

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



Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

Registro de cambios

Control de firmas				
Realizado	Revisado	Supervisor de la Disciplina	Supervisor General	Aprobado
Diego García Mendivelso (IDOM)				
Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma	Fecha y Firma

No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta

[illegible]

Información del Documento	
Código Documento	TSL-DR-DB-01-03-AN-00006
Revisión	01

INDICE	
1	INTRODUCCIÓN 5
2	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN 5
3	ESTUDIO DE CLIMATOLOGÍA 5
3.1	Selección de estaciones meteorológicas..... 5
3.2	Recopilación de datos climatológicos 5
3.3	Índices climáticos..... 6
3.3.1	Régimen pluviométrico, de Köppen 6
3.3.2	Factor pluviométrico de Lang 6
3.3.3	Índice pluviométrico de Blair 7
3.3.4	Índice de aridez de Martonne 7
3.3.5	Índice termo pluviométrico de Dantín-Revenga 7
3.3.6	Índice termo pluviométrico de Knoche 8
3.3.7	Índice de temperatura de Thornthwaite 8
3.4	Precipitaciones máximas diarias 8
3.5	Temperaturas e irradiación solar 9
3.6	Método racional 9
3.7	Intensidad media diaria de precipitación corregida..... 10
3.8	Factor reductor de la precipitación por área de la Cuenca 10
3.9	Factor de intensidad 10
3.10	Tiempo de concentración..... 10
3.11	Coeficiente de escorrentía 10
3.12	Periodo de retorno 10
3.13	Caudales Método Racional - Margen Derecha e Izquierda..... 10
4	SISTEMA DE DRENAJE PLANTEADO 11
4.1	Condiciones generales..... 11
4.2	Sistema de drenaje - Margen Derecha 16
4.3	Sistema de drenaje - Margen Izquierda 16
4.3.1	Criterios de dimensionamiento 16
4.4	Sistema de drenaje - Túnel..... 16
4.4.1	Drenaje de la Calzada 16
4.4.1.1	Agua debido a la limpieza del túnel..... 17
4.4.1.2	Agua debido al sistema antiincendios..... 17
4.4.1.3	Recogida debido a vertidos accidentales..... 17
4.4.2	Drenaje de Infiltración 17
4.4.2.1	Dimensionamiento del Dren Colector de Infiltración 17
4.4.2.2	Dimensionamiento del tubo de captación ranurado de dren de infiltración de los hastiales del túnel 18
4.4.2.3	Infiltración para los Falsos túneles 19
4.4.2.4	Infiltración en las Galerías de conexión 19
4.4.2.5	Comprobación capacidad final de Infiltración del colector del túnel..... 19
4.4.3	Caudal total en el túnel..... 20
4.5	Capacidad de los conductos 20
5	RESUMEN DEL SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO 21
5.1	Red de drenaje: Margen Derecha 21
5.2	Dimensionamiento de los pozos de bombeo en la Margen Derecha..... 21
5.2.1	Caudal de entrada: 21
5.2.2	Cálculo del volumen efectivo: 21
5.2.3	Dimensionamiento del Pozo 21
5.3	Red de drenaje: Margen Izquierda 23
5.4	Red de drenaje: Túnel..... 24
5.4.1	Pozo de Bombeo en el Túnel 24
5.4.1.1	Dimensionamiento del Pozo 24
5.4.1.2	Dimensionamiento del equipo de Bombeo 25
APÉNDICE 1 DISTRIBUCIONES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN DIARIA..... 26	
APÉNDICE 2 ESTUDIO DE AFECCIÓN DEL PROYECTO SOBRE EL RIO BALLONTI 28	

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Sección Tipo del Túnel..... 20

Figura 2 Caudal en función del calado en elementos lineales en lámina libre en régimen uniforme 20

Figura 3 Coeficientes de rugosidad de Manning para cunetas..... 21

Figura 4 Velocidad máxima del agua..... 21

Figura 5 Especificación Bomba Sistema de Bombeo MD 22

Figura 6 Localización de pozo de bombeo 1 - Margen Derecha. 22

Figura 7 Posicionamiento del pozo de bombeo 2 - Margen Derecha. 22

Figura 8 Red de drenaje en la rotonda de conexión - Margen Izquierda 23

Figura 9 Red de drenaje en la intersección de las calzadas hacia el túnel Subfluvial - Margen Izquierda..... 23

Figura 10 Esquema Pozo de Bombeo Túnel 25

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Régimen pluviométrico de Köppen.6

Tabla 2. Régimen pluviométrico de Lang.....7

Tabla 3. Índice pluviométrico de Blair.7

Tabla 4. Índice de aridez de Martonne.7

Tabla 5. Índice de aridez mensual de Martonne7

Tabla 6. Índice termo pluviométrico de Dantín-Revenga8

Tabla 7. Índice termo pluviométrico de Knoche8

Tabla 8. Índice de temperatura de Thornthwaite.....8

Tabla 9. Precipitaciones máximas diarias (ajuste estadístico Log Pearson III)9

Tabla 10. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica9

Tabla 11. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica9

Tabla 12 Cálculo de caudales método racional - Margen Derecha 12

Tabla 13 Cálculo de caudales método racional - Margen Izquierda 15

Tabla 14 Infiltración Colector Túnel 18

Tabla 15 Infiltración Hastiales Túnel..... 18

Tabla 16 Infiltración Falsos Túneles..... 19

Tabla 17 Infiltración Galerías de Conexión..... 19

Tabla 18 Infiltración Túneles 19

Tabla 19 Precipitaciones máximas mensuales multianuales. Estación 1082: Bilbao/Aeropuerto. 27

Tabla 20 Precipitaciones máximas diarias y prueba de bondad de ajuste. 27

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objeto en primer lugar, la recopilación de los datos que permitan la definición climatológica y pluviométrica del lugar en que se encuentra el objeto del proyecto, es decir, se analizarán 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 realizará 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, tales como el río Ballonti.

2 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Como punto de partida para iniciar el estudio climatológico fue necesario recopilar información de las series de datos planas registradas por las estaciones.

Particularmente, dentro del sitio donde se ubicará el proyecto, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) tiene una serie de estaciones termo pluviométricas, de las cuales se ha realizado una selección para tomar aquellas que se ajustan al estudio en desarrollo. Dentro del desarrollo del documento se mostrarán las estaciones que fueron seleccionadas, así como las variables registradas por estas.

3 ESTUDIO DE CLIMATOLOGÍA

Para la correcta realización del estudio del medio físico del área es necesario observar la influencia de los factores climáticos a partir de la información recopilada por las estaciones aledañas a la zona de influencia. Partiendo de los resultados obtenidos en el estudio climatología se podrá determinar incluso, los días de aprovechamiento para la ejecución de las obras.

En los siguientes subcapítulos del informe de climatología se llevará a cabo la selección de las estaciones termo pluviométricas más representativas y el procesamiento de los registros planos en histogramas de información.

3.1 Selección de estaciones meteorológicas

A continuación, se listan las estaciones termo pluviométricas que tiene la AEMET en la zona:

- 1069Y Abadiño
- 1074C Amorebieta-Etxano
- 1078C Balmaseda
- 1082 Bilbao aeropuerto
- 1056K Forua
- 1057B Machichaco
- 1064L Orozko
- 1059X Punta Galea
- 1083B Sopuerta

De las estaciones existentes en la zona, se escogieron aquellas cuya proximidad al ámbito de influencia del proyecto, cantidad y continuidad de los datos recogidos aseguran una representatividad suficiente.

Teniendo como base el criterio anterior, se han seleccionado las estaciones 1082 Bilbao Aeropuerto y 1059X Punta Galea. Para cada una de ellas se descargaron los registros termo pluviométricos, descartando finalmente los datos de Punta Galea dado que la cantidad de datos recopilados se considera insuficiente (15 años).

3.2 Recopilación de datos climatológicos

Los datos se agruparon en dos características distintas: termometría y pluviometría.

Las variables analizadas son:

Datos Pluviométricos:

- Precipitación total en el mes.
- Precipitación mensual máxima.
- Precipitación mensual mínima
- Precipitación máxima diaria.
- Días de nieve.
- Días de granizo.
- Días de tormenta.
- Días de niebla.
- Días de precipitación apreciable.
- Días de precipitación ≥ 1 mm
- Días de precipitación ≥ 10 mm
- Días de precipitación ≥ 30 mm
- Número medio de días de niebla.
- Número medio de días despejados.

Datos Termométricos:

- Presión media mensual en la estación.
- Presión media mensual a nivel del mar.
- Temperatura media mensual.
- Temperatura media mensual más alta.
- Temperatura media mensual más baja.
- Media mensual de las temperaturas máximas diarias.
- Media mensual de las temperaturas máximas diarias más alta.
- Media mensual de las temperaturas máximas diarias más baja.
- Media mensual de las temperaturas mínimas diarias.
- Media mensual de las temperaturas mínimas diarias más alta.
- Media mensual de las temperaturas mínimas diarias más baja.
- Temperatura máxima del mes.
- Temperatura mínima del mes.
- Temperatura media de las máximas diarias.
- Temperatura máximas mínimas diarias.
- Temperatura media de las mínimas diarias.
- Temperatura mínimas máximas diarias.
- Temperatura media del mes.
- Humedad relativa media.
- Tensión de vapor.

- Días de helada.
- Número medio mensual/anual de días de temperatura media $\geq 18^{\circ}\text{C}$
- Número medio mensual/anual de días de temperatura máxima $\leq 0^{\circ}\text{C}$
- Días de $T^a < -5^{\circ}\text{C}$
- Días de $T^a > 20^{\circ}\text{C}$
- Días de $T^a > 25^{\circ}\text{C}$
- Días de $T^a > 30^{\circ}\text{C}$
- Número medio mensual/anual de días de temperatura mínima $\geq 18^{\circ}\text{C}$

Para poder observar con detalle los resultados el procesamiento de los datos de las variables pluviométricas, ver “Informe nº 1: Climatología e hidrología. Viento y Mareas” el cual contiene las gráficas de las variables más significativas.

3.3 Índices climáticos

Para llegar a definir la región climática delimitada por el entorno de la obra proyectada, será preciso, primeramente, clasificar el clima de la zona afectada. Esta clasificación se realiza en función de sus caracteres básicos: temperatura, viento, humedad, precipitación, etc., considerados aisladamente o combinados. Estas combinaciones conducen a parámetros importantes como la evapotranspiración y a índices climáticos más o menos complejos, cuyos valores son utilizados como base para establecer tipos climáticos.

Como resulta complicado el tratamiento conjunto de todos ellos, se hace necesaria la inclusión de unos criterios objetivos de definición del clima basados en la integración de las variables consideradas como más importantes. Esta integración se realiza mediante la obtención de unos índices teóricos que permiten establecer la clasificación de la zona del estudio. Aunque son numerosos y de muy variada clasificación, se consideran los tres tipos más significativos:

- Los térmicos, basados en el régimen de la temperatura del aire,
- Los termopluviométricos, basados en la consideración simultánea de la precipitación y la temperatura y,
- Los hídricos, basados en las cantidades de precipitación y evaporación.

Durante el desarrollo de este subcapítulo, también se obtendrán los “índices fitoclimáticos” de la zona a estudiar, que podrán ser utilizados para la selección de plantaciones y valoración hidrológica de los suelos ocupados por la traza. Estos índices son relaciones numéricas entre los distintos elementos del clima, que pretenden cuantificar la influencia de este sobre las comunidades vegetales. Para los estudios climáticos se han seguido las recomendaciones contenidas en las publicaciones del AEMET (antiguo INM) y de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente.

A partir de los datos termo pluviométricos se obtienen los distintos “Índices Climáticos”, que sirven de base para clasificar o caracterizar climatológica y agroclimáticamente la zona del estudio:

- Régimen pluviométrico de Köppen.
- Factor pluviométrico de Lang.
- Índice pluviométrico de Blair.
- Índices de aridez de Martonne y Martonne-Cottmann.
- Índice termo pluviométrico de Dantín-Revenga.
- Índice de temperatura efectiva de Thornthwaite.
- Climogramas o diagramas de termohietas.
- Diagrama ombrotérmico de Walter-Gausson.

3.3.1 Régimen pluviométrico, de Köppen

Köppen propone una clasificación climática en la que se tienen en cuenta tanto las variaciones de temperatura y humedad como la media de los meses más cálidos o fríos.

Comprende cinco tipos fundamentales:

Tipo	Tipo	Paisaje
A	Lluvioso-tropical	Tropical (selva / sabana)
B	Seco	Semiárido (estepa) / árido (desértico)
C	Lluvioso-templado	Subtropical
D	Frío	Húmedo / seco
E	Polar	(Tundra / polar)

Tabla 1. Régimen pluviométrico de Köppen.

A continuación, se muestra la descripción de los tipos mostrados anteriormente:

- Tipo A (tropical lluvioso): La temperatura media normal del mes más frío es superior a 18°C ; la precipitación anual normal en milímetros es mayor que 750.
- Tipo B (seco): La evaporación excede las precipitaciones. Siempre hay déficit hídrico.
- Tipo C (templado lluvioso): La temperatura media normal del mes más frío es superior a -3°C e inferior a 18°C .
- Tipo D (frío): La temperatura media normal del mes más frío es inferior a -3°C ; la del mes más cálido superior a 10°C .
- Tipo E (polar): La temperatura media normal del mes más frío es inferior a -3°C ; la del mes más cálido inferior a 10°C .

Para la zona de estudio que estamos analizando, el mes más frío corresponde a enero (temperatura mínima $-6,6^{\circ}\text{C}$) con una temperatura media de $9,3^{\circ}\text{C}$, por lo que estaría clasificado dentro de las del tipo C (templado lluvioso).

A su vez existe una clasificación en subgrupos, que para el grupo C son los siguientes:

- Cf = Mesotermal (templado) húmedo-lluvioso todo el año. Clima templado húmedo sin estación seca. Las precipitaciones del mes más seco son superiores a 300 mm.
- Cw = Mesotermal (templado) húmedo, con invierno seco / lluvioso verano. Clima templado húmedo con estación invernal seca. El mes más húmedo del verano es diez veces superior al mes más seco del invierno.
- Cs = Mesotermal (templado) húmedo, invierno lluvioso / verano seco (Mediterráneo). Clima templado húmedo con veranos secos. Las precipitaciones del mes más seco del verano son inferiores a 300 mm y la del mes más lluvioso del invierno tres veces superior.

Recopilando los datos del tipo C, la zona puede clasificarse como Cs.

Además, dado que la temperatura media del mes más caluroso no supera los 22°C , pero la media de los cuatro más calurosos es superior a 10°C , se puede clasificar como de “verano cálido”.

A partir de lo anterior se puede resumir la clasificación completa como Cs, mesotermal, húmedo, invierno lluvioso/verano seco y con veranos cálidos.

3.3.2 Factor pluviométrico de Lang

El índice de Lang se define como:

$$f_p = \frac{P}{T}$$

Siendo:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en grados centígrados.

De acuerdo con los valores que puede tomar f_p , Lang distingue las siguientes zonas:

f_p	ZONA
0-20	Desierto
20-40	Árida
40-60	Húmeda de estepas y sabanas
60-100	Húmeda de bosques ralos
100-160	Húmeda de bosques densos
>160	Hiperhúmeda de prados u tundras

Tabla 2. Régimen pluviométrico de Lang.

En nuestro caso, los valores obtenidos para la estación de referencia se resumen en la siguiente tabla:

Estación	T (°C)	P (mm)	f_p
1082	14,7	1.133,50	77,10

Según esto la zona puede clasificarse como “Húmeda de Bosques Ralos”.

3.3.3 Índice pluviométrico de Blair

El índice pluviométrico de Blair clasifica el clima en función de la precipitación media anual (en mm), según la siguiente tabla:

P (mm)	CLIMA
0 - 250	Árido
250 - 500	Semiárido
500 - 1000	Subhúmedo
1000 - 2000	Húmedo
> 2000	Muy húmedo

Tabla 3. Índice pluviométrico de Blair.

Por lo tanto, para los valores de precipitación anual de la estación estudiada se obtiene un clima “Húmedo”.

