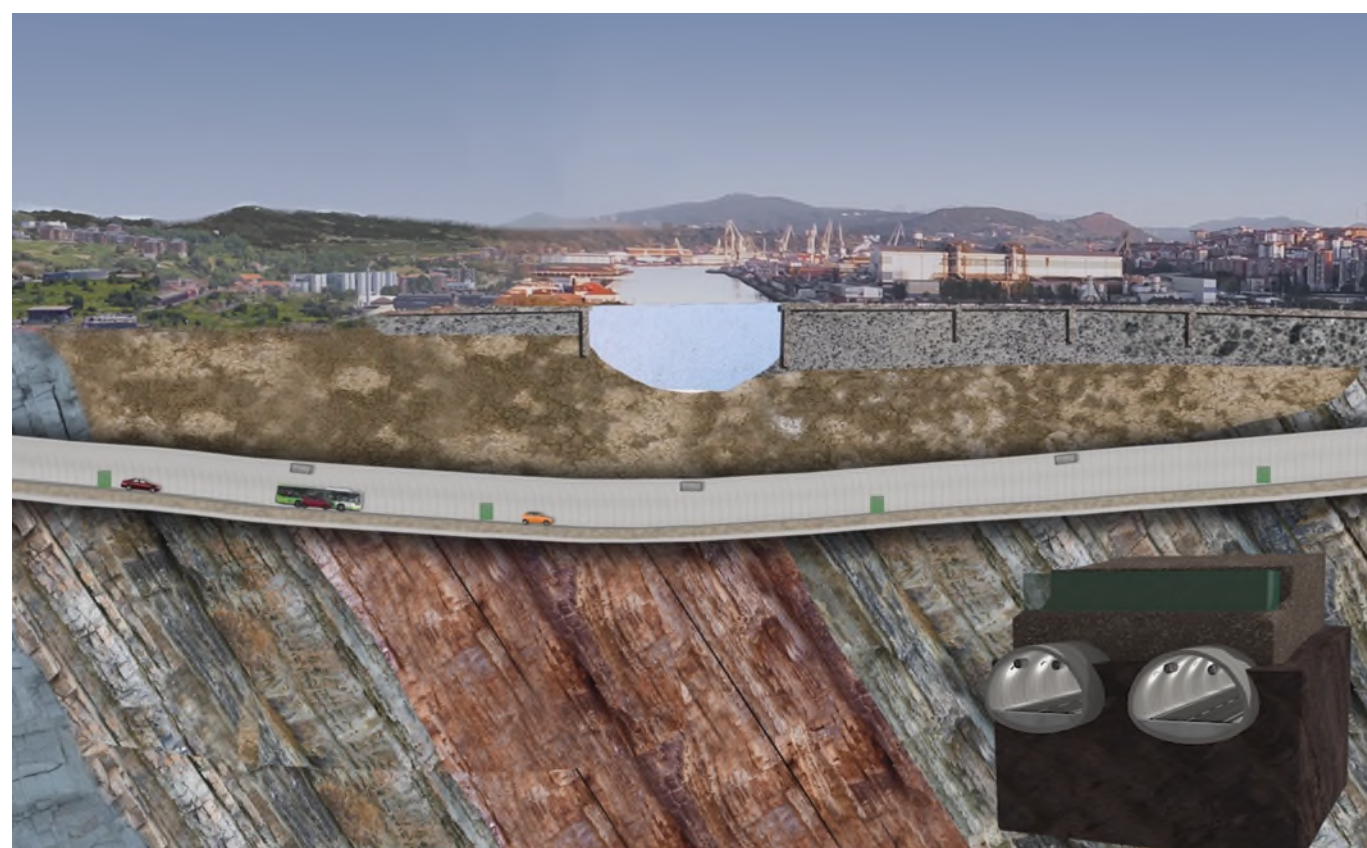


PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA CONGESTIÓN Y DE LA VULNERABILIDAD EN LA RED BÁSICA TRANSEUROPEA (TEN-T), EN LOS ACCESOS A LOS ELEMENTOS Y NODOS DEL CORREDOR ATLÁNTICO EN BILBAO Y EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BIZKAIA: MALLADO DE LA RED MEDIANTE LA CONEXIÓN BI-637 CON A-8, VSM/E-70 Y BI-628 ENTRE MÁRGENES



MEMORIA

Memoria

Control de firmas				
Realizado	Revisado	Supervisor de la Disciplina	Supervisor General	Aprobado
Pablo Quevedo (SENER) Mireia Capmany (IDOM)	Eduardo Rivero			Eduardo Rivero
Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma
No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta				

Información del Documento	
Código Documento	TSL-DP-DB-01-01-ME-0001
Revisión	00

Registro de cambios

Rev	Fecha	Autor	Sección afectada	Cambios
00	20/02/2023	Pablo Quevedo (SENER)	Todas	Versión Inicial

INDICE	
1	INTRODUCCIÓN.....6
2	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL E IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA6
3	ANTECEDENTES6
4	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA6
5	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA8
6	TRÁFICO.....9
6.1	Modelo de tráfico.....9
6.2	Escenarios de análisis.....10
7	TRAZADO.....11
7.1	Normativa aplicada.....11
7.2	Condicionantes de diseño.....11
7.3	Imágenes de las actuaciones proyectadas12
7.3.1	Túneles principales12
7.3.2	Enlace de Artaza12
7.3.3	Enlace de Ballonti.....13
8	CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE13
8.1	Precipitaciones máximas diarias13
8.2	Temperaturas e irradiación solar13
8.3	Método racional.....14
8.4	Intensidad media diaria de precipitación corregida15
8.5	Factor reductor de la precipitación por área de la Cuenca15
8.6	Factor de intensidad.....15
8.7	Tiempo de concentración.....15
8.8	Coeficiente de escorrentía15
8.9	Periodo de retorno.....15
8.10	Caudales Método Racional - Margen Derecha e Izquierda15
8.11	Sistema de drenaje propuesto15
8.11.1	Red de drenaje: Margen Derecha.....15
8.11.2	Red de drenaje: Margen Izquierda.....16
8.11.3	Red de drenaje: Túnel18
9	ESTRUCTURAS.....18
9.1	Margen izquierda18
9.1.1	Condicionantes de diseño18
9.1.2	Descripción de las estructuras19
9.2	Margen derecha.....27

9.2.1	Condicionantes de diseño27
9.2.2	Descripción de las estructuras28
10	TÚNELES.....29
10.1	Modelo geológico-geotécnico 3D desarrollado con Leapfrog.....29
10.2	Método de excavación30
10.3	Secciones tipo.....30
10.4	Sostenimientos y revestimientos31
11	INSTALACIONES DE SEGURIDAD EN TÚNELES32
11.1	Energía y Alumbrado.....32
11.2	Ventilación.....33
11.2.1	Operación de Emergencia33
11.3	Protección contra incendios.....35
11.3.1	Detección y alarma35
11.3.2	Extintores portátiles36
11.3.3	BIES36
11.3.4	HIDRANTES.....36
11.3.5	Sistema de diluvio.36
12	INSTALACIONES DE SEGURIDAD, VIGILANCIA Y CONTROL37
12.1	Sistema de Gestión de Tráfico37
12.1.1	Sistema de Señalización Dinámica37
12.1.2	Control de Gálibo38
12.1.3	Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos.....38
12.2	Sistema de Control Ambiental.....39
12.3	Sistema de Video en Circuito Cerrado.....39
12.3.1	Detección Automática de Incidentes (DAI).....39
12.4	Sistema de Comunicaciones39
13	SISTEMA DE CONTROL CENTRALIZADO Y CENTRO DE CONTROL40
13.1	Sistema de Control Centralizado40
13.2	Centro de Control41
14	SERVICIOS AFECTADOS.....41
15	FASES DE OBRA.....41
16	VALORACIONES ECONÓMICAS.....42
17	DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.....42
18	CONCLUSIÓN.....42

FIGURAS

Figura 1: Esquema de la sección tipo de los túneles 6

Figura 2: Esquema del perfil longitudinal de los túneles 7

Figura 3: Sección tipo de galería de evacuación peatonal (izquierda) y de vehículos de emergencia (derecha)	7
Figura 4: Sección tipo de galería de evacuación peatonal (izquierda) y de vehículos de emergencia (derecha)	7
Figura 5: Esquema de enlace de Margen Derecha (Elaboración propia)	8
Figura 6: Esquema de enlace de Margen Izquierda (Elaboración propia)	8
Figura 7: Zonas principales del proyecto: Enlace de Balllonti-Túneles-Enlace de Artaza.	9
Figura 8 Estructura general de trabajo	10
Figura 9: Interior de un túnel principal	12
Figura 10: Emboquille túnel principal sentido Artaza	12
Figura 11: Vista desde Uribe Kosta	12
Figura 12: Vista general desde la Avanzada	12
Figura 13: Vista general sentido norte	13
Figura 14: Emboquille de los túneles principales en la zona de Ballonti	13
Figura 15 Localización de pozo de bombeo 1 - Margen Derecha.	16
Figura 16 Posicionamiento del pozo de bombeo 2 - Margen Derecha.	16
Figura 17 Red de drenaje en la rotonda de conexión - Margen Izquierda	17
Figura 18 Red de drenaje en la intersección de las calzadas hacia el túnel Subfluvial - Margen Izquierda	17
Figura 33 Esquema Pozo de Bombeo Túnel	18
Figura 20: Modelo 3D estructura EST01	19
Figura 21: Sección transversal EST01	20
Figura 22: Alzado EST01	20
Figura 23: Alzado por pila tipo EST01	20
Figura 24: Modelo 3D estructura EST02	21
Figura 25: Alzado EST02	21
Figura 26: Sección transversal EST02	21
Figura 27: Modelo 3D estructura EST03	21
Figura 28: Alzado EST03	22
Figura 29: Sección Transversal EST03	22
Figura 30: Modelo 3D estructura EST04	22
Figura 31: Alzado EST04	22
Figura 32: Sección transversal estructura EST04	23
Figura 33: Planta EST05	23
Figura 34: Sección longitudinal Eje 39	23
Figura 35: Sección longitudinal Eje 112	23
Figura 36: Sección transversal EST05 por ramal	23
Figura 37: Sección transversal EST05 por zona ancho variable	24
Figura 38: Modelo 3D estructura EST06	24
Figura 39: Alzado EST06	24

Figura 40: Sección Transversal tipo EST06	24
Figura 41: Modelo 3D estructura EST07	25
Figura 42: Alzado EST07	25
Figura 43: Sección transversal estructura EST07. Tablero sur	25
Figura 44: Sección transversal estructura EST07. Tablero norte	25
Figura 45: Sección transversal por pila EST07.	26
Figura 46: Alzado EST08	26
Figura 47: Modelo 3D estructura EST08	26
Figura 48: Sección transversal estructura EST08	27
Figura 49: Croquis implantación de ramales. Margen derecha	27
Figura 50: Planta general. Margen derecha	28
Figura 51: Vista general del modelo geológico 3D de Leapfrog.	29
Figura 52: Vista 3D y planta general de los sondeos incluidos en el modelo (rojos-campaña actual, blancos-información previa de otros proyectos y azul-puntos contacto suelo-roca de información previa)	30
Figura 53: Esquema de conexionado	32
Figura 54: Distribución de CTs en el túnel y zonas de influencia.	32
Figura 55: Sistema de iluminación mediante una línea continua de luminarias.	32
Figura 56: Esquema de ubicación de luminarias de evacuación	33
Figura 57 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el tubo Este (Fuente: Archivo Navis)	34
Figura 58 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el tubo Oeste (Fuente: Propia)	34
Figura 59 Estrategia de ventilación en caso de incendio en la caverna del tubo Este	35
Figura 60 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el ramal Subfluvial - Avanzada	35
Figura 61 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el ramal Avanzada - Subfluvial	35
Figura 62: Incendio inicial. En el hastial del túnel se observa una temperatura de 115°C	36
Figura 63: Activación del Deluge System la temperatura se reduce a 21,4°C	36
Figura 64: Señalización accesos túnel unidireccional en vía con velocidad máxima permitida inferior a 100 km/h	37
Figura 65: Señalización en un túnel unidireccional (no se considera la señalización en sentido contrario al tráfico) ...	38
Figura 66: Arquitectura Tipo de Control de gálibo instalado en los accesos de túneles de Tipo I	38
Figura 67: Sistema de Control Centralizado	41

TABLAS

Tabla 1: Correlación de unidades geológicas y geotécnicas (2021-2022)	9
Tabla 2. Precipitaciones máximas diarias (ajuste estadístico Log Pearson III)	13
Tabla 3. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica	14
Tabla 4. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica	14
Tabla 5: Métodos de excavación	30
Tabla 6: Galerías auxiliares	31

1 INTRODUCCIÓN

El presente Proyecto tiene por objeto la definición y valoración preliminares de las actuaciones necesarias para la construcción de los nuevos Túneles entre los márgenes de la ría de Bilbao para la reducción de la congestión y de la vulnerabilidad en la red básica transeuropea (TEN-T), en los accesos a los elementos y nodos del corredor atlántico en Bilbao y en el área metropolitana de Bizkaia y mallado de la red mediante la conexión BI-637 con A-8, VSM/E-70 y BI-628. Recientemente han cambiado las denominaciones de A-8 y BI-628, siendo las nuevas, respectivamente BI-10 y BI-728. La VSM/E70 se denomina también AP-8. Esta conexión ha sido denominada en otros documentos como “Subfluvial de Lamiako”.

2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL E IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La configuración actual de la red viaria del área metropolitana de Bilbao adolece de una notable carencia de conexiones transversales entre ambas márgenes de la ría del Nervión aguas abajo del núcleo urbano de Bilbao. El puente de Rontegi es el único eje de comunicación viaria entre márgenes en este tramo, desde el Puente de Euskalduna hasta el Puente Bizkaia, separado de cada uno de ellos por una distancia del orden de los 5 km.

Esta carencia de conexiones transversales entre márgenes de la Ría hace que el puente de Rontegi, que conecta los principales ejes vertebradores tanto de la Margen Izquierda (Solución Sur A-8) como de la Margen Derecha (Corredor del Txorierrri N-637 y Carretera de La Avanzada BI-637), concentre volúmenes de tráfico muy elevados, con valores de IMD superiores a los 130.000 vehículos, los más altos de toda la red foral. Estas elevadísimas intensidades de tráfico generan situaciones recurrentes de congestión tanto en el propio puente como en las vías que lo alimentan.

Adicionalmente al problema de tráfico, esta configuración de la red genera un elevado grado de vulnerabilidad, convirtiendo al puente de Rontegi en un punto de la máxima criticidad, en el que cualquier incidente que afecte temporalmente a su capacidad actual puede tener un efecto extremadamente importante sobre toda la red viaria metropolitana.

3 ANTECEDENTES

Diversos estudios han sido elaborados para resolver la falta de una conexión entre márgenes aguas abajo del Puente de Rontegi, a continuación se realiza una síntesis de estos antecedentes.

En julio de 1985, el Departamento de Política Territorial y Transportes del Gobierno Vasco, con la asistencia técnica de TYPESA, redactó el Estudio de Alternativas de trazado del Corredor de Lamiako, en el que se definían a nivel de trazado una serie de posibles alternativas de conexión entre ambas márgenes de la Ría en Lamiako. Se estudiaron un total de tres soluciones, una mediante puente fijo, otra mediante un túnel bajo la Ría, y otra mediante puente móvil.

En cualquier caso, el Corredor de Lamiako se concebía como una vía rápida que permitiese el tráfico supra-local, sin cruces ni interferencias con otros tráficos en todo su desarrollo. Se diseñó una sección tipo con dos calzadas de dos carriles cada una.

En febrero de 1997, el Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Bizkaia, con la asistencia técnica de SAITEC, redactó el Estudio de Alternativas de la Conexión del Subfluvial de Lamiako en la margen derecha, cuyo objetivo era analizar las posibles soluciones de salida del túnel en la zona de Lamiako y en el enlace de Artaza y estudiar sus repercusiones en el tráfico existente. El Estudio concluía planteando un semienlace en la zona de Lamiako que conectaba el Subfluvial con las calles Langileria y Gabriel Aresti, y estimaba necesarias una modificación de la geometría de la rotonda existente de Artaza y la semaforización de la misma, así como la habilitación de un vial por la calle Errekagane y una rotonda o intersección semaforizada en la Avenida de Los Chopos.

Con fecha abril de 1998, el Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Bizkaia, con la asistencia técnica de Geoconsult, elaboró un Estudio de viabilidad geotécnica para las alternativas del Subfluvial de Lamiako, con el que se pretendía caracterizar geológica y geotécnicamente los terrenos atravesados y realizar un estudio de alternativas encaminado a determinar la geometría, método constructivo adecuado y secuencia de ejecución en función de los condicionantes geotécnicos, urbanísticos y funcionales, así como una evaluación económica de las obras. Este estudio planteaba el cruce de la Ría mediante una alineación recta, coincidente en planta con la alineación del túnel de Sestao, y concluía con tres posibles soluciones viables:

- Solución correspondiente a rasante profunda ejecutada por método convencional, con tratamiento del terreno mediante jet-grouting y ejecutada en dos fases (la primera de ellas con una calzada de tres carriles de gálibo reducido). Permite una inversión inicial mínima.

- Solución correspondiente a rasante intermedia excavada mediante tuneladora con doble escudo con calzadas separadas.
- Solución de calzadas superpuestas con rasante intermedia ejecutada por método convencional y con tratamiento del terreno mediante jet-grouting.

En septiembre de 1998, el Departamento de Obras Públicas de la Diputación Foral de Bizkaia, con la asistencia técnica de DAIR, elaboró el Anteproyecto de Conexión del Corredor de Lamiako entre el Eje del Ballonti y la Autopista A-8. El Anteproyecto contemplaba para el subfluvial las tres soluciones consideradas como viables en el Estudio de viabilidad geotécnica para las alternativas del Subfluvial de Lamiako, concluyendo que la más recomendable era la de calzadas superpuestas con rasante intermedia, mientras que la de rasante profunda ejecutada por métodos convencionales en dos fases podía ser descartada, si bien se admitía que existían incertidumbres que exigían profundizar en el conocimiento geotécnico de los materiales atravesados y las dificultades constructivas que podían incidir sobre las valoraciones de los costes previstos.

El Plan Territorial Sectorial de Carreteras de Bizkaia 1999-2016, preveía la realización de tres ejes de conexión entre las dos márgenes de la Ría.

Dentro del conjunto de soluciones propuestas en la Red Básica Metropolitana, el Plan preveía la realización del Subfluvial de Lamiako, con el objetivo fundamental de diversificar las rutas de largo recorrido metropolitanas, paliando la ausencia de by-passes entre los dos ejes principales Eskualde - Txorierrri y Ugaldebieta - Solución Sur. Ante las altas expectativas de tráfico, se preveía que esta solución deba dimensionarse como una vía de alta capacidad que favorezca unos niveles de servicio adecuados.

4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para la conexión entre la BI-637 en Margen Derecha con la A-8, VSM/E70 y BI-628 en Margen Izquierda se propone la construcción de dos túneles (un túnel por sentido) disponiendo cada uno de ellos de dos carriles de 3.50 m de anchura, arcén derecho de 2.5 m y arcén izquierdo de 1.0 m, además de aceras de 0.75 m en ambos lados.

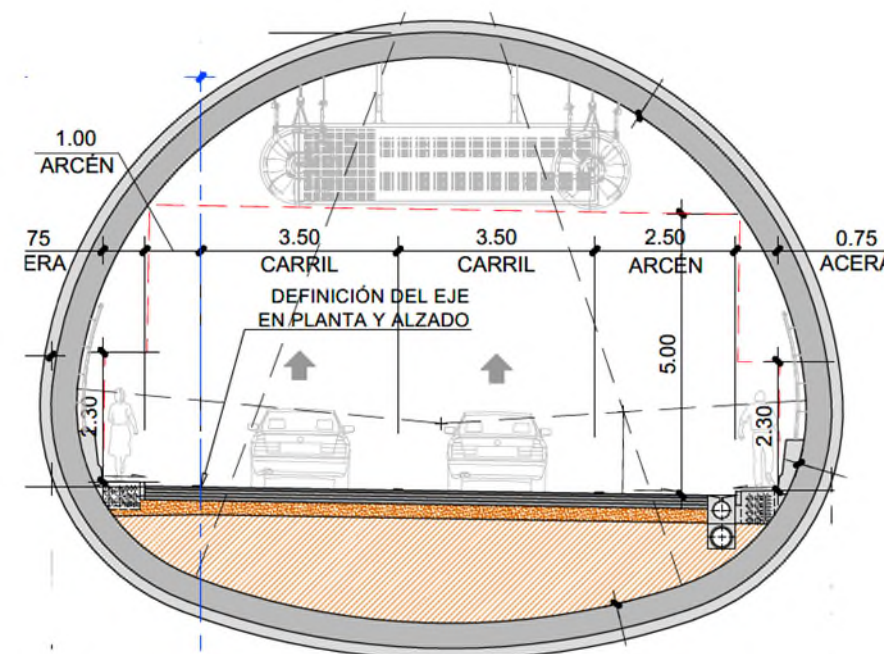


Figura 1: Esquema de la sección tipo de los túneles

(Elaboración propia)

Los túneles deben conectar dos zonas (entorno Glorieta de Artaza en Margen Derecha y Glorieta de Galindo en Margen Izquierda) cuya elevación está en el entorno de +10 / +15 m sobre NMMA pasando bajo la ría y bajo el depósito aluvial

existente en la zona de la Vega de Lamiako con espesores de suelo que llegan a ser superiores a 45 m. Se genera por tanto un trazado con un punto bajo intermedio y pendientes del 4%.

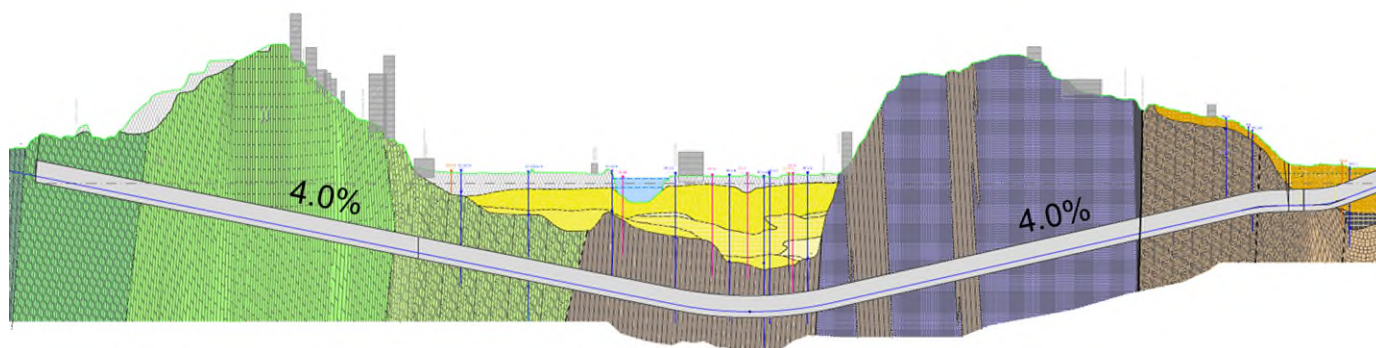


Figura 2: Esquema del perfil longitudinal de los túneles

(Elaboración propia)

Para permitir la evacuación segura en caso de incidencia en uno de los túneles, se disponen galerías de conexión entre los túneles paralelos con una interdistancia de unos 265 m. Algunas de estas galerías deberán tener mayor tamaño para permitir el paso de vehículos de emergencia.

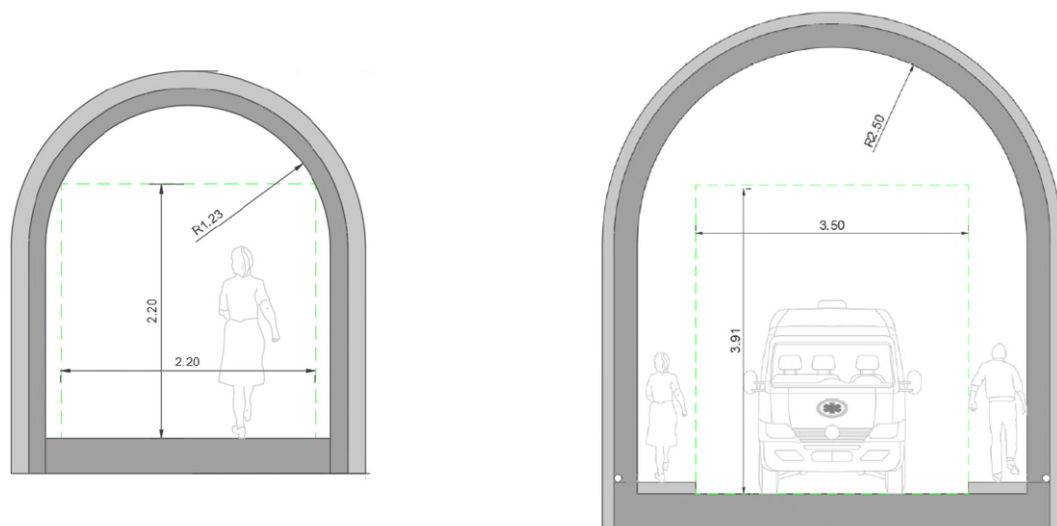


Figura 3: Sección tipo de galería de evacuación peatonal (izquierda) y de vehículos de emergencia (derecha)

(Elaboración propia)

Ventilación

Dadas las características especiales del futuro túnel Subfluvial de Lamiako (pendientes pronunciadas en entradas y salidas en Margen Derecha, longitud, etc..) se prevé un sistema de ventilación longitudinal con apoyos de ventilación semitransversal en las zonas de entrada y salida del túnel en dicha margen.

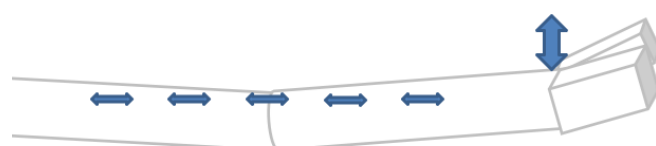


Figura 4: Sección tipo de galería de evacuación peatonal (izquierda) y de vehículos de emergencia (derecha)

(Elaboración propia)

La ventaja de este sistema es que la ventilación longitudinal apoyará la ventilación natural y el flujo pistón del movimiento de los vehículos, manteniendo una atmósfera respirable y en condiciones de visibilidad. La ventilación longitudinal estará formada por ventiladores de chorro situados a lo largo de los túneles, próximos a los cuartos técnicos planteados y soportarán 400°C durante dos (2) horas en caso de incendio y serán del tipo reversible.

La ventilación semitransversal estará formada por ventiladores del tipo axial situados en un cuarto técnico en el exterior del túnel. En la zona de falso túnel se dispondrá de conductos de ventilación conectados con los ventiladores bien en la parte superior de la losa o en el hastial, con rejillas que serán las encargadas de extraer aire/humo o bien inyectar aire fresco. Se instalarán dampers (rejillas) monitorizadas en las conexiones entre el pozo de ventilación y los distintos ramales con objeto de dar servicio en función de la ubicación.

En lo que respecta a los **enlaces** los criterios de diseño fundamentales han sido:

- Asegurar la máxima accesibilidad posible desde todos los ejes principales del entorno
- Minimizar la afección al entorno, especialmente a espacios más sensibles como parques o zonas verdes con algún grado de protección.
- Asegurar la capacidad de la nueva infraestructura frente a los crecimientos de demanda futuros.

Enlace de Margen Derecha

El enlace de Margen Derecha permite la conexión, en ambos sentidos, con los túneles de la ría desde los tres ejes principales que confluyen en la Glorieta de Artaza entre Getxo y Leioa: Carretera de la Avanzada desde Bilbao, Corredor de Uribe Kosta y prolongación de la Carretera de la Avanzada hacia Zugazarte en Getxo.

La conexión se realiza mediante rampas de acceso que salvan el desnivel entre la zona de entrada a los túneles y la superficie discurren enterrados bajo la Glorieta de Artaza. De este modo todas las conexiones son directas lo que evita los problemas de capacidad que se pueden derivar de otras configuraciones de enlace.

Las salidas del túnel presentan las siguientes configuraciones:

- En la Avanzada se ejecuta un tramo soterrado bajo la vía lateral de la Avanzada sentido Bilbao, desde el que se puede llegar a Leioa y al túnel de la Avanzada después de salir a superficie en un tramo en pendiente.
- En el Uribe Kosta se dispone un paso por debajo del paso inferior existente en la actualidad bajo la Glorieta de Artaza, desde el que se puede circular hacia Berango y hacia Algorta, con un trenzado en el tronco del corredor.
- En la prolongación de la Avanzada hacia Zugazarte se dispone una trinchera en la mediana del vial actual, que llega a una glorieta en el cruce de la prolongación de la Avanzada y la Av. Los Chopos.

Por su parte los accesos al túnel se disponen con la siguiente configuración:

- El acceso desde la Avanzada se dispone desde su margen derecho, entre la incorporación desde Leioa al tronco y la salida al Barrio de Artaza.
- El acceso al subfluvial desde el Uribe Kosta se realiza aprovechando las estructuras existentes, con una salida directa desde el paso inferior de la glorieta
- El acceso desde Zugazarte se presta desde la mediana, compartiendo la estructura con el ramal de salida desde el subfluvial.

