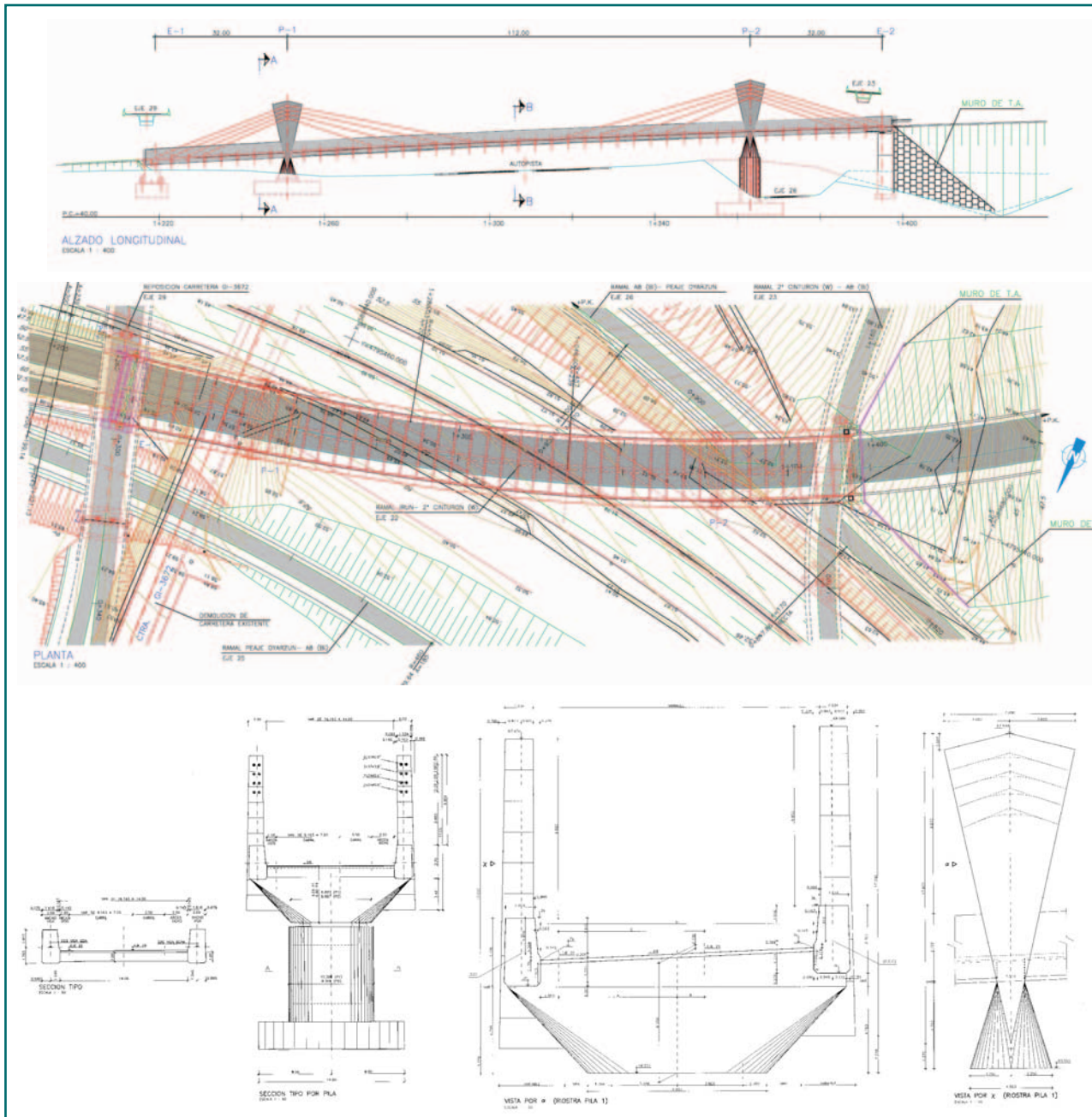


Fig. 18. Viaducto del ramal Irún-Donostia (Extradosado).

ción al fuerte tráfico de la autopista A-8. Como último condicionante cabe destacar que, para cuando se construya esta estructura, estará ya ejecutada la reposición de la carretera GI-3672, que discurre prácticamente por encima del estribo 1 de la misma.