3.3.4 Índice de aridez de Martonne

Se trata de un índice termo pluviométrico y, por lo tanto, considerará conjuntamente los valores de temperatura y precipitación, según la expresión:

$$I_M = \frac{P}{T + 10}$$

Donde:

P = Precipitación media anual en mm.

T = Temperatura media anual en grados centígrados.

A partir de los valores que se obtienen en este Índice de Aridez, Martonne clasifica los climas como se muestra en la siguiente tabla:

I_M	TERRENO	VEGETACIÓN
0 - 5	Desierto	---
5 - 10	Semidesierto	Estepa, con posibilidad de regadío
10 - 20	Semiárido tipo	Transición, escorrentías temporales
20 - 30	Subhúmedo	Cultivos de secano y olivares
30 - 60	Húmedo	Bosques, cría de ganado vacuno
> 60	Perhúmedo	Aguaceros tropicales

Tabla 4. Índice de aridez de Martonne.

En nuestro caso, los valores obtenidos para las diversas estaciones se resumen en la tabla siguiente:

Estación	T (°C)	P (mm)	I_M
1082	14,7	1.133,50	45,89

Por tanto, de acuerdo con la clasificación de Martonne, pertenece al tipo “Húmedo”.

El índice de aridez de un mes en particular se obtiene a partir de la expresión:

$$I_{mes} = \frac{12 \times p}{t + 10}$$

Sustituyendo en la expresión anterior los valores indicados en los gráficos de pluviometría y temperatura mensual, resulta:

Índice de aridez mensual I_m												
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1082	74,61	52,20	50,12	56,65	36,56	25,14	19,93	29,71	30,08	50,50	78,54	73,51

Tabla 5. Índice de aridez mensual de Martonne

El Índice de Aridez de Martonne-Cottmann es la media aritmética entre el índice anual y el índice mensual más bajo:

$$I_{MC} = \frac{I_M + I_{mesmin}}{2}$$

por lo que resulta:

Estación	I_M	$I_{mensmin}$	I_{MC}
1082	48,13	19,93	34,03

Por tanto, volvemos a obtener valores pertenecientes al tipo “Húmedo”.

3.3.5 Índice termo pluviométrico de Dantín-Revenga

El Índice Termo pluviométrico pone de manifiesto la aridez del medio en gran parte de la Península. Fue propuesto por los geógrafos J. Dantín Cereceda y A. Revenga Carbonell, y se resume en la siguiente expresión:

$$I_{DR} = 100 \times \frac{T}{P}$$

Con arreglo a este índice:

I _{DR}	ZONA
0 - 2	Húmeda
2 - 3	Semiárida
3 - 6	Árida
> 6	Subárida

Tabla 6. Índice termo pluviométrico de Dantín-Revenga

En nuestro caso, los valores que se obtienen son los siguientes:

Estación	T (°C)	P (mm)	I _{DR}
1082	14,7	1.133,50	1,30

Es decir, la zona queda clasificada como “Húmeda”

3.3.6 Índice termo pluviométrico de Knoche

El Índice termopluiométrico de Knoche introduce un nuevo parámetro, expresándose como:

$$I_{DR} = 100 \times \frac{T}{P}$$

donde:

n = número medio de lluvias anuales

P = Precipitación media anual, en mm

T = Temperatura media anual, en °C

Con arreglo al valor obtenido, la aridez se clasifica como:

I _k	ARIDEZ
0 - 25	Extrema
25 - 50	Severa
50 - 75	Normal
75 - 100	Moderada
> 100	Pequeña

Tabla 7. Índice termo pluviométrico de Knoche

Por lo tanto, para nuestro caso se obtiene.

Estación	n	T	P	I _k
1082	170,6	14,7	1133,50	78,29

La zona tiene una aridez, según la clasificación, de moderada en la estación 1082.

3.3.7 Índice de temperatura de Thornthwaite

Se trata de un índice térmico, obtenido a partir de la expresión:

$$It = 5.4 \times T$$

donde:

T = Temperatura media anual, en °C

En función de los valores obtenidos, Thornthwaite establece la clasificación del clima y de la vegetación de la zona como:

It	CLIMA	VEGETACIÓN
0	Nieve	--
0 - 15	Tundra (frío)	Tundra (musgo)
15 - 30	Taiga (frío)	Floresta de coníferas
30 - 65	Microtermal	Floresta microtermal
65 - 125	Mesotermal	Floresta media
> 125	Macrotermal	Floresta tropical

Tabla 8. Índice de temperatura de Thornthwaite

En nuestro caso se obtienen los valores siguientes:

Estación	T (°C)	I _T
1109	14,70	79,38

Por lo tanto, el clima se clasifica como “Mesotermal” y la vegetación predominante como “Floresta Media”.

3.4 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 9 se muestran las precipitaciones máximas diarias obtenidas:

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

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 9. 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.

3.5 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.

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%			0.4%		1%				
	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%			0.4%			1%			2%	
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
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				

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 10. 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	15.2	9.5	9.6	11.8	13.2	16.1	19.2	21.1	21.5	19.5	17.1	12.4	10.2	
	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	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	
		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	
	5% WB	MCDBR	8.2	10.1	11.7	12.1	12.6	12.5	11.4	12.0	12.0	11.0	8.7	7.9	
		MCWBR	5.3	6.1	6.5	6.6	6.5	6.0	5.4	5.9	6.2	5.7	5.4	5.0	
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															
Station Only	DBAvg	Heating		Cooling			Degree-Days								
		99% DB	99% DP	1% DB	1% WB	1% DP	HDD10.0	HDD18.3	CDD10.0	CDD18.3					
Regional (0 neighbors)		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Tabla 11. Datos climatológicos mensuales. Bilbao / Sondica

FUENTE: ASHRAE CLIMATIC DESIGN CONDITIONS

3.6 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 m³/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, km²

K_T : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación, adimensional

3.7 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

3.8 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:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

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

Donde:

K_A : factor de reducción de la precipitación por área de la cuenca, adimensional

A: área de la cuenca, en km²

3.9 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.

3.10 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

3.11 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.

3.12 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”.

3.13 Caudales Método Racional - Margen Derecha e Izquierda

En la Tabla 12 Cálculo de caudales método racional - Margen Derecha

y **Tabla 13** se muestran los resultados obtenidos de los caudales de aportación al sistema de drenaje para el tiempo de concentración y periodo de retorno considerado.

4 SISTEMA DE DRENAJE PLANTEADO

4.1 Condiciones generales

Siguiendo las recomendaciones de la Norma 5.2-IC, la red de drenaje que se proponga, además de recoger la escorrentía y disponerla en el sitio adecuado, deberá tener en cuenta factores multidisciplinarios que faciliten su implantación durante el proceso de construcción:

- Topográficos: condiciones topográficas relativas al posicionamiento en planta, altitud, espacio disponible, origen y posible punto de desagüe de cada red, interferencia con los sistemas existentes, entre otros.
- Climatológicos: régimen típico de lluvias, régimen de lluvias continuas.
- Hidrogeológico: presencia de nivel freático y aportación de agua al sistema de drenaje planteado.
- Geotécnicos: naturaleza y condiciones de los suelos, sensibilidad ante desplazamientos, erosión, permeabilidad.

Se procurará definir tramos homogéneos, con el fin de tener en cuenta los factores anteriores sin afectar el funcionamiento de la red de drenaje como tal.

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

EJE 35 AVANZADA - SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
Inicio - Falso Túnel	207,31	1344,82	0,060	0,155	0,167	160,73	9	23,166	1,0	155,1	149,9	1,0	58,35	56,44	57,34
Falso Túnel - PB	211,66	2153,79	0,020	0,195	0,195	160,73	9	20,826	1,0	139,5	139,5	1,0	84,20	84,20	84,20
PB - PA	96,99	876,52	0,009	0,125	0,167	160,73	9	25,575	1,0	171,3	149,9	1,0	41,92	36,78	39,35
PA - SubFluvial	258,01	2623,53	0,065	0,180	0,180	160,73	9	21,596	1,0	144,6	144,6	1,0	106,27	106,27	106,27

EJE 34 SUBFLUVIAL -> AVANZADA

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
Falso Túnel - Muro Pantalla	346,00	3078,86	0,051	0,236	0,236	160,73	9	18,991	1,0	127,2	127,2	1,0	110,03	110,03	110,03
Muro Pantalla - PA	163,56	1490,97	0,061	0,129	0,167	160,73	9	25,190	1,0	168,7	149,9	1,0	70,25	62,57	66,41

EJE 37 URIBE KOSTA -> SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
Muro Pantalla	108,01	2114,76	0,031	0,107	0,167	160,73	9	27,371	1,0	183,3	149,9	1,0	108,15	88,75	98,45
Falso Túnel	256,99	2729,37	0,038	0,199	0,199	160,73	9	20,607	1,0	138,0	138,0	1,0	105,61	105,61	105,61

EJE 33 SUBFLUVIAL -> URIBE KOSTA

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
Falso Túnel	275,00	2632,16	0,043	0,205	0,205	160,73	9	20,325	1,0	136,12	136,12	1,0	100,49	100,49	100,49
Muro Pantalla - PA	213,10	1413,20	0,045	0,167	0,167	160,73	9	22,378	1,0	149,87	149,87	1,0	59,28	59,28	59,29

EJE 36 ZUGAZARTE -> SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
PA - M.Pantalla	161,60	942,56	0,062	0,127	0,167	160,73	9	25,330	1,0	169,63	149,95	1,0	44,65	39,56	42,11
M.Pantalla - PA	21,96	706,13	0,084	0,026	0,167	160,73	9	48,957	1,0	327,86	149,95	1,0	64,36	29,63	46,86
PA - SubFluvial	90,51	314,79	0,053	0,085	0,167	160,73	9	30,366	1,0	203,36	149,95	1,0	17,84	13,21	15,52

EJE 32 SUBFLUVIAL -> ZUGAZARTE

Tramo	Longitud [m]	Área superficial [m²]	Pendiente [m/m]	Tc [h]	Tc ≤ 10 min [h]	Pd [mm/h]	l1/l2	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Qprom [lps]
Inicio (Falso Túnel)	142,70	1245,19	0,040	0,126	0,167	160,73	9	25,461	1,0	170,51	149,95	1,0	59,29	52,26	55,78
Muro Pantalla - PA	161,55	942,56	0,062	0,127	0,167	160,73	9	25,332	1,0	169,65	149,95	1,0	44,66	39,56	42,11

Tabla 12 Cálculo de caudales método racional - Margen Derecha

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

EJE 30 SUBFLUVIAL. TUBO OESTE

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
FINAL-RECOGIDA 1	326,19	4647,50	0,037	0,240	0,240	131,80	9	18,859	1,0	103,57	103,57	1,0	135,29	135,29	135,29
RECOGIDA 1-INICIO TUNEL	115,00	3690,54	0,040	0,107	0,167	131,80	9	27,377	1,0	150,34	122,96	1,0	154,79	127,01	140,90

EJE 31 SUBFLUVIAL. TUBO ESTE

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-RECOGIDA 1	343,00	4854,66	0,035	0,252	0,252	131,80	9	18,397	1,0	101,03	101,03	1,0	137,96	137,96	137,96
RECOGIDA 1-INICIO TUNEL	102,00	2963,01	0,040	0,098	0,167	131,80	9	28,527	1,0	156,66	122,96	1,0	129,44	101,97	115,70

EJE 122 SANTANDER -> SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
Inicio - PA1	266,73	559,23	0,011	0,261	0,261	131,80	9	18,094	1,0	99,4	99,4	1,0	15,64	15,64	15,64
PA1-PB	100,15	1257,05	0,014	0,118	0,167	131,80	9	26,255	1,0	144,2	123,0	1,0	50,59	43,26	46,93
PB-PA2	416,46	4479,919	0,021	0,320	0,320	131,80	9	16,363	1,0	89,9	89,9	1,0	113,72	113,72	113,72
PA2-RECOGIDA	321,66	2845,199	0,065	0,213	0,213	131,80	9	19,954	1,0	109,6	109,6	1,0	87,49	87,49	87,49

EJE 121 VSM -> SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-PB	338,00	4048,48	0,050	0,232	0,232	131,80	9	19,136	1,0	105,1	105,1	1,0	119,53	119,53	119,53
PB-INICIO SUBFLUVIALES	145,62	1028,13	0,054	0,121	0,167	131,80	9	25,957	1,0	142,5	123,0	1,0	40,92	35,38	38,15

EJE 120 BILBAO -> SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-PA1	318,61	2376,87	0,015	0,279	0,279	131,80	9	17,505	1,0	96,1	96,1	1,0	64,38	64,38	64,38

EJE 103 GLORIETA SESTAO

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-FIN	265,00	4059,62	0,028	0,216	0,216	131,80	9	19,839	1,0	108,95	108,95	1,0	124,13	124,13	124,13

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

EJE 106 GLORIETA SESTAO-SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
RECOGIDA-PA2	75,00	801,39	0,010	0,101	0,167	131,80	9	28,156	1,0	154,62	122,96	1,0	34,56	27,58	31,07

EJE 107 PORTUGALETE-SUBFLUVIAL

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
DESVÍO-PB	165,00	1651,44	0,040	0,141	0,167	131,80	9	24,214	1,0	132,98	122,96	1,0	61,37	56,83	59,10

EJE 104 CONEXIÓN ENTRE GLORIETAS

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
PA-PB	269,91	9007,22	0,018	0,238	0,238	131,80	9	18,934	1,0	103,98	103,98	1,0	263,20	263,20	263,20

EJE 100 SUBFLUVIAL-GLORIETA PORTUGALETE

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
PB-EJE 102	205,00	1739,01	0,066	0,151	0,167	131,80	9	23,450	1,0	128,8	123,0	1,0	62,62	59,85	61,23

EJE 102 SUBFLUVIAL-CORREDOR BALLONTI

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
PA-CORREDOR	60,00	370,00	0,005	0,097	0,167	131,80	9	28,582	1,0	157,0	123,0	1,0	16,19	12,73	14,46

EJE 105 GLORIETA PORTUGALETE-A8

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
PA-PB	151,00	1388,47	0,065	0,120	0,167	131,80	9	26,015	1,0	142,9	123,0	1,0	55,38	47,78	51,58
PB-TUNEL OESTE	60,00	436,51	0,035	0,067	0,167	131,80	9	33,587	1,0	184,4	123,0	1,0	22,42	15,02	18,72

EJE 113 CORREDOR BALLONTI-SESTAO

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
DESVÍO-PB	60,00	458,95	0,015	0,079	0,167	131,80	9	31,282	1,0	171,8	123,0	1,0	21,97	15,79	18,88
PB-PA	153,00	1591,57	0,053	0,126	0,167	131,80	9	25,466	1,0	139,8	123,0	1,0	62,16	54,77	58,46
PA-RECOGIDA FIN	387,00	4054,22	0,065	0,245	0,245	131,80	9	18,654	1,0	102,4	102,4	1,0	116,77	116,77	116,77

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

EJE 101 GLORIETA PORTUGALETE

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-FIN	185,00	6079,33	0,019	0,177	0,177	131,80	9	21,751	1,0	119,4	119,4	1,0	203,36	203,36	203,36

EJE 111 A8-GLORIETA SESTAO

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
DESVÍO-PB	190,00	1588,81	0,050	0,150	0,167	131,80	9	23,506	1,0	129,1	123,0	1,0	57,35	54,68	56,01
PB-PA	60,00	735,049	0,017	0,077	0,167	131,80	9	31,599	1,0	173,5	123,0	1,0	35,53	25,30	30,41

EJE 112 ACCESO NERVACERO

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-PB	48,96	675,49	0,011	0,072	0,167	131,80	9	32,568	1,0	178,8	123,0	1,0	33,65	23,25	28,45
PB-ROTONDA	72,04	1465,87	0,010	0,098	0,167	131,80	9	28,441	1,0	156,2	123,0	1,0	63,85	50,45	57,15

EJE 114

Tramo	Longitud [m]	Área Superficial [m²]	Pendiente [m/m]	tc [h]	tc [h] ≤ 10 min	Pd [mm]	I1/Id	Fa [adim]	Ka [adim]	It 1 [mm/h]	It 2 [mm/h]	C [adim]	Q1 [lps]	Q2 [lps]	Q prom [lps]
INICIO-PB	80,43	2480,43	0,017	0,095	0,167	131,80	9	28,800	1,0	158,2	123,0	1,0	109,38	85,36	97,37

Tabla 13 Cálculo de caudales método racional - Margen Izquierda

4.2 Sistema de drenaje - Margen Derecha

El sistema de drenaje propuesto consta de elementos superficiales de recogida (caz), encargado de captar la escorrentía que se genera sobre las calzadas que están a cielo abierto, y depositarla en el colector ubicado justo debajo a través de las arquetas de conexión. Tanto los caces de rendija como los colectores seguirán la pendiente que el trazado ha propuesto para la calzada. Sin embargo, para vencer los puntos bajos presentes en dos de los seis ramales (Avanzada - Subfluvial y Zugazarte - Subfluvial), se ubicará un colector en contrapendiente tal como se muestra en los planos.