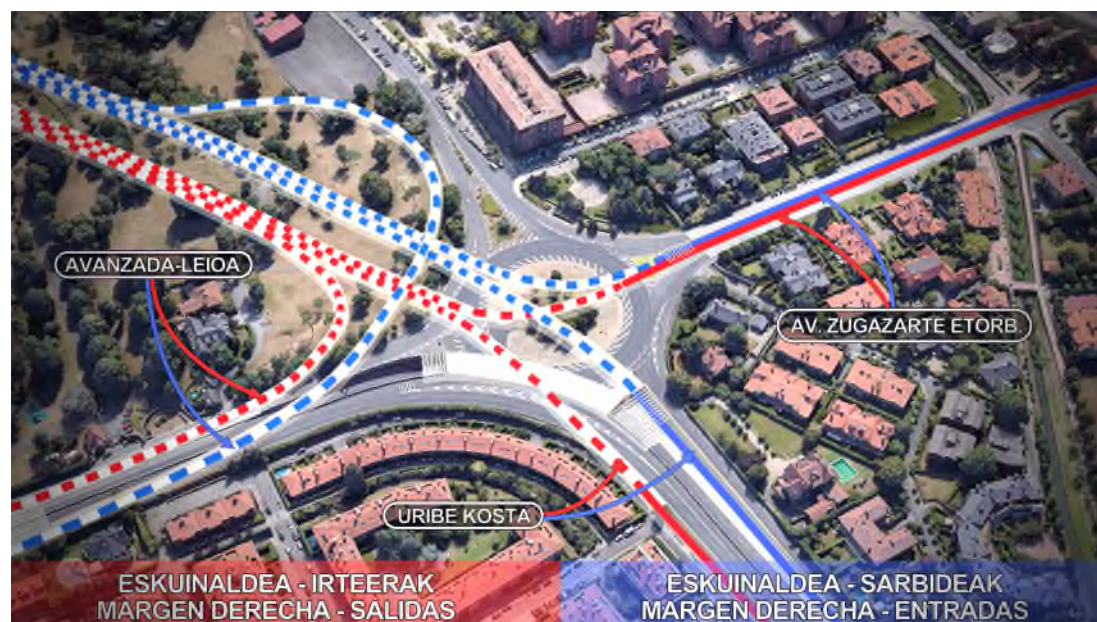


Figura 5: Esquema de enlace de Margen Derecha (Elaboración propia)

Enlace de Margen Izquierda

Los túneles de la Ría arrancarán desde la Margen Izquierda en una zona donde discurren de forma más o menos paralela la A8 y el Eje del Ballonti, siendo también el punto de conexión con la VSM. El enlace proyectado en la Margen Izquierda permitirá la conexión de los Túneles de la Ría con esas tres infraestructuras viarias. Como entradas al Túnel se dispondrá de:

- Acceso desde el Eje del Ballonti a través de la Rotonda de Galindo
- Acceso desde la A8 sentido Bilbao a través de un lazo en estructura elevada.
- Acceso desde la A8 sentido Cantabria por la conexión ya existente que enlaza la A8 con la rotonda de Galindo, que deberá ser adaptada.
- Acceso desde la VSM por la conexión ya existente que enlaza la A8 con la rotonda de Galindo, que deberá ser adaptada.

Respecto a las salidas del Túnel:

- Salida al Eje del Ballonti a través de la Rotonda de Nervacero
- Salida a la A8 sentido Bilbao a través de la conexión existente.
- Salida a la A8 sentido Cantabria por la conexión ya existente
- Salida a la VSM por la conexión ya existente.



Figura 6: Esquema de enlace de Margen Izquierda (Elaboración propia)

Para asegurar que el incremento del tráfico no colapse la rotonda de Galindo existente, se ha proyectado una estructura elevada que permite el paso de los tráficos Portugalete-Sestao y Subfluvial- Sestao por la misma evitando la rotonda de Galindo y descargándola considerablemente de tráfico.

5 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

El proyecto del subfluvial de Lamiako supone la construcción de un doble túnel que pasaría en la zona final de la Ría del Nervión, zona de las instalaciones de Arcelor (margen izquierda de la Ría), canal navegable y dársena de Lamiako (margen derecha). La totalidad del túnel se desarrolla en roca por lo que se recurre al Nuevo método Austriaco en el que el sostenimiento interactúa con el relajamiento tensional en el entorno de la excavación, el equilibrio de fuerzas permite optimizar la necesidad de elementos de sostenimiento. En el caso que nos ocupa el paso bajo zonas rellenadas en las instalaciones de Arcelor, bajo canal navegable y especialmente, el paso en la zona de marisma y antiguo cauce de la Ría en la zona de Lamiako, hacen que las tapadas en roca sean localmente escasas por lo que se requieren tratamientos complementarios para limitar la entrada de agua en la excavación y garantizar la estabilidad del frente, señalar que la descripción detallada del túnel incluyendo la definición de las necesidades de sostenimiento se desarrolla en el anejo nº 8.

En la figura siguiente se reflejan las tres zonas principales del proyecto:

- Enlace del Ballonti: Obras de conexión con el corredor del Ballonti, autopista A-8 y conexión con la Variante Sur Metropolitana.
- Túneles y obras auxiliares.
- Enlace de Artaza: Conexión con la Avda. Zugazarte, Corredor Uribe-Kosta y La Avanzada.

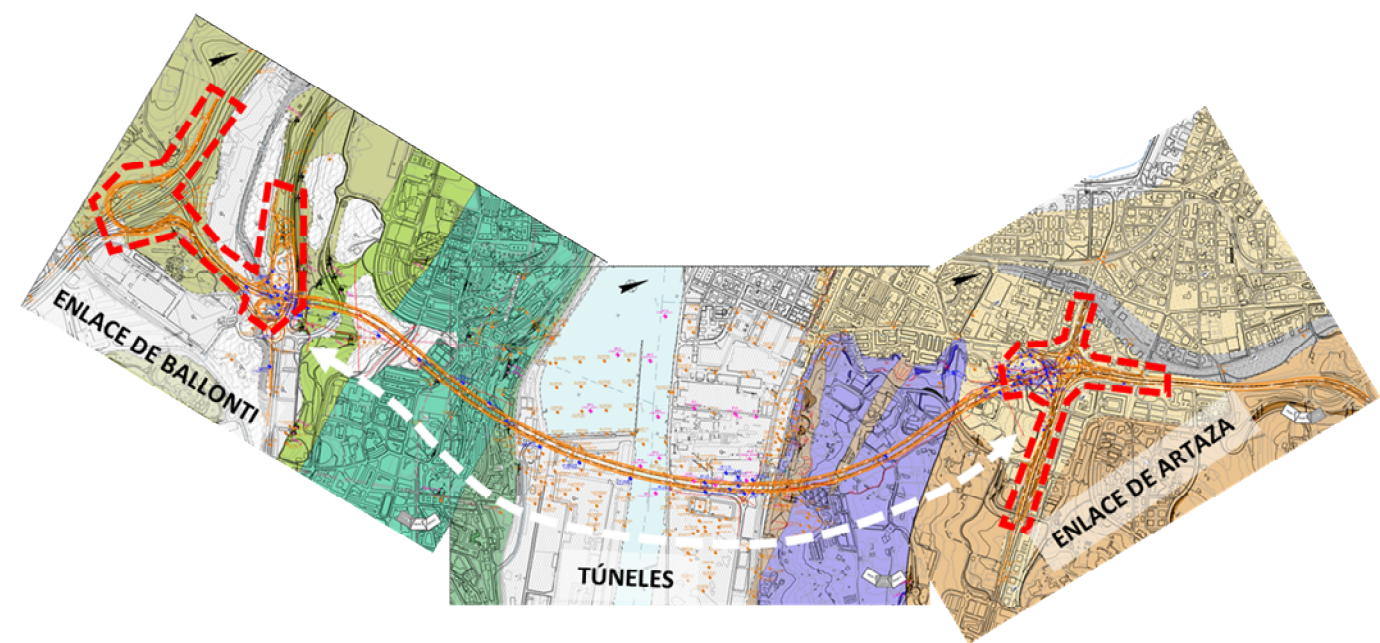


Figura 7: Zonas principales del proyecto: Enlace de Ballonti-Túneles-Enlace de Artaza.

En la fase de proyecto de construcción se han realizado 65 sondeos, 32 ensayos de tipo DPSH en Artaza (24) y Ballonti (8), 8 calicatas realizadas en Ballonti e investigación geofísica. En las siguientes tablas se sintetiza la investigación realizada

A partir de esta campaña se han establecido hasta 7 unidades de suelos y 9 de sustrato matizando las identificadas en el estudio de 1998:

- Cobertera
 - Qrc: Rellenos antrópicos compactados.
 - Qrv: Rellenos antrópicos vertidos.
 - Qal1: Depósitos aluviales de tipo limoso a arcilloso.
 - Qal2: Depósitos aluviales de tipo predominantemente arenoso.
 - Qal3: Depósitos aluviales de tipo gravas y bolos.
 - Qcl: Depósitos coluviales
 - Qar: Depósitos eólicos: arenas
- Las unidades geológicas del sustrato son las más relevantes en el estudio dado que el túnel se proyecta en el macizo rocoso, no obstante, hay importantes acumulaciones de suelos ligadas a la Ría y que condicionan la solución de trazado adoptada.

Substrato: En las unidades de sustrato se ha realizado en esta fase de proyecto una revisión de la nomenclatura y divisiones que se había venido aplicando en las fases previas. Las unidades geotécnicas (UG) y su equivalencia aproximada serían:

Edad-grupo		Unidades geológico-geotécnicas (1998)	Unidades geológico-geotécnicas (2022)	
edad	Grupo		Unidades	Litologías
Cret. Sup. Cenomaniense	Flysch Detrítico Calcareo	R7: Margas y lutitas calcáreas (con niveles de arenisca)	Fdc: margas laminadas con intercalaciones centimétricas de margocalizas y areniscas calcáreas.	Fdc-Ar: Areniscas
				Fdc-Ma: Margas/Margocalizas
Cret. Sup. Cenomaniense	Volcano-sedimentario	R6: Roca volcánica muy alterada	Vs: Coladas volcánicas y rocas piroclásticas.	Vs-br: Brechas
		R5a-R5b: Pilow lavas con intercalaciones de cineritas y margas		Vs-ba: Basaltos

Edad-grupo		Unidades geológico-geotécnicas (1998)	Unidades geológico-geotécnicas (2022)	
edad	Grupo		Unidades	Litologías
	Supraurgoniano	R4: Margas arenosas	Su: Lutitas con intercalaciones de areniscas	Su-Ar: Areniscas
		R3': Argilitas alteradas		Su-Lu: Lutitas
		R3: Argilitas y limolitas con intercalaciones areniscosas		
	Complejo Urganiano	R2: Margocalizas y calcarenitas	U4: Alternancia de margas arenosas y calizas	U4: Alternancia de margas arenosas y calizas
			U3: Calizas y margas	U3: Calizas y margas
			U2: Margas y margocalizas.	U2: Margas y margocalizas.
		R1: Lutitas calcáreas con pasadas areniscosas	U1: Lutitas calcáreas con pasadas de arenisca.	U1-Ar: Areniscas
				U1-Lu: Lutitas calcáreas

Tabla 1: Correlación de unidades geológicas y geotécnicas (2021-2022)

6 TRÁFICO

6.1 Modelo de tráfico

Para la estimación de la demanda esperada en la nueva infraestructura se ha actualizado el Modelo Multimodal de Bizkaia (MMB) propiedad de la consultora especializada SyT.

Este modelo MMB se constituye como la herramienta básica que permite la simulación de los diferentes escenarios de infraestructuras, por lo que se ha utilizado como input base para la prognosis de demanda de tráfico previsible en un nuevo escenario de oferta de transporte.

El esquema general del desarrollo de este modelo de transportes se ha estructurado en tres fases: Recopilación de Datos, Calibración del Modelo y Análisis de Escenarios.

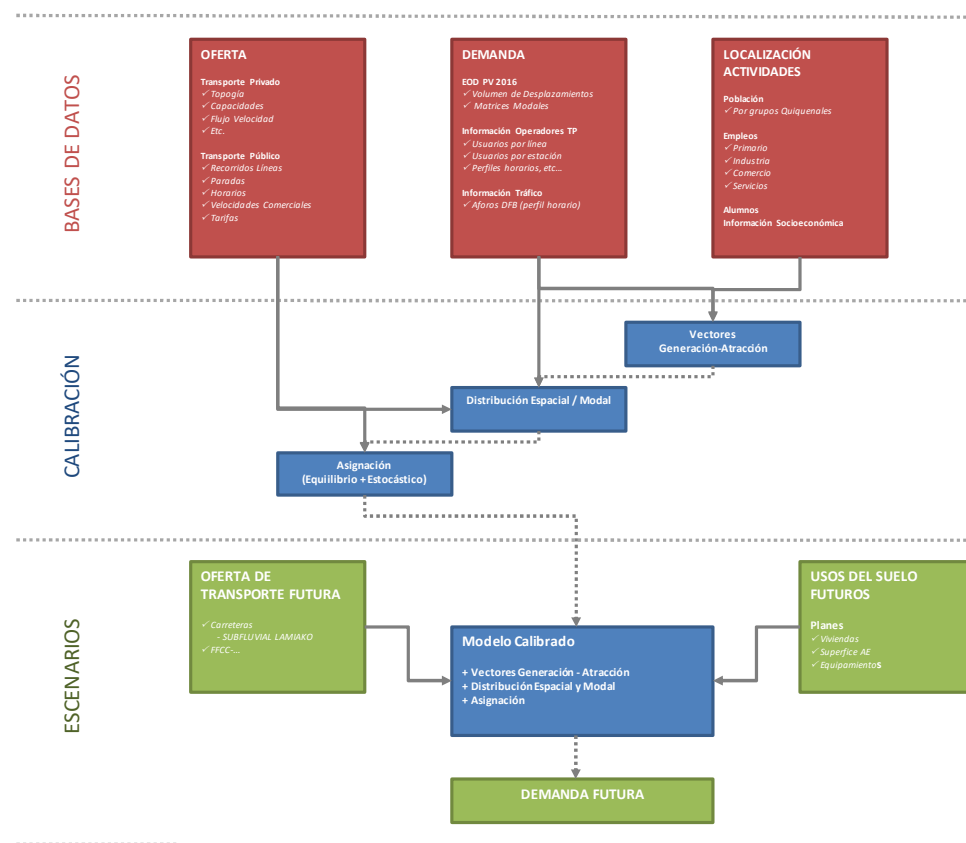


Figura 8 Estructura general de trabajo

En la primera fase se recoge información relativa a:

- Oferta de transporte. Información que caracteriza la oferta de transporte en el área de estudio tanto de transporte privado como de transporte público.
- Con relación al transporte privado, se ha realizado una caracterización tipológica de la red viaria, caracterizando capacidades de tránsito, velocidades, funciones flujo-velocidad, giros y sentidos de circulación permitidos, etc.
- En relación con el transporte público colectivo, se han identificado las diferentes líneas y operadores, recogiendo y caracterizando los itinerarios de las líneas, las paradas o terminales, los horarios o frecuencias, las velocidades comerciales, sistemas tarifarios, etc.
- Demanda de Transporte. Por otro lado, se ha de caracterizar la demanda de transporte, a partir de:
 - Las encuestas disponibles: Encuesta Origen - Destino del País Vasco 2016, Encuesta Cordón 2016, Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera 2019.
 - Información complementaria procedente de sistemas GPS y Telefonía Móvil en forma de matrices OD en el área de estudio
 - Por la información disponible de uso de los diferentes sistemas correspondiente a los aforos realizados por los operadores de transporte público (usuarios por línea o por estación) así como en los aforos de tráfico en la red viaria del área de estudio (con categorización vehicular, perfiles horarios, etc.).
- Información socioeconómica territorial.

También, se han recopilado variables socioeconómicas que pueden ser explicativas de la movilidad como son la distribución poblacional y de actividades económicas en el territorio. Se han analizado

detalladamente la población distribuida por grupos de edad (quinquenales) así como la distribución de los empleos por sector económico (primario, industrial, comercio o servicios).

El modelo que se ha calibrado es lo suficientemente flexible para incorporar variables relativas a cambios futuros no sólo en la oferta viaria, sino también en servicios de transporte público o evolución socioeconómica y demográfica del área de estudio.

A partir de la información recogida (oferta, demanda y actividades socioeconómicas territoriales) para el año base 2019, se han calibrado modelos de generación de viajes, de distribución zonal y de elección modal considerando diferentes segmentos de demanda para los viajes internos a Bizkaia.

Complementariamente al modelo de viajes internos a Bizkaia que contempla y se calibra para representar la movilidad (tanto en su generación de viajes, como en la elección de destinos, modos y rutas) dentro de Bizkaia de los desplazamientos de personas, el Modelo incorpora:

- Tráficos internos de vehículos pesados
Tráfico externo o de paso de Bizkaia en vehículo privado y vehículos pesados.
- Por último, existe un tráfico interno que se desarrolla de forma independiente que es el tráfico generado/atraído por el aeropuerto.

La suma de todos estos segmentos de demanda (internos y externos) tendrán su traslación en la fase de asignación en el uso de los sistemas u oferta de transporte disponible que se corresponderá con los aforos observados y validará finalmente el modelo global.

La proyección a futuro de las matrices de viaje de pasajeros internas a Bizkaia en transporte público y privado ajustadas para el año de calibración se hace mediante el cálculo de los valores futuros de las variables socioeconómicas relacionadas con la generación y atracción de los desplazamientos. Estos modelos responderán ante los cambios de oferta de transporte como de usos del suelo previstos a futuro dando como resultado la demanda prevista en dichos escenarios horizonte. En el caso del resto de segmentos de demanda (viajes externos y de paso de vehículo privado y viajes internos de mercancías), las demandas futuras se estimarán mediante factores de crecimiento calculados a partir de modelos que vinculen la evolución de los tráficos con variables económicas que caracterizan la evolución general del crecimiento del mercado. En general la variable que se emplea es el crecimiento del PIB, ya que es un indicador sólido en su forma de cálculo, del que se disponen series históricas con suficientes registros, y para el que se encuentran proyecciones (al menos a corto plazo) de organismos nacionales e internacionales.

6.2 Escenarios de análisis

Se han considerado tres Escenarios principales:

- Escenario BASE
Es el escenario de referencia con el que se evalúan, por comparación, los impactos que generará el Subfluvial de Lamiako en los diferentes horizontes temporales.
Desde el punto de vista de la demanda de movilidad incorporará las proyecciones desarrolladas en el Anejo de tráfico.
Desde el punto de vista de la oferta incorpora las infraestructuras relevantes para el Proyecto previstas a lo largo de los diferentes cortes temporales, ya aprobadas o recogidas en los principales instrumentos de Planificación disponibles. La única infraestructura que no se incorpora en este Escenario BASE es el Subfluvial de Lamiako.
- Escenario Base CON PROYECTO.
Es el escenario en los que se estima la captación directa que genera la nueva infraestructura.
Se obtiene incorporando al Escenario BASE, el Proyecto del Subfluvial de Lamiako.
Puede o No incorporar efectos indirectos de Inducción o simplemente captación según sea el objetivo que se persiga.
Comparando este Escenario con el BASE se medirán los impactos esperados por el Subfluvial en los diferentes cortes temporales que se simulen.

- Escenario de DIMENSIONAMIENTO

Sobre el escenario CON PROYECTO se configura un escenario únicamente con aquellos proyectos que suman tráfico al Subfluvial, es decir, que son complementarios y no competitivos.

Incorpora efectos inducidos para estimar los tráficos máximos potencialmente captables por el Subfluvial.

Se trata de definir un Escenario que de un margen de seguridad en los tráficos considerados para el dimensionamiento del subfluvial.

Complementariamente a todos los anteriores, se plantea un escenario adicional que recoge una situación “pesimista” en el que algunas de las infraestructuras previstas o programadas en el Avance del Plan de Carreteras no estarían operativas en los plazos considerados

- Escenario Base “PESIMISTA” CON PROYECTO.

Este escenario pretende valorar qué ocurriría en el tráfico previsto en el Proyecto del Subfluvial si estas infraestructuras no estuvieren operativas.

En el Escenario de PESIMISTA se formula desplazando en el tiempo 10 años proyectos que, siendo competitivos con el subfluvial y estando programados en el corto plazo (2028), se considere que puedan no estar operativos en el plazo previsto. En concreto, estos proyectos serían:

- Corredor Norte Alternativa a la Avanzada:
- Nueva infraestructura Alternativa Norte a La Avanzada: Bolue-Universidad
- Desdoblamiento E. Universidad-Universidad
- Eliminación de cuellos de botella E. Universidad - Kukularra
- Variante Este de Bilbao
- Duplicación de calzada: túnel de Santo Domingo

En el Anejo de Tráfico se incluyen los resultados de cada uno de los escenarios de análisis.

7 TRAZADO

7.1 Normativa aplicada

Se ha aplicado como normativa base:

Diseño Geométrico

- Norma 3.1-I.C. de la Instrucción de Carreteras. Trazado (Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero del Ministerio de Fomento, «BOE» de 4 de marzo de 2016).
- Normas Técnicas para Carreteras de Bizkaia (BAT), de 1986, de la Diputación Foral de Bizkaia.
- Norma Foral 2/2011, de 24 de Marzo, de Carreteras De Bizkaia.
- Decreto Foral de la Diputación Foral de Bizkaia, 112/2013, de 21 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento de Desarrollo de los capítulos III y IV de la Norma Foral 2/2011, de 24 de marzo, de Carreteras de Bizkaia.
- Carreteras Urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. MOPT 1993.
- Guía de nudos viarios (OC 32/12)
- IVP Instrucción para el Diseño de Vía Pública. (Ayuntamiento de Madrid, diciembre 2000)

Seguridad Vial

- RD 345/2011 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias (RD 61/2022)
- Decreto Foral (DFB) 80 2014 de 24 de junio de Seguridad Infraestructuras viarias en la red de carreteras del Territorio Histórico de Bizkaia

Seguridad en túneles

- Directiva Europea sobre seguridad en túneles de la Red Europea de Transportes (2004/54/EC)
- Requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado (RD 635/2006)
- Decreto Foral (DFB) 135-2006 Seguridad en Túneles de Carreteras.
- Decreto Foral (DFB) 91-2012 Instrucciones Técnicas Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras.

7.2 Condicionantes de diseño

Haciendo referencia a los condicionantes de trazado podemos diferenciar entre los enlaces situados cada uno a ambos márgenes de la ría y el tronco principal formado por dos tubos separados por debajo de ella.

El entorno del enlace de Artaza, en la margen derecha, es más urbano, con más edificaciones y la presencia del parque del mismo nombre.

Los corredores para resolver los movimientos de este enlace se encuentran limitados al espacio disponible en cada una de las vías existentes, la Avanzada, Uribe Kosta, Zugazarte y Plentzia.

El enlace del Ballonti en la margen izquierda, es un entorno con mayor presencia “industrial” con edificaciones en la margen derecha de la conexión de la A-8 con la glorieta de Sestao y naves industriales en la margen izquierda, la presencia del río Ballonti y la glorietas del enlace existente de Portugalete y Sestao.

El trazado de ambos enlaces está condicionado por el trazado de los tubos principales.

Se han tenido en cuenta los sobreanchos debidos al vehículo tipo y los sobreanchos por visibilidad.

7.3 Imágenes de las actuaciones proyectadas

7.3.1 Túneles principales



Figura 9: Interior de un túnel principal

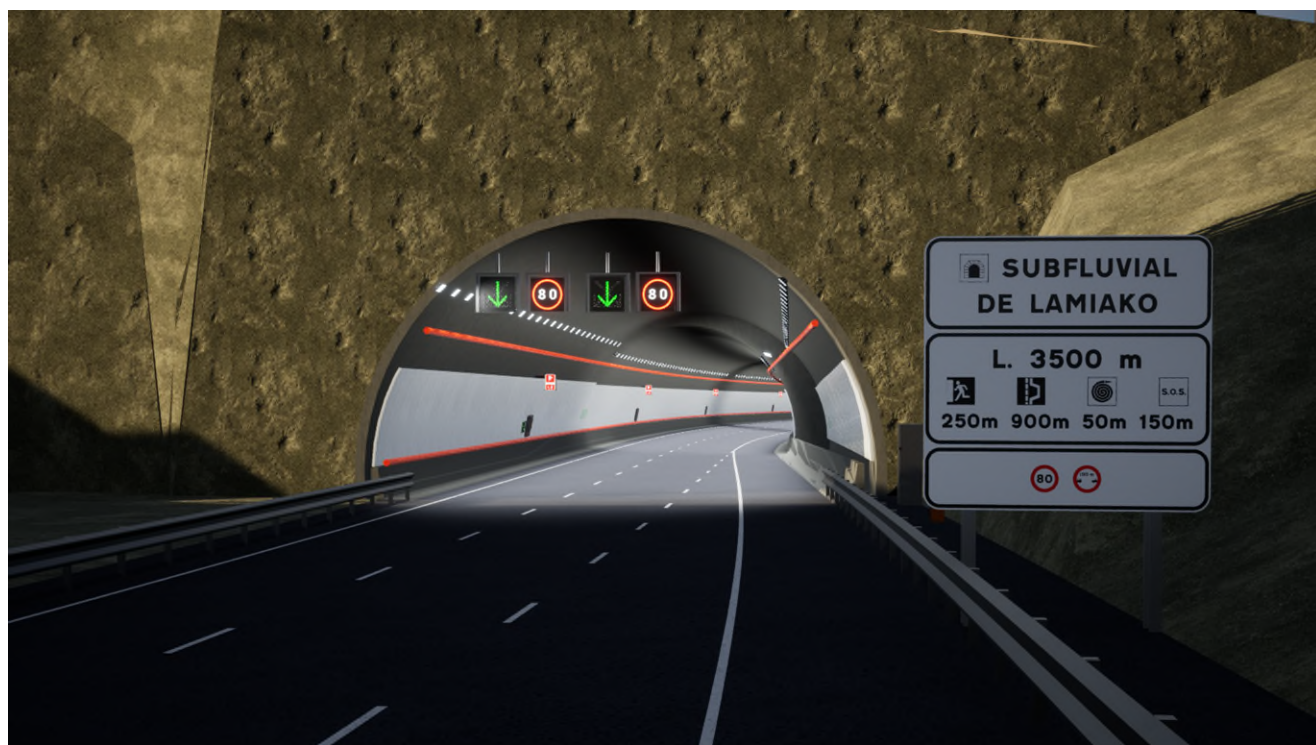


Figura 10: Emboquille túnel principal sentido Artaza

7.3.2 Enlace de Artaza



Figura 11: Vista desde Uribe Kosta



Figura 12: Vista general desde la Avanzada

7.3.3 Enlace de Ballonti



Figura 13: Vista general sentido norte



Figura 14: Emboquille de los túneles principales en la zona de Ballonti

8 CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Se ha realizado la recopilación de los datos que permiten la definición climatológica y pluviométrica del lugar en que se encuentra el proyecto, es decir, y se analizan las características climatológicas de la zona, en particular aquellas relativas al régimen de precipitaciones y temperaturas existente, recopilando y tratando convenientemente los datos de las series históricas disponibles en las estaciones meteorológicas presentes en el entorno.

A partir del procesamiento de los parámetros anteriores se realiza la caracterización climatológica de la zona, y a partir de los registros de precipitación se obtendrán los caudales de escorrentía que se utilizarán para el análisis de los cuerpos de agua presentes dentro de la zona de estudio, entre los que destaca el río Ballonti.

8.1 Precipitaciones máximas diarias

De acuerdo con lo establecido por la “Norma 5.2-IC de la instrucción de carreteras - Drenaje Superficial”, para el cálculo de los caudales de escorrentía se requiere partir del valor de la precipitación máxima diaria (Pd). Para obtener este valor se utilizaron los registros pluviométricos de la estación 1082 Bilbao-Aeropuerto, los cuales fueron obtenidos como se relató en los párrafos anteriores.

Partiendo de los valores mensuales multianuales facilitados por la Agencia Estatal de Meteorología, se analizaron las distribuciones de probabilidad para valores máximos que se listan a continuación:

- Normal
- Gumbel
- Pearson
- Log-Pearson
- Log-Normal
- EV3

Teniendo como base las expresiones utilizadas por cada una de las distribuciones anteriores y los registros mensuales multianuales de precipitación máxima diaria, se ajustaron los datos a cada una de distribuciones anteriores, y finalmente se realizaron las pruebas de bondad de ajuste Chi-Cuadrado y Kolmogórov-Smirnov asociadas a todos los periodos de retorno escogidos: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años. A partir de los resultados obtenidos y las desviaciones correspondientes, se concluyó que la distribución que mejor representa los datos obtenidos es Log Pearson III. En la Tabla 2 se muestran las precipitaciones máximas diarias obtenidas:

TR	Precipitación Máxima Diaria
2	57.96
5	80.65
10	100.40
25	131.80
50	160.73
100	195.23
200	236.51
500	303.96

Tabla 2. Precipitaciones máximas diarias (ajuste estadístico Log Pearson III)

En el apéndice 1 se adjuntan las series de precipitaciones máximas diarias, las cuales contienen registros mensuales multianuales desde 1947 hasta 2020.

8.2 Temperaturas e irradiación solar

Para definir tanto la temperatura como la irradiación solar se utilizaron los datos analizados estadísticamente por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), los cuales fueron almacenados y reportados por la estación Sondica.

En las siguientes tablas se presentan tanto las coordenadas como la elevación de la estación climatológica, así como los valores de carácter anual.