Con todos estos condicionantes, la solución final adoptada consiste en una estructura de hormigón pretensado, con pretensado extradosal, de tres vanos con luces de 32-112-32 metros y canto constante.

El tablero se compone de dos vigas longitudinales laterales de hormigón pretensado de 2,00 metros de ancho

en su fibra inferior y 3,70 metros de canto, a todo lo largo de la estructura. Debido a la fuerte limitación de gálibo vertical sobre la autopista, se ha optado por conseguir canto a base de dar 2,30 metros de altura por encima de la rasante, bajando las vigas 1,40 metros bajo la misma. El paramento interior a la calzada se remata con la forma del perfil New Jersey típico de las barreras rígidas de contención de vehículos. La separación transversal entre ejes de vigas es variable, de 16,080 a 18,189 metros.

La longitud de las vigas es variable, resultante de la disposición de las mismas en planta, siendo de 183,04 me-

Tabla 2

TÚNELES

Nombre	n° de carriles	Longitud túnel de mina	Longitud Túnel artificial	Longitud total	Ancho	Cobertura Máx.	Gálbo Min.	Sección Tipo
Túnel de Aritzeta P.K. 2+000	2	271,00	28,00	299,00	12,00	40,00	5,50	0,75+1,00+7+2,50+0,75
Túnel de Menditxo P.K. 10+300	3	302,00	58,00	360,00	14,00	60,00	5,50	0,75+1+10,5+2,5+0,75
Túnel de Perurena P.K. 12+200	3	411,00	99,00	510,00	14,00	50,00	5,50	0,75+1+10,5+2,5+0,75

tras la viga derecha, y de 179,80 la izquierda, resultante de sumar a la distancia entre ejes de estribos, dos entregas de 2,30 metros, en las que se dispondrán los anclajes verticales a los cuerpos de los estribos.

Para formar el tablero se disponen unos nervios transversales pretensados cada 4,00 metros, en vientre de pez, de canto variable linealmente de 0,60 a 1,00 metros y un espesor de 0,40 metros. Sobre éstos, se hormigona una losa de 20 cm de canto ayudándonos de unas prelosas de hormigón armado colaborantes de 6 cm de espesor. Esta losa es continua en toda la estructura.

Los nervios coincidentes con los ejes de estribos se disponen de canto constante de 1,00 metro y ancho de 1,50 metros en estribos.

El tablero se atiranta mediante 4 familias de pares de cables de pretensado de tecnología convencional desde dos pilonos empotrados a las vigas longitudinales. Los cables disponen de anclajes activos a ambos lados de cada pilono, y pasan a través de desviadores de acero por lo alto de las pilas.

Los pilonos tienen forma de triángulo invertido con espesor variable y una ligera pendiente hacia el exterior del tablero, prolongándose bajo las vigas longitudinales y maclándose dentro de las riostras del tablero, que tienen una protección en planta que varía mediante cuatro cuartos de cono desde una sección rectangular y ancho 1,519 metros hasta una sección rectangular de 4,50 metros de ancho rematada por sendos semicírculos de 2,50 metros de radio.

Túneles

Se ha comentado en el apartado anterior que el 2º cinturón contempla la ejecución de tres falsos túneles de 60, 160 y 200 metros respectivamente. Todos estos falsos túneles se han dispuesto con tipología abovedada y contrabóveda. Además de estos falsos túneles se han diseñado, a lo largo del trazado, tres túneles dobles con las características que se describen en la tabla 2.

El túnel de Aritzeta se encuentra situado aproximadamente en el PK 2+000, y tiene una longitud en cada tubo de casi 300, donde 271 se ejecutan en mina, con una cobertura máxima de 43 m. Atraviesa materiales pertenecientes fundamentalmente a la formación Portuetxe, formada por areniscas, calizas arenosas y margas de calidad bastante homogénea. Los condicionantes constructivos más importantes son la presencia de agua subterránea en la boca Oeste, de materiales flojos en la boca Este, así como de la estructura monoclinial hacia el NNO que penaliza el lado derecho del trazado en cuanto a su estabilidad frente a la excavación. La sección proyectada es geoméricamente igual en ambos tubos, con un área libre de 91,52 m², compuesta por un radio interior de 6,50 metros en la zona de bóveda y 6,96 m en la zona de hastiales. Esta sección permite albergar una calzada de 7 metros de anchura, con arcén interior de 1 metro y exterior de 2,50 metros, además de sendas aceras elevadas de 0,75 metros de ancho a cada lado de la plataforma.