En ciertas zonas puntuales debido a una posible interferencia en las pantallas estructurales, por motivos de espacio, se propone la ubicación de un canal de drenaje de hormigón con rejilla C250, que recolectará y transportará el agua de estos tramos al colector más cercano. Al inicio de estos tramos se plantea una bajante que transporte el agua recogida previamente al colector siguiente, de la misma forma se procederá para la infiltración. Estas zonas se tratan de la interferencia entre el Eje 37 y Eje 32 y la interferencia entre el Eje 35 y Eje 37. La solución puede consultarse con más detalle en los planos pertinentes.

El colector proyectado para el transporte de la escorrentía superficial tendrá un diámetro de Ø400mm.

En lo que respecta a la evacuación de los caudales de escorrentía, existirán dos puntos de bombeo: el primero encargado de recoger los caudales que provienen de Zugazarte y Uribe Kosta, y el segundo captará la escorrentía que proviene de La Avanzada. A partir de ahí, se utilizarán los equipos de bombeo propuestos para evacuar el agua que se transportará por una tubería a presión hacia los colectores pluviales ubicados en la zona aledaña del ramal Subfluvial - Uribe Kosta y Subfluvial - Avanzada. Para observar con mayor claridad la ubicación de los pozos de bombeo y los puntos de conexión de los colectores, se puede consultar el plano: TSL-DR-DD-04-03-DR-52300-Drenaje_MD.

4.3 Sistema de drenaje - Margen Izquierda

Dada la topografía del terreno, la margen izquierda no requerirá sistemas de bombeo ya que toda la escorrentía podrá ser drenada por gravedad, así que básicamente se tendrán en cuenta dos aspectos: el peralte de las calzadas que conduce la escorrentía hacia uno de sus laterales, y la localización de los puntos bajos.

Para esta margen izquierda el drenaje propuesto se plantea por medio de un sistema de recogida y transporte de agua mediante cunetas. De esta manera se encauzará la escorrentía de las áreas adyacentes que puedan incidir en el trazado y se recogerá el agua de la plataforma conduciéndose hasta el punto de vertido.

El agua será por tanto recogida y transportada hasta la arqueta hidrodinámica correspondiente, permitiendo que llegue en condiciones óptimas al punto de conexión con el río.

En cuanto a las zonas en las que se propone viaducto, el sistema de drenaje se plantea con un sistema de recogida de sumideros separados cada 25m que recogerá el agua de la calzada. El agua será transportada en un sistema de colectores suspendidos por debajo del tablero, hasta la pila final que mediante una bajante transportará el agua para llevarla a su punto final de vertido y conexión en la cuneta existente más próxima.

En los puntos bajos de vertido, se implantarán las estructuras de amortiguación y disipación de energía para controlar la erosión, de manera que favorezcan la recuperación paisajística previa entrega de los caudales proyectados al Río Ballonti.

Cabe anotar que previo a la entrega de los caudales al Río Ballonti, se ubicarán arquetas hidrodinámicas cuyo propósito será remover las trazas de aceite, material particulado y demás desechos que se hayan arrastrado hasta ese sitio.

Para observar con mayor claridad la ubicación de los puntos mencionados anteriormente, se puede consultar el documento gráfico: TSL-SE-DD-03-03-DR-52200-Drenaje_MI.

4.3.1 Criterios de dimensionamiento

El drenaje en la margen izquierda se ha planteado mediante cunetas y colectores dependiendo de la sección o geometría.

Para el diseño de las cuentas se han considerado secciones triangulares de talud 3H:1V revestidas de hormigón. Se limita la velocidad a 4,5m/s.

Los tramos de conexión entre arquetas llevarán un colector de 400mm, excepto en el caso de los colectores suspendidos debajo del tablero de los viaductos, en los cuales serán de dimensión más reducida, **de 315mm, por carga estructural.**

4.4 Sistema de drenaje - Túnel

Siguiendo recomendaciones de la normativa del BOB, Decreto Foral de la Diputación de Bizkaia 91/2012, de 24 de abril, por el que se aprueban las Instrucciones Técnicas de Seguridad y Explotación en Túneles de Carreteras. Apartado 5.6 correspondiente a drenaje indica que se dispondrá de un sistema separado de drenaje y agua de filtración y un sistema de evacuación de vertidos sobre la calzada, limpieza de túnel y el agua de extinción de incendios.

Por lo tanto, el sistema de 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 y situaciones accidentales (se ha dimensionado para que el sistema tenga capacidad de recoger un volumen 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.

El sistema separativo presenta ventajas básicas, en el campo de la seguridad, frente a los sistemas unitarios que mezclan aguas sucias de plataforma y limpias del trasdós en el mismo colector.

Los sistemas separativos están dotados de arquetas de tipo sifónico, a fin de impedir la transmisión del fuego de un líquido inflamado hacia otras zonas del túnel.

Consideraciones drenaje en cuanto a diseño hidráulico:

- Coeficiente de Manning de 0.012 al ser material PVC/PEAD y 0.013 para el caz de hormigón
- Velocidad mínima de 0.5m/s y máxima de 3.5m/s para evitar erosión
- Grado de llenado del 75%
- Velocidad mínima de 0.5m/s al 70% de llenado
- Las líneas de drenaje tienen la misma pendiente que el trazado de la explanada del túnel.

Se procede a desarrollar el sistema de drenaje en el interior del túnel. Por un lado, el drenaje de la calzada y por otro el drenaje de filtración.

4.4.1 Drenaje de la Calzada

En cuanto al drenaje en la calzada se plantea un sistema de recogida de caz prefabricado continuo de abertura vertical con rendija encargado de la recogida de agua de escorrentía de la calzada y vertidos accidentales, debe poder absorber los vertidos en un tiempo corto, con el fin de limitar la superficie mojada por el vertido, será de 300mm de diámetro interior. Este sistema de recogida y drenaje se sitúa en el lado más bajo de la plataforma, de manera que el agua discurra por gravedad según el peralte de la calzada. Se encargará de conducir el posible vertido de un líquido inflamable o tóxico hasta las arquetas sifónicas. Estas arquetas están diseñadas para mitigar la llama en el caso que el fluido haya entrado en combustión. Pasado el sifonamiento, las arquetas comunican con un colector PEAD de 400mm de diámetro. Las arquetas sifónicas están situadas cada 50metros, debiendo tener tapas de registro estancas para evitar que el vertido entre al sistema.

El caz de recogida de vertidos y colector de drenaje de la plataforma recoge el caudal de escorrentía interior, cuyo origen puede ser:

- Normal: aguas de escorrentía arrastradas por los vehículos en tiempo de lluvia o nieve, aguas de limpieza de los hastiales.
- Accidental: Productos diversos vertidos sobre la calzada en caso de accidente.

La escorrentía que viene de las márgenes, tanto de MI como de MD será prácticamente cero, ya que se recogerá en su mayoría en las afueras y únicamente ingresará lo poco que no sea captado por los caces en el exterior.

Se contemplará además la cantidad de agua que puedan arrastrar los vehículos en las llantas al ingresar al túnel, así como el agua de limpieza que se utilice para limpiar los hastiales del túnel durante las labores de mantenimiento. Lo que debería preponderar en el dimensionamiento de los caces dentro del túnel es el análisis del escenario más desfavorable en términos de un siniestro con mercancías peligrosas y el accionamiento del sistema contraincendios. En ese caso, el caz debería ser capaz de cumplir las condiciones que se muestran a continuación.

Según los criterios de dimensionamiento, el caz debe ser:

- 60cm de altura máxima
- Ancho de 50cm como máximo en arcén
- Evacuación del colector mínimo 60l/s
- Velocidad mínima de 0.5 m/s.
- Además de contar con una capacidad de absorción que permita evacuar un vertido brusco de 5m³ en menos de 10 segundos en 50 m (10 l/s/m)
- Capacidad resistente para soportar una carga equivalente a una rueda aislada de 6 toneladas sobre una superficie de 25cm x 25cm.

En cuanto al agua recogida, trataremos los siguientes supuestos:

4.4.1.1 Agua debido a la limpieza del túnel

Es necesario diseñar el sistema para recoger esa agua de limpieza y transportarla en el colector.

Se ha tomado como referencia *el pliego de prescripciones técnicas particulares para la adjudicación, por procedimiento abierto, del contrato de conservación, mantenimiento y explotación de la variante sur metropolitana y túneles de Artxanda*. El cual, indica que la maquinaria para limpieza deberá contar con una máquina barredora aspiradora de 6m³, con una capacidad del tanque de 3000 litros y debe tener un equipo de lavado de alta presión de 120 bars-30 l/min (150l/min modelo Scorza AS 5000 o similar), por lo que se toma ese dato como referencia.

Según esas consideraciones, suponiendo que trabajan dos camiones simultáneamente tenemos 150 l/min por dos camiones, en total 300 l/min o lo que es lo mismo, 5 l/s, multiplicado por los dos túneles tenemos 10 l/s, dato que se tomará como referencia de caudal estimado debido a la limpieza del túnel.

Total caudal estimado debido a limpieza del túnel es de: 0.01 m³/s

4.4.1.2 Agua debido al sistema antiincendios

El sistema de drenaje debe dimensionarse para aceptar el flujo máximo de agua de cualquier sistema fijo de extinción de incendios además del caudal máximo de agua contra incendios que puede suministrar el sistema de hidrantes contra incendios.

Se estima el uso de 12 hidrantes (uno cada 250m de túnel). Según la normativa se debe de permitir el uso simultáneo de dos hidrantes consecutivos durante una hora, cada uno con un caudal de 1000 l/min, lo que equivale a 2000 l/min = 33.33 l/s.

Se ha estimado que el caudal para el sistema contraincendios es de: 570 m³/h = 0.1583 m³/s

4.4.1.3 Recogida debido a vertidos accidentales

En cuanto al sistema de recogida de aguas, se ha estimado que tiene que tener una capacidad de almacenamiento para un vertido de mercancías peligrosas de manera que retenga un camión cisterna de 20000 litros de capacidad, es decir, 20m³.

Por lo tanto, el volumen del pozo de bombeo que se plantea en el punto bajo del túnel, deberá contar con este valor de dimensionamiento extra.

Se ha procedido como en el drenaje a cielo abierto, a realizar el dimensionamiento y comprobaciones hidráulicas según la ecuación de Manning, el diámetro propuesto para el caz y colector es correcto y se cumplen los criterios de la norma.

4.4.2 Drenaje de Infiltración

El drenaje procedente de las filtraciones del macizo rocoso estará formado por un tubo ranurado de PVC de 110mm de diámetro interior, situado en los hastiales del túnel (una en cada hastial), encargado de recoger el agua que se filtra a través del trasdós del túnel. Se propone su conexión cada 25 metros, mediante otro dren del mismo diámetro de PVC, hacia un dren longitudinal colector situado en el fondo de cada lado del arcén de 315mm de diámetro exterior de PVC, encargado de canalizar el agua. Para el dimensionamiento se han seguido recomendaciones de la normativa, que indica al empleo de un diámetro como mínimo de 200mm y arquetas de registro cada 25m.

El colector de infiltración tendrá la misma pendiente de la calzada y depositará las aguas en una cámara de recolección en el pozo de bombeo planteado ubicado 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.

El agua de las infiltraciones está libre de contaminantes, por lo que el agua recogida por este sistema no necesita ser tratado. No se esperan rocas ácidas o contaminantes en el material excavado. Si durante la fase de ejecución se encuentran rocas ácidas o contaminantes, será necesario hacer una nueva evaluación del sistema de drenaje.

El agua de infiltración, al ser limpia y no mezclarse con el agua sucia de la plataforma, podría canalizarse y almacenarse para su eventual empleo en extinción de incendios si se necesitara.

Para estimar el valor del caudal debido a la infiltración, se ha considerado el informe hidrogeológico realizado por Sener (para más información referirse a esta documentación). En el cual se obtiene el parámetro de caudal de infiltración de 0.5 l / día / m perímetro del túnel x m que le llegan

El cálculo de los valores de infiltración a lo largo del túnel es el siguiente:

4.4.2.1 Dimensionamiento del Dren Colector de Infiltración

Según los cálculos del caudal obtenido en el estudio de Hidrogeología, el caudal en el caso más desfavorable es de:

El caudal de entrada estimado de infiltración es de: 0.5 l / día x 40 m perímetro del túnel = 2.31 x 10⁻⁴ l/s/m

Para el total de 3500m de túnel: 2.31 x 10⁻⁴ l/s/m x 3500 m = 0.810185 l/s

Para el total de los 2 túneles: 0.810185 l/s x 2 = 1.62 l/s = 1.62 x10⁻³ m³/s

Estimando un factor de seguridad de 1.5, el caudal máximo que se espera será de

Q_{max} = 1.62 x10⁻³ m³/s x 1.5 = 2.43 x10⁻³ m³/s

Por lo que el caudal total de infiltración se estima en 2.43 x10⁻³ m³/s

De la misma manera que para el resto del sistema de drenaje, se ha dimensionado el colector de infiltración, según se explica en el apartado 4.5 Capacidad de los conductos basándose en la ecuación de Manning para la comprobación hidráulica.

Comprobación del diámetro:

Teniendo en cuenta las tablas de Thorman y Franke obtendremos las variaciones de caudal y velocidad en función de la

altura de llenado, es decir para una determinada relación $\frac{D}{D_{LL}}$ obtendremos una relación tabulada entre $\frac{Q}{Q_{LL}}$, donde:

D = es la altura de la lámina de agua en la sección definida (m)

D_{LL} = es el diámetro de la sección (en m)

Q = es el caudal que circularía por el tubo en condiciones normales (en m³/s) y

Q_{LL} = es el caudal que circularía por el tubo si toda la sección se llenara de agua (en m³/s)

Así con la fórmula de Manning $\left(v = \frac{I^{1/2} R_H^{2/3}}{n} \right)$, la fórmula de la continuidad de los fluidos ($V = Q/S$) y sabiendo que el radio hidráulico de una sección circular es $R_H = \frac{D}{4}$, nos quedaría una ecuación a resolver de la forma siguiente:

$$Q_{LL} = \frac{\pi D_{LL}^2}{4} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{D_{LL}}{4} \right)^{2/3} I^{1/2} \quad (*)$$

Sabiendo que:

V = es la velocidad del fluido (en m/s)

n = es el número de Manning, utilizamos un valor de 0.012 para PVC

I = es la pendiente en ‰

RH = radio hidráulico de la sección, que es el cociente entre la superficie mojada y el perímetro mojado.

Datos de partida:

I = 0.03 m/m

n = 0.012

Q = 2.43 x10⁻³ m³/s / 2 = 1.215 x10⁻³ m³/s en cada túnel

Planteando la ecuación con un diámetro de 275mm interior (aprox)

Obtenemos un Q_{LL} de 0.144 m³/s que cumple con el caudal de infiltración de 1.215 x10⁻³ m³/s

Por lo que el diámetro propuesto es correcto.

Cumpliendo el requerimiento por tanto de la normativa que dice que las infiltraciones provenientes de la subrasante se recogerán por medio de drenes longitudinales situados en los extremos de la calzada y que el diámetro del tubo será como mínimo de 200 mm, para facilitar el mantenimiento.

Siguiendo las normas españolas sobre impermeabilización y drenaje en túneles similares se adoptará un diámetro de tubo que cumple sobradamente con dichos requerimientos

$$D = 0,315 \text{ m } \varnothing_{\text{ext}} \text{ y } 0,275 \text{ m } \varnothing_{\text{int}}$$

Comprobación Vmax:

Es norma de buena práctica limitar la velocidad de circulación a 3.5m/s para evitar, así, posibles erosiones que las partículas en suspensión puedan realizar sobre la superficie de la tubería.