A

BILBAO AP, SPAIN (WMO: 080250)

Lat:43.298N

Long:2.906W

Elev:42

StdP: 100.82

Time zone:1.00 (EUC)

Period:94-19

WBAN:99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
1	-0.2	1.1	-4.0	2.7	5.3	-2.3	3.1	5.0	12.3	11.9	10.9	12.0	1.8	90	0.418

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%		MCWS	PCWD
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB		
8	9.7	32.2	20.8	29.7	20.3	27.7	19.7	22.7	28.7	21.7	26.9	20.9	25.4	3.7	290

Dehumidification DP/MCDB and HR									Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
21.1	15.8	24.6	20.1	14.9	23.6	19.3	14.1	22.8	67.2	29.0	63.4	27.1	60.5	25.4	27.5

Extreme Annual Design Conditions

Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature				n-Year Return Period Values of Extreme Temperature								
			Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
9.8	8.3	7.1	DB	-2.6	38.6	1.6	2.7	-3.8	40.5	-4.7	42.1	-5.7	43.6	-6.8	45.6
			WB	-3.1	24.6	1.7	1.1	-4.3	25.4	-5.3	26.1	-6.2	26.7	-7.4	27.5

Tabla 3. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica

FUENTE: ASHRAE CLIMATIC DESIGN CONDITIONS

De los datos resaltados anteriormente, cabe destacar:

- Temperatura del punto de rocío (Dew point -DP) correspondiente a 99.6 y 99.0 de frecuencia acumulada anual de ocurrencia.
- Temperaturas promedio de bulbo seco (Dry-bulb -DB) y bulbo húmedo (Wet-bulb -WB) en el mes más caluroso para frecuencias acumuladas del 0.4, 1.0 y 2.0 %.
- Velocidad del viento (Wind speed -SW)
- Temperaturas mínimas y máximas de bulbo seco (Dry-bulb -DB) y bulbo húmedo (Wet -bulb -WB) en función del periodo de retorno (de 5 a 50 años). Pearson III, razón por la cual se presentan las precipitaciones máximas diarias:

Monthly Climatic Design Conditions														
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	DBAvg	Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
	DBStd	5.44	3.34	3.56	3.59	3.31	3.33	3.19	2.58	2.62	2.99	3.73	3.45	3.61
	HDD10.0	178	49	45	21	7	1	0	0	0	0	1	14	42
	HDD18.3	1516	273	243	206	158	85	25	4	2	20	68	180	252
	CDD10.0	2058	34	35	76	103	191	277	344	357	285	222	86	48
	CDD18.3	353	0	0	2	4	17	52	89	101	55	31	2	0
	CDH23.3	2193	0	2	19	48	153	353	502	591	348	172	4	0
	CDH26.7	689	0	0	2	13	51	137	153	191	109	33	0	0
Wind	WSAvg	2.7	2.9	3.1	3.2	3.0	2.9	2.6	2.5	2.3	2.3	2.5	2.8	2.8
Precipitation	PrecAvg	1174	136	126	97	101	77	60	51	52	63	90	174	121
	PrecMax	1650	303	345	215	220	178	240	117	155	188	228	342	245
	PrecMin	906	6	36	12	32	28	14	17	8	10	15	74	11
	PrecStd	184	79	92	58	60	36	53	29	38	37	56	64	68
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB	20.1	22.1	25.9	28.2	31.9	35.9	35.1	35.2	33.2	29.9	23.7	20.9
		MCWB	13.1	12.6	14.5	16.2	19.4	21.6	22.1	22.1	20.5	18.6	16.0	12.7
	2%	DB	18.1	19.2	22.6	23.8	27.2	30.2	30.2	31.1	29.9	27.1	21.2	18.9
		MCWB	11.8	11.7	13.5	14.7	17.7	20.3	21.5	21.4	19.9	17.9	14.6	12.5
	5%	DB	16.4	17.2	20.1	21.1	24.1	27.0	27.8	28.2	27.0	25.1	19.7	17.1
		MCWB	11.2	10.9	12.5	14.0	16.7	19.5	20.5	20.8	19.4	17.2	13.9	11.6
	10%	DB	14.9	15.2	18.0	19.0	21.9	24.4	25.9	26.2	24.9	23.2	17.9	15.8
		MCWB	10.2	10.0	11.7	13.1	15.6	18.5	20.0	20.1	18.7	16.4	13.0	11.0
Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB	14.0	14.0	15.8	17.5	20.5	22.9	23.9	24.6	22.5	20.4	17.4	14.5
		MCDB	18.4	19.6	23.3	26.0	28.9	31.9	31.1	28.7	29.3	25.6	21.5	18.0
	2%	WB	12.8	12.7	14.1	15.7	18.6	21.3	22.4	23.0	21.2	19.1	15.6	13.4
		MCDB	16.5	17.1	20.5	22.0	25.0	27.6	27.9	28.3	26.6	24.2	19.3	16.9
	5%	WB	11.9	11.7	13.2	14.6	17.4	20.2	21.4	21.8	20.3	18.2	14.6	12.4
		MCDB	15.2	15.6	18.6	19.8	22.6	25.4	25.9	26.5	25.0	23.2	18.3	15.9
	10%	WB	11.0	10.8	12.3	13.6	16.4	19.2	20.6	20.9	19.5	17.3	13.7	11.5
		MCDB	13.9	14.2	16.9	17.8	20.6	23.4	24.5	24.9	23.5	21.7	17.0	14.9
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MDBR	7.5	8.3	9.3	9.4	9.4	9.2	9.1	9.7	10.1	9.5	7.6	7.6
		MCDBR	9.4	11.8	13.3	13.7	14.5	14.7	13.6	14.0	14.0	12.4	10.1	8.9
	5% WB	MCWBR	5.4	6.5	6.6	6.9	6.9	6.6	6.0	6.3	6.2	5.7	5.4	5.0
		MCWBR	8.2	10.1	11.7	12.1	12.6	12.5	11.4	12.0	12.0	11.0	8.7	7.9
Clear Sky Solar Irradiance	taub		0.329	0.343	0.376	0.398	0.410	0.423	0.413	0.411	0.390	0.366	0.344	0.325
		taud	2.505	2.452	2.363	2.313	2.314	2.314	2.345	2.361	2.412	2.480	2.495	2.514
	Ebn at noon		804	852	861	868	864	852	856	846	837	814	777	773
		Edn at noon	71	88	108	123	126	127	122	116	102	85	72	65
All-Sky Solar Radiation	RadAvg		1.40	2.20	3.43	4.55	5.43	5.96	6.02	5.31	4.25	2.76	1.62	1.31
	RadStd		0.17	0.30	0.43	0.47	0.40	0.40	0.29	0.32	0.21	0.23	0.20	0.15
Historical Trends														
	DBAvg	Heating		Cooling			Degree-Days							
		99% DB	99% DP	1% DB	1% WB	1% DP	HDD10.0	HDD18.3	CDD10.0	CDD18.3				
Station Only	N/A	N/A	N/A	N/A	+0.45	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
Regional (0 neighbors)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				

Tabla 4. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica

FUENTE: ASHRAE CLIMATIC DESIGN CONDITIONS

8.3 Método racional

Para el análisis y determinación de los caudales de agua lluvias se utilizó el método racional, el cual proporciona resultados acertados en áreas pequeñas (menores a 1 km²), con alto porcentaje de impermeabilidad y tiempos de concentración bajos. Tal como se establece en la “Norma 5.2-IC de la instrucción de Carreteras - Drenaje Superficial”, la expresión que se utilizará para su cálculo es la siguiente:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3.6}$$

Donde:

Q_T : Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en m^3/s
 $I_{(T,t_c)}$: Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno T para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , en mm/h
 C : Coeficiente de escorrentía, adimensional
 A : Área de la cuenca o superficie considerada, km^2
 K_T : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación, adimensional

8.4 Intensidad media diaria de precipitación corregida

La intensidad de la precipitación está asociada a un periodo de retorno T y a una duración de aguacero t , cuyos valores podrán ser empleados para la estimación de escorrentía siguiendo el método racional. Su valor se obtiene directamente a partir de la máxima precipitación diaria, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

I_d : Intensidad media diaria de precipitación, en mm/h
 P_d : Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T , en mm
 K_A : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca, adimensional

8.5 Factor reductor de la precipitación por área de la Cuenca

El factor reductor del área de la cuenca K_A , tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie y su estimación puede realizarse a partir de las siguientes expresiones:

Si $A < 1 \text{ km}^2$ $K_A = 1$
 Si $A \geq 1 \text{ km}^2$ $K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$

Donde:

K_A : factor de reducción de la precipitación por área de la cuenca, adimensional
 A : área de la cuenca, en km^2

8.6 Factor de intensidad

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área en la cual se está realizando el estudio. Para su cálculo es necesario introducir el índice de torrencialidad como un valor caracterizado previamente para la península:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3.5287 - 2.5287 \cdot t^{0.1}}$$

Donde:

F_a : factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d), adimensional
 I_1/I_d : índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de la precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, adimensional. (Ver figura 2.4. “Norma 5.2-IC de la instrucción de Carreteras - Drenaje Superficial”)
 t : duración del aguacero, horas

Debido a que en la zona no se encuentran registros de un pluviógrafo, se utilizará F_a como el parámetro a usar para el presente proyecto.

8.7 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es un parámetro necesario para el análisis del caudal de escorrentía, ya que define el tiempo en que toda la cuenca estará aportando caudal al punto de salida. Se obtiene calculando el tiempo del recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca, hasta el punto de desagüe; y está representado mediante la siguiente formula:

$$t_c = 0.3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración, en horas
 L_c : Longitud del cauce, en km
 J_c : Longitud del cauce, adimensional

8.8 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C , define parte de la precipitación de intensidad I (T, t_c) que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca.

El coeficiente de escorrentía C , se obtendrá mediante la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Donde:

C : Coeficiente de escorrentía, adimensional
 P_d : Máxima precipitación diaria, en mm

Dadas las condiciones de las superficies a drenar, tanto en la margen derecha como en la margen izquierda (plataformas de las calzadas) se adoptará un coeficiente de escorrentía $C=1$.

8.9 Periodo de retorno

Teniendo en cuenta que se prevé que el desagüe del túnel se realice mediante un bombeo a partir del punto bajo, se adoptará 50 años como periodo de retorno, al igual que para las plataformas correspondientes a las zonas de muro pantalla y falso túnel de la margen derecha, cuyo drenaje también se realizará mediante bombeo.

El drenaje de las plataformas de la margen izquierda se conducirá de forma superficial a través de la red planteada, con un periodo de retorno adoptado de 25 años, tal como se establece en el numeral 1.3.2 de la “Norma 5.2-IC de la instrucción de Carreteras - Drenaje Superficial”.

8.10 Caudales Método Racional - Margen Derecha e Izquierda

En la Tabla 12 y Tabla 13 del Anejo de Climatología, Hidrología y Drenaje se muestran los resultados obtenidos de los caudales de aportación al sistema de drenaje para el tiempo de concentración y periodo de retorno considerado.

8.11 Sistema de drenaje propuesto

8.11.1 Red de drenaje: Margen Derecha

El transporte de agua a través de los colectores desembocará en dos fosos de bombeo independientes: uno ubicado para la recolección de los caudales procedentes de los ramales de Uribe Kosta y Zugazarte, que tendrá unas dimensiones de 13 x 8.5 m, el cual incluirá dentro de su área: cámara de recolección, cuarto de bombeo, cámara de válvulas y un espacio para el posicionamiento de los equipos de instrumentación requeridos para en funcionamiento del pozo de bombeo.

Por su parte, el foso de bombeo para captar la escorrentía que se recoge en la Avanzada tiene 11 x 5.5 m, dimensiones que permiten la ubicación de las mismas cámaras descritas anteriormente. A partir de las bombas, se usarán tuberías de fundición dúctil de Ø450mm las cuales servirán para transportar el caudal desde la cámara de bombeo hasta los colectores correspondientes.

Finalmente, el pozo de bombeo 1 entregará las aguas dentro de la zona municipal de Getxo, específicamente en el colector ubicado en la margen derecha del carril que conduce Subfluvial - Zugazarte, mientras que el pozo de bombeo 2 entregará el agua en el costado derecho del corredor Subfluvial - Avanzada.

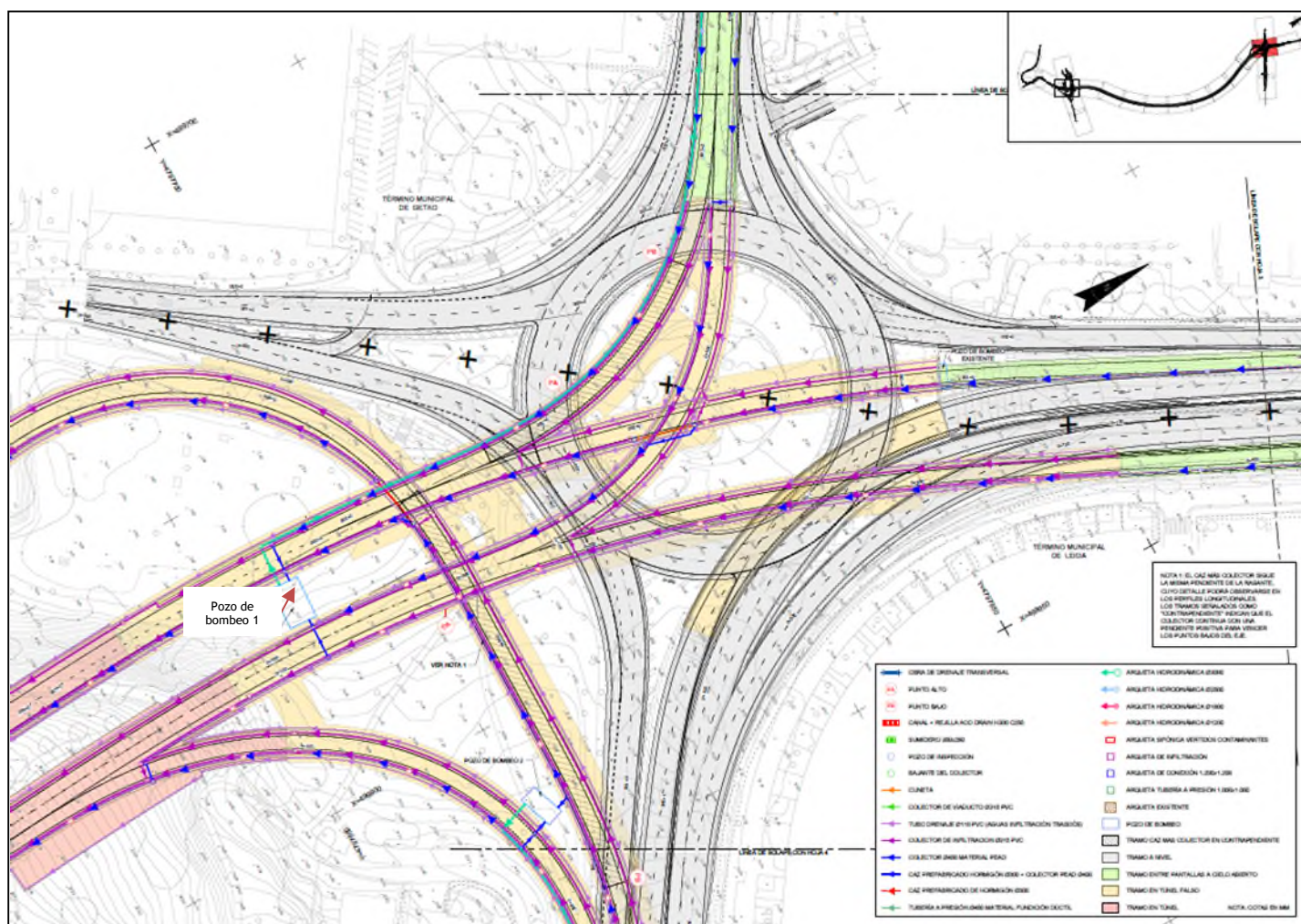


Figura 15 Localización de pozo de bombeo 1 - Margen Derecha.

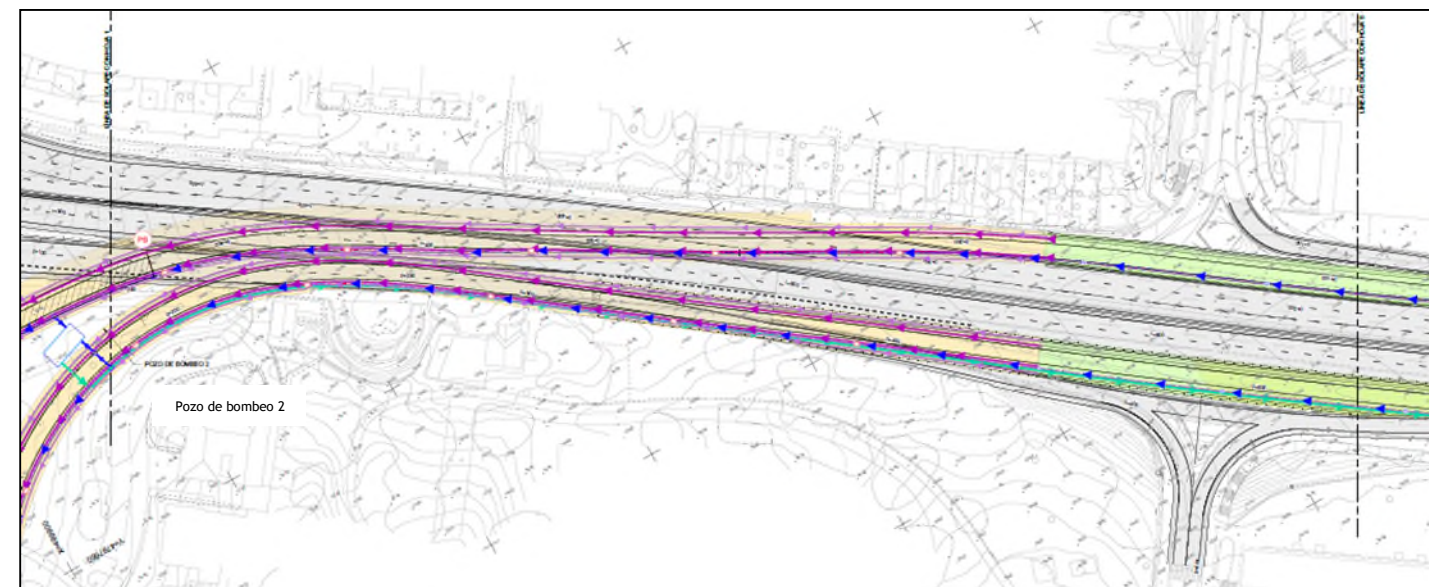


Figura 16 Posicionamiento del pozo de bombeo 2 - Margen Derecha.

8.11.2 Red de drenaje: Margen Izquierda

Dada la topografía de la margen izquierda, se planteó una red de drenaje basada en cunetas y de sumideros más colectores colgados del tablero estructural en los viaductos. El desagüe se hará, en su mayoría, al arroyo Ballonti. Los principios de funcionamiento hidráulico serán los mismos, es decir se estimará la capacidad de los elementos a partir de la fórmula de Manning y se verificarán las velocidades máximas.

El agua será conducida hasta las arquetas de conexión ubicadas en el perímetro del arroyo Ballonti, punto a partir del cual se propondrán estructuras de disipación de energía que hagan una transición gradual (en elevación y velocidad) en la entrega del caudal transportado.

Memoria

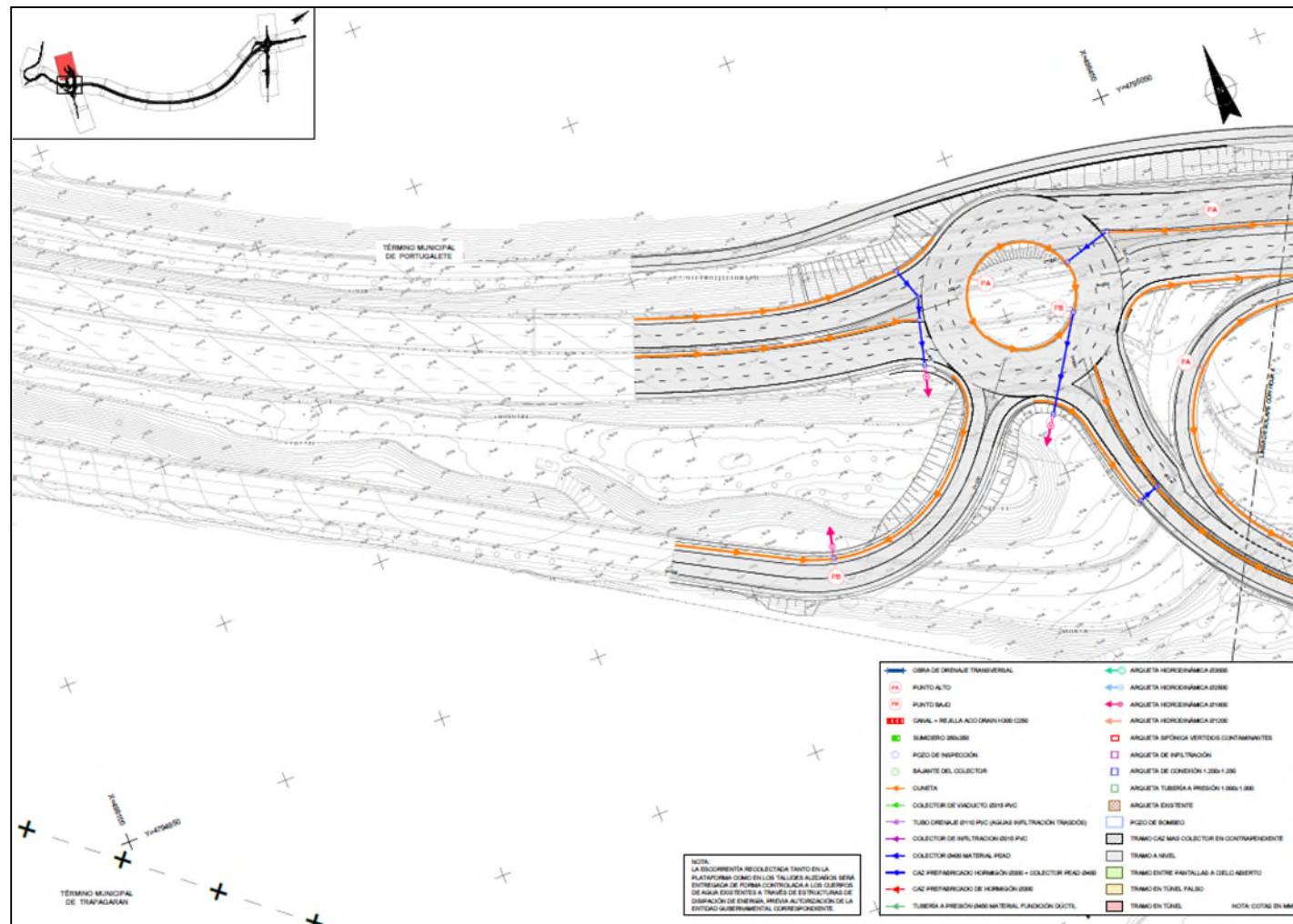


Figura 17 Red de drenaje en la rotonda de conexión - Margen Izquierda

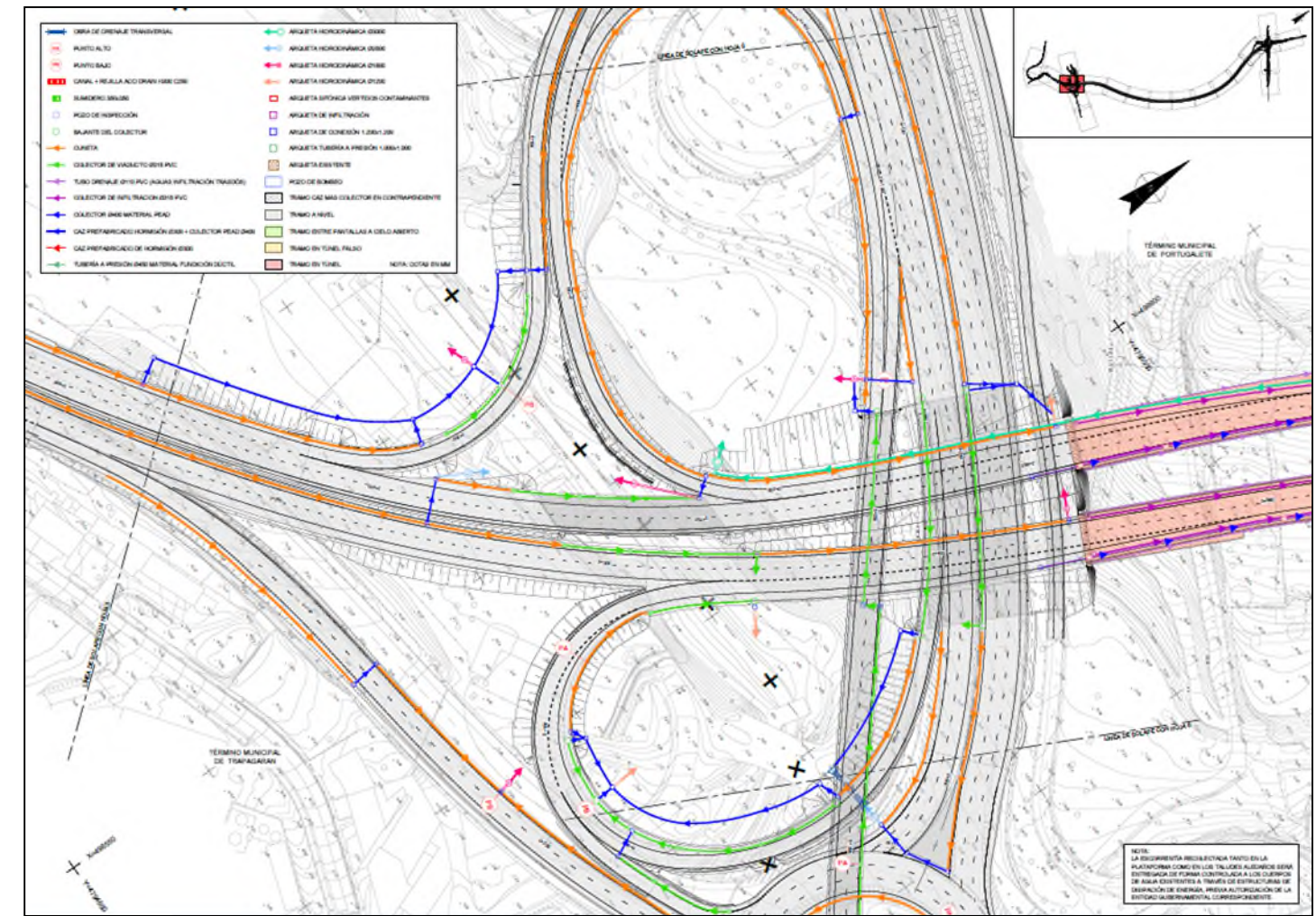


Figura 18 Red de drenaje en la intersección de las calzadas hacia el túnel Subfluvial - Margen Izquierda.

8.11.3 Red de drenaje: Túnel

El drenaje del túnel ha sido concebido para drenar continuamente el agua de infiltración y ocasionalmente la escorrentía que se genere dentro de la calzada producto de las actividades de mantenimiento y/o siniestros.

Para el agua de infiltración que llega desde el macizo rocoso y se recoge en el trasdós, se dispondrán dos tuberías longitudinales perforadas de Ø110mm (una en cada hastial), las cuales captarán el agua y la trasladarán hasta un colector de infiltración a través de arquetas que estarán posicionadas cada 25 metros. El colector de infiltración tendrá la misma pendiente de la calzada y depositará las aguas en una cámara de recolección ubicada en el punto bajo del túnel. A partir de ahí, y a través de un sistema de bombeo, se evacuará el agua hacia la margen izquierda, en inmediaciones del Río Ballonti. Tal como se describió para la margen izquierda, previo a la entrega se posicionará una arqueta hidrodinámica encargada de hacer una remoción preliminar de los residuos y material particulado antes de la entrega al río.

En cuanto a la escorrentía arrastrada por los vehículos y/o aguas de limpieza de los hastiales, así como de los vertidos que se produzcan en caso de accidente, se ha propuesto un caz más colector alineado a un margen de la calzada, el cual tendría como propósito captar el agua o los vertidos y entregarlos hasta el depósito estanco que estará ubicado en el punto bajo del túnel. Para la inspección del colector se ubicarán arquetas con un sifón cortafuegos cada 50 metros dentro del túnel. Finalmente, en el caso poco frecuente de vertidos contaminantes, estos deberán ser recogidos mediante el uso de un camión cisterna.

Cabe anotar que para lograr la detección del agua con trazadas de aceite y/o una composición química distinta a la del agua natural, se usará un sistema de sensores e instrumentación que permitirá clausurar las válvulas que permiten el paso del agua desde el pozo de recolección hacia la cámara de bombeo.

9 ESTRUCTURAS

9.1 Margen izquierda

El enlace de Margen izquierda incorpora estructuras elevadas que permiten desnivelar el cruce entre los diferentes ramales que forman el enlace o con viales o cursos fluviales existentes.

9.1.1 Condicionantes de diseño

Se describen a continuación los principales condicionantes de diseño de estas estructuras:

- Tráfico y servicios existentes

Durante la ejecución de la obra se debe procurar la menor afección posible al tráfico rodado, pues se está actuando en una zona de alta Intensidad Media Diaria de vehículos.

Esto impone límites en cuanto a la profundidad de las excavaciones a cielo abierto, para que los taludes no afecten a los viales colindantes.

El respeto de las zonas de rodadura también condiciona las dimensiones de las posibles cimentaciones y distancias de seguridad, si se quiere minimizar las molestias y cortes de tráfico.

- Trazado.

El proyecto de los diferentes ramales sobre un entramado viario existente está condicionado por unos parámetros mínimos normativos a respetar, distancia entre trenzados, gálibos, secciones transversales, etc. El proyecto de trazado conduce al diseño de varias estructuras condicionadas fuertemente por éste:

- Cruce con fuerte esviaje entre los ramales A-8 Bilbao y Variante Metropolitana Sur hacia el acceso al tubo este de la nueva Subfluvial. En este caso conduce al diseño de una estructura en pérgola para resolver la interferencia entre los citados ramales.
- Enlace complejo sobre A-8, que dificulta la disposición de los soportes del viaducto para el ramal A-8 Santander hacia el tubo este de la Subfluvial, obligando a la adopción de vanos con grandes luces, así como

el diseño de una estructura con vanos descompensados y cimentaciones de apoyos con grandes restricciones geométricas.

- Carriles de incorporación dentro de la estructura sobre el río Ballonti, que motiva el diseño de un tablero tipo “pantalón” de ancho variable que debe adaptarse a la estructura ya existente, requiriendo, por tanto, de un análisis detallado de ambas estructuras y del proceso constructivo.
- Trazados con fuerte curvatura, que dificultan la adopción de soluciones prefabricadas y el diseño de tableros peraltados.
- Entorno y Medio Ambiente.

La presencia del río Ballonti, cruzado por diferentes viales en 5 ocasiones impone limitaciones al diseño de las estructuras, debiendo verificar los criterios de implantación considerados por la Agencia Vasca del Agua (URA). Se han considerado, también, las prescripciones del Plan Hidrológico Nacional, que considera bien el cruce sobre los cursos de agua mediante un único vano de luz mínima 30m, bien considerando un vano principal de 25m de luz, y vanos adyacentes de longitud mínima 6 metros.

Para este proyecto se han adoptado las directrices de colocar los estribos fuera de la zona de flujo preferente, sin la colocación de obstáculos, aun cuando las cimentaciones puedan ocupar la faja bajo el terreno. Si se precisa colocar pilas en el cauce, se adoptarán alineaciones que favorezcan el flujo del agua.

- Estudio Hidráulicos.

La rasante de los diferentes trazados deberá garantizar los resguardos hidráulicos normativos en los cruces con los cursos de agua, entre la lámina de agua y el fondo del tablero.

Así se considera en el proyecto un resguardo de un metro sobre el nivel máximo de avenida para un período de retorno de 500 años.

- Entorno y Estética.

La implantación de la Subfluvial de Lamiako en la margen izquierda de la ría se realiza en un entorno periurbano y semiindustrial de la ciudad de Bilbao, estando por tanto condicionado por la escasez de espacio para la implantación de los nuevos viales entre los ya existentes.