El túnel de Menditxo tiene 363,82 m de longitud total en su tubo izquierdo y 344,18 m en su tubo derecho, y se encuentra situado en el p.k. 10+300. Atravesará materiales pertenecientes fundamentalmente a las formaciones Portuetxe (calizas arenosas y margas) y Añarbe (ofitas, en distinto grado de meteorización). Como condicionante constructivo más importante, puede destacarse la presencia de importantes espesores de materiales flojos en ambas bocas (arcillas del Keuper, fallas en la boca Oeste y ofitas muy meteorizadas en la boca Este), lo que obligará a plantear la ejecución de sendas pantallas verticales de protección de los taludes frontales de emboquille de los túneles.

Otro de los factores a tener en cuenta en la ejecución del túnel es la proximidad de la potabilizadora de Añarbe al trazado del tubo izquierdo del túnel en su zona más oriental, lo que requerirá la realización de un estudio de vibraciones durante la ejecución de la obra con el objetivo de limitar las vibraciones producidas por las voladuras de la excavación del túnel sobre los depósitos y edificios de la potabilizadora.

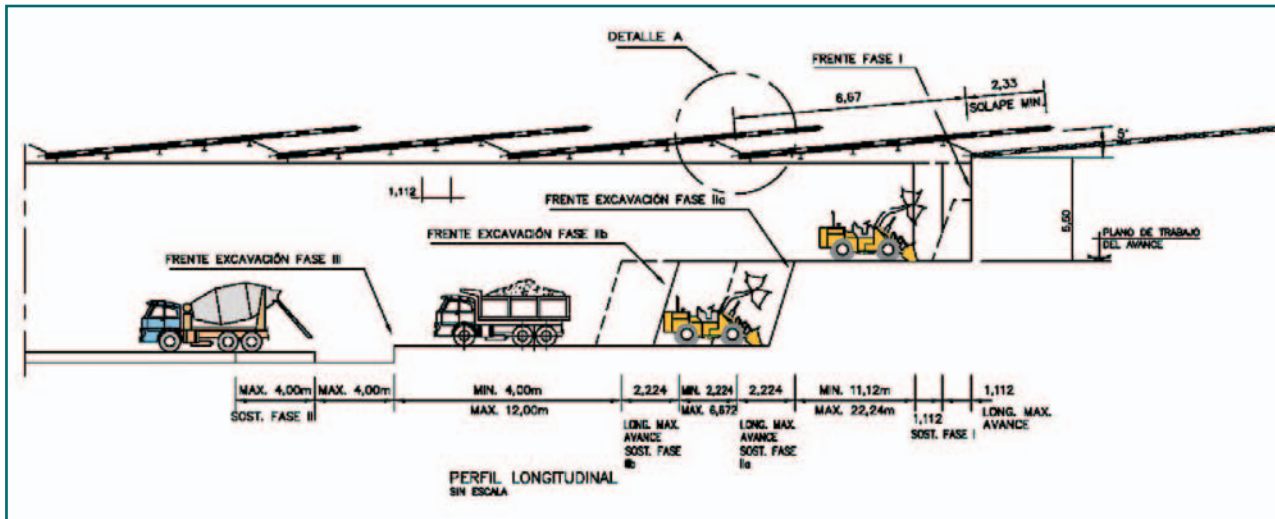


Fig. 19. Sistema de excavación de los túneles.

El túnel de Perurena presenta 401,62 m de longitud en su tubo derecho y 395,70 m en su tubo izquierdo y está situado en el p.k. 12+300.

En este caso, los materiales atravesados serán, fundamentalmente, calizas y margocalizas de las formaciones Portuetxe y Perurena.

La singularidad más importante de este túnel es la de atravesar la falla de Txoritoquieta a la altura del P.K. 12+370 y la presencia de espesores importantes de materiales clasificados como brecha tectónica en los taludes frontales de ambas bocas.

Por otro lado es de destacar la asimetría del talud frontal de la boca Oeste del túnel debido a la oblicuidad del trazado con respecto a las curvas de nivel del macizo en esa zona que origina un desmonte de altura considerablemente mayor sobre el tubo izquierdo del túnel.