La V es de 2.422 m/s para el diámetro interior de 275mm, ≤ 3.5 m/s que es el valor máximo admisible para la velocidad.

pi	Q infiltración (m³/s)	n	I	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
3,141592654	0,001215	0,012	0,03	0,059395736	83,33333333	0,167821836	0,173205081	0,275	2,422299556	0,143874265

Tabla 14 Infiltración Colector Túnel

El sistema de recogida de aguas del macizo, ya descrito, respeta las siguientes recomendaciones:

- Los caudales de cálculo de los colectores y consideraciones son los definidos en el estudio hidrogeológico del proyecto.
- La sección de drenaje mínima es de 450 cm2.
- La sección de absorción mínima en la parte superior será de 400 cm2 por metro lineal.
- La resistencia de aplastamiento durante el hormigonado del revestimiento será superior a 0,1 MPa/m2.

4.4.2.2 Dimensionamiento del tubo de captación ranurado de dren de infiltración de los hastiales del túnel

El cálculo del caudal acumulado con el que se dimensionará este tubo de la misma forma que en el caso del colector del intradós, realizado anteriormente, salvo que, en esta ocasión, el caudal a evaluar no será el caudal acumulado en todo el túnel, sino el acumulado para los 25 metros de mayor caudal de infiltración.

El caudal de entrada estimado de infiltración es de: 0.5 l / día x 40 m perímetro del túnel = 2.31 x 10⁻⁴ l/s/m

Para los 25 primeros metros del túnel: 2.31 x 10⁻⁴ l/s/m x 25 m = 5.775 x 10⁻³ l/s

Para el total de los 2 túneles: 5.775 x 10⁻³ l/s x 2 = 0.01155 l/s = 1.155 x10⁻⁵ m³/s

Estimando un factor de seguridad de 1.5, el caudal máximo que se espera será de

$$Q_{\text{max}} = 1.155 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \times 1.5 = 1.7325 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Por lo que el caudal total de infiltración se estima en 1.7325 x10⁻⁵ m³/s / 2 = 8.6625 x 10⁻⁶ m³/s por cada túnel

Debido a que la recogida de agua se realiza en cada uno de los hastiales de manera independiente, el caudal anterior habrá que dividirlo entre dos, por lo que el caudal de infiltración para 25 m de túnel será.

$$8.6625 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} / 2 = 4.33125 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

Haciendo las comprobaciones de la misma manera que para el colector, obtenemos que para un dren de 110mm de diámetro tenemos una capacidad de caudal de 0.0097 m³/s que cumple con el que tenemos.

Es norma de buena práctica limitar la velocidad de circulación a 5m/s para evitar, así, posibles erosiones que las partículas en suspensión puedan realizar sobre la superficie de la tubería. Con ese tanteo tenemos una velocidad de 1.234 m/s por lo que cumple.

Siguiendo las normas españolas sobre impermeabilización y drenaje en túneles similares se adoptará un diámetro de tubo que cumple sobradamente con dichos requerimientos

$$D_{\text{colector}} = 0,110 \text{ m } \varnothing$$

pi	Q infiltración hastiales (m³/s)	n	I	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
3,141592654	4,33125E-06	0,012	0,03	0,007853982	83,33333333	0,085498797	0,173205081	0,1	1,234068841	0,009692354

Tabla 15 Infiltración Hastiales Túnel

4.4.2.3 Infiltración para los Falsos túneles

De la misma manera que anteriormente se ha propuesto un drenaje de infiltración en las paredes de los falsos túneles que recoja la posible filtración de agua por las paredes. Un dren de 110mm en cada lado y la recogida cada 25m por medio de otro dren al colector de 315mm de filtración en el interior de los falsos túneles conectado mediante una arqueta de infiltración. (Diseño similar a los túneles)

En la tabla inferior se expone de manera resumida el cálculo del dimensionamiento para un dren de 315mm

Eje	Longitud (m)	Caudal Infiltración	Caudal infiltración por hastial (l/s)	Caudal infiltración por hastial (m3/s)	pi	Q infiltración hastiales (m³/s)	n	l	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
Eje 36	226	0,052206	0,026103	2,6103E-05	3,14159265	0,000026103	0,01	0,0685	0,05939574	83	0,167821836	0,26172505	0,275	3,66026482	0,217404123
Eje 32	220	0,05082	0,02541	0,00002541	3,14159265	0,00002541	0,01	0,043	0,05939574	83	0,167821836	0,20736441	0,275	2,90002305	0,172249004
Eje 37	295	0,068145	0,0340725	3,4073E-05	3,14159265	3,40725E-05	0,01	0,038	0,05939574	83	0,167821836	0,19493589	0,275	2,72620821	0,161925143
Eje 33	275	0,063525	0,0317625	3,1763E-05	3,14159265	3,17625E-05	0,01	0,043	0,05939574	83	0,167821836	0,20736441	0,275	2,90002305	0,172249004
Eje 35	597	0,137907	0,0689535	6,8954E-05	3,14159265	6,89535E-05	0,01	0,04	0,05939574	83	0,167821836	0,20000000	0,275	2,7970306	0,166131692
Eje 34	346	0,079926	0,039963	3,9963E-05	3,14159265	0,000039963	0,01	0,051	0,05939574	83	0,167821836	0,22583180	0,275	3,15829222	0,187589091

Tabla 16 Infiltración Falsos Túneles

Este Caudal de infiltración se conecta con el del interior del túnel, por lo que hay que tenerlo en cuenta en el cálculo del caudal total del túnel.

QTotal de Filtración de los falsos túneles = 0.452529 l/s = 4.52529 x 10-4 m³/s

4.4.2.4 Infiltración en las Galerías de conexión

Se ha propuesto un drenaje de filtración en las paredes de las galerías de conexión de los túneles que recoja la posible filtración de agua por las paredes. Un dren de 110mm en cada lado conectado al dren central que conectará con el sistema de infiltración del túnel.

En la tabla inferior se expone de manera resumida el cálculo del dimensionamiento para un dren de 110mm.

Eje	Longitud (m)	Caudal Infiltración (l/s)	Caudal infiltración por hastial (l/s)	Caudal infiltración por hastial (m3/s)	pi	Q infiltración hastiales (m³/s)	n	l	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
TP01	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,00965	0,00785398	83	0,085498797	0,09823441	0,1	0,69991035	0,005497083
TP02	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,00345	0,00785398	83	0,085498797	0,0587367	0,1	0,41849311	0,003286837
TP03	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,00365	0,00785398	83	0,085498797	0,06041523	0,1	0,43045246	0,003380766
TP04	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,00185	0,00785398	83	0,085498797	0,04301163	0,1	0,30645353	0,00240688
TP05	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,0001	0,00785398	83	0,085498797	0,01000000	0,1	0,071249	0,000559588
TP06	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,0152	0,00785398	83	0,085498797	0,12328828	0,1	0,87841664	0,006899068
TP07	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,01955	0,00785398	83	0,085498797	0,13982131	0,1	0,99621285	0,007824237
TP08	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,021	0,0106	0,00785398	83	0,085498797	0,10295630	0,1	0,73355333	0,005761314
TP09	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,0017	0,00785398	83	0,085498797	0,04123106	0,1	0,29376714	0,002307242
TP10	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,00725	0,00785398	83	0,085498797	0,08514693	0,1	0,60666336	0,004764723
TP11	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,0147	0,00785398	83	0,085498797	0,12124356	0,1	0,86384819	0,006784648
TP12	20	0,00462	0,00231	0,00000231	3,14159265	0,00000231	0,012	0,0074	0,00785398	83	0,085498797	0,08602325	0,1	0,61290705	0,004813761

Tabla 17 Infiltración Galerías de Conexión

Este Caudal de infiltración también hay que tenerlo en cuenta para el total de filtración del túnel.

QTotal de filtración de las galerías = 0.05544 l/s = 5.544 x 10-5 m³/s

4.4.2.5 Comprobación capacidad final de Infiltración del colector del túnel

La infiltración de los falsos túneles y de las galerías llega al colector de 315mm de los túneles por lo que hay que tenerla en cuenta para su capacidad.

- Debido a la infiltración de los falsos túneles:
Túnel Eje 30: Falso túnel eje 35+36+37= 0,137907+ 0,052206+ 0,068145= 0.258258 l/s
Túnel Eje 31: Falso Túnel eje 33+34+32= 0,063525+ 0,079926+ 0,05082= 0.194271 l/s
- Debido a la infiltración de las galerías:
Túnel Eje 30: TP02 + TP03 + TP04 + TP05 + TP10 + TP11 + TP12 = 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 = 0.03234 l/s
Túnel Eje 31: TP01 + TP06 + TP07 + TP08 + TP09 = 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 + 0,00462 = 0.0231 l/s

Con lo que el total de caudal de infiltración que llega a cada túnel sería:

- Túnel Eje 30: 0.258258 + 0.03234 = 0.2906 l/s = 2.906 x 10-4 m³
- Túnel Eje 31: 0.194271 + 0.0231 = 0.217371 l/s = 2.174 x 10-4 m³

Haciendo una comprobación final para la capacidad del colector PVC de 315mm de diámetro:

Eje	pi	Q infiltración (m³/s)	n	l	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
Eje 30	3,14159265	0,0015056	0,012	0,03	0,05939574	83,3333333	0,16782184	0,17320508	0,275	2,42229956	0,14387427
Eje	pi	Q infiltración (m³/s)	n	l	pi*D^2/4	1/n	(D/4)^2/3	I^0,5	D (m)	v (m/s)	Q (m³/s)
Eje 31	3,14159265	0,0014324	0,012	0,03	0,05939574	83,3333333	0,16782184	0,17320508	0,275	2,42229956	0,14387427

Tabla 18 Infiltración Túneles

Por lo que queda comprobado que la tubería propuesta de 315mm DE y 275mm DI de PVC tiene capacidad suficiente para la infiltración del túnel.

4.4.3 Caudal total en el túnel

Drenaje de la calzada = $0.01 \text{ m}^3/\text{s} + 0.1583 \text{ m}^3/\text{s} = 0.1683 \text{ m}^3/\text{s}$

Drenaje de Infiltración = $0.00243 \text{ m}^3/\text{s} + 4.52529 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ (falsos túneles) + $5.544 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ (galerías) = $0.002938 \text{ m}^3/\text{s}$

Total de caudal que llega al pozo de bombeo del túnel = $0.1683 + 0.002938 = 0.17124 \text{ m}^3/\text{s} = 171.24 \text{ l/s}$ (total de los dos túneles)

La sección tipo del túnel se muestra a continuación (para conocer la disposición de las tuberías propuestas y su coordinación con el resto de elementos ver el modelo BIM para más información y detalle)

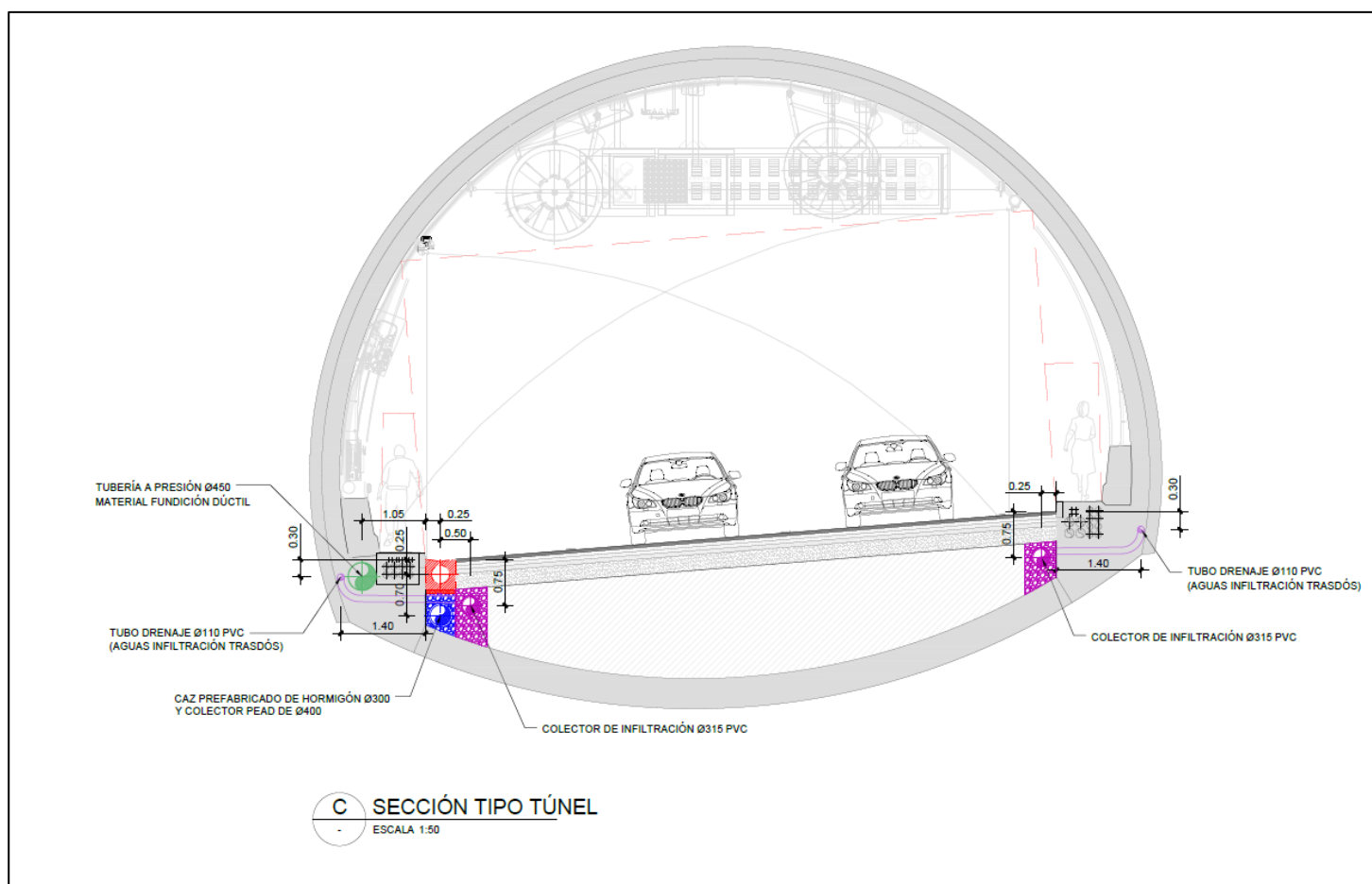


Figura 1 Sección Tipo del Túnel

4.5 Capacidad de los conductos

De acuerdo con lo establecido en el apartado “3.4.5 Comprobación hidráulica de elementos lineales” incluido dentro de la Norma 5.2-IC, es necesario que dentro del análisis de cada conducto se realicen las siguientes verificaciones:

La capacidad hidráulica de los elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre para la sección llena sin entrada en carga debe ser mayor que el caudal del proyecto, tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$Q_{CH} = \frac{J^{1/2} \cdot R_H^{2/3} \cdot S_{Máx}}{n} \geq Q_p$$

Según figura 3.38 de la Norma 5.2-IC:

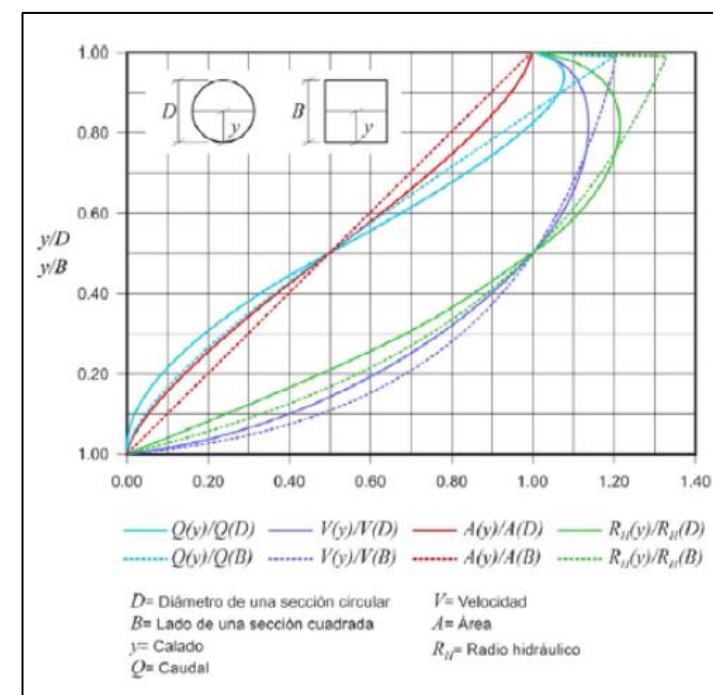


Figura 2 Caudal en función del calado en elementos lineales en lámina libre en régimen uniforme

La velocidad media del agua para el caudal de proyecto debe ser menor que la que produce daños en el elemento de drenaje superficial, en función de su material constitutivo.

$$V_p = \frac{Q_p}{S_p} \leq V_{Máx}$$

Donde:

Q_{CH}, Q_p : capacidad hidráulica del elemento de drenaje, caudal del proyecto, en m^3/s .