El proyecto requiere el diseño de múltiples ramales de conexión entre las diferentes carreteras, lo que se realiza mediante pasos superiores para salvar el cruce sobre los viales existentes. En este caso, el impacto estético por la implantación de las nuevas estructuras no resulta una limitación, al tratarse de una zona no urbana y con número elevado de estructuras existentes.

Ninguna de las estructuras del proyecto tiene entidad para ser objeto de un diseño singular, si bien, se considerará un diseño agradable al usuario y que permita su mejor integración en el entorno. Se evitarán las formas complicadas, adoptando esbelteces usuales para cada tipología, cuidando los acabados, remates, impostas y barandillas, de forma que el resultado sea estético y agradable a la vista.

- Condicionantes constructivos.

Durante la ejecución de la obra se debe procurar la menor afección posible al tráfico rodado. Las estructuras que se prevé deben considerar este condicionante son el viaducto que cruza sobre la autopista A-8, el cruce entre ramales esviados de acceso a la subfluvial, y las estructuras entre glorietas de Portugalete y Galindo.

En estas zonas hay que prever la realización de desvíos provisionales, implantación de estructuras auxiliares de canto reducido, autocimbras, ejecución por fases de los elementos estructurales, medios de izado, etc.

Todas las estructuras sobre el río Ballonti están libres de este tipo de condicionante, resultando la propia traza del vial el mejor acceso hasta el área de las obras.

- Análisis económico.

Se plantearán las tipologías usuales para los diferentes rangos de luces, que la experiencia indica son las de mejor evaluación económica.

Se adoptará como criterio general para la elección de las soluciones:

- Tableros de vigas: luces [15m a 40m] (máx 50)
- Losas canto constante: luces [10m a 35m] (máx 50)
- Losas canto variable: luces [25m a 40m] (máx 50)
- Cajones canto constante: luces [35m a 80m]
- Cajones canto variable: luces [60m a 200m]

Para estos rangos de luces son adecuados múltiples procesos constructivos, sin restricciones, pudiendo plantearse para la construcción cualquiera de entre los siguientes:

- Lanzamiento de vigas

- Montaje con grúa
- Empleo de cimbra convencional
- Tramos sucesivos con cimbra autoportante

En lo relativo a los materiales, será de aplicación para todas las estructuras la adopción preferente del hormigón como solución base. Únicamente para la ejecución de viaductos a base de secciones cajón sería de aplicación considerar la ejecución mediante tablero mixto de acero y hormigón, considerando facilidades constructivas al ejecutar diferentes tramos en taller, que posteriormente son colocados mediante grúas para conformar un vano de gran luz.

9.1.2 Descripción de las estructuras

9.1.2.1 EST01. Viaducto sobre autopista A-8.

Se plantea una estructura de 273,50 m de longitud cruzando sobre los viales de enlace de la autopista A-8, con una distribución de vanos ligeramente descompensada por los condicionantes que para la implantación de las pilas impone la distribución de los viales inferiores. Se adopta una distribución con siete vanos de luces 32.50 + 40.50 + 49.50 + 3 x 39 + 34 metros.

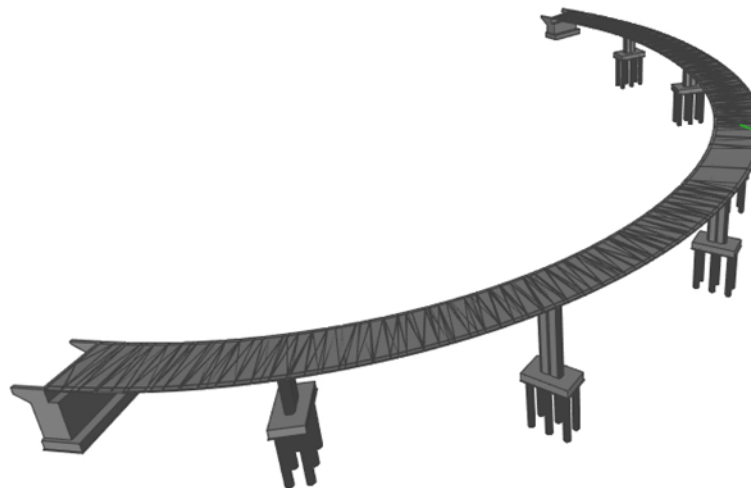


Figura 20: Modelo 3D estructura EST01

Se propone el proyecto de un tablero continuo, de estructura mixta con canto constante de 1.85 metros, salvo en las pilas P-2 y P-3, adyacentes al vano principal, donde se dispone un acartelamiento inferior de canto variable. Todos los soportes están constituidos por una sola pila cuya anchura permite alojar los dos apoyos del tablero en sentido transversal. En los pasos por pila se dispondrá una losa inferior de hormigón, contando con una sección resistente de doble acción mixta.

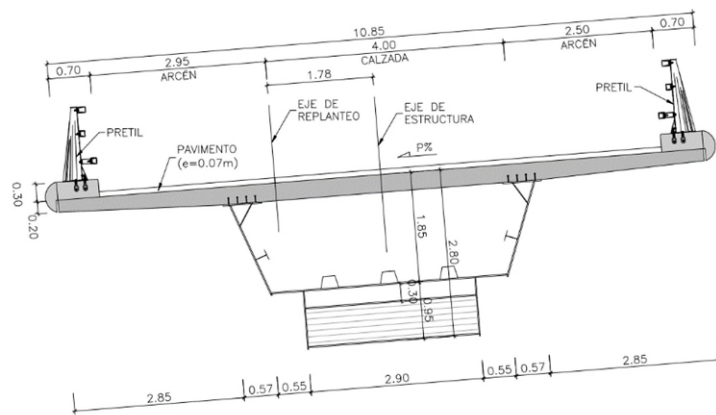


Figura 21: Sección transversal EST01

La plataforma albergará las barreras de seguridad, arcén exterior de 2.50m, calzada de 4.00m y arcén interior de 2.95m, por lo que se proyecta un ancho constante para la sección de 10.85 m.

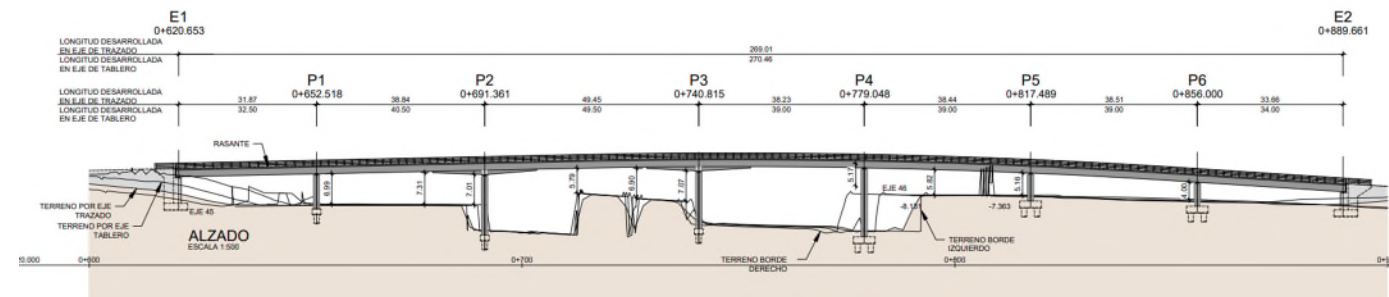


Figura 22: Alzado EST01

Las pilas son de hormigón, con una dimensión transversal de 4.00x1.40m. En las caras laterales presenta unos acuerdos circulares con un rehundido central conformado mediante un UPN-200. En las caras frontales presenta, también, otro rehundido que se abre en la zona superior para recoger los apoyos del tablero. Tanto en las pilas como en el tablero de la EST01 se ha adoptado una geometría que mantiene una relación formal con las estructuras adyacentes, para mejorar la integración de la misma.

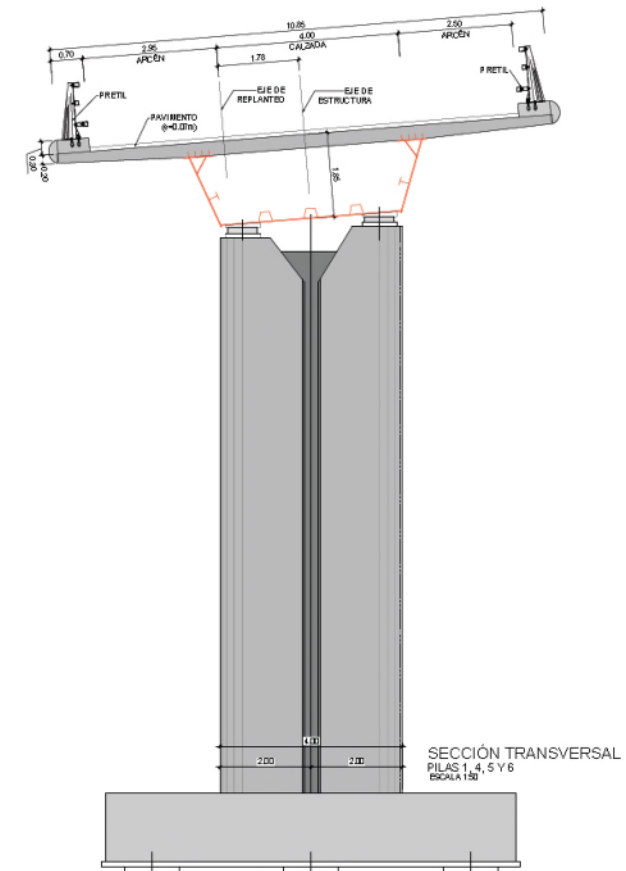


Figura 23: Alzado por pila tipo EST01

9.1.2.2 EST02. Puente ramal ENTRADA a calzada oeste desde Gta. Portugaleta

El ramal de acceso al eje oeste de la subfluvial desde la glorieta de Portugaleta cruzará sobre el río Ballonti con un puente de planta curva, para el que se propone una estructura de tres vanos de 18, 25 y 18 metros. Con una longitud total de 61.00 m.

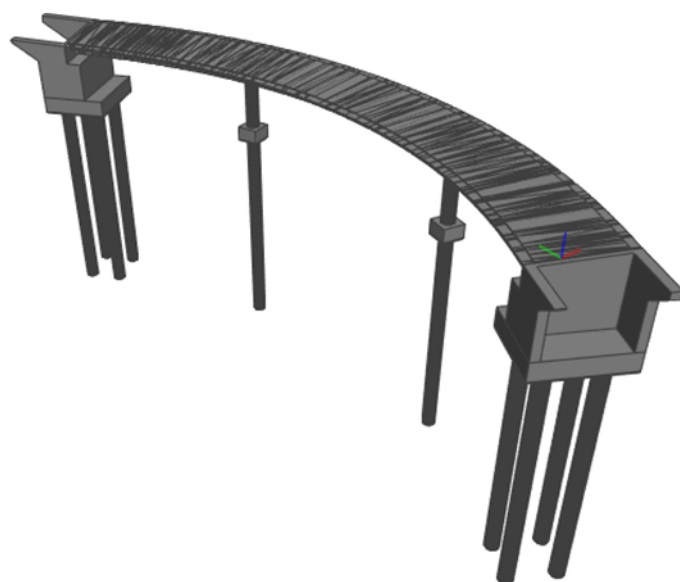


Figura 24: Modelo 3D estructura EST02

El puente se resuelve mediante un tablero continuo tipo losa postesada con doble aligeramiento cilíndrico interior y un canto de 1.40m. Cada apoyo intermedio se define mediante una pila de sección circular, que ofrece buen comportamiento hidrodinámico.

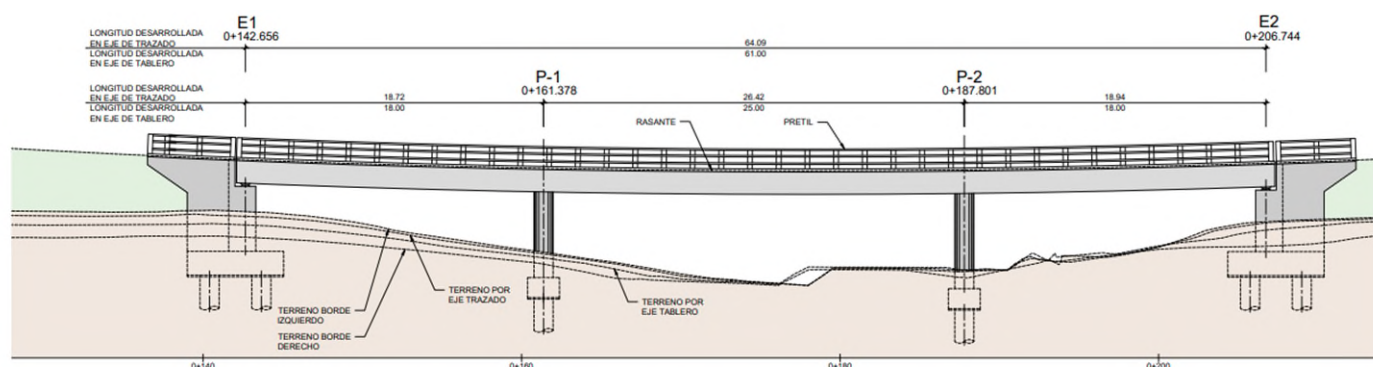


Figura 25: Alzado EST02

El tablero será de ancho constante 7.60 metros, albergando las barreras de contención en los extremos del tablero, un arcén exterior de 0.60m, un carril de 4.10 metros de ancho y un arcén interior de 1.50 m de ancho, correspondiente al valor máximo de sobreancho de la estructura.

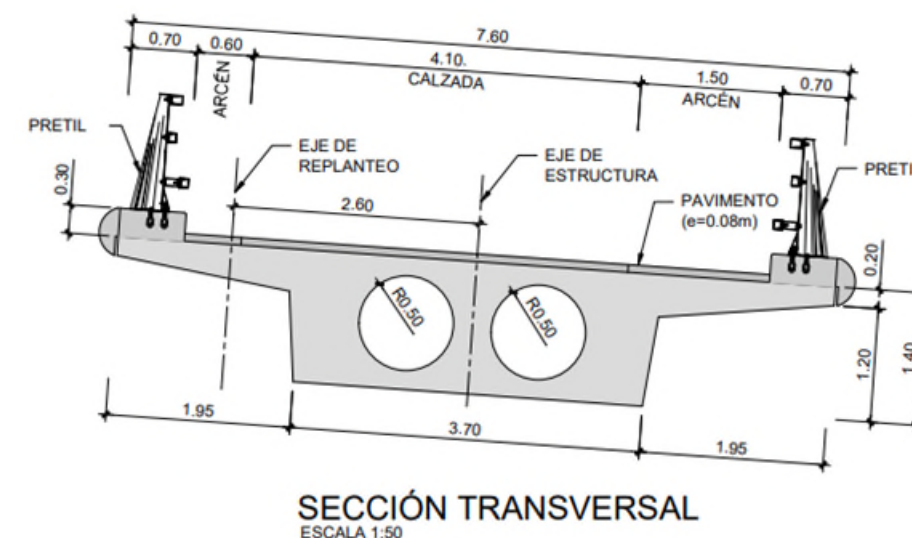


Figura 26: Sección transversal EST02

9.1.2.3 EST03. Puente sobre río Ballonti. PK 0+330 Eje este

El eje este de la Conexión subfluvial cruza sobre el río Ballonti en el PK 0+330 mediante una estructura de 50 metros de longitud. Se proyecta un puente con una distribución de vanos de 12.00+26.00+12.00 metros, adoptando los requerimientos mínimos indicados en el PHN.

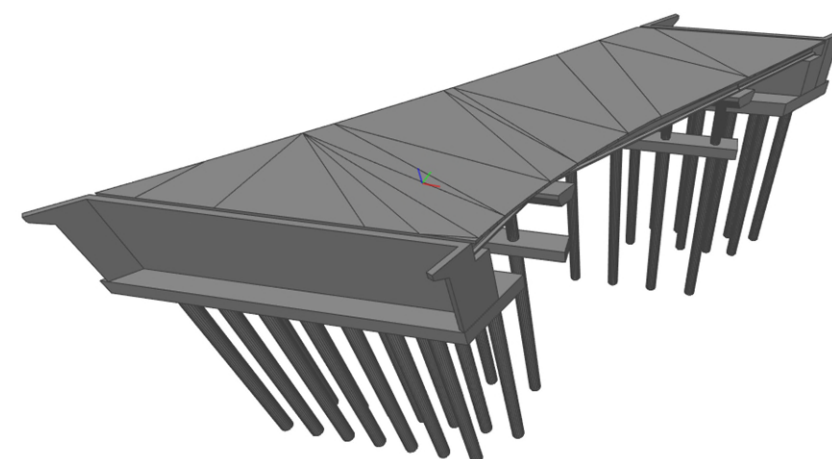


Figura 27: Modelo 3D estructura EST03

Este rango de luces permite plantear una solución para el tablero a base de vigas prefabricadas y losa de compresión, que tendría un canto estimado de 1.50m. Los apoyos intermedios se llevan a cabo mediante pórticos transversales constituidos por pilas de fustes independientes circulares y viga superior en dintel.

En las alineaciones de apoyo extremas se disponen estribos cerrados con cimentación profunda mediante pilotes.

Memoria

Todas las alineaciones de apoyo presentan esviaje respecto del eje de trazado, siguiendo la alineación principal del río.

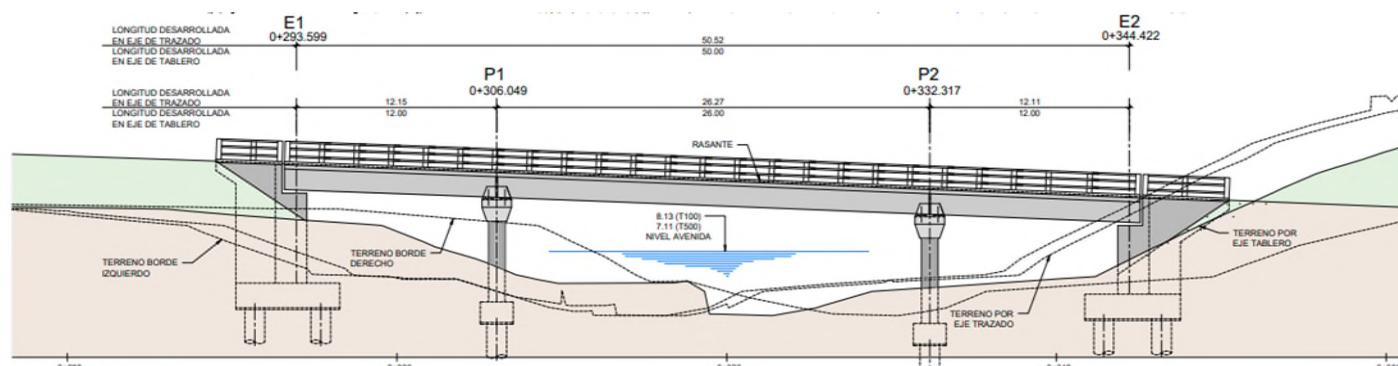


Figura 28: Alzado EST03

La plataforma debe ser capaz de albergar las barreras de seguridad, arcén exterior de 2.50m, tres carriles de 3.5 metros y arcén interior de 1.0m, por lo que se proyecta un ancho mínimo para la sección de 15.40m y máximo de 20.07m.

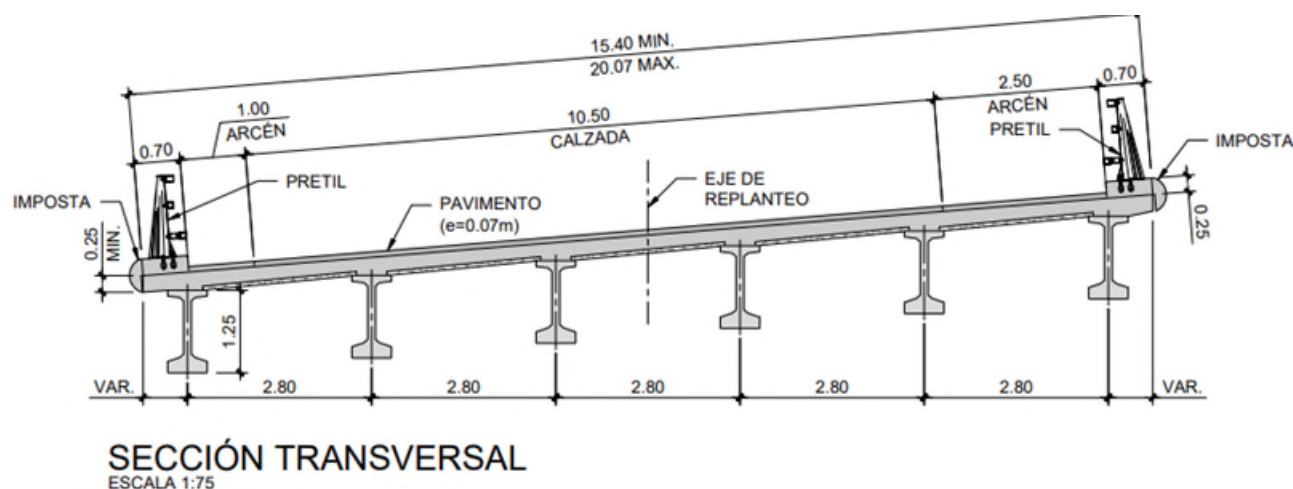


Figura 29: Sección Transversal EST03

9.1.2.4 EST04 Puente sobre río Ballonti. PK 3+395 Eje oeste

La calzada oeste cruzará sobre el río Ballonti en el PK 3+395 mediante una estructura de 50 metros de longitud con una distribución de vanos de 12.00+26.00+12.00 metros respetando los requerimientos mínimos dispuestos en el PHN.

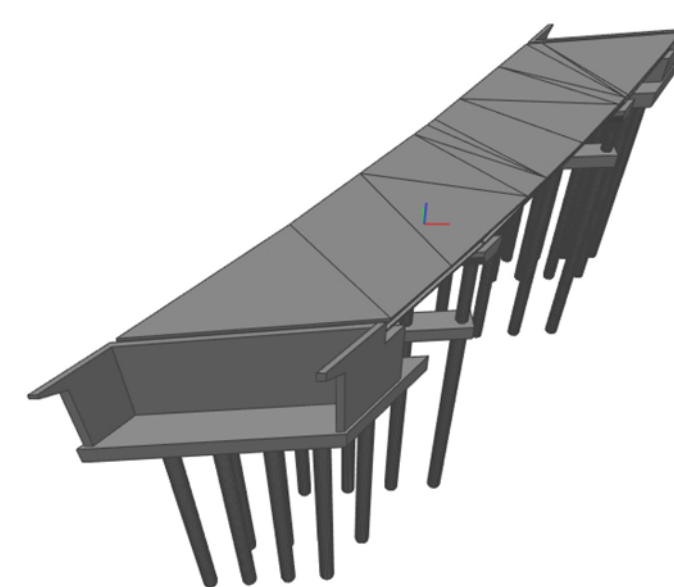


Figura 30: Modelo 3D estructura EST04

Se plantea el proyecto de un tablero de 1.50 metros de canto formado por vigas prefabricadas y losa de compresión. Los apoyos intermedios se llevan a cabo mediante pórticos transversales constituidos por pilas de fustes independientes circulares y viga superior en dintel. En las alineaciones de apoyo extremas se disponen estribos cerrados con cimentación profunda mediante pilotes.

Todas las alineaciones de apoyo presentan esviaje respecto del eje de trazado, siguiendo la alineación principal del río.

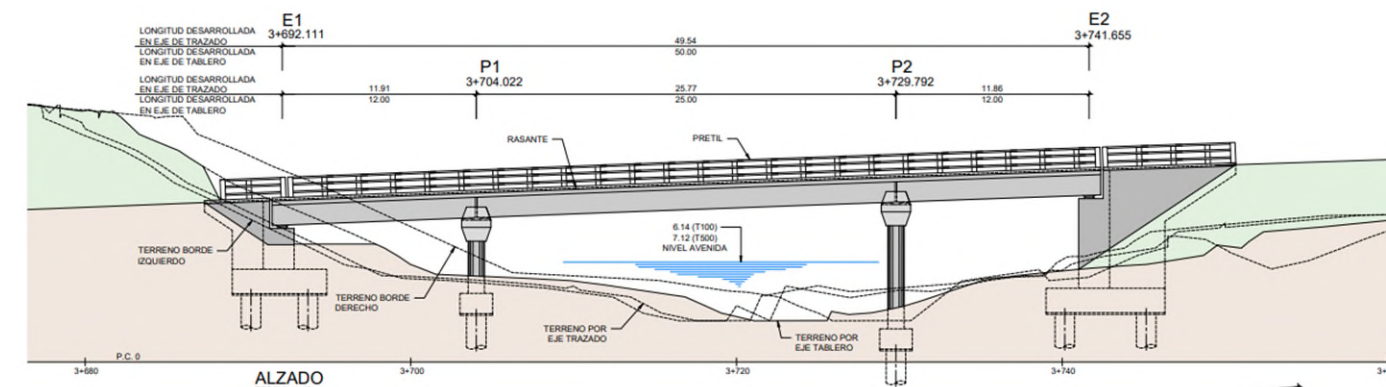


Figura 31: Alzado EST04

La plataforma debe ser capaz de albergar las barreras de seguridad, arcén exterior de 2.50m, dos carriles de 3.5 metros y arcén interior de 1.0m, por lo que se propone un ancho superior para la sección de 11.90m.

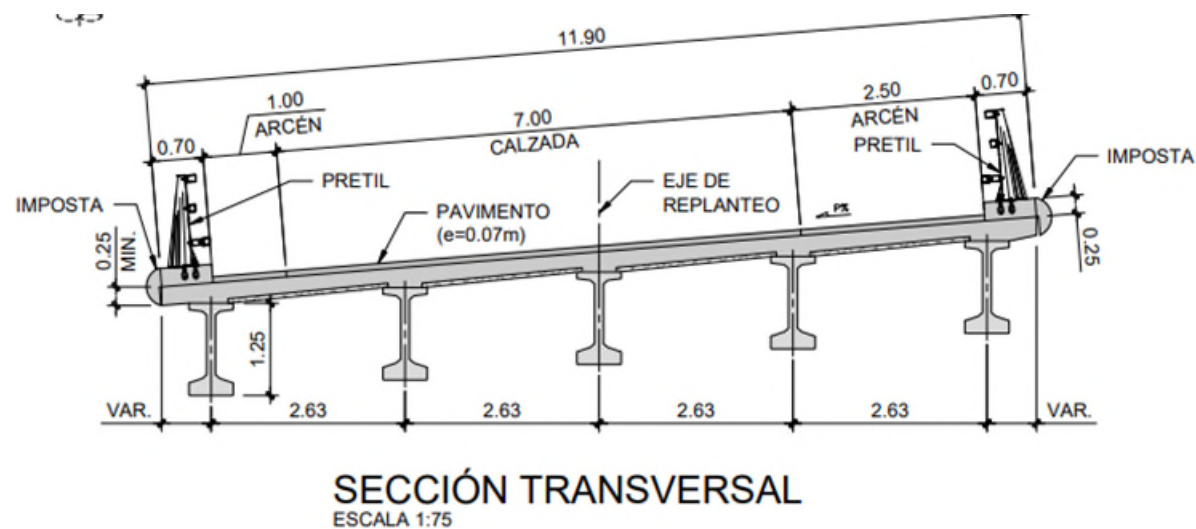


Figura 32: Sección transversal estructura EST04

9.1.2.5 EST05. Puente ramales Sestao-Subfluvial y Subfluvial-Portugalete

El ramal de entrada al eje este desde la glorieta de Galindo precisa el diseño de un puente para cruzar sobre el río Ballonti.

El ramal de entrada al eje este de la subfluvial desde la glorieta de Portugalete cruza sobre el río Ballonti, precisando de un puente para cruzar el cauce. El reducido radio del trazado curvo imposibilita la ejecución mediante vigas prefabricadas de planta recta.

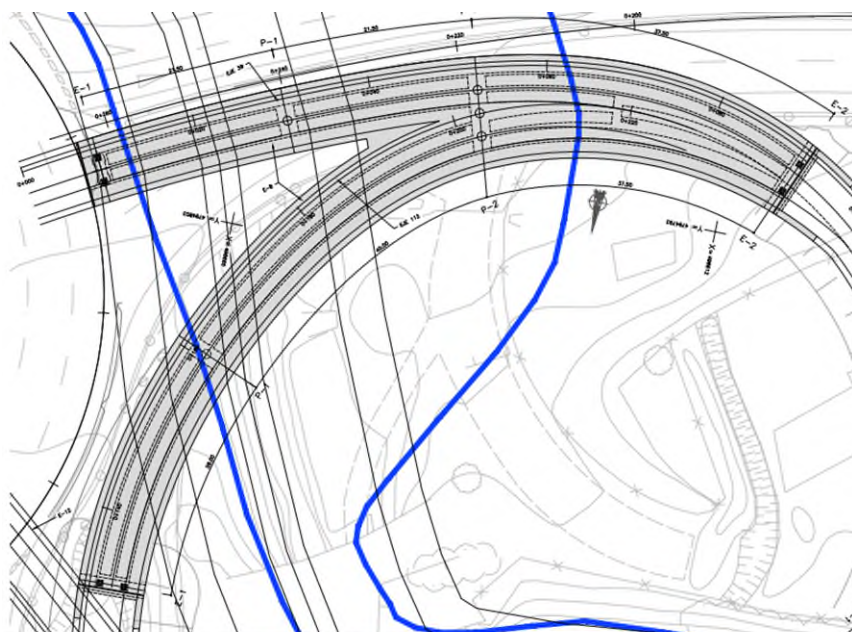


Figura 33: Planta EST05

Se adopta para esta estructura una tipología de tablero in situ que permite una mejor adaptación a la planta de trazado, adoptándose un tablero losa postesada, de 1.80m de canto, con aligeramientos circulares de 1.25m. Los apoyos intermedios se llevan a cabo mediante pilas de fuste único circular, salvo en la zona de bifurcación, donde se dispone un pórtico transversal constituido por pilas de fustes independientes circulares y viga superior en dintel.