El túnel de Perurena, se diseña con una sección transversal de geometría curva en bóveda y hastiales, con un radio de 9,144 m en su zona de bóveda y de 6,854 m en sus hastiales. La construcción geométrica realizada permite albergar en su interior los preceptivos tres carriles de 3,50 m de anchura cada uno de ellos, más sendos arcones de 1,50 m (lado exterior) y 1,00 m (lado interior). Asimismo se proyectan sendas aceras montables a ambos lados de la sección de 0,75 metros.

La sección interior así construida tiene un área libre de 117,20 m² en el tubo izquierdo y de 116,85 m² en el caso del tubo derecho.

Debido a que la longitud de este túnel es superior a los 400 metros se ha proyectado la construcción de una galería de conexión entre los dos tubos del túnel a la mitad de su desarrollo. La galería prevista corresponde puramente a una galería de comunicación con el gálbo necesario para el paso de peatones. Pese a que su uso fundamental es el paso de personas en caso de emer-

gencia, su geometría permite el tránsito de vehículos de emergencia con gálbo de furgoneta.

En ambas bocas del túnel se prevé la restitución de las laderas en lo posible hasta cubrir al menos la parte inferior, más inclinada, de los taludes frontales de excavación, mediante la construcción de sendos túneles artificiales en cada uno de los tubos y de rellenos de tierras sobre ellos que, con inclinación definitiva 3H:2V, posibilitarán la revegetación posterior de estas zonas.

Todos los túneles, presentan una longitud pequeña atravesando mayoritariamente materiales de naturaleza competente con calidad geomecánica de roca buena y que deberá abordar probablemente el paso de algunas zonas de debilidad, el método general de excavación más adecuado es el de perforación y voladura, con la ayuda local de martillo picador y de pala excavadora en los tramos más próximos a los emboquilles.

La construcción de los túneles se proyectan empleando el Nuevo Método Austríaco de construcción de túneles (NATM). De acuerdo con este sistema, la ejecución de la excavación deberá ir seguida, inmediatamente, por la construcción de un sostenimiento flexible. En función de la calidad de los materiales atravesados, se han definido diferentes secciones tipo de sostenimiento para cada uno de los túneles.

Para la impermeabilización de los túneles se ha dispuesto un geotextil drenante, de 500 g/m² de peso, colocado en todo el perímetro de la sección sobre la capa de hormigón de revestimiento y una lámina de PVC impermeable de 2 mm de espesor colocada adosada al geotextil por su lado interior y que conducirá las aguas de infiltración hasta un dren lateral colocado al pie de cada hastial que las recogerá y las canalizará periódicamente hasta el sistema de drenaje del túnel.