J : pendiente geométrica del elemento lineal, adimensional.

R_H : radio hidráulico $R_H = \frac{S}{P}$, en m.

S : área hidráulica, en m^2 .

P : perímetro mojado, en m.

n : coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional.

A partir de las expresiones anteriores se utilizará la ecuación de Manning para realizar la comprobación hidráulica tanto de la capacidad como de la velocidad al interior de los elementos de drenaje.

Cabe anotar que se usarán los coeficientes de rugosidad de Manning para cunetas siguiendo las sugerencias de la tabla 3.1 de la Norma 5.2-IC, así como las velocidades máximas establecidas de acuerdo con el material seleccionado, cuyos valores se pueden observar en la tabla 3.2.

MATERIAL		n (sm ^{-1/3})
Cuneta	Sin vegetación. Superficie uniforme	0,020-0,025
	Sin vegetación. Superficie irregular	0,020-0,033
	Con vegetación herbácea segada	0,033-0,040
	Con vegetación herbácea espesa	0,040-0,050
	En roca. Superficie uniforme	0,029-0,033
	En roca. Superficie irregular	0,033-0,050
	Fondo de grava. Cajeros de hormigón	0,017-0,020
	Fondo de grava. Cajeros enchachados	0,022-0,033
	Encachado	0,020-0,029
	Hormigón proyectado	0,017-0,022
	Revestida con hormigón in situ	0,013-0,017
Pavimento con mezclas bituminosas		0,013-0,018
Hormigón en marcos y otras estructuras in situ		0,014-0,017
Gaviones		0,020-0,040
Tubo de hormigón		0,012-0,017
Tubo de fundición		0,010-0,015
Tubo de acero		0,010-0,014
Tubo de materiales poliméricos		0,008-0,013

Nota: Los valores inferiores de cada uno de los rangos resultan de aplicación a conductos recién instalados, rectos, sin arquetas ni piezas especiales intermedias, limpios y en buen estado de conservación. El envejecimiento de los conductos se suele traducir en un incremento del valor del número *n* de Manning que no suele superar el límite superior de esta tabla.

Figura 3 Coeficientes de rugosidad de Manning para cunetas

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas blandas	0,90-1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20-2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20-1,80
Rocas blandas	1,40-3,00
Mampostería, rocas duras	3,00-5,00
Hormigón	4,50-6,00

Nota: Además de las variaciones debidas al distinto comportamiento de los materiales comprendidos en las categorías genéricas de esta tabla, los valores superiores son admisibles para situaciones esporádicas, mientras que los valores más bajos son para situaciones frecuentes.

Figura 4 Velocidad máxima del agua

5 RESUMEN DEL SISTEMA DE DRENAJE PROPUESTO

5.1 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.

Teniendo como base lo explicado anteriormente, a continuación, se presentan las premisas del sistema de bombeo.

5.2 Dimensionamiento de los pozos de bombeo en la Margen Derecha

El dimensionamiento de los pozos parte de cuatro parámetros de entrada importantes:

- Caudal de entrada.
- Volumen efectivo.
- Dimensionamiento del pozo.
- Diferencia entre los niveles de arranque y parada.

5.2.1 Caudal de entrada:

El cálculo del caudal de entrada parte de la escorrentía que proviene de los carriles que aportan agua al pozo. Una vez se haya calculado el caudal de entrada, se analizará la capacidad de la bomba.

$$\text{Capacidad de la bomba} = \text{Caudal de entrada} \times 1.05$$

Paralelo al análisis de la capacidad de la bomba es necesario considerar el número de arranques máximos por hora, número que podrá variar entre 4 y 6, que además de garantizar la durabilidad a largo plazo del equipo de bombeo, permita que el equipo tenga una respuesta adecuada ante la llegada de los caudales pico.

5.2.2 Cálculo del volumen efectivo:

Antes de definir el volumen efectivo, se consideró que la configuración de las bombas sería de 2 + 1, manteniendo dos equipos operativos y uno de respaldo en caso de daño o mantenimiento. Además, su funcionamiento será en paralelo, lo cual permitirá que el caudal total bombeado se distribuya entre los dos equipos de bombeo de forma equivalente.

$$\text{Volumen Efectivo} = \frac{\text{Capacidad de la bomba} \times 3.6}{4 \times \text{Arranques por hora}}$$

5.2.3 Dimensionamiento del Pozo

En este punto es esencial determinar las dimensiones correctas del pozo de bombeo para garantizar unas condiciones óptimas de operación, ya que si la cámara de bombeo es demasiado grande existe el riesgo de que el número de arranques y paradas no sea el establecido en el diseño y/o especificado dentro la ficha técnica del equipo, causando daños mecánicos en el mismo.

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

La diferencia de altura entre el nivel de arranque y parada se conoce como altura efectiva que será determinada de la siguiente manera:

$$\text{Altura efectiva} = \frac{\text{Volumen efectivo}}{\text{Área transversal}}$$

Cabe anotar que la importancia de tener una altura efectiva precisamente determinada radica en acertar en el número de ciclos/arranques fijados, ya que, si la altura efectiva es muy grande, podría originarse continuamente sedimentación y afectar el sistema de captación dando lugar a obstrucciones y paradas imprevistas. Por otra parte, si la diferencia de altura entre los niveles de arranque y parada es muy pequeña el motor podría sobrecargarse en la condición crítica de operación

Cabe anotar que pese a que el sistema de bombeo estará previsto en una configuración en 2 + 1, el equipo de reserva podría ponerse en operación ante la ocurrencia de un evento extremo, en el cual se exceda el caudal de diseño a fin de evitar la colmatación del pozo de bombeo.



Figura 5 Especificación Bomba Sistema de Bombeo MD

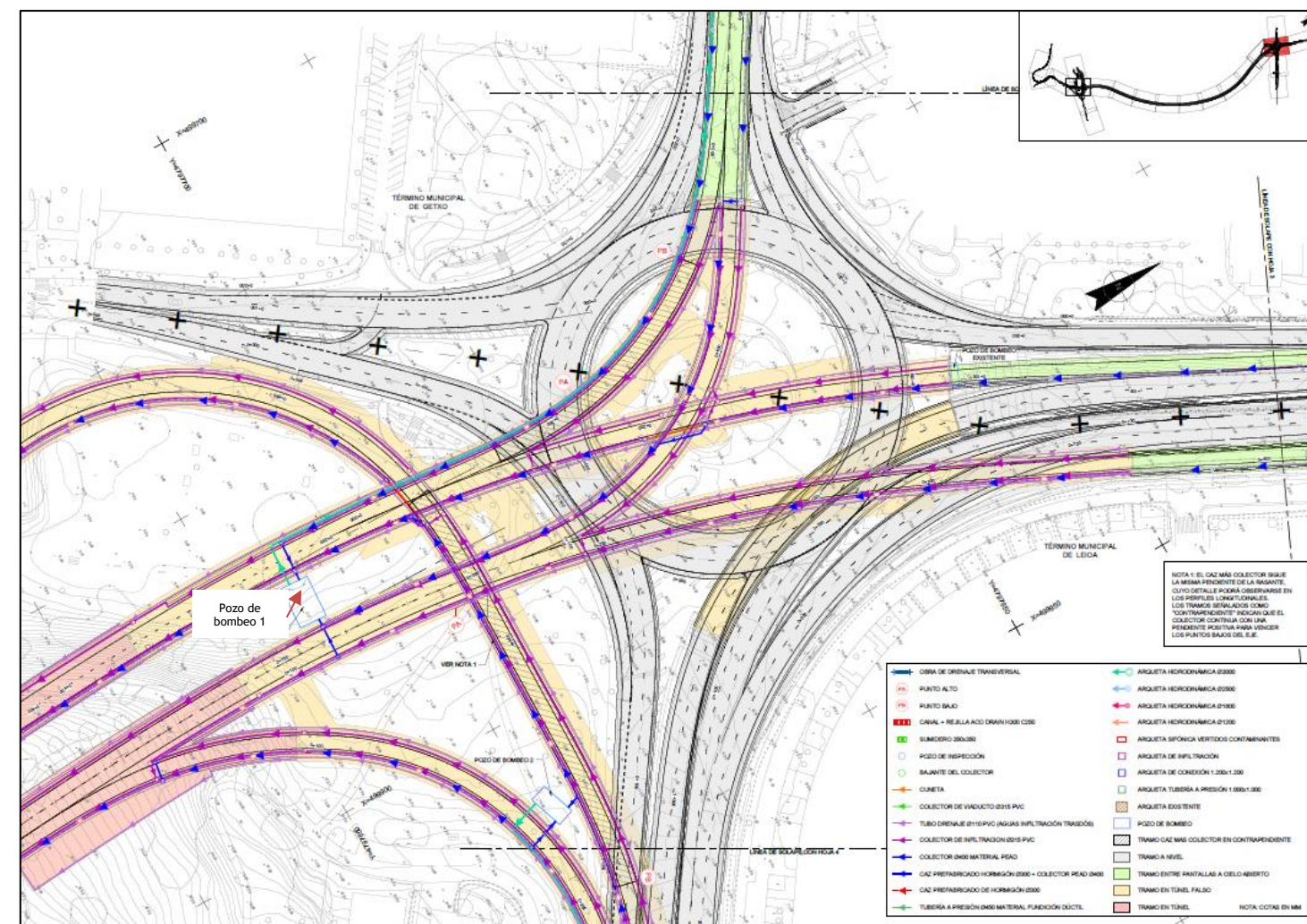


Figura 6 Localización de pozo de bombeo 1 - Margen Derecha.

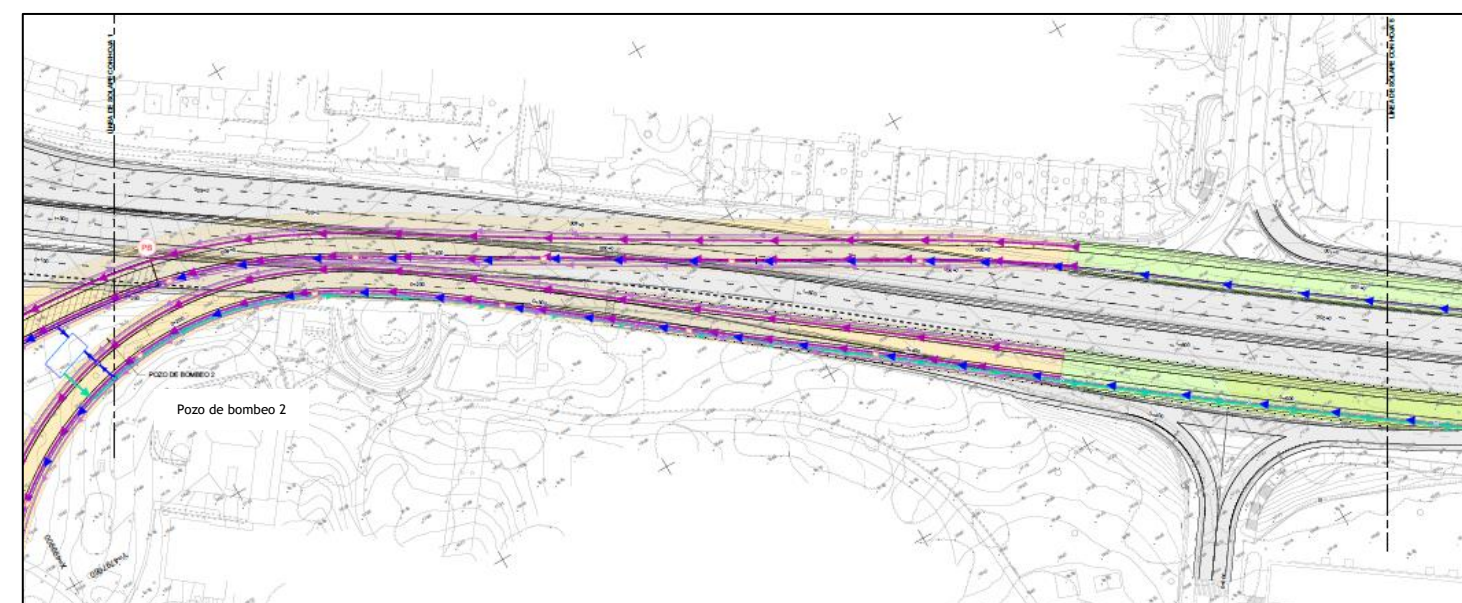


Figura 7 Posicionamiento del pozo de bombeo 2 - Margen Derecha.

5.3 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.