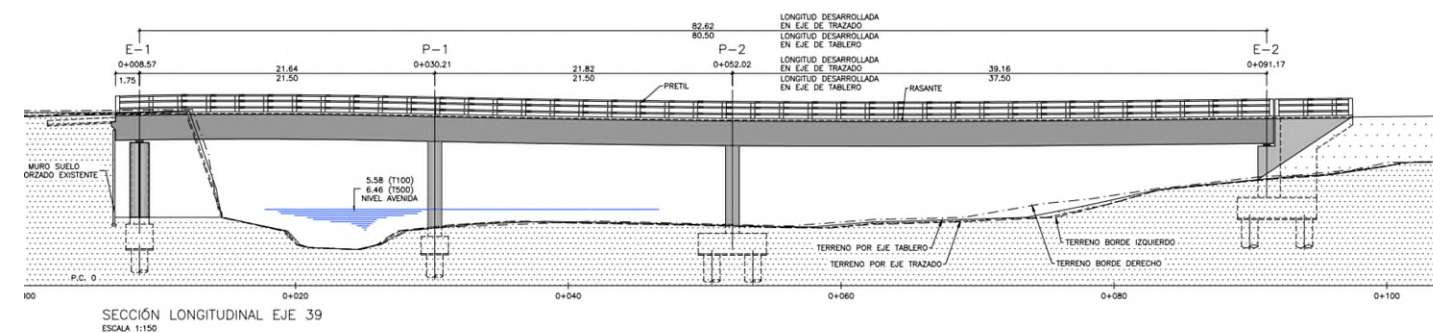


Figura 34: Sección longitudinal Eje 39

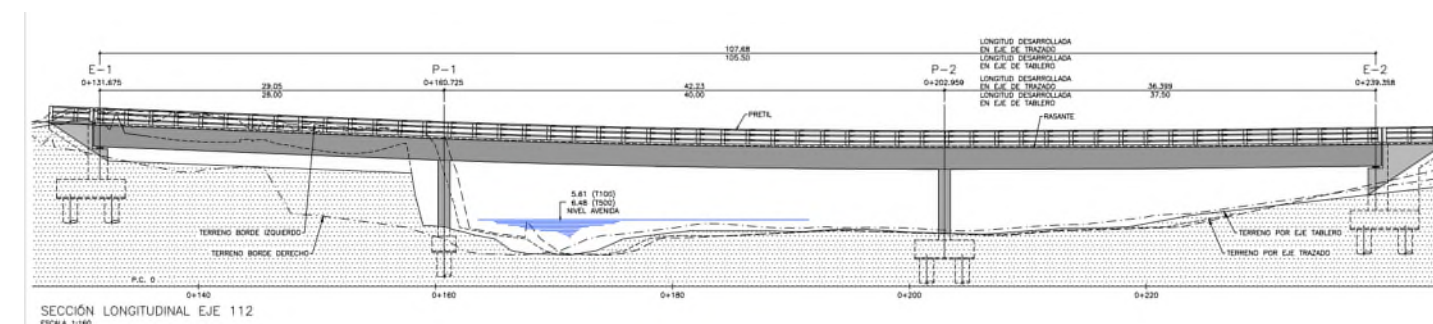


Figura 35: Sección longitudinal Eje 112

Por tanto, se conforma una estructura tipo “pantalón”, el ramal del Eje 39 cuenta con tres vanos 2x21.50m + 37.50 m, y el del Eje 112 está formado por tres vanos de 21.5m + 40m + 37.5 m que materializa la intersección con el ramal de entrada desde la glorieta de Galindo.

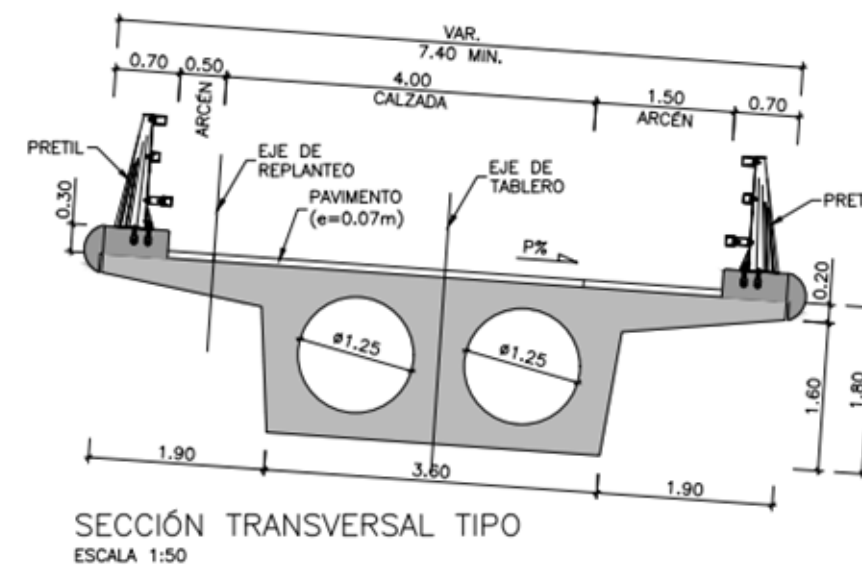


Figura 36: Sección transversal EST05 por ramal

El ancho de la losa será variable debido a la intersección con el ramal de entrada desde la glorieta de Portugalete, debiendo albergar un arcén exterior de 1.50m, un carril de 4.00 metros de ancho mínimo y un arcén interior de ancho 0.50m, además de los sistemas de contención en los extremos del tablero.

Memoria

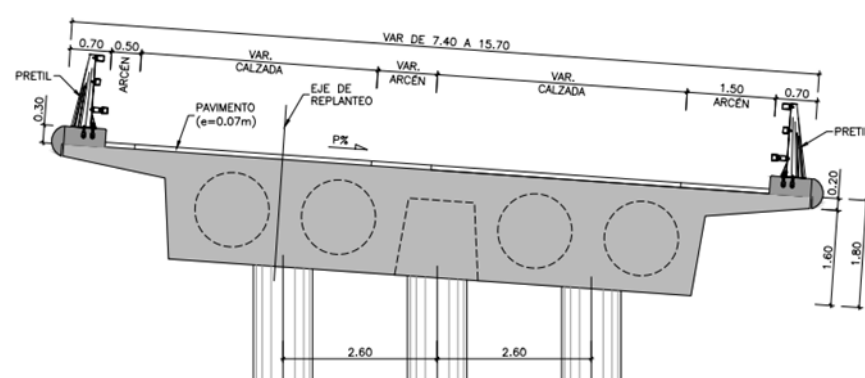


Figura 37: Sección transversal EST05 por zona ancho variable

9.1.2.6 EST06 Viaducto sobre la glorieta de Galindo

Se proyecta un viaducto sobre la glorieta de Galindo, ramal directo de conexión con Galindo desde la calzada oeste de la vía subfluvial, evitando así los cruces a nivel con los diferentes viales.

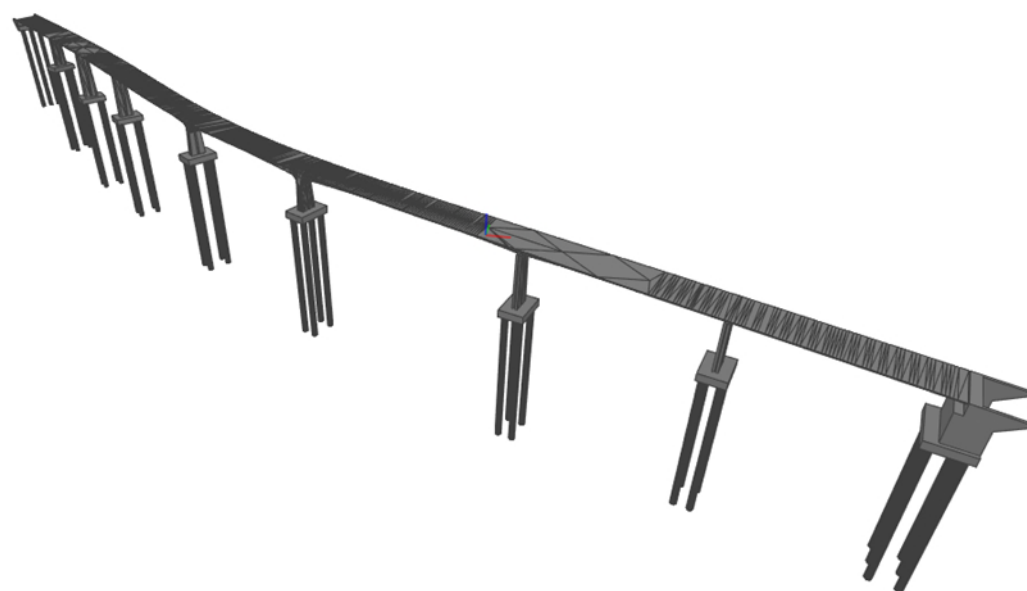


Figura 38: Modelo 3D estructura EST06

Para ello se plantea el diseño de una estructura de 312.98 m de longitud, cruzando sobre la citada glorieta con una distribución de vanos condicionada por las numerosas restricciones para la implantación de las pilas. Se adopta una distribución con nueve vanos de luces 34.60 + 33.38 + 36.00 + 50.00 + 41.00 + 50.00 + 36.00 + 32.00 metros.

Las alineaciones de los apoyos por el estribo E1 y la pila P1 presentan esviaje respecto del eje de trazado 113, siguiendo la alineación de los viales inferiores que dan acceso al Subfluvial.

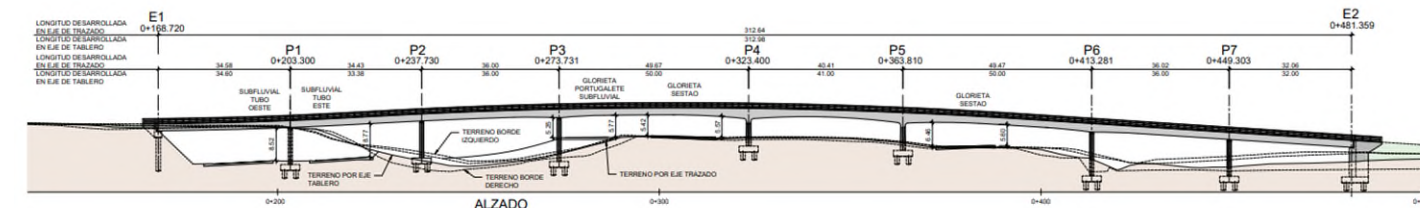


Figura 39: Alzado EST06

Se propone el proyecto de un tablero continuo tipo losa postesada con aligeramiento interior y un canto tipo de 1.80m. En las pilas centrales P3, P4, P5 y P6, correspondientes a los vanos de mayor luz, se propone una variación de canto parabólica, alcanzando un canto máximo sobre pila de 2.20m para las pilas P3 y P6 y de 2.75m para las P4 y P5. Todos los soportes se realizarán mediante aparatos de apoyo sobre pila de fuste único, salvo en las pilas P4 y P5, donde se dispone una solución tipo pórtico con pilas integrales empotradas con el tablero para salvar la descompensación que presenta el quinto vano respecto de los adyacentes. Se logra de esta forma resolver el problema resistente provocado por la descompensación de vanos y lograr una solución formal que genere un hito estético de referencia en el paso de la estructura sobre la glorieta, quedando una distribución de vanos ordenada e integrada lo mejor posible con el entorno.

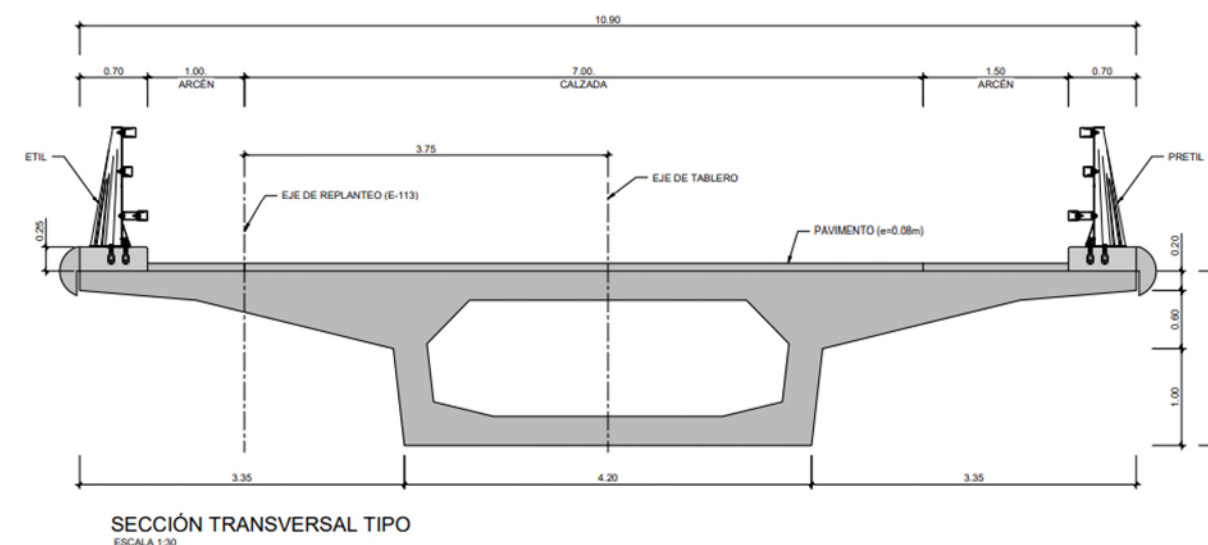


Figura 40: Sección Transversal tipo EST06

9.1.2.7 EST07 Paso superior sobre Subfluvial: Puente glorieta Portugaleta → Sestao

El enlace entre las glorietas de Portugaleta y Galindo requiere el diseño de un paso superior en el PK 0+400 del eje derecho de la Conexión Subfluvial. Se trata de un puente de 65.50 metros de longitud, con dos vanos de 34m + 31.50m de luz, y una alineación única de pilas. La estructura está formada por dos tableros paralelos, uno por sentido, compartiendo estribos.

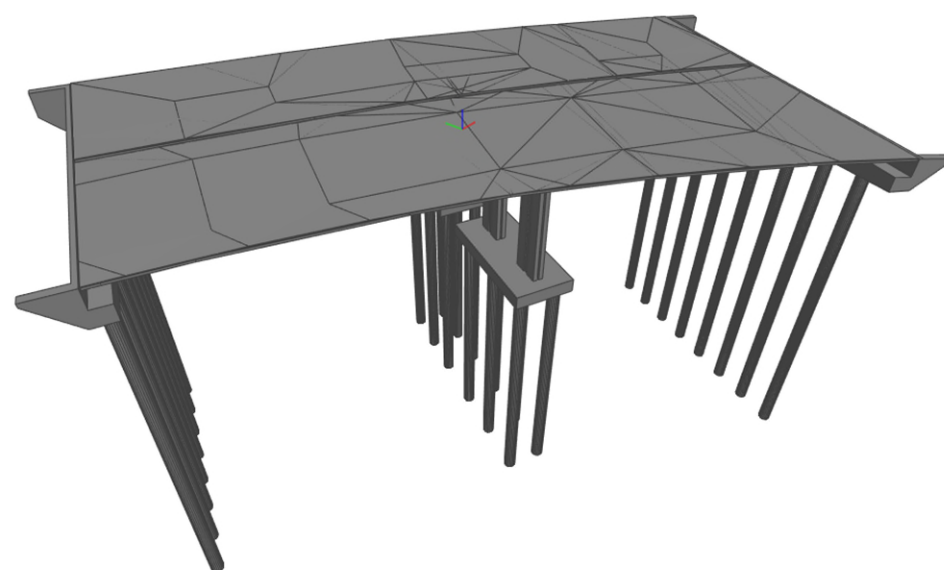


Figura 41: Modelo 3D estructura EST07

El tablero presenta un canto constante de 1.70 metros, y se resolverá mediante tipología de losa postesada aligerada.

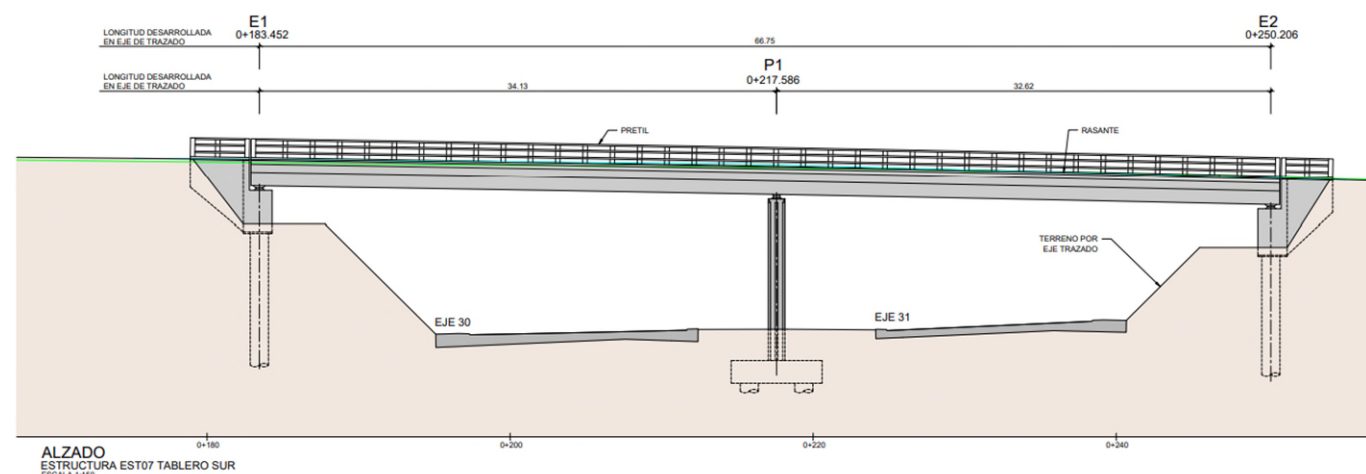


Figura 42: Alzado EST07

La plataforma sur tendrá un ancho variable capaz de albergar arcenes de 1.5m interior y 2.00m exterior, un ramal de salida hacia la calzada este con una anchura de 4m, dos carriles de 3.5m y los sistemas de contención en los extremos del tablero. Por lo que se cuenta con una sección transversal de anchura mínima de 16.35m y una sección máxima de 18.92m.

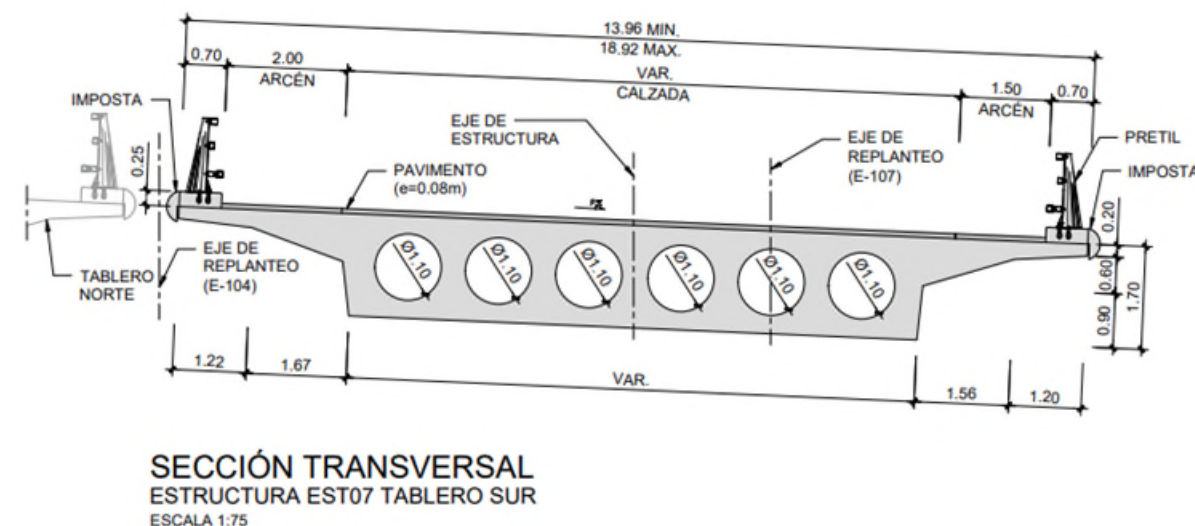


Figura 43: Sección transversal estructura EST07. Tablero sur

La plataforma del tablero norte también es ligeramente variable, con un mínimo de 13.53m y un máximo de 13.70m, albergando un arcén exterior de 2m y uno interior de 1.00m, una calzada de tres carriles de 3.5m y las barreras de seguridad en los extremos del tablero.

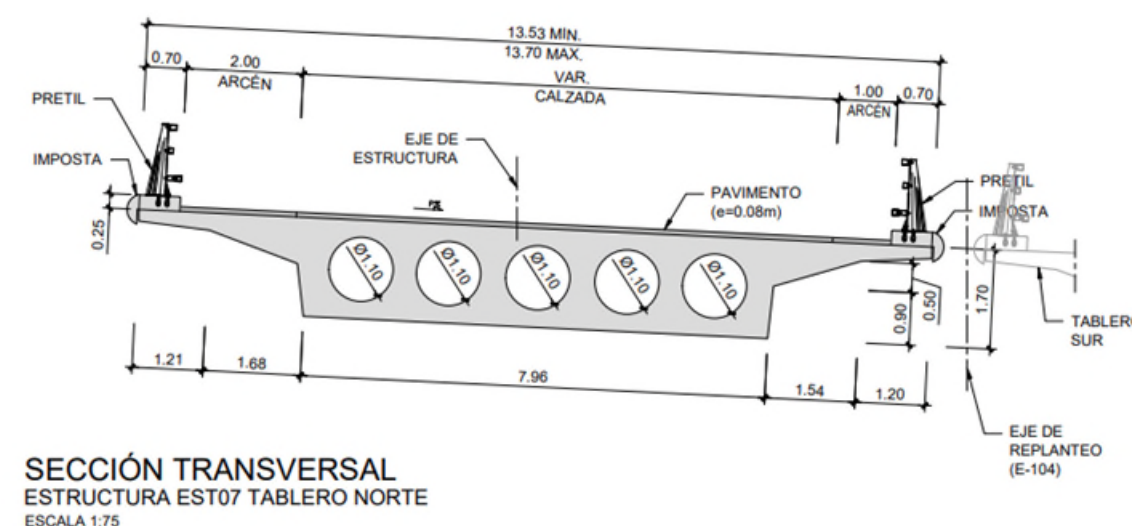


Figura 44: Sección transversal estructura EST07. Tablero norte

En las estructuras EST06 y EST07 se mantiene la misma tipología y geometría exterior de sección, ya que ambas se encuentran muy próximas y conforman la entrada al subfluvial. Se procura, también, diseñar una solución formal semejante en las pilas, para que el conjunto quede integrado, para ello en la EST07 se disponen dos parejas de fustes, con una anchura de 3.00m en el tablero norte y de 3.50m en el sur.

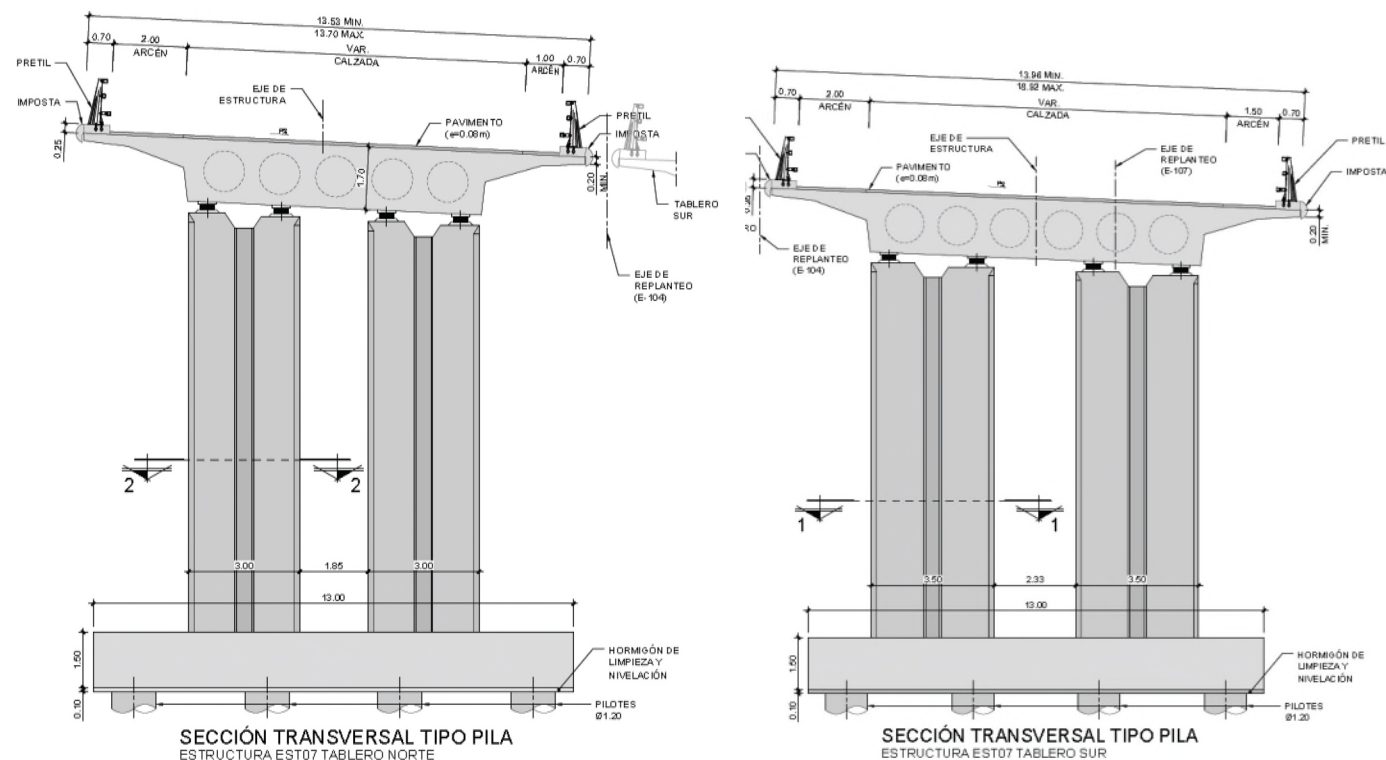


Figura 45: Sección transversal por pila EST07.

9.1.2.8 EST08 A-8 hacia subfluvial. Lado Bilbao

El acceso sur a la Conexión Subfluvial desde la autopista provoca el cruce muy esviado entre los ramales procedentes de la AP-8 y A-8.

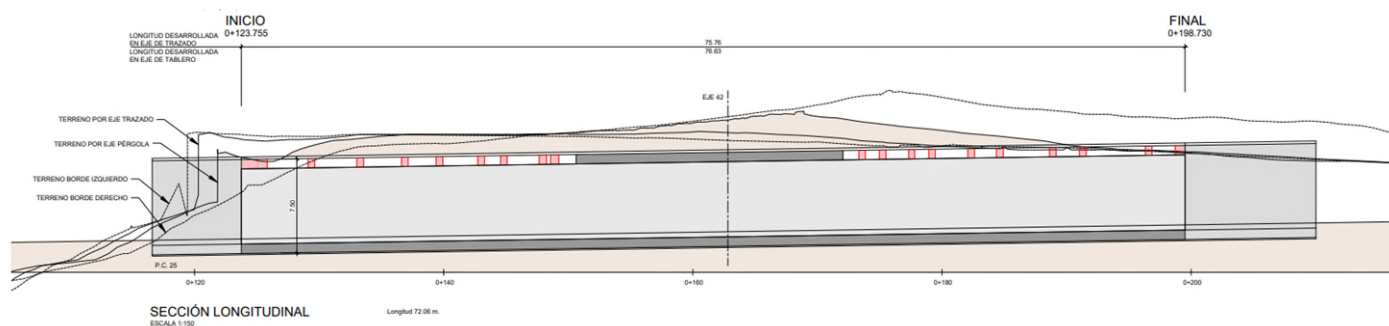


Figura 46: Alzado EST08

Se propone un cruce en desnivel entre ambos trazados, con la formación de una estructura en pérgola en la que el ramal desde la AP-8 cruza sobre el acceso directo desde la A-8.

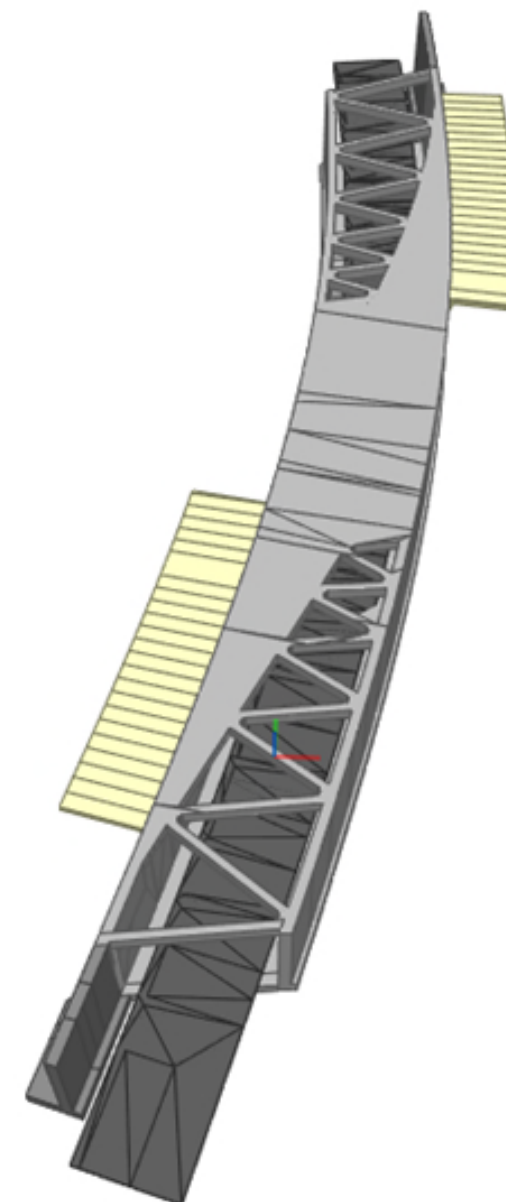


Figura 47: Modelo 3D estructura EST08

Se obtiene una estructura de una longitud aproximada de 76.63 metros, para la que se propone un diseño en marco de hormigón con hastiales de 0.65 metros de canto. Las losas superior e inferior presentan un canto de 0.75 metros; la losa de cubierta se abre en los extremos, quedando sustituida por un plano horizontal de puntales metálicos formando una celosía tipo Warren de ancho variable entre hastiales. Con este diseño se mejora la iluminación y ventilación del paso, buscando a la vez una solución estéticamente atractiva.