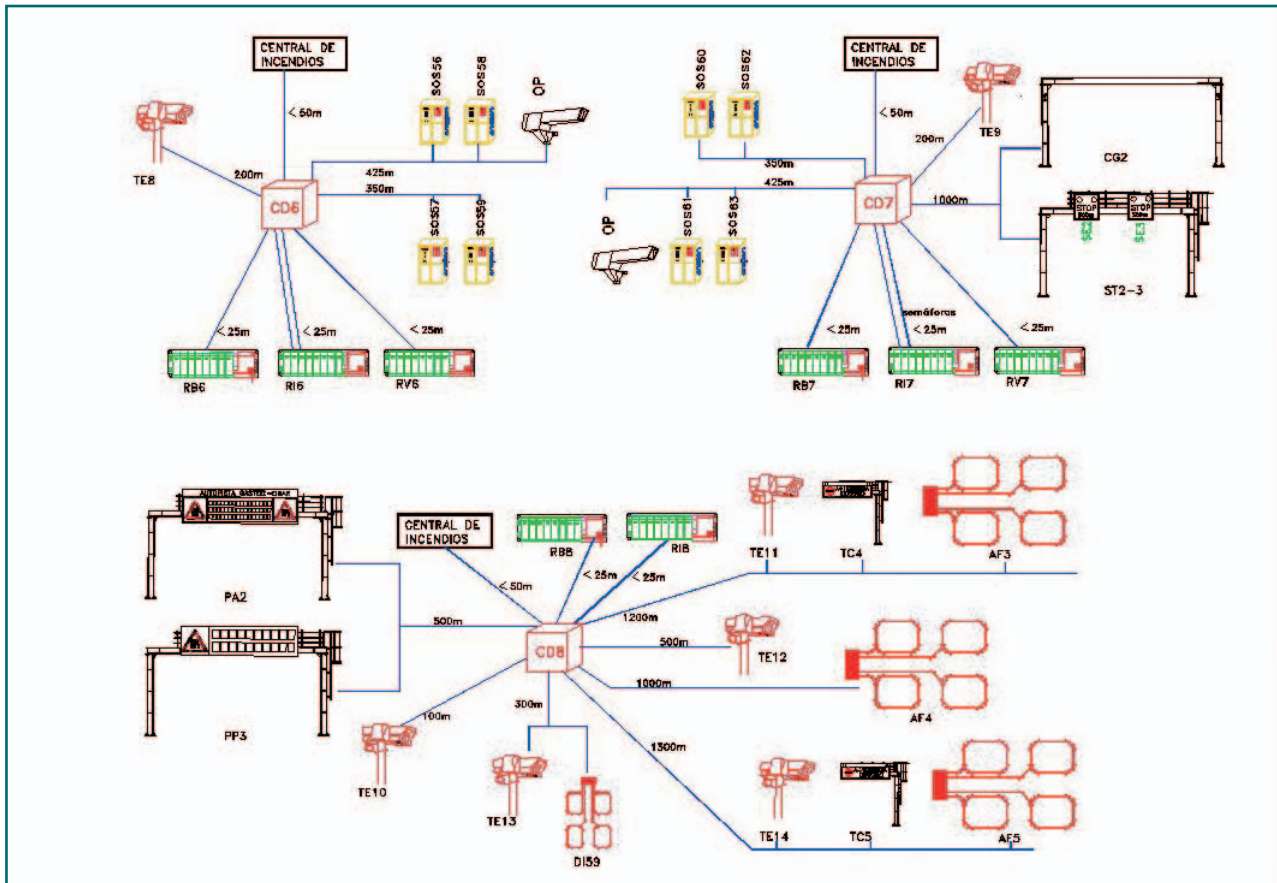


Fig. 20. Sistemas de control y seguridad.

En los túneles se ha proyectado un sistema separativo que conduce, por un lado, las aguas procedentes de la filtración del terreno, y por otro, los posibles vertidos que puedan producirse en la calzada. Para la evacuación de las aguas de filtraciones y del firme se han dispuesto sendas conducciones longitudinales debajo de los dos arce-nes, tanto exterior como interior que descargan en ar-quetas situadas a espacios de unos cincuenta metros. Para la recogida de vertidos de productos sobre la cal-zada se ha dispuesto un caz-sumidero en bordillo en el lado que recoge la pendiente del peralte. Este caz longitudi-nal descarga a unas arquetas sifónicas situadas a interva-los de cincuenta metros. Para evacuar los vertidos desde las arquetas sifónicas, estas se descargan en un tubo de 400mm. que se dispone longitudinalmente. Al final del tú-nel estos vertidos son conducidos a una balsa de reten-ción para su recogida y confinamiento hasta que los ser-vicios de mantenimiento procedan a su recogida

En todos los túneles se ha previsto una auscultación in-terior y exterior para controlar y seguir los movimientos del terreno y las deformaciones de los tubos excavados a lo largo de la construcción y, parcialmente, en la explotación.

Con respecto a la resistencia al fuego de la estructu-ra. Se ha optado por tomar un fuego de diseño de 15

MW (una furgoneta) y una hora de duración. El resultado es que el espesor de sacrificio para elementos en trac-ción es de 8 cm, mientras que en el caso de los elemen-tos comprimidos el espesor de sacrificio es de 3 cm.

Todos los túneles se han dotado con los sistemas más modernos de control y seguridad compatibles con los sis-temas de control de túneles dispuestos en la nueva auto-pista Vitoria/Gasteiz - Eibar.

Servicios afectados

Debido a que el trazado del segundo cinturón discurre próximo a núcleos de población importantes, así co-mo la gran existencia de caseríos existentes uno de los im-portantes apartados dentro del proyecto ha sido la reposi-ción de los servicios afectados. A parte de las líneas eléc-tricas, telefónicas, telégrafos, gas, abastecimiento y saneamiento locales, existe una reposición de elevada importancia consistente en la reposición de una compli-cada e importante arteria de abastecimiento de Aguas de Añarbe. Todas estas reposiciones se diseñan mediante la realización de proyectos específicos independientes por servicio y compañía.