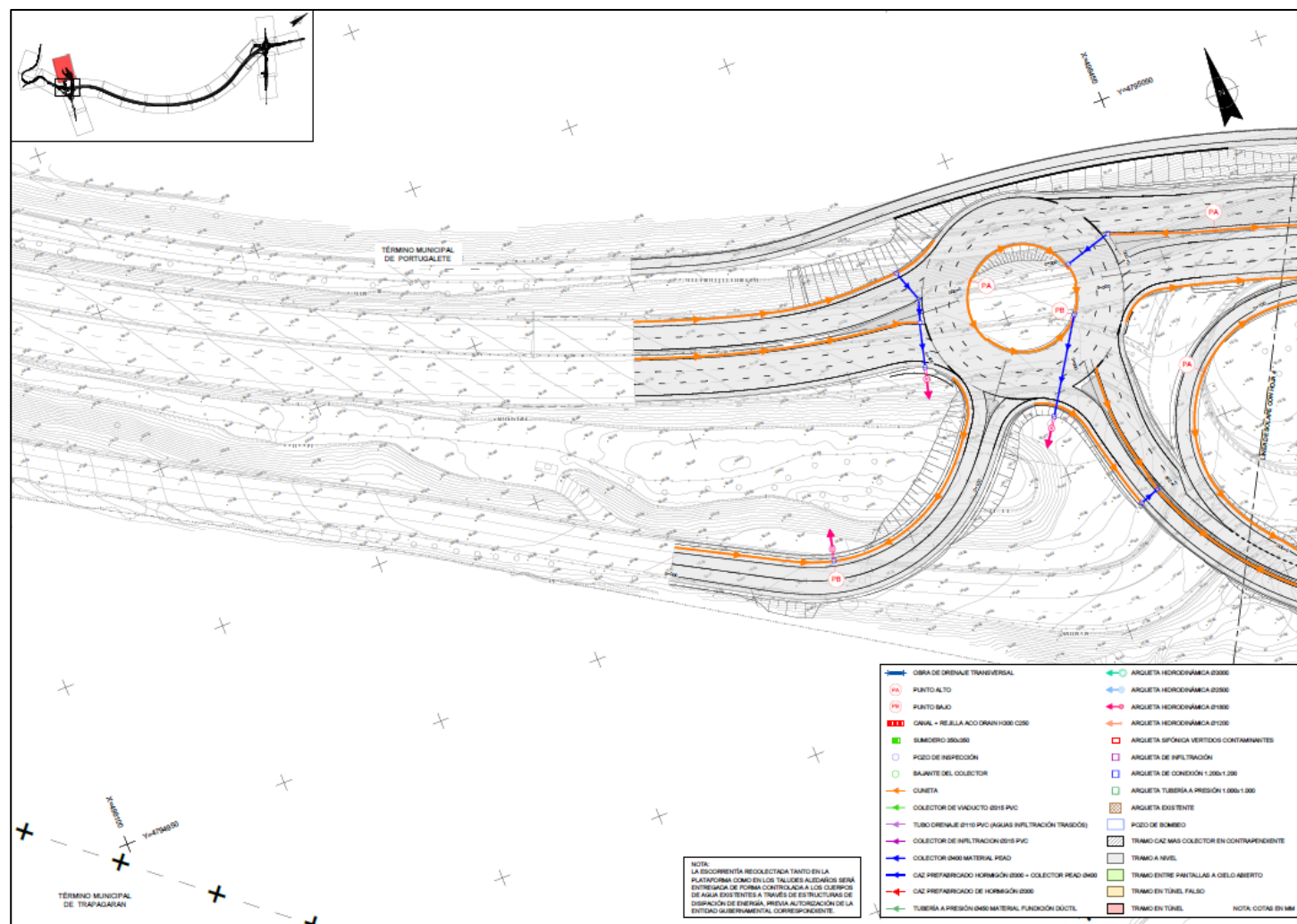


Figura 8 Red de drenaje en la rotonda de conexión - Margen Izquierda

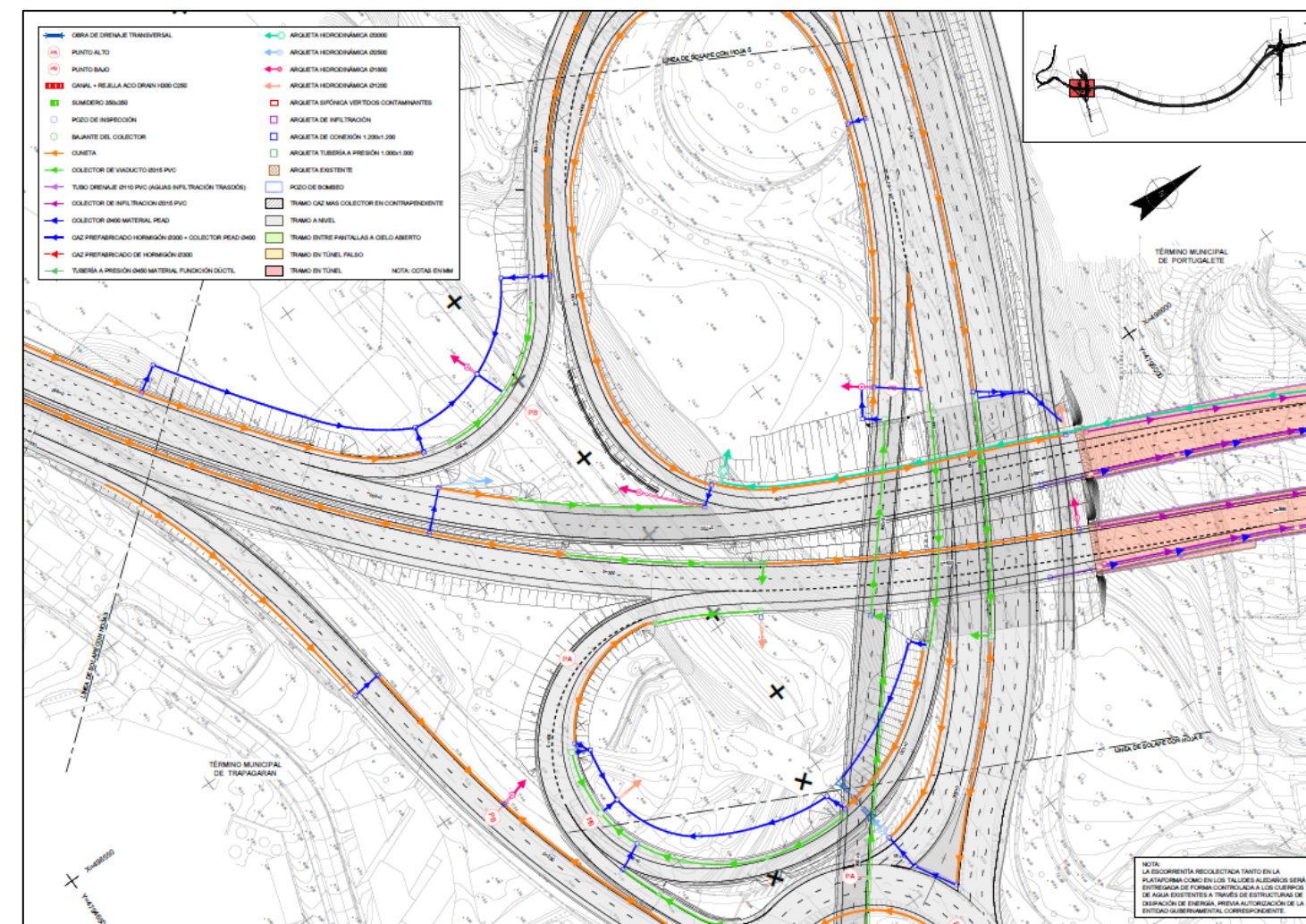


Figura 9 Red de drenaje en la intersección de las calzadas hacia el túnel Subfluvial - Margen Izquierda.

5.4 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.

5.5 Dimensionamiento pozos de bombeo del túnel

Tal y como se ha desarrollado en el punto anterior, el sistema de drenaje del túnel contará con dos redes que funcionan de manera separada. La red de filtración de diámetro 315mm y el caz prefabricado de hormigón de diámetro que descarga en el colector de 400mm. Ambas redes llegarán al punto bajo del túnel donde se plantea la disposición de un pozo de bombeo. El agua se impulsará desde el pozo de bombeo por un sistema de bombas que se explicará a continuación, hasta el punto de vertido en el río Ballonti en la margen Izquierda.

5.4.1 Pozo de Bombeo en el Túnel

Con objeto de evacuar el agua recogida a lo largo del túnel se prevé la instalación de un pozo de bombeo en el punto más bajo a lo largo del túnel.

5.4.1.1 Dimensionamiento del Pozo

El pozo de bombeo se diseña de tal forma que el volumen final considerado pueda ser almacenado en el espacio que queda por debajo de la cota de rasante de la tubería de salida.

La tubería de salida del pozo de bombeo tiene un diámetro de 450mm y funcionará a presión hasta el punto de vertido en la margen izquierda en el río Ballonti.

Para el dimensionamiento del Pozo y del sistema de Bombeo se realiza el mismo procedimiento que para los pozos descritos en la Margen Derecha:

- Caudal de Entrada

El caudal de entrada al pozo de bombeo tal y como se ha definido anteriormente se trata de: 171.24 l/s

- Capacidad de la Bomba

Se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad de la bomba} = \text{Caudal de entrada} \times 1.05$$

Capacidad de la bomba = 171.24 l/s x 1.05 = 179.802 l/s

Paralelo al análisis de la capacidad de la bomba es necesario considerar el número de arranques máximos por hora, número que podrá variar entre 4 y 6, que además de garantizar la durabilidad a largo plazo del equipo de bombeo, permita que el equipo tenga una respuesta adecuada ante la llegada de los caudales pico.

- Volumen Efectivo

Para el cálculo del volumen efectivo se procede de la siguiente manera:

$$\text{Volumen Efectivo} = \frac{\text{Capacidad de la Bomba} \times 3.6}{4 \times \text{Arranques por hora}}$$

Volumen efectivo = (179.802 l/s x 3.6) / (4 x 6) = 26.97 m³

- Altura Efectiva

La diferencia de altura entre el nivel de arranque y parada se conoce como altura efectiva que será determinada de la siguiente manera:

$$\text{Altura efectiva} = \frac{\text{Volumen efectivo}}{\text{Área transversal}}$$

Siendo el área en planta disponible para el pozo de bombeo de 12 x 4:

Altura efectiva = 26.97m³ / 48m² = 0.562m

Cabe destacar que hay que considerar en este diseño del pozo el tratamiento de un posible vertido accidental.

Un vertido accidental dentro de un túnel, es considerado como una sustancia que debería ser recogida y tratada inmediatamente cuando ocurre el evento, ya que sus características fisicoquímicas podrían causar daños tanto en las tuberías como en los equipos de bombeo (corrosión, incrustaciones, desgaste, etc). Por este motivo, se sugiere recolectar el agua en una cámara en la cual se pueda almacenar hasta que sea retirada con el vehículo adecuado (camión cisterna, por ejemplo).

Se sugiere el uso de la cámara de bombeo como un lugar que además de ser el sitio de recolección inicial permita el almacenamiento del vertido accidental. Esto se puede lograr mediante un sistema de instrumentación (detectores de aceite, químicos, ácidos, etc.) que accionen las válvulas de paso e impidan que los residuos sean alcanzados por las bombas.

Así, la cámara de recolección además de recoger los fluidos previos al bombeo en condiciones normales de operación, será el sitio de almacenamiento usado para contener el vertido accidental hasta su retiro mediante camión cisterna (para ello es necesario instalar los detectores mencionados anteriormente).

En cuanto al volumen máximo de derrame, se estima una capacidad de retención para un vertido de mercancías peligrosas de un camión cisterna de 20000 litros, es decir un volumen extra de retención de 20m³.

El siguiente esquema dará mayor claridad sobre lo expuesto anteriormente.

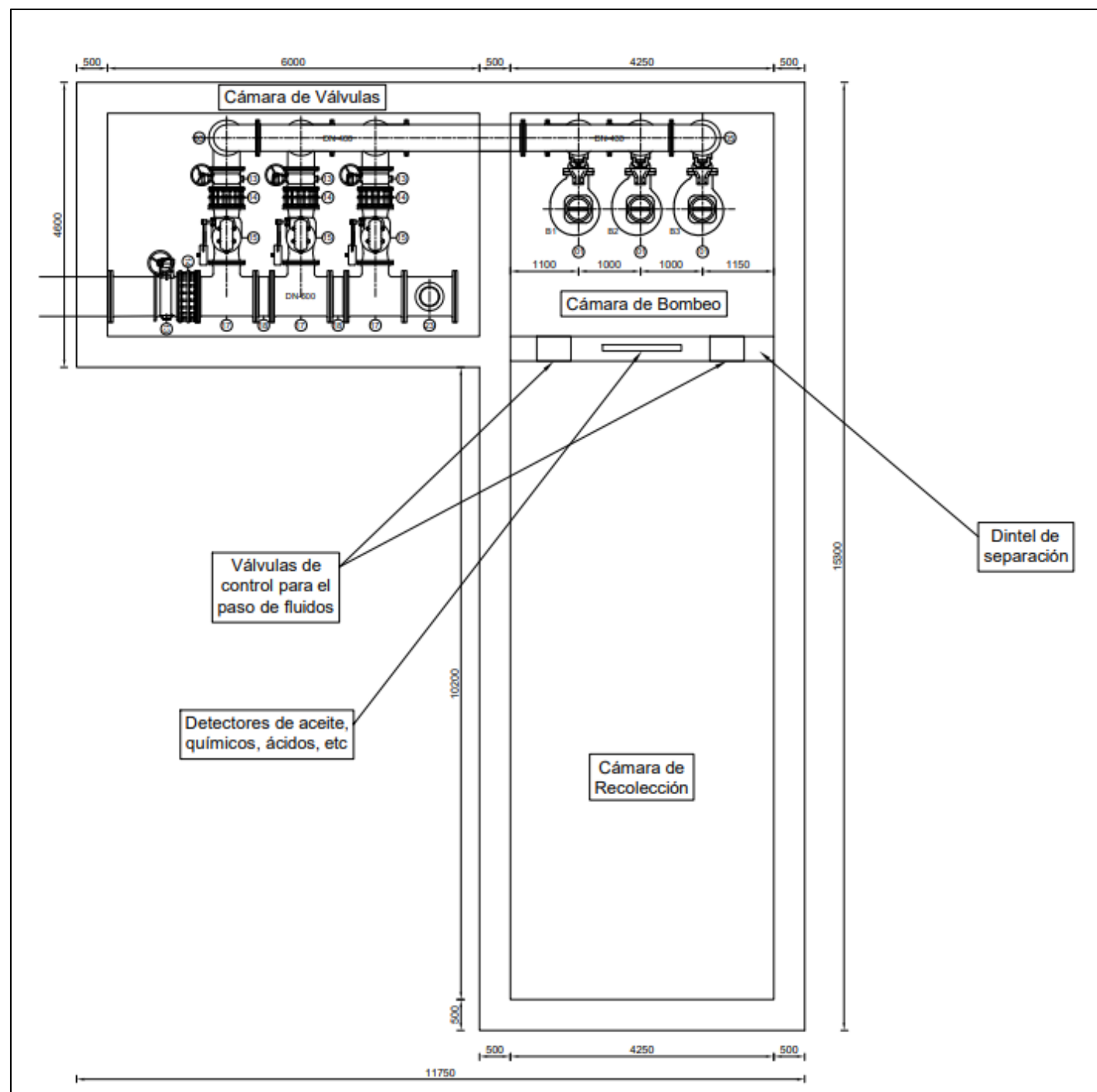


Figura 10 Esquema Pozo de Bombeo Túnel

5.4.1.2 Dimensionamiento del equipo de Bombeo

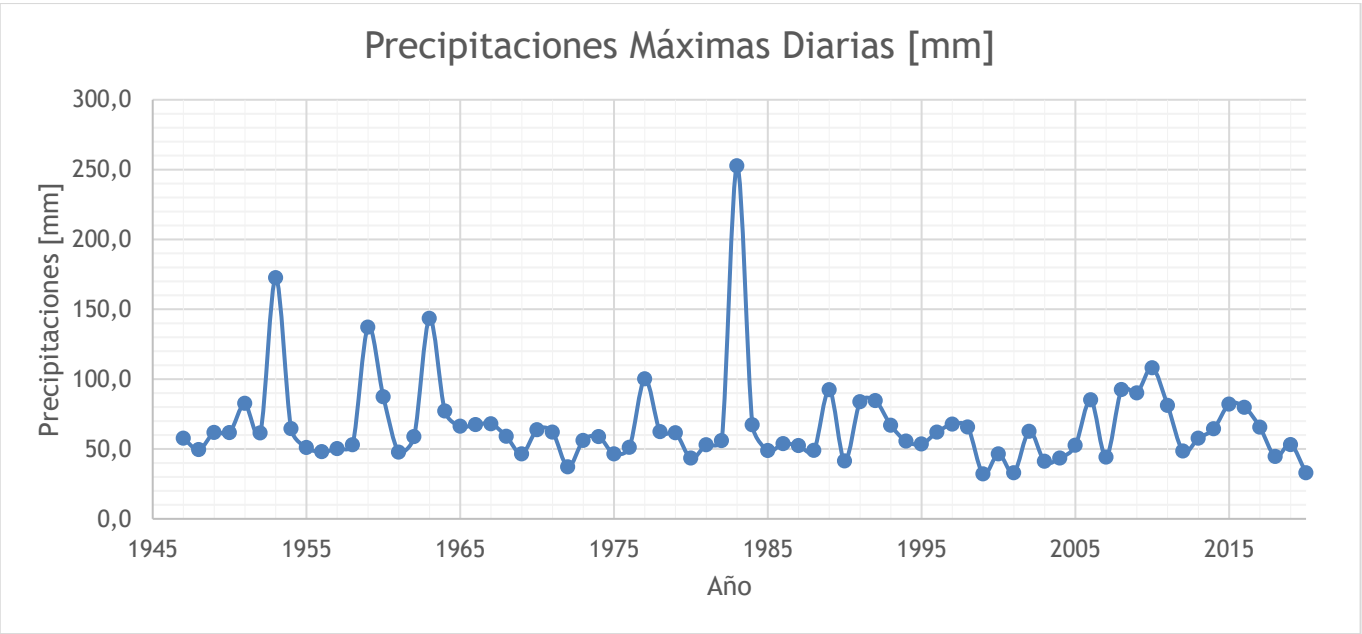
Se propone un sistema de bombeo de 2+1. Manteniendo dos bombas en operativo funcionando en paralelo y otra en reposo para emergencia (avería o aumento de caudal), se divide el caudal de bombeo trabajando de manera independiente.