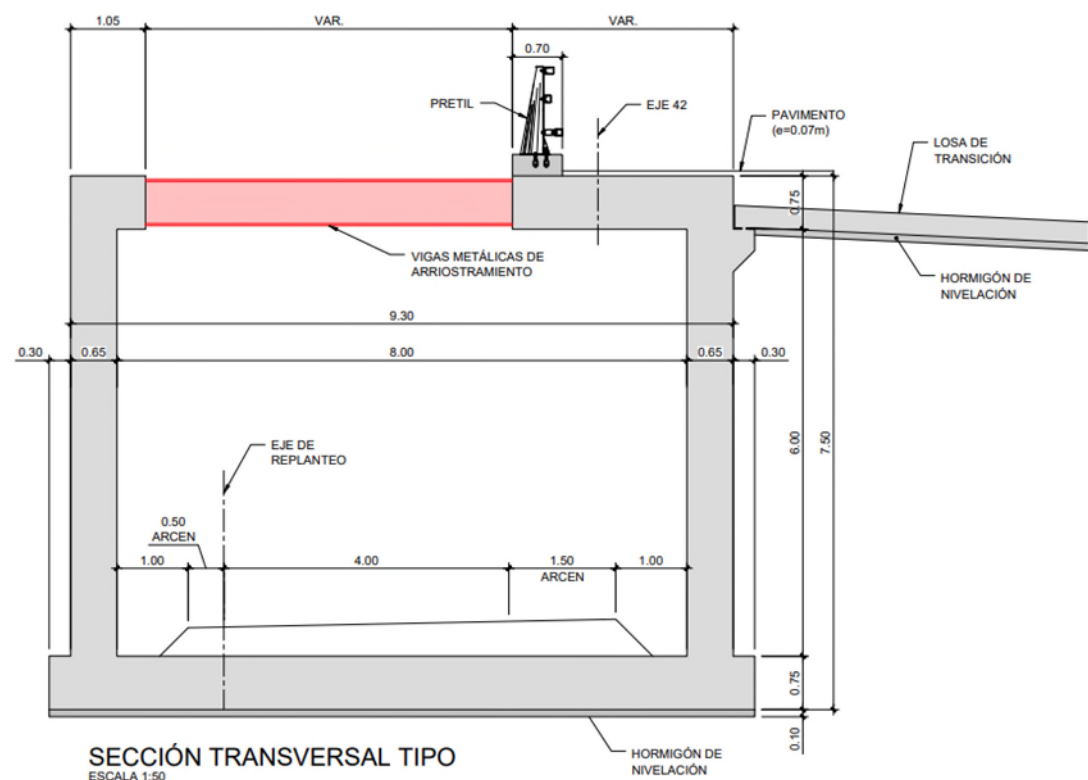


Figura 48: Sección transversal estructura EST08

La sección transversal tendrá un ancho de 8.00 metros, albergando una plataforma formada por arcén exterior de 1.50m, carril de 4.00m y arcén interior de 0.50 metros, además de bermas de 1.00 metro a cada lado de la calzada, siendo los propios hastiales el sistema de retención de vehículos.

9.2 Margen derecha

En la actualidad, la glorieta de Artaza permite el enlace a nivel entre la carretera BI-637 y el entramado urbano de la ciudad de Bilbao, existiendo un paso inferior bajo la glorieta (Eje 70 Uribe Kosta - Avanzada) que da prioridad a la circulación directa de vehículos que se mantienen en la citada carretera.

La ejecución de la vía del Subfluvial de Lamiako, de conexión viaria entre las dos márgenes permite una múltiple interconexión entre las circulaciones Subfluvial / Avanzada / Uribe Kosta / Zugazarte, a la vez que modifican la circulación en superficie en la zona. La definición de los ramales a implantar en la margen derecha es la siguiente:

- Eje 32 Subfluvial - Zugazarte
- Eje 33 Subfluvial - Uribe Kosta
- Eje 34 Subfluvial - Avanzada
- Eje 35 Avanzada - Subfluvial
- Eje 36 Zugazarte - Subfluvial
- Eje 37 Uribe Kosta - Subfluvial

Los ramales definidos tendrán la tipología de falsos túneles, realizados mediante pantallas y losas de hormigón armado entre pantallas a distintos niveles, respetando los gálibos.

Dichos ramales se reflejan en el croquis de la siguiente imagen, sobre la planta de situación actual.

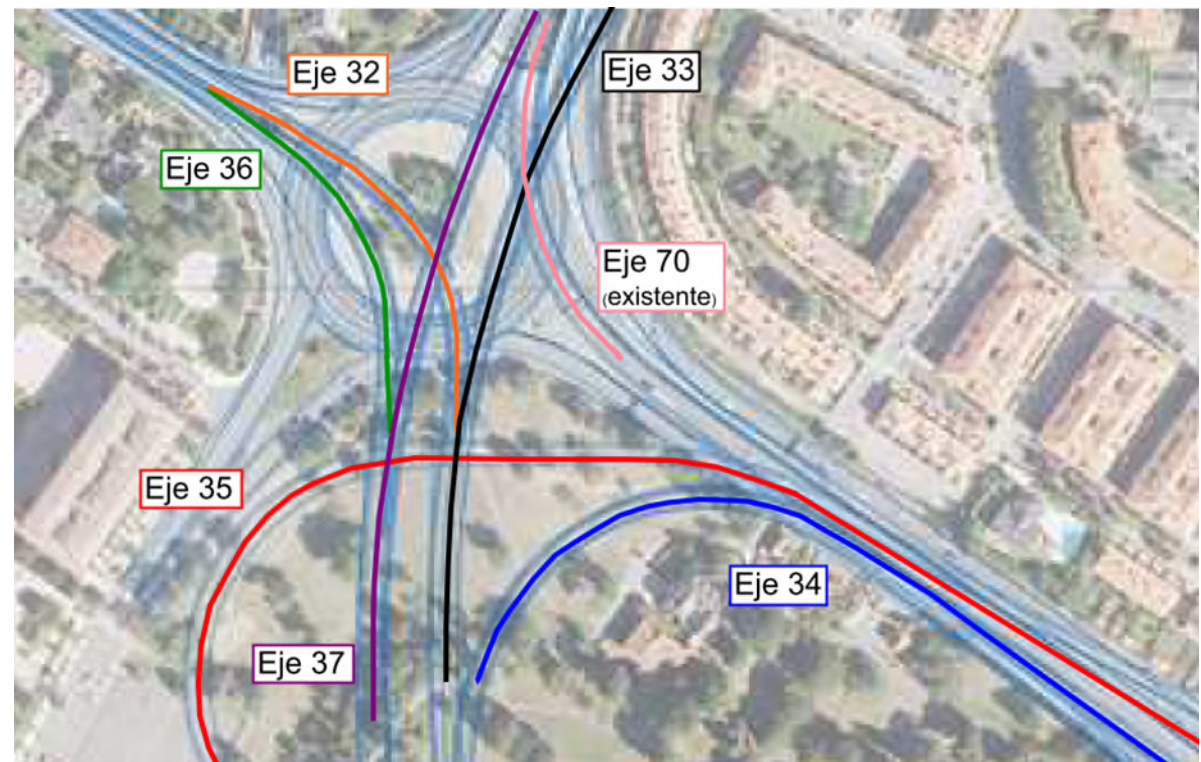


Figura 49: Croquis implantación de ramales. Margen derecha

9.2.1 Condicionantes de diseño

- Entorno urbano y estética

La implantación de los ramales se realiza en el entorno urbano de los municipios de Getxo y Leioa, estando condicionados por la escasez de espacio, por lo que se descarta la opción de pasos superiores optándose por pasos inferiores.

- Tráfico y servicios existentes

Se debe procurar la menor afección posible al tráfico rodado, pues se está actuando en una zona de alta Intensidad Media Diaria de vehículos. Esto impone límites en cuanto a la profundidad de las excavaciones a cielo abierto.

- Trazado

La implantación de los ramales en una superficie tan restringida obliga a un complicado diseño, que conduce al establecimiento de cruces a desnivel entre los ramales.

- Geotecnia

La cimentación directa sobre arcillas o roca se produciría a elevadas profundidades, por lo que parece razonable la ejecución de las estructuras con cimentaciones profundas, muros pantalla.

- Nivel freático

Debido a la importancia del nivel freático en la zona, es preferible el diseño de muros pantalla frente a una solución de pilotes secantes, pues se reduce el número de juntas entre elementos por los que podría producirse filtración y en consecuencia disminuyen las secciones a impermeabilizar.

9.2.2 Descripción de las estructuras

Los falsos túneles de los ramales de la margen derecha se ejecutarán mediante pantallas, para la contención de tierras. Las losas entre pantallas se dispondrán en función de los requerimientos de las distintas tipologías de secciones, que dependen de la profundidad de rasante, los gálidos necesarios y el tipo de ventilación de los ramales.

Los pies de pantalla se dispondrán a una profundidad que permita un empotramiento adecuado según se encuentren en suelo o roca.

El diseño de las secciones considerará el nivel freático definido en cada zona, así como la necesidad de realizar una losa de subpresión en aquellos casos en que no se garantice la impermeabilidad del paso inferior.

El galibo de los ramales es variable, respetándose siempre un galibo mínimo requerido para la circulación de vehículos de 5m y cuando es posible adoptándose un galibo deseable de 6.3m o mayor.

Así mismo, la distancias entre pantallas también es variable entre los distintos ramales, en función de la distribución de carriles y arceles y el tipo de ventilación.

La ventilación, dependiendo de ramales y tramos, se realizará o bien por la parte superior del falso túnel o bien por el lateral.

En la siguiente imagen se puede ver una planta general con los distintos ramales.

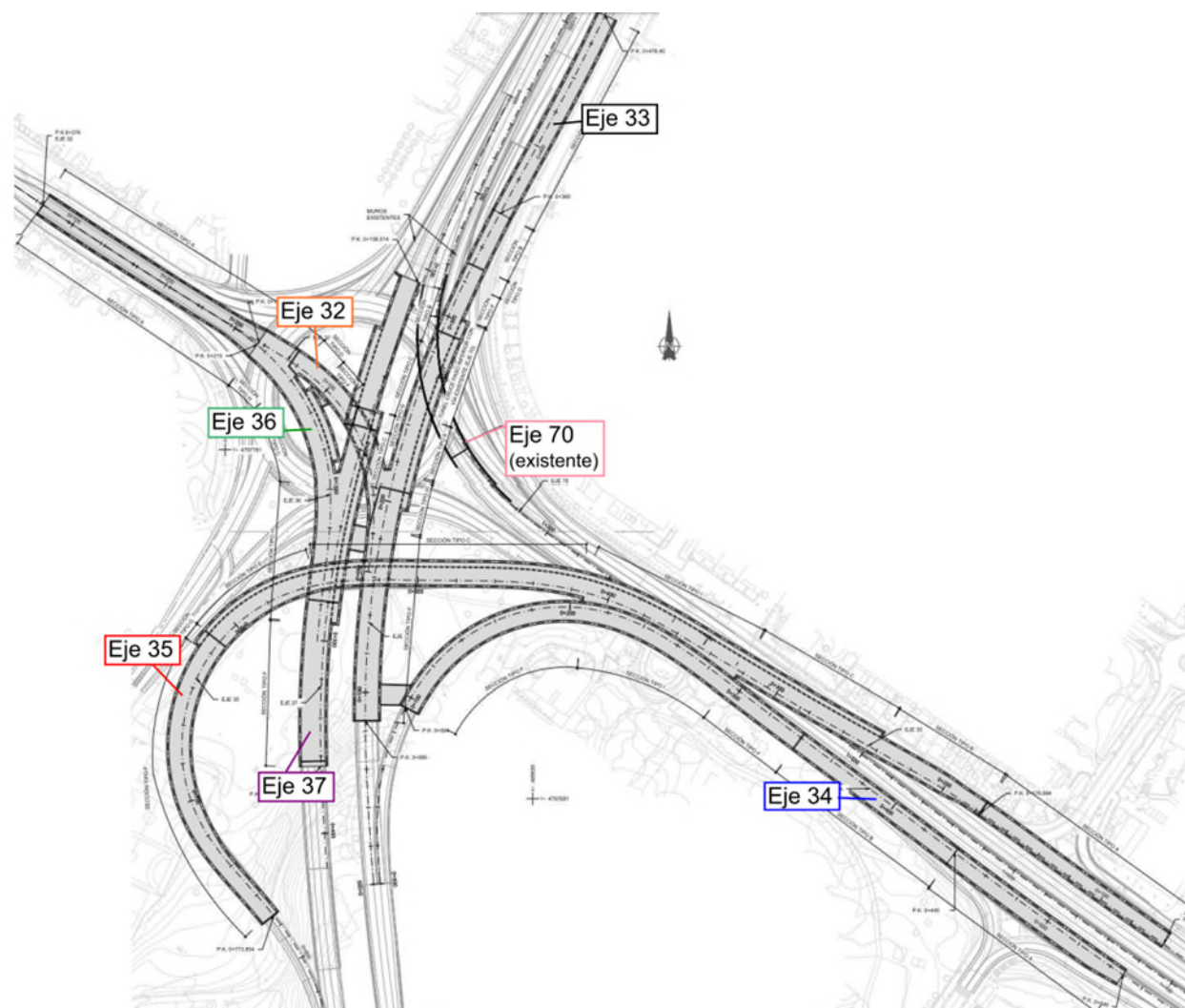


Figura 50: Planta general. Margen derecha

10 TÚNELES

El proyecto incluye un túnel bitubo que atraviesa la ría de Bilbao y cuyo tramo en mina tiene una longitud de aproximadamente 3,2 km. El inicio del túnel principal ejecutado en mina está situado entre los siguientes PKs:

- Tubo sentido Artaza: Inicio en PK 0+443,19 (eje 31) y final en PK 0+085 (eje 33), lo que equivaldría al PK 3+685,40 del eje 31. Longitud del túnel 3.242,21 m.
- Tubo sentido Ballonti: Inicio en PK 0+365 (eje 37), lo que equivaldría al PK 0+376,21 del eje 30, y final en PK 3+586,23 (eje 30). Longitud del túnel 3.210 m.

Además del túnel principal, existen otras secciones con tipología de túnel en mina, que serán dos pequeños tramos de los ramales de conexión en la zona de Artaza y las distintas galerías auxiliares que conectarán los dos tubos del túnel principal (galerías peatonales de evacuación y galerías de comunicación e instalaciones).

La sección del túnel principal será variable y constará de diferentes tipologías a lo largo de su trazado. Estas secciones tipo son las siguientes:

- Sección de 2 carriles o sección estándar (drenada o estanca)
- Sección de 3 carriles
- Sección de cavernas de bifurcación

El túnel se excavará por métodos convencionales (método NATM), por lo que para garantizar su seguridad constructiva, sobre todo en su tramo bajo la ría de Bilbao, se ha buscado que su trazado siempre discurra en el sustrato rocoso con un recubrimiento mínimo de roca sobre la clave de al menos 1 diámetro (aproximadamente entre 8 y 11 m).

Este recubrimiento mínimo de roca sobre la clave del túnel se encuentra localizado en un tramo de la zona de Lamiako cuya longitud varía según el tubo:

- Tubo sentido Artaza: tramo de 127 m entre el P.K. 2+318 y el P.K. 2+445
- Tubo sentido Ballonti: tramo de 100 m entre el P.K. 1+580 y el P.K. 1+680

El recubrimiento máximo sobre la clave del túnel es de unos 80 m en margen izquierda y de unos 100 m en margen derecha.

10.1 Modelo geológico-geotécnico 3D desarrollado con Leapfrog

Con objeto de facilitar el análisis de la extensa información geotécnica disponible, así como de interpretarla en su conjunto y en el contexto espacial de las obras subterráneas proyectadas, se ha desarrollado un modelo geológico-geotécnico tridimensional con el software Leapfrog Works.

Para la generación de dicho modelo ha sido necesario desarrollar una base de datos digital a partir de la información más relevante del proyecto. En particular se ha incorporado la siguiente información en el modelo 3D:

- Información de sondeos (293 sondeos, de los cuales 189 se han incluido con la testificación completa y 104 únicamente con el contacto suelo-roca por ser más antiguos y no disponer del registro completo)
 - Localización espacial de todos los sondeos
 - Identificación de litologías por profundidad
 - Distribución de valores de RMR a lo largo de cada sondeo
 - Información adicional: niveles piezométricos, agrupación por zonas, etc.
- Mallas 3D de topografía y lámina de agua de la ría
- Modelo 3D de obra subterránea del túnel Subfluvial
- Cartografía y planos
 - Mapas geológicos de la zona
 - Planta de prospecciones del proyecto
 - Ortofotos y otros planos para la ubicación de sondeos antiguos cuyas coordenadas eran desconocidas

A partir de esta información de base, se ha efectuado el análisis espacial de la información geotécnica y se han obtenido modelos geológicos, numéricos y estadísticos del entorno del túnel y las principales litologías.

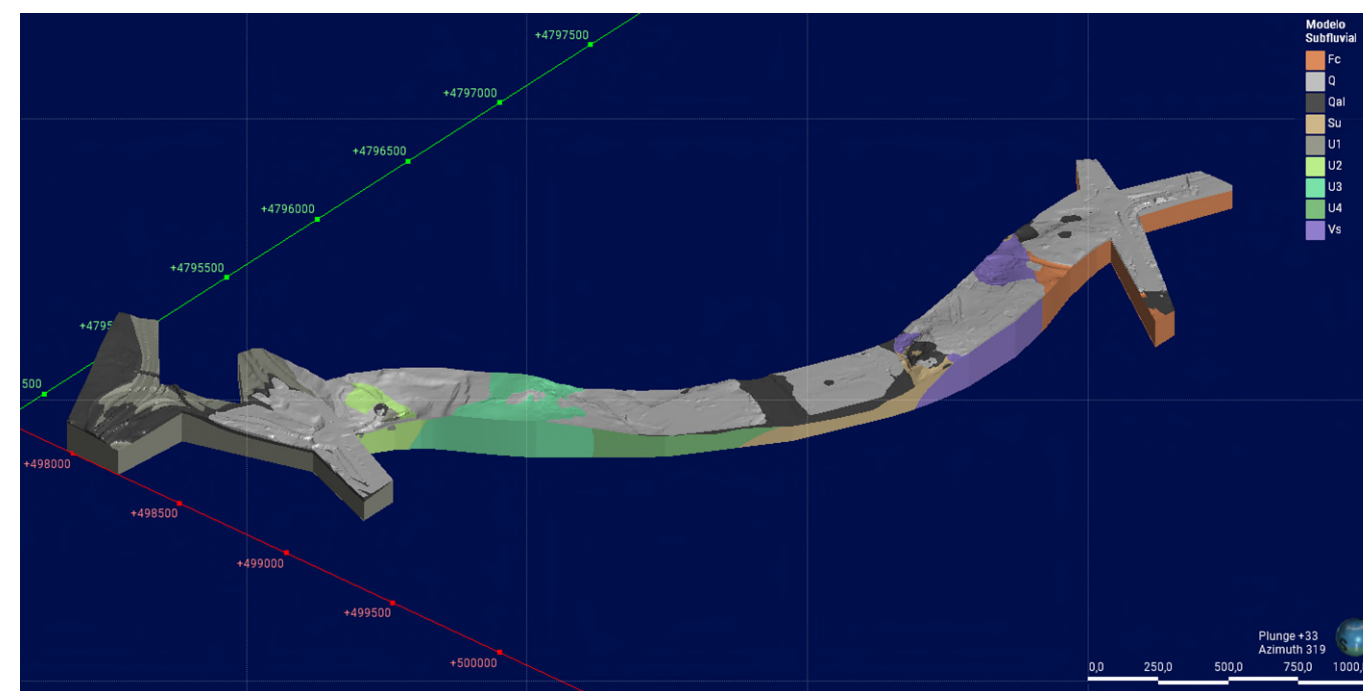


Figura 51: Vista general del modelo geológico 3D de Leapfrog.

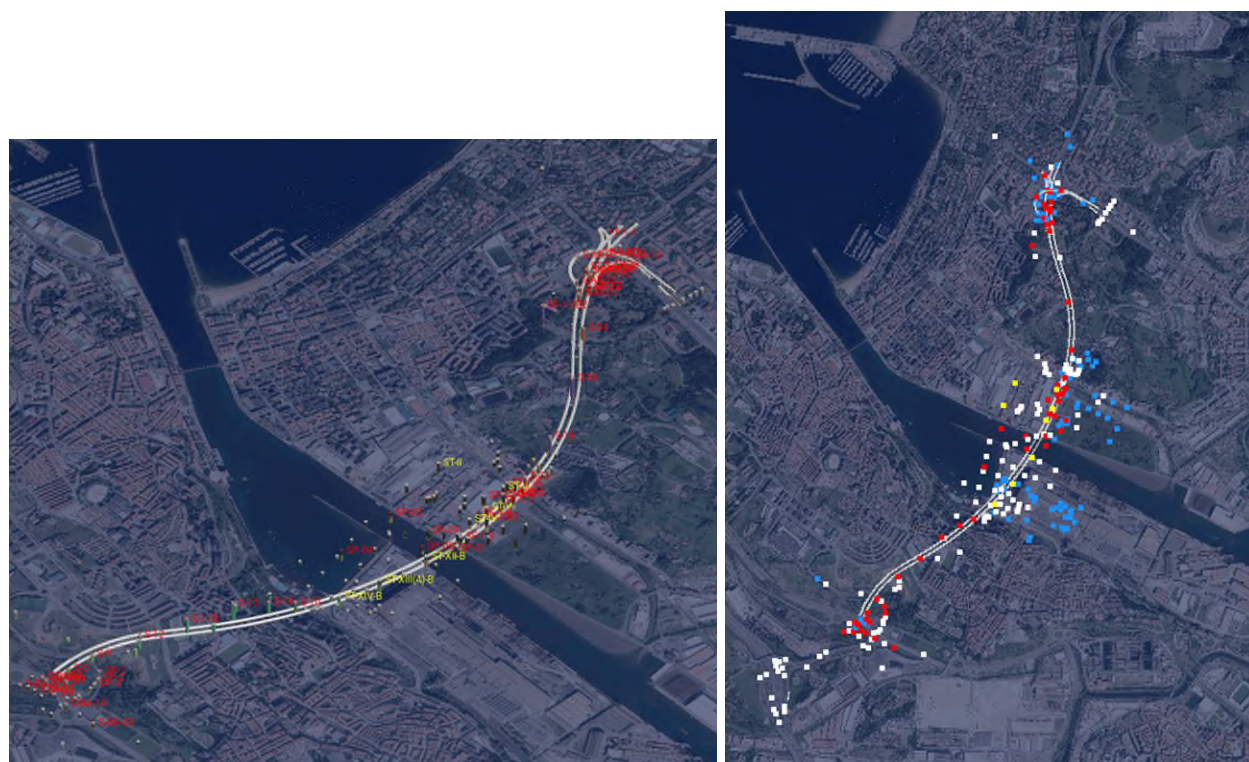


Figura 52: Vista 3D y planta general de los sondeos incluidos en el modelo (rojos-campaña actual, blancos-información previa de otros proyectos y azul-puntos contacto suelo-roca de información previa)

10.2 Método de excavación

En función de la información existente (ensayos de abrasividad y resistencia) y de la calidad geomecánica del macizo excavado, en el siguiente cuadro se indica la idoneidad de cada uno de los métodos de excavación analizados para el tramo en mina del túnel Subfluvial.

Método de excavación	Idoneidad	Observaciones
Perforación y Voladura	No válido	Técnicamente posible en combinación con el martillo, pero descartado por tratarse de una obra urbana y la necesidad de evitar dañar el macizo rocoso aledaño al perfil de excavación. Además, en Bilbao no se cuenta con experiencias en túneles de similares características excavados con voladuras.
Martillo	Válido	Adecuado como complemento de otro método.
Rozadora	Válido	Adecuado y además es el método habitualmente empleado en Bilbao en túneles de similares características.

Tabla 5: Métodos de excavación

Por tanto, en el caso del túnel Subfluvial de Lamiako se ha decidido que la excavación se realizará con rozadora y sin el empleo de voladuras.

La unidad geotécnica que condicionará la potencia de la máquina rozadora será la de las calizas y margas (U3), que se encuentra en la margen izquierda a lo largo de casi 700 m de longitud del túnel y presenta las mayores resistencias a compresión simple de todo el trazado.

En función de la información geotécnica disponible, la resistencia a compresión simple media de esta unidad es de 47 MPa, con un valor máximo de 116 MPa. El RQD a cota de túnel registrado en los sondeos es muy alto y siempre en el entorno de RQD ~ 100%.

Con estos valores y siguiendo el criterio de Romana, la máquina debería tener una potencia de:

- rozadora de más de 50 t si se considera la RCS media (47 MPa) => zona C
- rozadora de más de 80 t si se considera la RCS máxima (116 MPa) => zona B

10.3 Secciones tipo

El túnel principal constará de las siguientes secciones tipo a lo largo de su trazado:

- Sección de 2 carriles o sección estándar (ST2C)
- Sección de 3 carriles (ST3C)
- Sección de caverna de bifurcación (STC)

Cada una de estas secciones se ha definido con objeto de garantizar una sección funcional suficiente para albergar los gálibos de circulación, los equipos e instalaciones necesarios y los espacios de seguridad requeridos. Asimismo, para la definición de la forma de las secciones se parte de la consideración de que los túneles se ejecutan por métodos convencionales (NATM).

En los puntos del trazado en los que se produce la intersección entre los ramales anteriores y los túneles principales resulta necesario ampliar la sección de excavación de los túneles debido a la progresiva separación de carriles que permita el acuerdo entre una sección de 3 carriles y las dos secciones en que se descompone posteriormente a la intersección. Por ello, a partir de la sección de ramal y la de dos carriles de circulación, se ha definido una sección en caverna que abarque ambas secciones funcionales.

Se han definido una serie de galerías auxiliares cuya ubicación y principales características se presentan en la siguiente tabla:

Galería	Pk (sentido Artaza)	Vehículo Emergencia	Cuarto Técnico	Bombeo	Sección tipo	Interdistancia entre galerías
Emboquille	0+440	NO	-	-	Peatonal	255
SE1	0+695	NO	-	-	Peatonal	255
SE2	0+950	NO	-	-	Peatonal	255
SE3	1+205	NO	-	-	Peatonal	255
SE4	1+460	SÍ	CT2	-	Comunicación/Instalaciones	255
SE5	1+715	NO	-	-	Peatonal	255
SE6	1+970	SÍ	-	-	Comunicación	280
SE7	2+250	NO	-	Sí / Punto bajo	Comunicación	270
SE8	2+520	NO	-	-	Peatonal	260
SE9	2+780	SÍ	CT3	-	Comunicación/Instalaciones	200
SE10	2+980	NO	-	-	Peatonal	250
SE11	3+230	NO	-	-	Peatonal	250
SE12	3+480	SÍ	-	-	Comunicación	

Tabla 6: Galerías auxiliares

10.4 Sostenimientos y revestimientos

Los elementos de sostenimiento que se emplearán serán los siguientes:

- Hormigón proyectado: El hormigón proyectado tiene dos efectos principales. Por un lado, sella la superficie de la roca cerrando las juntas, evitando la descompresión y la alteración de la roca. De este modo, el terreno puede mantener, en gran medida, sus características iniciales. Por otro lado, el anillo de hormigón proyectado desarrolla una resistencia y puede trabajar como lámina, resistiendo las cargas que le transmite la roca al deformarse. También resiste la carga puntual ejercida por pequeñas cuñas o bloques de roca que descansan sobre la capa de hormigón.
- Bulones: Los bulones tienen igualmente dos efectos básicos sobre la roca. El bulonado cose las juntas de roca impidiendo que cuñas y bloques puedan deslizarse a favor de las fracturas. Hay que tener en cuenta que generalmente la rotura de un macizo rocoso se produce siempre a favor de las juntas. Por otra parte, el bulonado tiene un efecto de confinamiento de la roca, actuando del mismo modo que las armaduras lo hacen dentro del hormigón. Gracias a este efecto se consiguen absorber las tracciones que aparecen en el terreno e impedir la formación de zonas descomprimidas.
- Fibras y mallas metálicas: Tienen una misión secundaria que es la de dotar al hormigón proyectado de la suficiente resistencia a tracción para soportar los esfuerzos de este signo.
- Cerchas: Las cerchas tienen una función resistente trabajando como un arco y colaborando con el hormigón proyectado. Tienen la ventaja sobre éste de que su resistencia inicial ya es la definitiva, mientras que en el hormigón las resistencias se desarrollan con el tiempo. Otra función de las cerchas es definir claramente la geometría del túnel, lo que ayuda a conseguir los espesores adecuados de hormigón proyectado y a evitar sobreexcavaciones o zonas dentro de gálibo.
- Paraguas de micropilotes: Los paraguas son elementos lineales de refuerzo previo colocado paralelamente al túnel por delante del frente y situados por encima de la línea de excavación. Mediante la acción de los paraguas se puede conseguir atravesar una zona de mala calidad de roca sin que se produzcan desprendimientos en clave, siendo especialmente indicados en los emboquilles.

Para el diseño del revestimiento del túnel Subfluvial se van a adoptar las siguientes consideraciones:

- El túnel será drenado excepto en su tramo bajo la ría de Bilbao y la vega de Lamiako en el que será no drenado (estanco).

Este tramo no drenado (estanco) se sitúa entre el PK 1+866 y el PK 2+490 (tubo sentido Artaza), y entre el PK 1+536 y el PK 2+162 (tubo sentido Ballonti), y se excava en su totalidad en la formación S_u de lutitas con intercalaciones de areniscas.

El motivo para ejecutar este tramo estanco es que las pruebas hidrogeológicas realizadas han mostrado que existe una conexión hidráulica entre el sustrato rocoso de esta zona y la ría de Bilbao, por lo que será necesario evitar el riesgo de una posible entrada de agua en el túnel.
- Se va a considerar que no se puede garantizar que los elementos del sostenimiento mantengan sus propiedades íntegras a largo plazo.