Plazo de realización de las Obras

Debido a la complejidad de las obras y al especial interés en mantener los tráficos existentes en servicio en la medida de lo posible durante toda la fase de construcción, se ha establecido un plazo de ejecución de 24 meses para el tramo 1 (Aritzeta - Urumea) y de 36 meses para el tramo 2 (Urumea - Errentería), siendo determinantes el tú-

nel de Aritzeta y el enlace de Lasarte para el tramo 1, y el túnel de Menditxo, el enlace de Errentería y el viaducto del Urumea para el tramo 2. Cabe destacar el plazo de ejecución del túnel de Menditxo, de mayor duración al normal en este tipo de obras, donde se ha previsto un exhaustivo control de voladuras debido a la ubicación sobre su clave del depósito de la potabilizadora de Aguas de Añarbe que abastece a Donostia-San Sebastián. ♦

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN 2º CINTURÓN DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

Promotor: BIDEGUI GIPUZKOAKO AZPEGITUREN AGENTZIA
AGENCIA GUIPUZKOANA DE INFRAESTRUCTURAS

Asistencia Técnica: PROINTEC

ICCP Director del Proyecto: D. Agustín Zugasti Arizmendarrieta

ICCP Autor del Proyecto: D. Eduardo García de Guinea

RESUMEN CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES

TÉRMINOS MUNICIPALES

USURBIL
LASARTE-ORIA
DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN
HERNANI
ASTIGARRAGA
ERRENTERÍA
OIARTZUN

TRAZADO

CARACTERÍSTICAS

ALZADO			
Inclinación		Parám. de acuerdo vertical	
Max.	Min.	Kv max.	Kv min.
5,55	0,5	36.500	10.000
PLANTA			
R max.	R min.	A max.	A min.
RECTA	700	530	250

LONGITUDES

TRONCO 16,7 km
RAMALES 22,1 km
CARRETERAS Y CAMINOS 13,8 km

TIERRAS

DESMONTE 7,093,206 m³
TERRAPLÉN 4,787,993 m³
VERTEDERO 2,305,213 m³

SUPERFICIE CARTOGRAFIADA 1.420 Ha

ESTRUCTURAS Y OBRAS DE FÁBRICA 140

ESTRUCTURAS 43
VIADUCTOS 14
PASOS SUPERIORES 16
PASOS INFERIORES 10
FALSOS TÚNELES 3
TÚNELES 3
MUROS 24
RESTO OBRAS DE FÁBRICA 70

CAMPAÑA GEOTÉCNICA

SONDEOS. 165 ud
..... 4.158 m
CATAS 202 ud
PENETRÁMETROS 119 ud
SÍSMICA. 40 ud
PRESIÓMETROS 40 ud

CAUCES ATRAVESADOS

RÍO URUMEA
RÍO OIARTZUN

CARRETERAS DE DIPUTACIÓN

GI-2132
GI-3672
GI-3401

ÁREAS DE SERVICIO 1

ÁREAS DE PEAJE 1

COMPAÑÍAS AFECTADAS

IBERDROLA	SANEAMIENTOS
TELFÓNICA	CAMPO DE GOLF URUMEA
EUSKATEL	FIBRA ÓPTICA BIDEGI
TELÉGRAFOS	ABASTECIMIENTOS
GASEUSKADI	ALUMBRADO
DONOSTIGAS	RED ELÉCTRICA DE CEMENTOS REZOLA
AGUAS DE AÑARBE	

EXPROPIACIONES

Nº AFECCIONES A PARCELAS 782 Ud
SUPERFICIE AFECTADA. 2,675,444 m²
PRESUPUESTO ESTIMADO 18 Mill. de euros

PLAZO DE LAS OBRAS: TRAMO 1: 24 meses y TRAMO 2: 32 meses

PRESUPUESTO

P.E.C. 270 Millones de euros
P.E.C. ESTRUCTURAS Y TÚNELES 150 Millones de euros (56%)
P.E.C. REPOSICIONES 15 Millones de euros (5,6%)