APÉNDICE 1 DISTRIBUCIONES MÁXIMAS DE PRECIPITACIÓN DIARIA

Anejo 06. Climatología, hidrología y drenaje

Año	Precipitación Máxima Diaria [mm]	Año	Precipitación Máxima Diaria [mm]
1947	57,6	1984	67,3
1948	49,5	1985	48,8
1949	61,8	1986	53,7
1950	61,7	1987	52,4
1951	82,6	1988	48,9
1952	61,4	1989	92,4
1953	172,6	1990	41,4
1954	64,5	1991	83,8
1955	51,0	1992	84,6
1956	48,0	1993	66,9
1957	50,2	1994	55,6
1958	53,0	1995	53,5
1959	137,2	1996	62,0
1960	87,3	1997	67,7
1961	47,7	1998	65,7
1962	58,8	1999	32,1
1963	143,5	2000	46,4
1964	77,1	2001	32,9
1965	66,2	2002	62,6
1966	67,4	2003	41,1
1967	68,0	2004	43,4
1968	59,0	2005	52,6
1969	46,4	2006	85,2
1970	63,7	2007	44,1
1971	62,0	2008	92,5
1972	37,1	2009	90,1
1973	56,1	2010	108,1
1974	58,8	2011	81,1
1975	46,4	2012	48,5
1976	51,1	2013	57,7
1977	100,2	2014	64,4
1978	62,4	2015	82,1
1979	61,6	2016	79,8
1980	43,4	2017	65,6
1981	53,0	2018	44,6
1982	55,9	2019	53,1
1983	252,6	2020	32,9

Tabla 19 Precipitaciones máximas mensuales multianuales. Estación 1082: Bilbao/Aeropuerto.

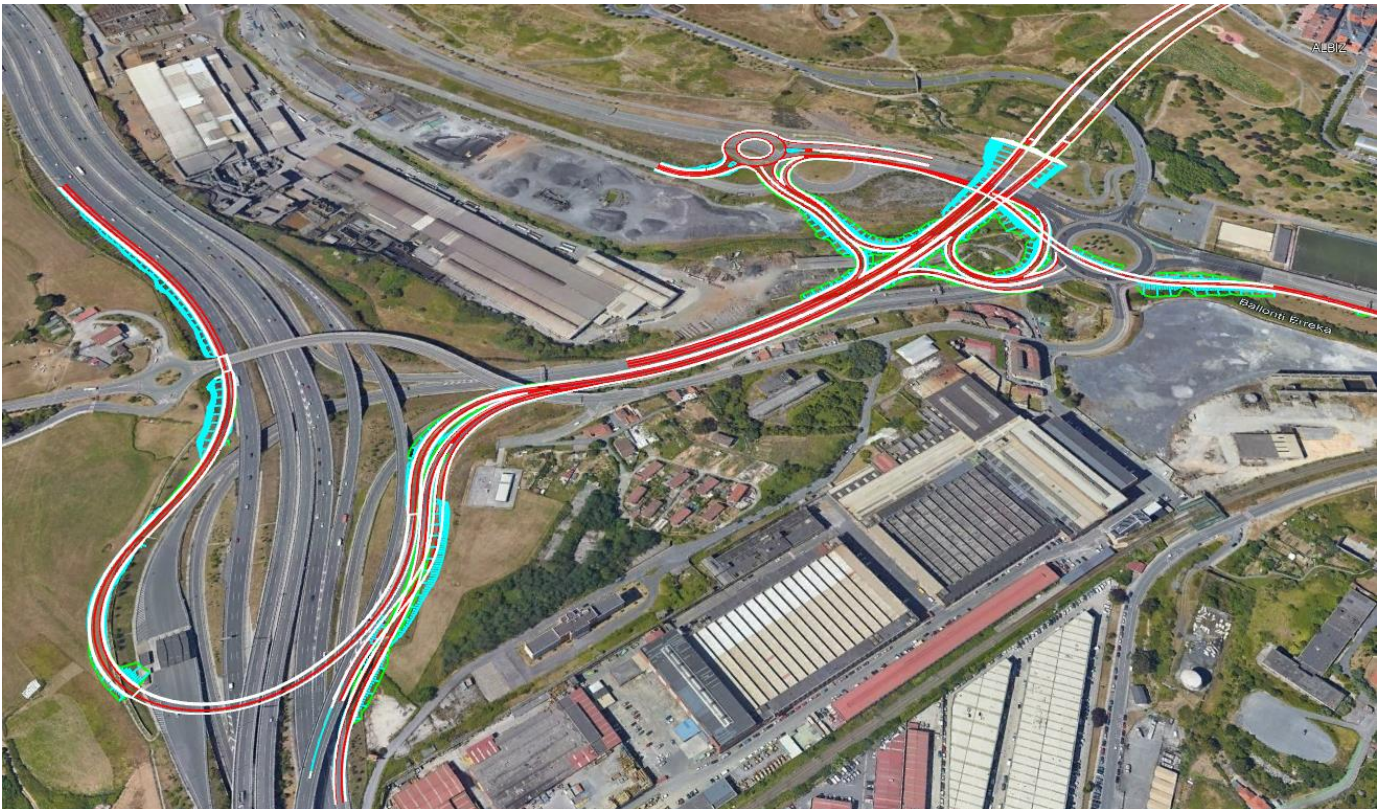


Tr años	NORMAL	GUMBEL	PEARSON	LOG-PEAR	LOG-NOR	EV3
2	67,1	61,9	54,0	57,96	60,3	60,8
5	94,5	93,0	78,0	80,65	88,9	92,2
10	108,9	113,5	101,6	100,40	108,8	111,8
25	124,2	139,5	137,7	131,80	135,1	134,9
50	134,0	158,8	167,9	160,73	155,4	150,9
100	142,9	178,0	200,3	195,23	176,2	165,9
200	151,1	197,1	234,6	236,51	197,6	180,2
500	160,9	222,2	282,6	303,96	227,2	198,2
Chi 2	326,668	239,657	60,726	46,271	123,548	181,213

Tabla 20 Precipitaciones máximas diarias y prueba de bondad de ajuste.

APÉNDICE 2 ESTUDIO DE AFECCIÓN DEL PROYECTO SOBRE EL RIO BALLONTI

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL SUBFLUVIAL DE LAMIAKO



Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

Control de firmas

Realizado	Aprobado
Ignacio Casado / Mireia Capmany (IDOM)	Eduardo Rivero (SENER)
Fecha y Firma	Fecha y Firma
No precisa firma si está aprobado electrónicamente mediante ruta	

Información del Documento	
Código Documento	TSL-DR-DB-01-03-NT-60009
Revisión	02

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

Registro de cambios

Rev	Fecha	Autor	Sección afectada	Cambios
00	30/05/2022	Ignacio Casado / Mireia Capmany (IDOM)		Versión Inicial
01	23/12/2022	Ignacio Casado / Mireia Capmany (IDOM)	Todas	Cambio trazado y comentarios iniciales a partir de la revisión realizada por parte de URA
02	27/03/2023	Ignacio Casado / Mireia Capmany (IDOM)	Todas	Incorporación comentarios de URA.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	7
2	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	7
3	ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN	10
4	CRITERIOS A CONSIDERAR	10
5	SIMULACIÓN HIDRÁULICA	12
5.1	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA EMPLEADO	13
6	RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO.....	15
6.1	SITUACIÓN 0 Y 1.....	16
6.2	SITUACIÓN 2	20
6.3	RESUMEN	25
7	CONCLUSIONES	27
8	APÉNDICES	29
8.1	TABLAS RESUMEN DE CÁLCULO	29
8.2	PLANOS	34

FIGURAS

Figura 1: Planta de situación.	9
Figura 2: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 0	16
Figura 3: Secciones de las pasarelas peatonales retiradas para la situación 1.	16
Figura 4: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutará Puente s/ Ballonti (RS =1907)	17

Figura 5: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutarán Puente s/Ballonti EJE ESTE y OESTE (RS =1900.061).	18
Figura 6: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutará Puente Ramal Portugalete-Subfluvial (RS=1827 Sección US).....	18
Figura 7: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Puente existente Ramal rotonda Sestao (RS =1827 Sección DS).....	19
Figura 8: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 1	19
Figura 9: Ramales Portugalete-Subfluvial y salida glorieta Sestao. Estructuras nueva y existente.	21
Figura 10: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/ Ballonti.....	22
Figura 11: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695 (RS =1905 Sección US)	22
Figura 12: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/Ballonti EJE ESTE 0+330 (RS =1905 Sección DS).	23
Figura 13: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente Ramal Portugalete-Subfluvial (RS =1827 Sección US)	23
Figura 14: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente ramal SALIDA Gda. Sestao (RS =1827 Sección DS).....	24
Figura 15: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Ramal norte del Ballonti (RS =1992.036).	24
Figura 16: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 2.....	25
Figura 17: Perfil longitudinal puente Ballonti.	28
Figura 18: Perfil longitudinal puente Ballonti EJE 31 y 106.	29
Figura 19: Vista en planta Puente s/Ballonti.	34
Figura 20: Vista en planta Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695 y EJE OESTE 0+330.	35
Figura 21: Vista en planta Puente Ramal Portugalete-Subfluvial y Puente Ramal Salida GTA. Sestao.....	36
Figura 22: Esquema sección típica hidráulica	36
TABLAS	
Tabla 1. Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.	10
Tabla 2. Resumen de resultados	26

Tabla 3. Resguardo para el diseño de puentes	27
Tabla 4. Resguardo para el diseño del puente sobre el río Galindo (Fuente: Diputación Foral de Bizkaia).....	27
Tabla 5. Características hidráulicas de la situación 1- T:100 años	30
Tabla 6. Características hidráulicas de la situación 1- T:500 años	31
Tabla 7. Características hidráulicas de la situación 2- T:100 años	32
Tabla 8. Características hidráulicas de la situación 2- T:500 años	33

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento estudia las afecciones en materia de variación de la lámina de agua del cauce del río Ballonti. Esto es debido a que la ejecución de las estructuras propuestas puede llegar a interferir en el estado natural del cauce existente y es necesario disponer de toda la información y condicionantes de diseño necesarios para realizar el proyecto cumpliendo la normativa en materia de afección a dicho cauce.

Para evaluar los posibles cambios de la lámina de agua del cauce debido a la ejecución de las estructuras se utilizarán los datos proporcionados por la Agencia Vasca del Agua (URA), que servirán de base para la utilización de un software de modelado hidráulico que permitirá simular los distintos escenarios necesarios con el fin de obtener los resultados.

2 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

La construcción del Subfluvial de Lamiako transformará el diseño actual del Eje del Ballonti, en concreto en el tramo ubicado entre las glorietas de Nervacero y la glorieta ubicada junto a los campos de fútbol de Galindo (en adelante glorieta de Galindo).

Se prevé que la captación del Subfluvial de Lamiako abarque un área muy extensa de la Margen Izquierda por el efecto distribuidor del Eje del Ballonti, representando la mayor parte del tráfico que circulará por el corredor.

La construcción de la Variante Sur Metropolitana (VSM) de Bilbao incluyó la creación del Enlace de Trápaga para facilitar la conexión de la VSM y la A-8 con el Eje del Ballonti. El vial secundario de este enlace se dispuso en prolongación del planeamiento del Corredor de Lamiako, con un trazado que permite el cruce bajo el tronco del Eje del Ballonti, entre las glorietas de Nervacero y Galindo.

Tras la reordenación de la A-8 y la construcción de la VSM el tráfico que accede a este tramo del Eje del Ballonti desde Cantabria debe hacerlo por el Enlace de Portugalete de la A-8. Los túneles de la Ría arrancarán desde la Margen Izquierda en una zona donde discurren de forma más o menos paralela la A-8 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 A-8 sentido Bilbao a través de un lazo en estructura elevada.
- Acceso desde la A-8 sentido Cantabria por la conexión ya existente que enlaza la A-8 con la rotonda de Galindo, que deberá ser adaptada.
- Acceso desde la VSM por la conexión ya existente que enlaza la A-8 con la rotonda de Galindo, que deberá ser adaptada.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

Respecto a las salidas del Túnel:

- Salida al Eje del Ballonti a través de la Rotonda de Nervacero
- Salida a la A-8 sentido Bilbao a través de la conexión existente.
- Salida a la A-8 sentido Cantabria por la conexión ya existente
- Salida a la VSM por la conexión ya existente.

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.

En el conjunto de las estructuras proyectadas en la margen izquierda, en lo que respecta a este documento, se consideran únicamente las que tienen afección directa sobre el río de Ballonti por haber sido proyectadas con el fin de salvar dicho cauce. En función de las características y los condicionantes del entorno, las estructuras que se recogen son las siguientes:

- Puente s/Ballonti
- Puente s/Ballonti EJE ESTE 0+330
- Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695
- Puente ramal SALIDA Gta. Sestao
- Puente Ramal Portugalete-Subfluvial

Además, se ha considerado también el ramal norte que pasa cerca del río Ballonti. Si bien no supone una afección en el cauce, por su cercanía se han estudiado los niveles de agua en las inmediaciones de este.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

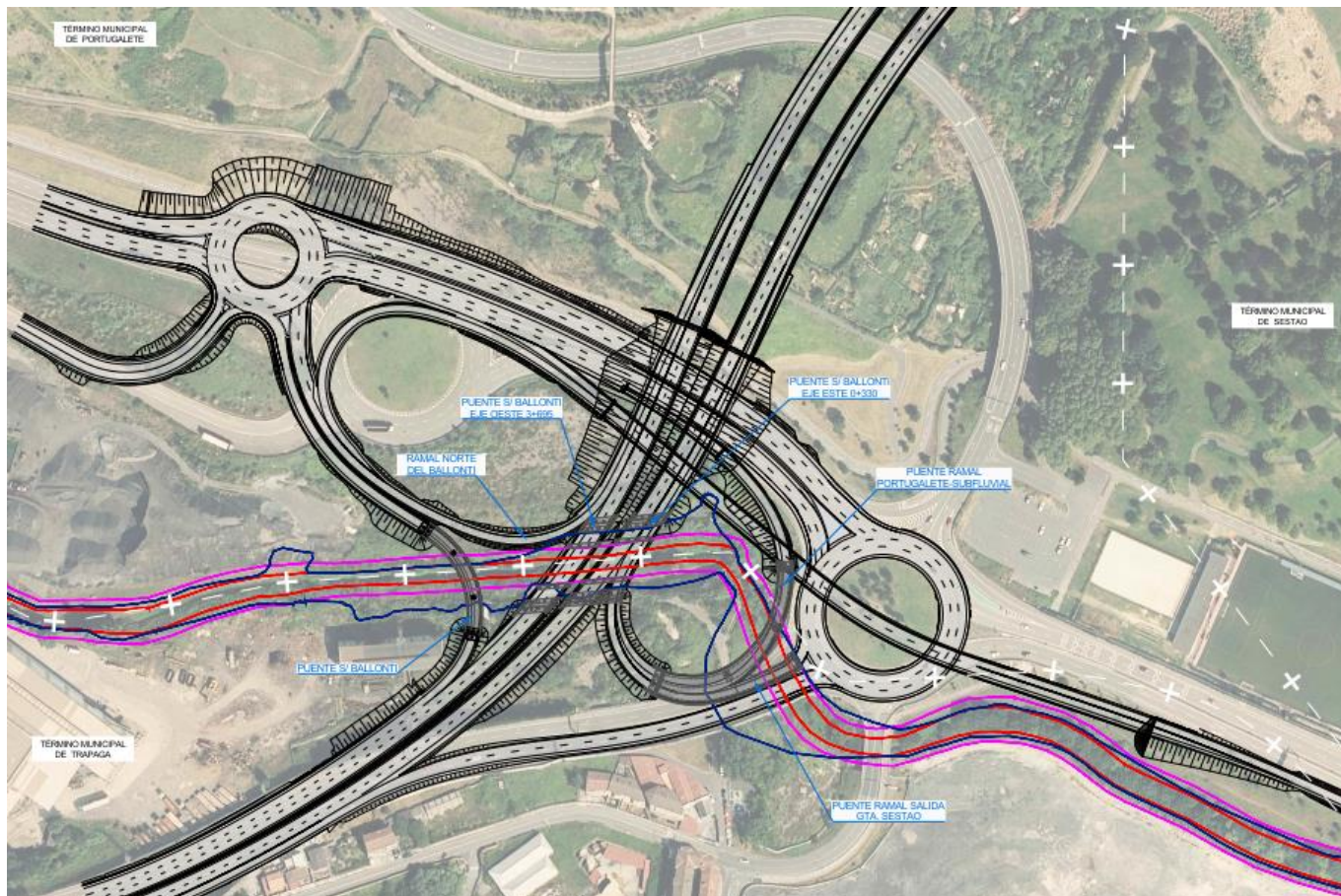


Figura 1: Planta de situación.