De esta forma, los revestimientos definidos son los siguientes para los distintos tramos en mina del túnel Subfluvial, ramales de conexión y galerías auxiliares:

- Túnel principal drenado y ramales de conexión: 30 cm de HAF-30 + 35 kg/m³ fibras de acero
- Túnel principal estanco: 30 cm HA-30 (cuantía de 120 kg/m³)

- Cavernas de bifurcación: 40 cm HAF-30 + 35 kg/m³ fibras acero
- Galerías auxiliares de comunicación e instalaciones drenadas: 30 cm HAF-30 + 35 kg/m³ fibras acero
- Galerías auxiliares de comunicación e instalaciones estancas: 30 cm HA-30 (cuantía de 120 kg/m³)
- Galerías auxiliares peatonales: 15 cm HAF-30 + 35 kg/m³ fibras acero

Todos los revestimientos llevarán además 2 kg/m³ de microfibras para el fuego.

11 INSTALACIONES DE SEGURIDAD EN TÚNELES

11.1 Energía y Alumbrado

Energía

La solución propuesta para la seguridad de suministro eléctrico será mediante dos (2) líneas de media tensión (MT) de doble circuito procedentes de dos subestaciones diferentes de compañía que alimentarán a los centros de transformación del túnel.

En la siguiente imagen se muestra el esquema general de distribución de centros de transformación del túnel.

Las líneas de alimentación suministrarán energía al CT 1 y CT4.

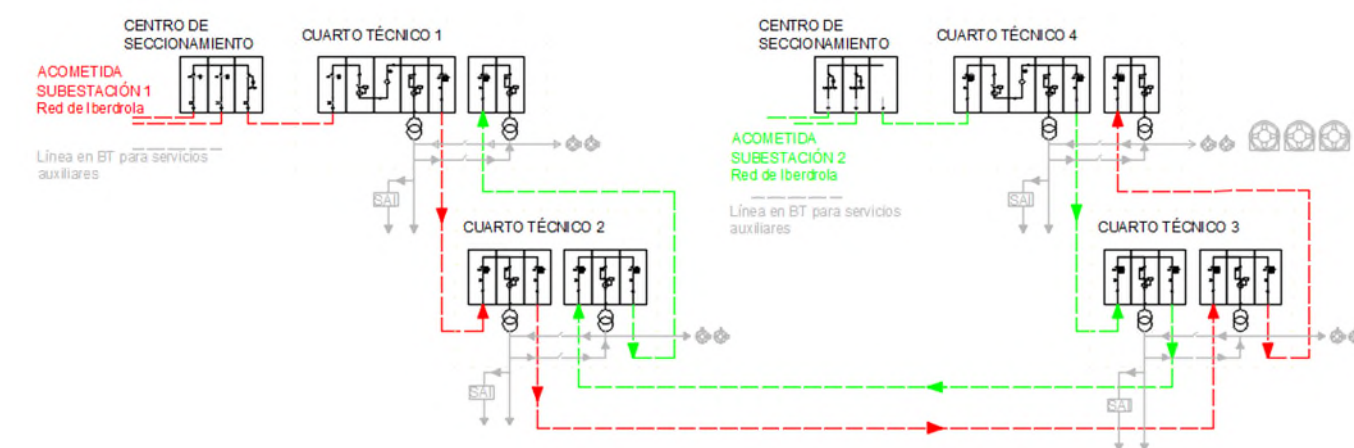
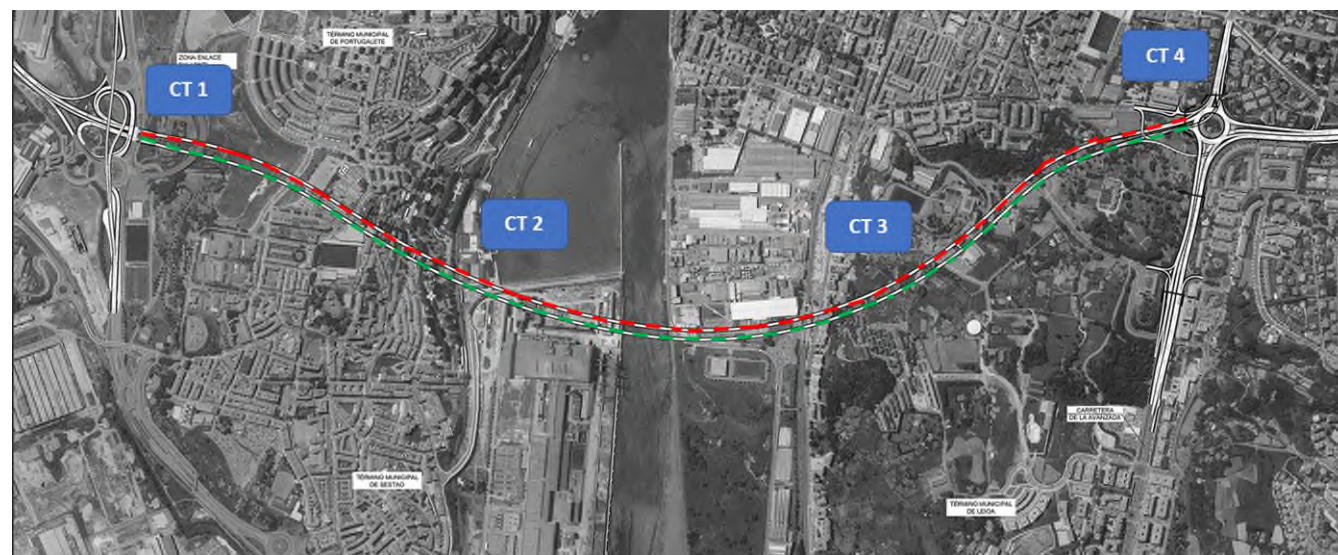


Figura 53: Esquema de conexionado

Las líneas de interconexión entre los centros de transformación estarán dimensionadas para la potencia requerida por cada centro de transformación en funcionamiento a máxima potencia.

Se proponen cuatro (4) CTs que prestarán servicio al túnel. Atendiendo la longitud y características del túnel, se propone una distribución en la base a la siguiente figura:

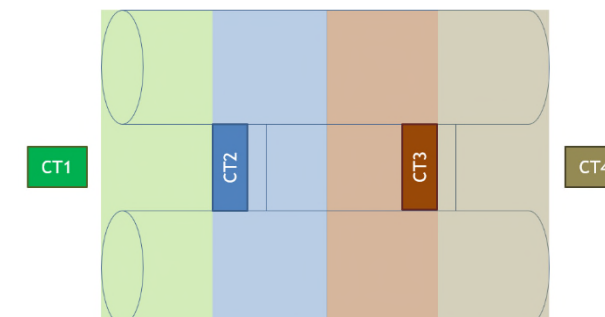


Figura 54: Distribución de CTs en el túnel y zonas de influencia.

Los servicios dentro del túnel se alimentarán a través de cuatro centros de transformación. CT2, CT3 y CT4 serán interiores, de los cuales CT3 y CT4 estarán ubicados en galerías de conexión de ambos tubos. Se instalará el CT1 en la zona exterior del túnel y el CT4 estará enterrado en la zona de los ramales cerca de las bocas de entrada y salida del túnel.

El CT1 alimentará el primer tramo del túnel norte y sur. El CT2 se alimentará el segundo tramo, el CT3 el tercer tramo y el CT4 el último tramo y ramales.

Alumbrado

Para la zona interior del túnel, se propone la instalación de un sistema de alumbrado simétrico mediante una línea continua de luminarias de carril ubicadas en la clave del túnel.

El motivo principal de la solución propuesta es reducir el consumo energético y por ende del coste derivado. También se reduce el coste de la operación de mantenimiento y el coste de renovación a realizar en un futuro.

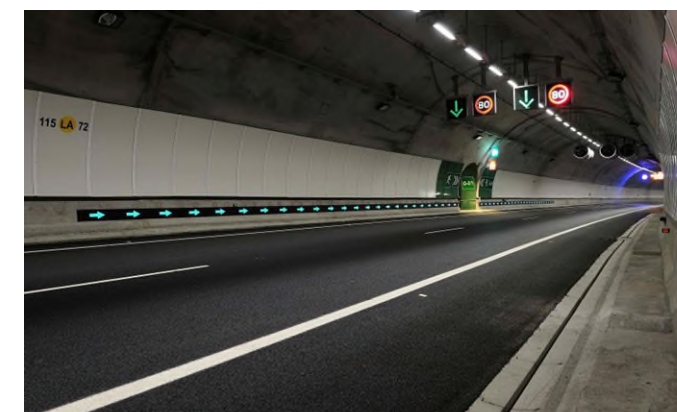


Figura 55: Sistema de iluminación mediante una línea continua de luminarias.

Las características principales de este sistema de alumbrado se resumen en:

- Proporciona un contraste positivo de los obstáculos.
- Solución con deslumbramiento relativamente bajo.
- Bien adaptado a situaciones con densidad de tráfico alta.
- Permite diferentes ubicaciones de las luminarias en la sección del túnel.
- Hace más fácil un buen alumbrado de pared.

Alumbrado Nocturno

Para el alumbrado nocturno, se propone seguir las recomendaciones del DF que indica que, durante la noche y en periodos crepusculares y/o días muy nublados proyectar luminancias medias de 3 cd/m² en el interior del túnel.

Alumbrado de emergencia

Cuando exista un fallo en la alimentación de corriente eléctrica, se requiere un sistema de alumbrado de emergencia que, al menos, asegure que una parte del alumbrado permanezca en funcionamiento al objeto de:

- Minimizar, en el momento del corte de fluido eléctrico, la reacción instintiva de los conductores de frenar rápidamente, lo que podría ocasionar múltiples colisiones.
- Dotar de unos niveles de iluminación razonables para el tráfico de vehículos, una vez que se haya impuesto una restricción en la velocidad de los vehículos.
- Ayudar y proteger el trabajo de los servicios de emergencia que se derivan de un accidente o una avería dentro del túnel.

El alumbrado de emergencia se instalará a lo largo de todo el túnel, desde la entrada hasta la salida, teniendo en cuenta la zona de acceso al túnel; con un nivel de luminancia como mínimo del 10% de la luminancia de la zona interior del túnel ($0,1 L_{in}$) o de $0,2 \text{ cd/m}^2$, debiéndose adoptar el valor mayor de los dos, como mínimo de 10 lux de iluminancia media y 2 lux como mínimo en cualquier punto.

El alumbrado de emergencia se logrará mediante la alimentación de una parte del alumbrado normal a la línea de SAI. Se mantendrá una uniformidad en la posición de dichas luminarias con el objeto de aportar sensación de control además de detectar de forma clara por parte del Centro de Control la pérdida de un circuito de alimentación normal en una zona. Los niveles mínimos serán los dispuestos en el DF:

$$L_{emerg} = 0.1 L_{in} \geq 0.2 \text{ cd/m}^2$$

Siendo:

- L_{emerg} = Luminancia de emergencia (cd/m^2)
- L_{in} = Luminancia interior del túnel (cd/m^2)

Alumbrado de evacuación

El alumbrado de evacuación debe permitir el guiado de los usuarios del túnel ante situaciones de incendio que requieran evacuar el túnel a pie y consistirá en luminarias colocadas en el hastial o hastiales en los que se sitúen las salidas de emergencia o en su defecto en el hastial derecho en el sentido de la circulación. Asimismo, deben colocarse tanto dentro de la galería de evacuación, como en sus vestíbulos.

En la zona de túnel central se situarán luminarias a una altura máxima de 1,5m que proyecten una iluminancia horizontal mínima de 2 lux a 0,5 metros de la acera. En ramales de un carril se instalarán en el hastial donde se encuentre la salida de emergencia. El alumbrado de evacuación será alimentado desde la línea SAI. El esquema de instalación será según la ilustración siguiente. Además, cada luminaria de emergencia contará con su batería para su alimentación en caso de consumo del SAI.

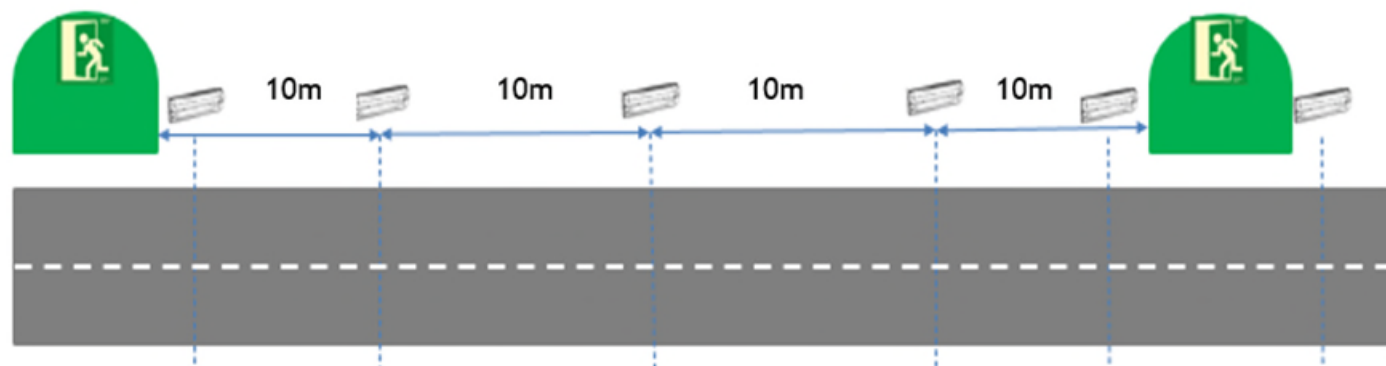


Figura 56: Esquema de ubicación de luminarias de evacuación

Alumbrado de guiado visual

Al circular por el interior del túnel el conductor de un vehículo debe poseer la información adecuada. Esto puede conseguirse dividiendo la superficie longitudinal del túnel en varias superficies de contraste, como por ejemplo dejando las paredes claras y el techo oscuro. El guiado visual resulta de especialmente importancia cuando se aproxima el usuario conduciendo el vehículo al túnel y, particularmente, si el nivel luminoso de la zona de entrada es bajo.

El DF en el apartado “5.3 Revestimiento estético”, sección “Infraestructura Básica”, indica que para todos los túneles de tipo I de nueva construcción se instalarán paneles prefabricados colocados sobre estructura portante. Con objeto de aumentar el nivel de confort. Estos paneles se instalarán a una altura mínima de 2,5 metros sobre la New Jersey. Además, los paneles deberán disponer de un elevado coeficiente de reflexión.

Con la utilización de estos paneles se logrará obtener varias superficies de contraste.

En cuanto a las luminarias a instalar se instalarán proyectores tipo led en báculos en los márgenes de la calzada en los primeros 75 metros para lograr un guiado visual para los conductores.

11.2 Ventilación

Para el túnel del Lamiako se ha diseñado una solución con ventilación longitudinal y ventilación semi-transversal. La ventilación principal será longitudinal y su zona de actuación directa serán los tubos principales del túnel. Para la ventilación semi-transversal su área de actuación directa será la zona de ramales de Artaza. La principal causa de dicho diseño es las pendientes de los ramales de Artaza, la configuración de los mismos, la asunción conservadora de potencial tráfico retenido en dichos ramales y el incendio de diseño de 100MW.

11.2.1 Operación de Emergencia

El funcionamiento del sistema de ventilación en caso de incendio se implanta según los siguientes escenarios los cuales, se asume, no ocurren de forma simultánea:

- Escenario 1: Incendio en el tubo Este (ver Figura 57)
- Escenario 2: Incendio en el tubo Oeste (ver Figura 58)
- Escenario 3: Incendio en la caverna Este (ver Figura 59)
- Escenario 4: Incendio en el ramal (ver Figura 60 y Figura 61)

Las siguientes imágenes ilustran la estrategia de ventilación por cada escenario de incendio. Como se puede ver en la Figura 57 y Figura 58 en el caso de incendio en uno de los tubos, se implanta ventilación longitudinal vía ventiladores de chorro (tipo jet fan). Los humos se impulsan en el sentido de circulación del tubo afectado, permitiendo a los usuarios escapar hacia el otro lado a la vez que se facilita la llegada de los equipos de socorro por la zona limpia del túnel. La ventilación se activa hacia el sentido de circulación de los vehículos, con objeto de aprovechar el efecto pistón que producen éstos. En el diseño de la ventilación longitudinal se consideran ventiladores completamente reversibles para posibilitar que los equipos de socorro si quieren puedan revertir la dirección de ventilación, después de que la fase de evacuación haya terminado.

Por lo tanto, en el escenario 1 (Figura 57) que corresponde a un incendio en el tubo Este, los ventiladores tipo jet fan funcionaran hacia la boca de Artaza. Debido a las pendientes con las que cuentan los ramales de las salidas en la boca de Artaza y la posibilidad de existencia de congestiones puntuales es necesario extraer los humos aguas arriba de los ramales. Así se evita el paso de humo por los ramales, donde el control de humos sería muy complicado por las pendientes. Por lo tanto, en caso de incendio en el tronco la extracción de humos se realiza a través de dos rejillas ubicadas justo en el principio de los ramales Subfluvial - Uribe Kosta y Subfluvial - Avanzada, respectivamente. La planta de ventiladores axiales asociada está ubicada en el CT4 debajo de la rotonda de Artaza.

En caso de incendio en el tubo Oeste (Figura 58) los ventiladores de chorro funcionarán hacia el sentido contrario, extrayendo el humo a través de la boca de túnel. La planta de ventiladores axiales será reversible y suministrará con los ventiladores de chorro aire fresco y por lo tanto se asegura un rendimiento del sistema alto independiente de las pérdidas de presión debido de las condiciones de tráfico en los ramales y condiciones de viento en las bocas del túnel.

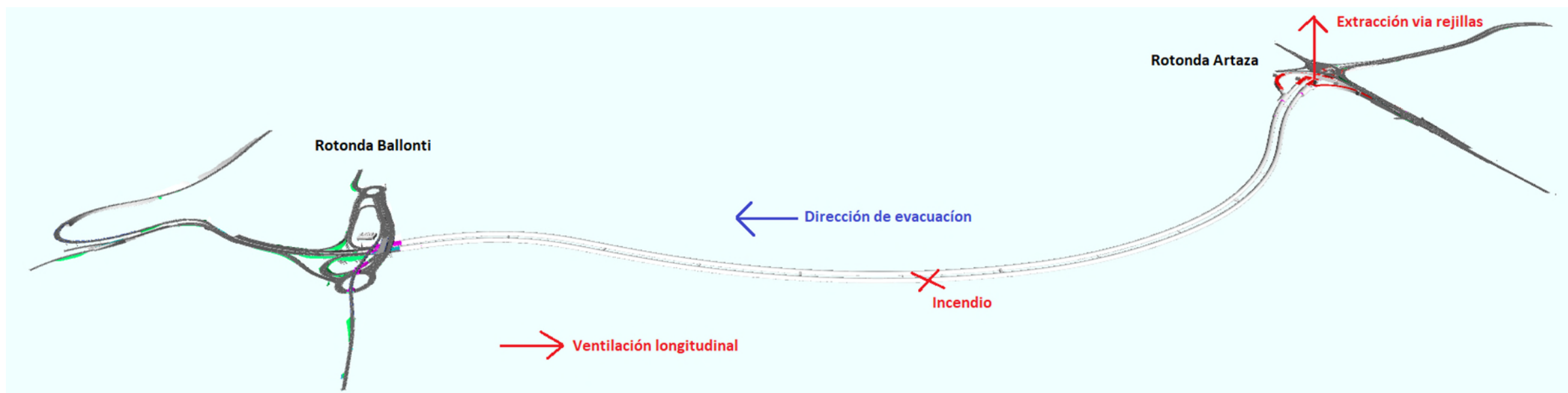


Figura 57 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el tubo Este (Fuente: Archivo Navis)

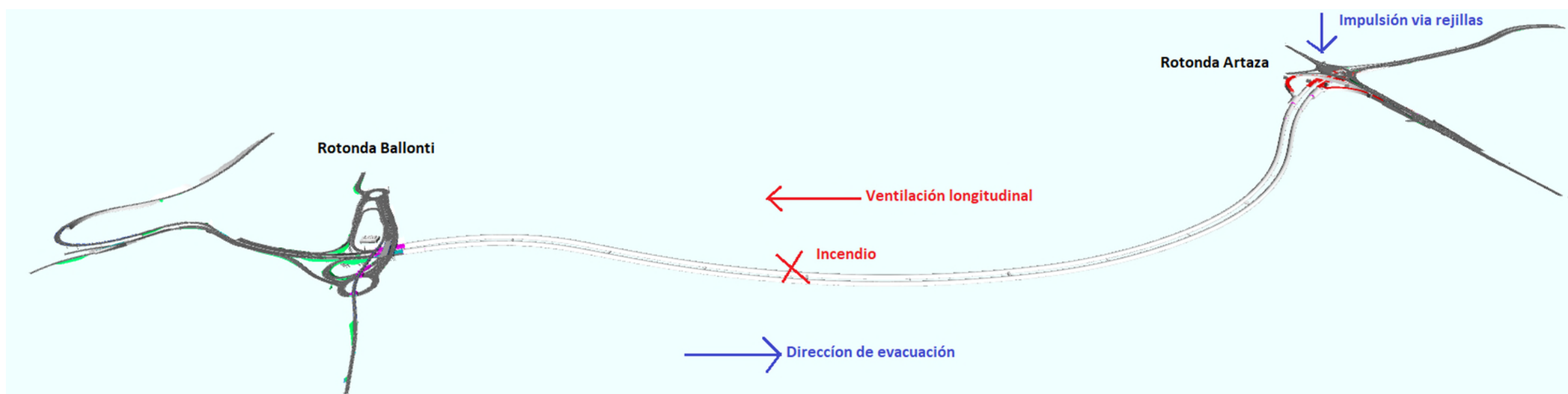


Figura 58 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el tubo Oeste (Fuente: Propia)

Como se ha indicado anteriormente, los ramales de entrada y salida del túnel en la zona norte (rotonda de Artaza) tienen pendientes importantes (de entorno al 6 %) y adicionalmente hay posibilidad de existencia de congestiones esporádicas por un incidente en el exterior del túnel. Por lo tanto, en esta zona de proyecto se plantea una solución de ventilación semitransversal utilizando conductos que discurren por el túnel los cuales se conectan con la planta de ventiladores axiales ubicada en la rotonda de Artaza. Este sistema de ventilación funcionara en caso de incendio en caverna (ver Figura 59) o en ramal (ver Figura 60 y Figura 61).

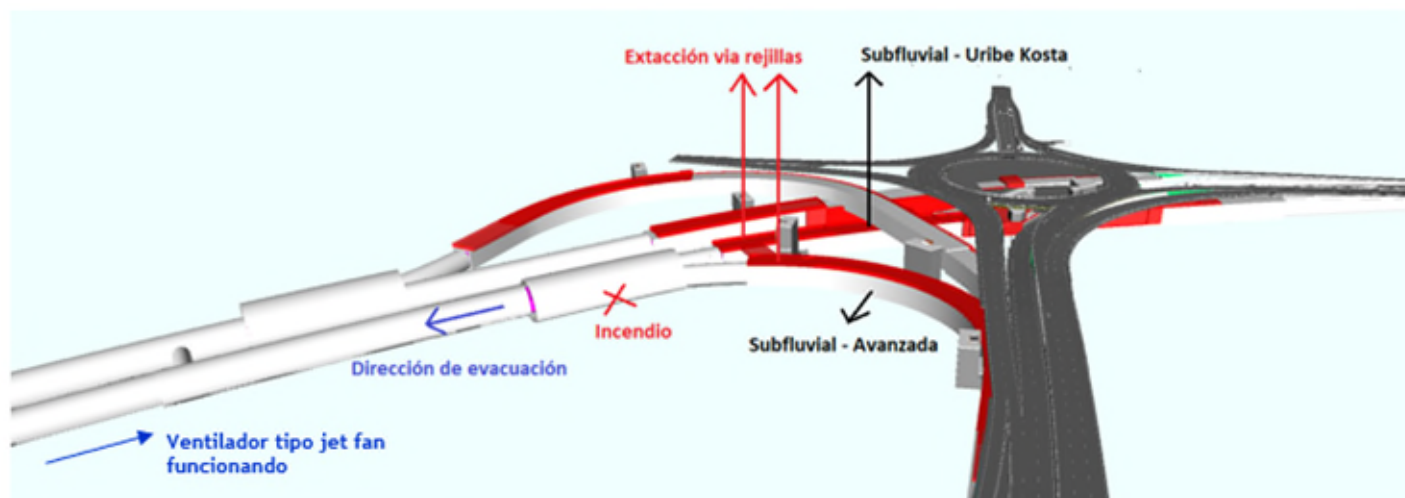


Figura 59 Estrategia de ventilación en caso de incendio en la caverna del tubo Este

La estrategia de ventilación para el escenario de incendio en cada uno de los seis ramales es extraer el humo localmente en la posición del incendio a través de un conducto situado dentro de la sección del túnel de manera distribuida en toda la longitud de los ramales y por lo tanto se permite estratificar el humo y así la evacuación de las personas se puede realizar hacia ambos lados. El conducto incluirá aberturas a distancia constante de aproximadamente 100 m las cuales serán equipados con compuertas telecomandadas permitiendo solo la apertura de las compuertas necesarias para la extracción del humo. La zona de extracción será 300 m que corresponde encender las tres compuertas más próximas desde el punto del incendio.

Figura 60 y Figura 61 presentan la configuración del sistema semi-transversal en el ramal de Subfluvial - Avanzada y Avanzada - Subfluvial. Como se puede ver, dadas las limitaciones de espacio la disposición de los conductos no es exclusivamente en la parte superior del ramal por eso hay tramos que el conducto se traslada en la parte lateral del ramal. En este caso las compuertas se instalarán en la parte superior de la pared para asegurar que se logra extracción de la capa de humos y no se realiza extracción de aire procedente de la capa fría existente por debajo.

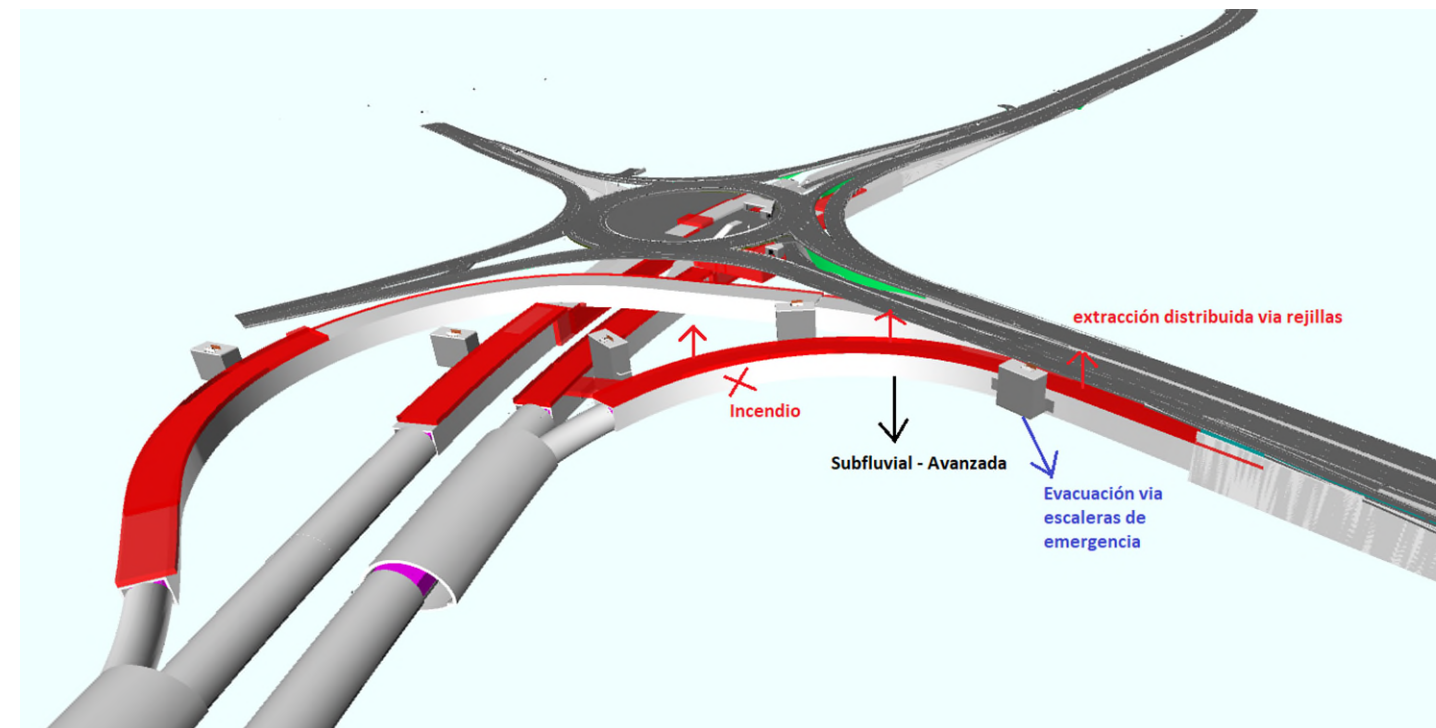


Figura 60 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el ramal Subfluvial - Avanzada



Figura 61 Estrategia de ventilación en caso de incendio en el ramal Avanzada - Subfluvial

11.3 Protección contra incendios

11.3.1 Detección y alarma

Según lo indicado en el DF, se debe dotar a todos los túneles de Tipo I con sistemas específicos de detección de incendios. Estos sensores pueden ser específicos para la detección de incendios o tener distintas finalidades entre las que figura la detección de incendios.

El túnel debe disponer de una serie de sensores y alarmas para la detección y ubicación de incendios. Al menos debe disponer de:

- Detector de incendios a lo largo del túnel que sea capaz de detectar y ubicar el incendio. Se recomienda que el sensor sea de tipo continuo.
- Detector de incendios en los locales técnicos.
- Alarmas de activación de medios de extinción de incendios (retirada de extintor, rotura de cristal de una BIE, etc.)

11.3.2 Extintores portátiles

Se colocarán extintores:

- En el interior del túnel cada 50 metros.
- En galerías de evacuación se colocarán dos extintores en el poste SOS.
- En cuartos técnicos, se instalarán en los locales de contadores de electricidad y los centros de transformación un extintor en cada puerta de acceso. Además, se instalarán en el interior los extintores necesarios para que el recorrido real hasta alguno de ellos sea inferior a 10 metros.

11.3.3 BIES

El DF indica que las BIEs se alimentarán de la red de hidrantes mediante tubería de Ø 50 mm (2”), dispondrán de una toma adicional de 45 mm que podrá ser usada por los servicios de extinción.

11.3.4 HIDRANTES

El DF indica que se dispondrá de una tubería de red de fundición enterrada cuyo diámetro se obtendrá por cálculo según exigencias del proyecto.

El Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, entre otros, establece las operaciones mínimas de mantenimiento y conservación de los elementos de protección contra incendios. Entre ellas indica que cada seis meses hay que llevar a cabo una comprobación visual del estado de las tuberías para comprobar si hay oxido. Esta operación además del exterior, cada cierto tiempo determinado (inspección Organismo Acreditado) debe realizarse una medición de espesor de la tubería, tanto para conocer la pérdida de sección como los posibles depósitos generados en su interior.

Es por ello que la tubería se situará en un costado del túnel en la que están conectados tanto los hidrantes como las BIEs. A través de las galerías de evacuación que comunican ambos tubos se conectará la red de cada uno de ellos a fin de conseguir una mayor seguridad en la alimentación asemejándose a un anillo.

Del mismo modo en las operaciones de renovación o operaciones de sustitución de algún tramo de tubería, no es necesario la realización de obra civil para retirar la anterior.

La red hidráulica que abastece a los hidrantes debe permitir el funcionamiento simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante una hora, cada uno de ellos con un caudal de 1.000 l/min y una presión mínima de 7 bar.

En túneles nuevos se exige la existencia de un depósito de abastecimiento de agua. Si es posible se aprovechará el drenaje de aguas de filtraciones del túnel como parte de la alimentación al depósito de reserva. Entre dicho depósito y la red se situará un grupo de presión, que mantendrá la red presurizada.

No obstante, si fuese posible, se dispondrá de otra alimentación desde la misma red general, o desde otra independiente, con una conexión de uso exclusivo para el Sistema Contraincendios. En esta conexión se situarán dos válvulas de corte y dos antirretorno, a fin de evitar en todo momento un posible retorno de agua hacia el sistema del agua de la red alimentación general.

11.3.5 Sistema de diluvio.

Para la protección de la estructura e instalaciones se considerará un sistema fijo de diluvio.

Los sistemas Fixed Fire Fighting System (FFFS) están especialmente considerados para túneles subacuáticos y vías de importancia estratégica para la zona.

En las siguientes imágenes se muestra una demostración del funcionamiento de un sistema FFFS realizado en el Sydney Harbour Tunnel de Australia



Figura 62: Incendio inicial. En el hastial del túnel se observa una temperatura de 115°C



Figura 63: Activación del Deluge System la temperatura se reduce a 21,4°C

Como se puede observar, la reducción de la temperatura y de la envergadura del incendio es notable.

12 INSTALACIONES DE SEGURIDAD, VIGILANCIA Y CONTROL

12.1 Sistema de Gestión de Tráfico

El sistema de gestión de tráfico del Túnel Subfluvial de Lamiako abarca un conjunto de instalaciones específicas, cuyos objetivos son:

- Asegurar unas condiciones operativas seguras para los conductores, pasajeros, servicios de emergencia y servicios de conservación, minimizando los efectos adversos de accidentes, condiciones meteorológicas y ambientales adversas, obstrucciones en la vía, firme deslizante, etc.
- Informar adecuadamente a los usuarios que circulan por el túnel de los aspectos necesarios para garantizar la máxima seguridad en la circulación.
- Conocer en todo momento el estado de tráfico en el túnel y en la carretera.
- Informar de situaciones de riesgo o emergencia.
- Dar instrucciones sobre las acciones a llevar a cabo y evitar el acceso a los túneles de vehículos que presenten un gálibo excesivo.
- Proveer medios de ayuda a usuarios que han sufrido algún problema (accidente, avería, confusión, etc.).

Las instalaciones que se dispondrán para la gestión del tráfico serán las siguientes:

- Sistema de señalización dinámica
- Sistema de control de gálibo
- Sistema de detección, clasificación y contaje de vehículos
- Sistema de control ambiental. Sensor de Variables Atmosféricas de Carreteras

12.1.1 Sistema de Señalización Dinámica

12.1.1.1 Equipamiento en los accesos del Túnel

El Subfluvial va a ser un Túnel de Tipo I unidireccional según el DFST, con dos o más carriles por sentido y límite de velocidad máxima menor de 100 Km/h, no previéndose su uso en bidireccional. Dispondrá de la siguiente señalización en sus accesos:

- Sección de señales de aspa-flecha en el dintel de la boca de entrada por carril.
- Conjunto de barreras automáticas con semáforos doble rojo y alarma acústica, a una distancia inferior a 200 metros de la boca de entrada.
- Sección de semáforos rojo-ámbar-verde antes o a la altura de la barrera automática. Se instalarán espiras después de esta sección para automatizar la gestión de colas en caso de cierre del túnel.
- Sección de panel de mensaje variable formado por 2 gráficos y 3 líneas de 12 caracteres en las entradas al túnel.

La figura siguiente muestra la distribución de los elementos necesarios para realizar la señalización en los Accesos de Túnel Tipo I.

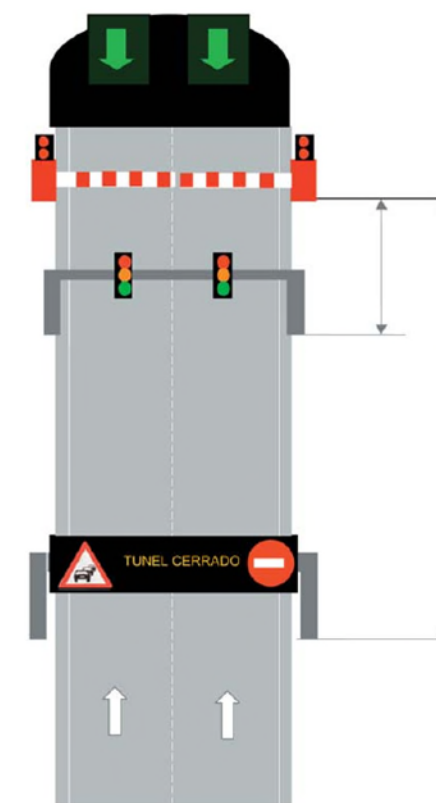


Figura 64: Señalización accesos túnel unidireccional en vía con velocidad máxima permitida inferior a 100 km/h

Los equipos del sistema de control de accesos se conectarán a la red de comunicaciones IP multiservicio del túnel o la arquitectura de control del túnel.

12.1.1.2 Equipamiento de señalización dinámica en el interior del Túnel

Teniendo en consideración que el nuevo túnel del subfluvial de Lamiako tendrá una longitud aproximada de 3.500 metros (túnel Tipo I), se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones de diseño requeridas por normativa relativas a la instalación de equipamiento de señalización dinámica (Aspa-Flechas, CLV y PMV).

- Las Señales de afección de carril o Aspa - Flecha se instalarán con una interdistancia de entre 300 y 400 m con distribución uniforme de las secciones a lo largo del túnel.
- Las Señales de Control de Límite de Velocidad se instalarán con una interdistancia de entre 300 y 400 m, con distribución uniforme de las secciones a lo largo del túnel y coincidiendo con las secciones de afección de carril.
- Los Paneles de Mensaje Variable se instalarán con una interdistancia no superior a 800 metros y contarán con 1 gráfico y 2 líneas de 12 caracteres.
- Debido a los accesos previstos, no se considera operar el túnel en bidireccional, por lo que no se prevé instalar señales de afección de carril en el sentido contrario al habitual del tráfico.

La figura siguiente muestra la distribución de los elementos necesarios para realizar la señalización en el interior de un túnel.



Figura 65: Señalización en un túnel unidireccional (no se considera la señalización en sentido contrario al tráfico)

12.1.2 Control de Gálbo

El sistema de control de gálbo se situará en las vías principales y ramales que permitan acceder al túnel. Estarán situados a una distancia que permita al vehículo desviarse antes de que este entre en el túnel.

Las partes fundamentales de este sistema son:

- Señal de preaviso de control de gálbo. Señal fija que indique el gálbo del túnel y la obligación de desviarse en caso de superarlo.
- Pórtico / postes de control de gálbo de acero con un detector electrónico situado a una altura de 5,00 metros.
- Señal oculta de exceso de altura en el lado derecho según el sentido de la circulación.

La figura siguiente muestra la distribución de los elementos necesarios para realizar el control de accesos de Túnel de Tipo I.

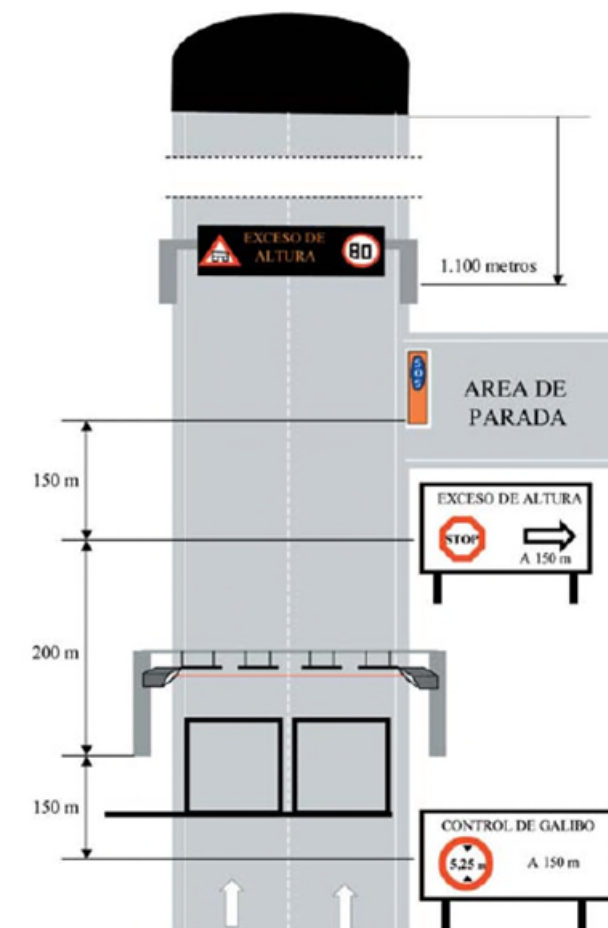


Figura 66: Arquitectura Tipo de Control de gálbo instalado en los accesos de túneles de Tipo I

12.1.3 Sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos

El subfluvial contará con un sistema de detección, clasificación y conteo de los vehículos que circulan por la vía con la función de aforar y de detección, clasificación y conteo de vehículos para conocer en todo momento la situación del tráfico tanto en el interior del túnel como en sus accesos. Por este motivo el sistema de detección, clasificación y conteo de vehículos del Túnel Subfluvial de Lamiako contará con:

- Dos secciones de detectores por túnel, situadas en las proximidades del acceso y de la salida del mismo.
- Se dotará con detectores a todos los ramales de acceso o salida y los carriles pertenecientes a bifurcaciones o confluencias de calzadas en el interior del túnel para la adquisición de los datos estadísticos.
- Se dotará de una sección de detectores entre galerías de evacuación de vehículos.

Los parámetros básicos de tráfico que debe proporcionar el sistema de estaciones de datos serán como mínimo:

- Flujo de vehículos.
- Ocupación.
- Velocidad.
- Distancias entre vehículos.
- Clasificación.
- Porcentaje de vehículos pesados.
- Retenciones o atascos.

- Vehículos circulando en sentido contrario.

12.2 Sistema de Control Ambiental

La normativa vigente sólo requiere la instalación de un sistema de control ambiental en un túnel si presenta condiciones meteorológicas especialmente adversas o que puedan presentar diferencias meteorológicas significativas entre ambas bocas.

Sin embargo, dada la importancia de la meteorología en las condiciones de explotación del túnel, en el proyecto de construcción del túnel subfluvial de Lamiako se incluye la instalación de:

- Una estación meteorológica completa (SEVAC) con el siguiente equipamiento:
- Anemómetro
- Veleta
- Sensor de Calzada
- Sensor de visibilidad
- Higrómetro
- Sensor de Temperatura
- Pluviómetro
- Datalogger con protocolo de comunicaciones IP, para su integración en la red de comunicaciones.

Esta estación estará ubicada en la boca de la margen izquierda. Desde el Centro de Control MKZ también se tendrá información de la estación meteorológica que prevé incorporar el túnel de La Avanzada y que servirá para dotar de datos al túnel del subfluvial en la margen derecha.

12.3 Sistema de Video en Circuito Cerrado

El circuito cerrado de televisión es un sistema de vigilancia y control del estado del túnel. Con este sistema el operador del centro de control puede visualizar desde el centro de control imágenes del túnel. Por tratarse de un túnel Tipo I deberá estar equipado con un sistema de CCTV gestionado directamente desde su centro de control, con los objetivos siguientes:

- Detección y vigilancia de acontecimientos y situaciones especiales de la circulación y otros que puedan incidir en la coordinación de las funciones de vigilancia y protección.
- Ayuda a la detección y evaluación del alcance de las incidencias. La videovigilancia constituye uno de los elementos clave en el control y seguimiento de las distintas fases en las que se puede dividir la gestión de incidentes.
- Análisis y supervisión de alarmas y demandas de ayuda cursadas desde los postes SOS dentro del túnel.
- Obtención de información sobre el estado de funcionamiento de las instalaciones.

Los elementos que compondrán el sistema de gestión del video serán los siguientes:

- Cámaras de vídeo en el interior del túnel, en el interior de las galerías de evacuación y en los accesos al mismo.
- Cámaras IP Fijas de Alta Definición (HD) con módulo de procesamiento DAI para el interior del túnel.
- Cámaras IP móviles PTZ Alta Definición (HD). Para exterior e interior de túnel y galería.
- Cámaras Termográficas IP en las bocas y en el interior del túnel, que permitan visión en condiciones adversas, así como supervisar la evacuación de los usuarios del túnel en condiciones de baja visibilidad.
- Sistema de transmisión de las señales de vídeo del túnel al Centro de Control mediante la red de comunicaciones IP multiservicio.
- Sistema de selección, control, grabación y visualización de las imágenes en el Centro de Control.

12.3.1 Detección Automática de Incidentes (DAI)

Los Sistemas de Detección Automática de Incidentes (DAI) se han constituido en una herramienta fundamental para la explotación de túneles de carretera y según la normativa de seguridad los túneles de Tipo I deben disponer de un sistema DAI. Los criterios de diseño de la solución que se ha planteado para el túnel del subfluvial de Lamiako son los siguientes:

- Sistema en tiempo real, basado en la técnica de procesado digital de imágenes
- Cada incidente detectado será destacado directamente en imagen, mediante cuadro de localización, texto descriptivo y alarma sonora.
- Detección de incidentes para todos los niveles de tráfico, en todos los carriles y en los accesos al túnel.
- Sistema eficiente en la detección de incidentes en todas las condiciones meteorológicas y con baja tasa de falsas alarmas.
- Grabación en tiempo real de cada incidente, tanto 2 minutos anteriores a la generación del mismo como durante su duración completa.
- El DAI debe tener un índice de detección superior al 95%.
- Los incidentes fundamentales que permitirá detectar el sistema DAI como mínimo son:
- Presencia de obstáculo en la calzada.
- Vehículo parado, ya sea en la calzada, en el arcén o en apartaderos.
- Vehículo lento en calzada o arcén, con umbral parametrizable en condiciones de tráfico normal.
- Tráfico lento, indicando en comienzo y el final del grupo de vehículos afectados.
- Vehículo en sentido contrario, en calzada o arcén.
- Presencia de viandantes, ya sea en la calzada, en el arcén, en apartaderos o en las aceras.
- Distancia intervehicular menor que un umbral configurable.
- Vehículo que exceda una velocidad umbral parametrizable.
- Congestión de vehículos, siendo configurable la longitud umbral de la cola, el sistema deberá proporcionar la longitud de cola.
- Animal.
- Humo o niebla.
- Alarmas técnicas:
- Cámara movida de su posición de referencia.
- Pérdida de señal de una cámara.
- Calidad pobre en la señal de vídeo.
- Fallo en uno de los equipos del sistema.
- Problema en la red de comunicaciones.

12.4 Sistema de Comunicaciones

El diseño del sistema de comunicaciones del Túnel del Subfluvial de Lamiako abarcará un conjunto de instalaciones específicas, la cuales se detallan a continuación:

- Sistema de Postes SOS.

Es un sistema clásico de comunicación de emergencia en las carreteras, que facilita el flujo de información sobre los incidentes ocurridos y permite a los usuarios solicitar ayuda. Proporcionan un medio de comunicación rápido y fiable con un operador del centro de control a través de un canal de voz que se establecerá tras la solicitud del usuario, al pulsar el botón de llamada.

- Sistema de Megafonía.

Es un sistema de seguridad del túnel, que tiene como objetivo transmitir mensajes acústicos a los usuarios del túnel. El sistema de megafonía se emplea en caso de incidentes o para informar a los usuarios de la presencia de riesgos inminentes (fuego, concentración letal de CO, etc.) a la vez que se les da indicación de cómo actuar en cada situación (apagar el motor, abandonar el coche, etc.).

- Sistema de Radiocomunicaciones.

El sistema de radiotelefonía o de retransmisión de radio del túnel proporciona un servicio de comunicaciones de radiofrecuencia en el interior del túnel, con prestaciones como las que se dan en el exterior del mismo. Su objetivo fundamental es extender la cobertura radioeléctrica existente en el exterior de los túneles al interior de los mismos, proporcionando así este servicio a los servicios de explotación y emergencia permitiendo igualmente informar a los usuarios de cualquier incidencia.

- Red de Comunicaciones Multiservicio IP.

La red de comunicaciones multiservicio IP es la columna vertebral de los sistemas del túnel, es el sistema que permite que el resto de los sistemas estén interconectados, que funcionen de una forma unificada y que el túnel pueda ser monitorizado y telemandado desde el Centro de Control.

13 SISTEMA DE CONTROL CENTRALIZADO Y CENTRO DE CONTROL

El Sistema de Control Centralizado permite a los operadores del centro de control supervisar, monitorizar y actuar sobre todos los equipos e instalaciones de seguridad del túnel (Alumbrado, Ventilación, Gestión de Tráfico, CCTV y DAI, Sistemas Contra Incendios, Sistemas de Comunicaciones, etc.). Al mismo tiempo, el sistema realiza un control de las distintas instalaciones o sistemas que dispongan de alarmas técnicas para tal fin.

El control centralizado tiene por objetivo principal la rápida detección de las emergencias y su inmediato tratamiento con actuación sobre los distintos sistemas. Además del objetivo primordial de la seguridad, el sistema de control centralizado, como elemento destinado a controlar, gestionar y coordinar las instalaciones de vigilancia, control y seguridad de los túneles, tiene como objetivo conseguir las siguientes condiciones:

- Una máxima seguridad y comodidad en las condiciones de conducción para el usuario en el tránsito por el túnel, así como para los operadores que realizan la explotación y mantenimiento del mismo.
- Un óptimo rendimiento de los dispositivos: seguridad de los equipos, alargamiento de su vida útil, minimización de recursos de energía, reducción de la mano de obra al servicio de la explotación.
- Funcionamiento regular, estable y coordinado de todos los sistemas.

Los principales elementos de los que consta el sistema control centralizado son:

- Red de control en campo: Es la encargada de la adquisición de la información y datos generados por los equipos instalados en el túnel o en sus accesos, y de transmitir las órdenes desde el centro de control hasta los equipos instalados en campo.
- Red Troncal de Transporte: Red troncal de transporte que permite la comunicación entre el centro de control y los equipos de instalados en los túneles.
- Centro de Control: Centro donde se recibe la información procedente del túnel para su monitorización y análisis, y desde donde se envían las órdenes para actuar sobre los equipos de campo a partir de estrategias de actuación programadas en el centro.

El sistema de control centralizado deberá interactuar con el resto de los sistemas de seguridad y vigilancia del túnel, gestionándolos de forma conjunta para controlar el túnel como una sola unidad, de forma que los datos suministrados por un sistema permitan actuar de forma automática sobre cualquier otro sistema implicado.

El sistema de control centralizado debe permitir a los operadores del centro de control:

- Obtener y mostrar el estado de funcionamiento en tiempo real de todos los dispositivos de campo de los distintos sistemas.
- Actuar de forma automática, semiautomática (con confirmación del operador del centro de control) y/o manual sobre los dispositivos instalados a tal fin.

13.1 Sistema de Control Centralizado

El túnel se integrará en la Aplicación de Gestión Centralizada (TrafikOA), aplicación definida en Bizkaia como aplicación para la gestión de todos los túneles de Bizkaia, los gestionados por la propia DFB (Malmasín, Mamariga, Kadagua, Urdinbide, Uretamendi y Variante de Bermeo), los gestionados por Interbiak (Artxanda, VSM y Zaldibar) incluso los gestionados por concesiones privadas (Variante de Elorrio). TrafikOA permite la gestión multitúnel, así como la gestión desde distintos Centros de Control (MKZ, Peñaskal, Iurreta y Gerediaga).

El sistema de control centralizado diseñado garantizará la integración de todos los sistemas, con una inteligencia distribuida, redundante y resistente a fallos.

En la siguiente figura, se presenta la arquitectura del sistema de control centralizado en el que se integrará el Túnel Subfluvial de Lamiako.

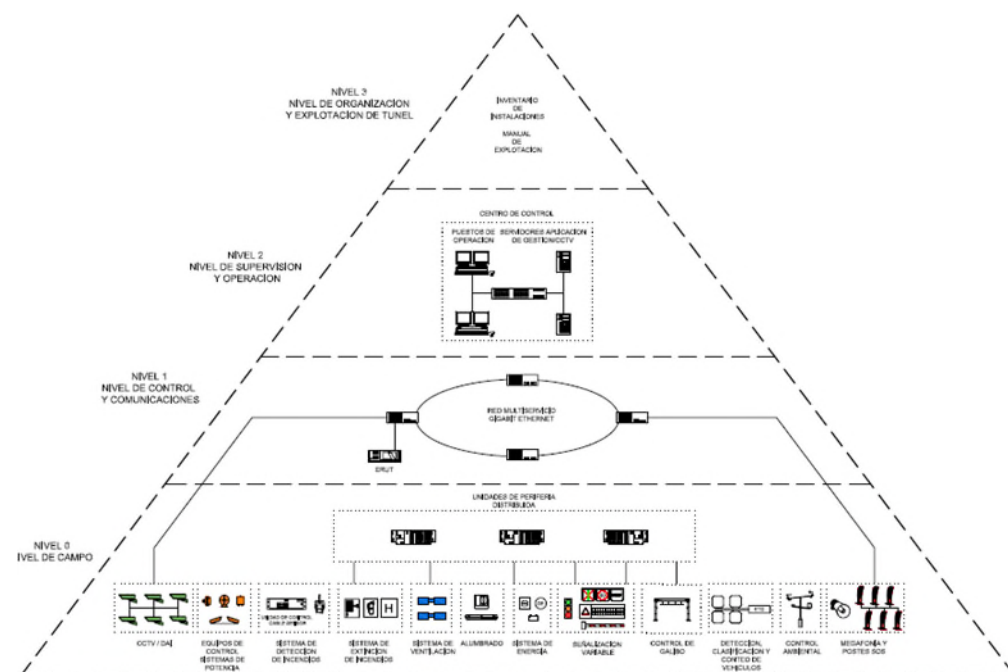


Figura 67: Sistema de Control Centralizado

- Nivel 0 o Nivel de Campo. Constituye el nivel de adquisición de datos o información de estado de los equipos de campo (detectores de CO, opacímetros, señales variables, etc.). Para ello, se conectarán con las Unidades de Periferia Distribuida (UPD) distribuidas a tal fin, y a su vez las UPD se conectarán a la red de comunicaciones IP multiservicio, a través de switch de comunicaciones más cercano.
- Nivel 1 o Nivel de Control y Comunicaciones. Formado por una red de comunicaciones IP de 1Gb sobre fibra óptica en configuración en anillo en el túnel, y una red de comunicaciones IP troncal de 10 Gb (doble enlace de fibra óptica con MKZ uno por margen derecha y otro por margen izquierda) entre el túnel y el Centro de Control. Los controladores lógico-programables PLCs estarán comunicados a la red de comunicaciones IP multiservicio de 1Gb a través de los switches instalados en los locales técnicos. Esta capa intermedia de comunicación y proceso permite realizar la transmisión bidireccional de información y de las órdenes de actuación entre el Nivel de Supervisión y Operación y el Nivel de Campo.
- Nivel 2 o Nivel de Supervisión y Operación. Este nivel engloba todos los elementos que permiten realizar la operación y gestión completa del equipamiento del túnel en modo remoto. El túnel se integrará en la aplicación de gestión centralizada (TrafikOA), así como en aplicaciones propietarias (DAI, megafonía, CCTV, etc.) para la operación del túnel.
- Nivel 3 o Nivel de Organización y Explotación. Este nivel se engloba la integración de los protocolos de actuación definidos en el Plan de Autoprotección, para la gestión automatizada de los incidentes por parte del operador.

13.2 Centro de Control

Las instalaciones del Túnel de Lamiako se van a integrar en las instalaciones del Centro de Control MKZ que la DFB dispone para la gestión de todos sus túneles.

Debido a ello, en la selección de todos los sistemas indicados anteriormente se tendrá en cuenta su compatibilidad e integrabilidad en los sistemas que actualmente existen en el Centro de Control de MKZ, se tendrá en cuenta al menos:

- SCADA: TrafikOA
- DAI: Flyr
- Megafonía: Optimus
- Sistema de Grabación y Monitorización: Geutebrück

- Videowall

14 SERVICIOS AFECTADOS

Los servicios existentes en los municipios afectados por el estudio se han obtenido de Inkolan, Información y Coordinación de Obras A.I.E. A partir de la información se han identificado en el área de estudio redes de electricidad, alumbrado, telecomunicaciones, redes de abastecimiento y saneamiento, gas, fibra óptica y operadores.

Toda la información acerca del trazado de los diferentes servicios existentes se ha recopilado en la colección de planos que se adjunta en el Documento N°2 Planos. Servicios Afectados.

La reposición de los diferentes servicios a efectuar será definida a detalle en posteriores fases del proyecto, en coordinación con los técnicos competentes de las empresas propietarias de los correspondientes servicios.

A continuación, se muestra una relación de los servicios presentes en la zona objeto del Estudio y la codificación adoptada para cada uno de ellos:

Identificador	Servicio	Organización
100	Red de abastecimiento	CABB
1000	Red de abastecimiento	Ayuntamiento de Leioa
6000	Red de abastecimiento	Ayuntamiento de Getxo
4000	Red de agua potable	Ayuntamiento de Trapagaran
200	Red de saneamiento	CABB
2000	Red de saneamiento	Ayuntamiento de Leioa
7000	Red de saneamiento (pluviales)	Ayuntamiento de Getxo
300	Red de alumbrado	Municipal (Inkolan)
5000	Red de alumbrado	Ayuntamiento de Trapagaran
400	Red de telefonía y comunicaciones	Orange-Jazztel
500	Red de telefonía y comunicaciones	Euskaltel
700	Red de telefonía y comunicaciones	Vodafone
800	Red de telefonía y comunicaciones	Telefónica
600	Líneas eléctricas	Iberdrola
900	Red de gas	Oxinorte

15 FASES DE OBRA

Dada la gran afección al tráfico que puede suponer la ejecución de la infraestructura, especialmente en la construcción de los enlaces, se hace necesario estudiar con detalle las fases de ejecución de la solución a proyectar teniendo en cuenta desde su concepción cómo se debe ejecutar.

En el Proyecto se ha analizado la situación actual en la zona del enlace de margen izquierda (Eje Ballonti, conexión con centro comercial Ballonti, conexión A-8 VSM, etc..) y del enlace de margen derecha (Glorieta de Artaza y sus conexiones con Uribe, Avanzada, Zugazarte y Romo) y se han definido las fases de obra, así como desvíos de tráfico y peatones que razonablemente se puedan aplicar.

El objetivo es definir una secuencia lógica de las fases de los trabajos de manera que puedan abordarse, de manera razonable, tres aspectos:

- Confirmar la viabilidad de la construcción del enlace previsto.
- Definir los desvíos de tráfico y los desvíos peatonales a realizar, en función de las fases de obra, desde el comienzo de los trabajos hasta la restitución final.
- Ajustar los plazos parciales para la ejecución de las diferentes fases de la obra.

Existen además factores externos al diseño que tendrán influencia en las fases de obra como son:

- La disponibilidad de terrenos que garanticen la creación de los accesos provisionales de obra, la duración de su construcción, tiempo de implantación de las instalaciones auxiliares, de las explanaciones, etc.
- El plazo estimado depende en gran medida del rendimiento que se alcance en cada fase de obra, por lo que para la construcción de los viaductos, pantallas y muros se debe disponer del número de equipos necesarios para la rápida ejecución de los mismos.
- Percepción de los usuarios: Con el fin de minimizar la percepción negativa del usuario ante las obras, así como reducir las molestias debido a las mismas, parece lógico plantear desvíos de larga duración que permitan al usuario ser conocedor del estado de los enlaces y las rutas alternativas, garantizando de esta manera un mejor funcionamiento general del tráfico.

El objetivo es que haya el menor número de fases posibles con desvíos de larga duración, a los que haya que hacer modificaciones mínimas para actuaciones puntuales y que además sean compatibles con desvíos en tránsito.

En el correspondiente anejo se incluyen las propuestas para el faseado de la obra.

16 VALORACIONES ECONÓMICAS

A continuación, se presentan los datos fundamentales del presupuesto del Proyecto de los nuevos Túneles entre los márgenes de la ría de Bilbao para la reducción de la congestión y de la vulnerabilidad en la red básica transeuropea (TEN-T), en los accesos a los elementos y nodos del corredor atlántico en Bilbao y en el área metropolitana de Bizkaia y mallado de la red mediante la conexión BI-637 con A-8, VSM/E-70 y BI-628:

RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO	IMPORTE (€)
TOTAL PEM	292.062.547,34
Gastos generales (13%)	37.968.131,15
Beneficio industrial (6%)	17.523.752,84
TOTAL PEC	347.554.431,33
I.V.A. (21%)	72.986.430,58
TOTAL PBL	420.540.861,91

17 DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

- DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA YANEJOS
- DOCUMENTO Nº 2. PLANOS
- DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES
- DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO
- DOCUMENTO Nº 5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

18 CONCLUSIÓN

Considerando que el proyecto cumple con todos los requisitos necesarios para su tramitación, se somete a su aprobación, si procede.

Bilbao, Febrero de 2023

El Ingeniero Autor del Proyecto



Fdo: Eduardo Rivero Barquín
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº17080

El Ingeniero Director del Proyecto



Fdo: Mikel Ortuzar Gárate
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Colegiado nº12201