3 ÁREAS DE RIESGO POTENCIAL SIGNIFICATIVO DE INUNDACIÓN

El proyecto en conjunto afecta a tres Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSIs) de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Oriental: ES017-BIZ-IBA-03 Getxo, ES017-BIZ-IBA-02 Galindo y ES017-BIZ-IBA-01 Bilbao Erandio (Tabla 1).

CÓDIGO ARPSIs	Provincia	Municipio	Cauce/s
ES017-BIZ-IBA-01	Bizkaia	Bilbao-Erandio	Ibaizabal, Kadagua, Gobela, Udondo
ES017-BIZ-IBA-02	Bizkaia	Valle de Trápaga-Trapagaran, Ortuella, Barakaldo, Sestao	Ballonti, Granada, Galindo
ES017-BIZ-IBA-03	Bizkaia	Getxo, Leioa, Berango	Gobela, Kanderu, Itzaerreka, Larrañazubi, Aldapa

Tabla 1. Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación.

Las ARPSIs de la demarcación se han clasificado con el fin de definir prioridades en las medidas de gestión. Se ha realizado teniendo en cuenta dos criterios: el primero, el riesgo unitario (por km) tanto para la población media anual afectada como para los daños económicos esperados y, el segundo, la rentabilidad financiera de las obras de protección.

Las estructuras proyectadas en el cauce Galindo, perteneciente al Grupo I, se consideran de riesgo muy alto o con daños potencialmente catastróficos en caso de eventos con baja probabilidad de ocurrencia. Engloban las ARPSIs con obras ya en marcha o comprometidas y otras cuya protección debe acometerse a corto plazo. Se ubican en los valores más elevados del grafico de comparación rentabilidad económica frente a rentabilidad social.

4 CRITERIOS A CONSIDERAR

Los criterios principales que se han tenido en cuenta a la hora de encajar las estructuras mencionadas anteriormente son los siguientes:

- Tal y como indica en el punto 3 del Artículo 126 ter. del «Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, el Reglamento de Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, y otros reglamentos en materia de gestión de riesgos de inundación, caudales ecológicos, reservas hidrológicas y vertidos de aguas residuales»:
 - “El diseño de los puentes, pasarelas y obras de drenaje transversal en las autopistas, autovías, vías rápidas y nuevas carreteras convencionales y de la red ferroviaria, así como de aquellas otras vías de comunicación que den acceso a instalaciones y servicios básicos para la planificación de protección civil, se realizará de forma que no se ocupe la vía de intenso desagüe con terraplenes o estribos de la estructura de paso y no se produzcan alteraciones significativas de la zona de flujo preferente, para lo cual la obra de paso se complementará con posibles obras de drenaje

adicionales y pasos inferiores. En caso necesario, podrán ubicarse pilas dentro de la vía de intenso desagüe, minimizando siempre la alteración del régimen hidráulico, y garantizando que la sobreelevación producida sea inferior a los límites establecidos en el artículo 9.2. En aquellas zonas donde pueda verse afectada la seguridad de las personas y bienes o el posible desarrollo urbanístico, la sobreelevación máxima será inferior a 10 cm”.

- Como se indica en el punto 1 del Artículo 43 del «Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tago, Guadiana y Ebro»:
 - “La construcción de un nuevo puente en zona urbana requiere, con carácter general, al menos dejar libre la zona de flujo preferente. Hasta 30 m de luz tendrá un solo vano, para luces mayores tendrá un vano con luz mayor de 25 m, y otro u otros dos con luces mayores de 6 m. En tramos rectos el vano de más de 25 m se situará en el centro, y en tramos curvos en el exterior de la curva. El resguardo desde el nivel de aguas a la cara inferior del tablero será, si es posible, de un metro o mayor para la avenida de 500 años de periodo de retorno o, como mínimo, en el punto más desfavorable a efectos de galibo de desagüe, igual al 2,5% de la anchura de éste. En las actuaciones para mejora hidráulica que precisen la sustitución de un puente, si las condiciones de urbanización del entorno no permitieran cumplir con los requisitos anteriores en cuanto a resguardos, se deberá garantizar que dichas actuaciones comportan una reducción significativa del riesgo de inundación existente”.
 - “En los puentes de infraestructuras de comunicación que discurran por zona rural, las luces y distribución de los vanos se adaptarán a lo definido en el párrafo primero del apartado 1, y el resguardo desde la superficie libre del agua a la parte inferior del tablero para la avenida de 500 años de periodo de retorno será el que resulte de interpolar entre los datos del apéndice 12.”

Cuenca (km ²)	Resguardo (m)
5	0,15
10	0,25
25	0,40
50	0,50
100	0,75
1.000	1,00
2.000	1,50

- “Los puentes de caminos vecinales, en zona rural, tendrán mayor capacidad de desagüe que los tramos inmediatamente aguas arriba y aguas abajo, sin que esto suponga reducir de manera apreciable la anchura del cauce. Hasta 30 m de luz el cauce se salvará con un solo vano; para luces mayores habrá un vano de 25 m y otro u otros dos con luces mayores de 6 m. La parte inferior del tablero quedará a 25 cm por encima de los terrenos colindantes, no así el camino de acceso

que hasta las inmediaciones del puente se establecerá al nivel de los terrenos, de manera que se inunde antes el camino que el puente.”

- “Cuando las avenidas afecten a una zona urbana, cualquier puente aguas abajo de la citada zona requerirá un estudio general que contemple los efectos sobre la referida zona para su autorización”
- “Como criterio general no será autorizable la realización de coberturas en los tramos fluviales con cuenca drenante superior a 0,5 Km². En los cauces con superficie de cuenca vertiente inferior a esta cifra también se evitarán los encauzamientos cubiertos cuando se prevea arrastres de sólidos y flotantes, salvo en casos de manifiesta inevitabilidad en los cuales ésta deberá ser debidamente justificada. Excepcionalmente se podrá autorizar la cobertura de cauces en cuencas de hasta 1 km² en casos de infraestructuras estratégicas y en los casos especiales de cabeceras de cuenca en áreas de intensa urbanización, previa justificación de la inexistencia de otras alternativas viables menos agresivas ambientalmente y con menor riesgo. En estos supuestos, la sección será visitable, con una altura de, al menos, 2 m y una anchura no inferior a 2 m”
- “Con carácter general queda prohibida la alteración del trazado de cursos de agua con cuenca afluente superior a 1 km², salvo que sea necesaria para disminuir el riesgo de inundación de áreas urbanas, se contemple en el oportuno Plan de Gestión del Riesgo de Inundación o sea autorizado por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico. Asimismo, estará permitida la alteración del trazado en aquellos casos en los que se realice para aumentar la naturalidad del cauce previa autorización de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico. La alteración de cursos de agua con cuenca inferior a 1 km² exigirá la realización de estudios de alternativas que justifiquen la actuación, así como la adopción de las oportunas medidas preventivas, correctoras y compensatorias.”
- “Excepcionalmente se podrá permitir la alteración de cursos de agua de hasta 2 km² de cuenca vertiente cuando se trate de infraestructuras de carácter estratégico y actuaciones urbanísticas de interés supramunicipal, así contempladas en los instrumentos de ordenación territorial que hayan sido informados favorablemente por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico. En los casos anteriores será exigible la realización de un estudio de alternativas que justifique la actuación y evalúe las afecciones medioambientales, hidráulicas y urbanísticas derivadas de la intervención. Dicho estudio de alternativas deberá proponer la adopción de las necesarias medidas preventivas, correctoras y compensatorias a incorporar en la autorización que, en su caso, se otorgue.”

5 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

5.1 Descripción del programa empleado

Los cálculos hidráulicos se han realizado mediante el programa HEC RAS, de amplio reconocimiento para este tipo de estudios. Este programa es un modelo de simulaciones hidráulicas de ríos que permite realizar cálculos en flujo continuo, discontinuo (1D y 2D), transporte de sedimentos o análisis de calidad de aguas, entre otras posibilidades.

La topografía que determina la planta y perfiles transversales del río ha sido proporcionada por URA, así como los datos hidrológicos para las distintas estaciones del río.

Los modelos de acuerdo con la metodología del Hydrologic Engineering Center, serán de tipo unidimensional y el análisis hidráulico a realizar se basará en la resolución de las ecuaciones de flujo gradualmente variado en régimen estacionario, es decir, sin considerar la variación temporal de los caudales circundantes, los cuales corresponden, para cada periodo de retorno considerado, a los descritos en el apartado de caudales de cálculo.

El continuo geométrico se discretiza mediante perfiles transversales, distanciados entre sí en función de la homogeneidad de cada tramo. De esta forma se concentrarán en unos puntos discretos denominados puntos nodales, las características hidráulicas que corresponden a cada tramo y de ellos depende el comportamiento del modelo y su similitud con el medio físico.

En esta definición discreta del medio físico, se incluirán los obstáculos que existen al paso del agua, como es el caso de los azudes, de las canalizaciones y de los puentes. Cada tipo de obra presenta un efecto obstaculizador que depende de las dimensiones propias y de su proporción con el cauce.

A efectos de modelización se definirá un eje teórico del cauce de derivación como eje del modelo, al cual se asignarán los valores correspondientes a cada punto nodal. Dicho eje se identificará por las distancias al punto que se tomará como origen.

Las distancias se medirán hacia aguas arriba, siguiendo los ejes teóricos de los cauces, e identificando los puntos kilométricos (P.K.) que corresponden a cada punto nodal.

Los puntos nodales del modelo corresponderán a la intersección de perfiles transversales con los ejes teóricos de los cauces. Los perfiles transversales se identificarán por su P.K. y se relacionarán entre sí, mediante las distancias parciales que los separan, tanto en la zona de cauce como en las zonas inundables de ambas márgenes.

Mediante los perfiles transversales se efectuará la modelización de las características del cauce en los tramos que no presentan obstáculos artificiales. Por esta razón se elegirán de forma que sean representativos de las condiciones medias de distintos tramos de los cauces a modelizar. La sucesión de estos perfiles irá recogiendo las variaciones de geometría y rugosidad del cauce y zonas inundables de ambas márgenes.

Los perfiles se trazarán de forma que corten de la forma más ortogonal posible a las líneas de flujo. El hecho de que éstas tengan diferente configuración según el caudal puede obligar a que la traza de los perfiles sea en algún caso quebrada, llegando a establecer contacto, e incluso, coincidir con perfiles próximos.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

Las zonas de campo abierto no suelen presentar mayor problema de trazado, que la consideración de lo antes descrito. Sin embargo, las zonas edificadas requieren un análisis particular para establecer su modelización.

La resistencia que ejerce el suelo al avance del agua se modeliza mediante la utilización de la conocida fórmula de Manning.

Para seleccionar los coeficientes de Manning en cada tramo del modelo, se considerará el tipo de terreno, la cobertura vegetal y la edificación de la zona. En cada perfil transversal se darán tres valores de n , que corresponden a la zona inundable de la margen izquierda, el canal y a la zona inundable de la zona derecha. Estos valores se han obtenido directamente de los datos proporcionados por URA en el modelo.

A continuación, se mencionan los datos necesarios para alimentar el modelo, que se pueden clasificar como se indican a continuación:

- Régimen de flujo: rápido, lento o mixto
- Condición de contorno en la sección inicial del estudio y también en la final, dependiendo del tipo de régimen de cálculo
- Caudal
- Coeficiente de pérdida de energía
- Geometría de las secciones transversales
- Distancia entre secciones transversales

El modelo comienza los cálculos con una cota de agua y un caudal inicial en la sección transversal situada más aguas abajo. A medida que nos movemos hacia aguas arriba existe la opción de especificar un caudal distinto para cada sección a fin de tener en cuenta las posibles aportaciones laterales tributarios. En cada sección transversal es necesario especificar las llanuras de inundación izquierda y derecha y el cauce principal.

Los coeficientes de pérdida de carga son de gran importancia en los cálculos hidráulicos llevados a cabo por el modelo HEC-RAS, existiendo los siguientes tres tipos:

- Coeficiente de rugosidad de Manning, para simular las pérdidas por fricción con el lecho y las riberas.
- Coeficientes de contracción y expansión para evaluar pérdidas en las transiciones.
- Coeficientes de fricción en puentes para evaluar las pérdidas relativas a la forma y configuración de las pilas, forma del tablero (en el caso de que el nivel de agua superara su cota y funcionara aquel como depósito de sobrantes) y pérdidas relativas a la posible aparición de flujo en presión en los vanos del puente.

Debido a que el coeficiente de Manning depende de factores tales como el tipo y cantidad de vegetación, configuración del cauce, etc., existen varias opciones disponibles para poder actuar sobre él. Normalmente son suficientes para describir la rugosidad del cauce y de las llanuras de inundación tres coeficientes de Manning distintos (uno para cada zona mencionada.)

La contracción y expansión del flujo provocado por cambios en la sección transversal es otra causa de pérdida de energía. Cuando esto ocurra, la pérdida puede calcularse especificando los coeficientes de contracción y expansión en las variables CCHV y CEHV, respectivamente. Estos coeficientes se multiplicarán por el valor absoluto de la diferencia de las cargas de velocidad entre las secciones transversales para obtener la pérdida de energía

producida en la transición. Cuando los cambios en las secciones sean pequeños, los coeficientes CCHV y CEHV son, típicamente del orden de 0,10 y 0,30. Si los cambios son abruptos estos números pueden crecer hasta 0,60 y 1,00.

Las secciones transversales se deben situar a intervalos más o menos regulares a lo largo del tramo en estudio para caracterizar la capacidad del cauce y de sus llanuras de inundación.

Adicionalmente es necesario situar nuevas secciones transversales en puntos singulares del tramo siendo conveniente ubicar más de una en donde se produzcan cambios bruscos a fin de modelizar lo más fielmente posible, dicha circunstancia; este sería el caso de, por ejemplo, de un puente. El espaciamiento entre secciones es función de variables tales como el tamaño del río o canal, la pendiente del mismo y del número de cambios bruscos en la forma de la sección. En general, la modelización de ríos grandes y uniformes con pendientes pequeñas requiere menos secciones transversales que la de los ríos de pendiente variable con cambios frecuentes en la sección.

Una vez introducidos los datos básicos en el modelo se pueden obtener de su ejecución variables como cotas de agua, velocidades, áreas, volúmenes, anchuras de lámina y otros datos geométricos para cada sección. La salida del modelo se puede organizar en tablas para facilitar su interpretación o se puede dibujar en forma de perfiles longitudinales.

La cota de agua para la sección transversal inicial se puede especificar de tres maneras alternativas coincidente en el calado crítico (cuando sea una sección de control), la cota de agua propiamente dicha si se conoce y mediante el método “slope”. Este método se basa en estimar la pendiente de la línea de energía en la sección inicial y también la cota de agua. El caudal calculado a partir de la pendiente fijada se compara con el caudal circulante en la sección y el calado se irá ajustando hasta que el caudal calculado y el circundante difieran en menos del 1% manteniendo la pendiente hidráulica.

El dato del caudal circulante se puede suministrar de varias formas. Se puede fijar un caudal para todas las secciones en una de las fichas de Control del Trabajo, el cual se usará repetidamente hasta que se varíe en una sección particular en cuyo caso solo tendrá efecto en dicha sección. Asimismo, se puede comunicar al modelo que repita todos los cálculos para varios caudales distintos; de esta manera se puede estudiar su influencia en una sola pasada del programa. Este dato también ha sido suministrado por URA dentro del modelo.

Las salidas de los cálculos hidráulicos del modelo HEC RAS aportado por URA se incluyen en el apéndice **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** al final del documento.

6 RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDRÁULICO

Para la realización del estudio hidráulico se tuvieron en cuenta tres situaciones de cálculos diferentes (situación 0, situación 1 y situación 2). Cada una de estas situaciones representa un estado de desarrollo diferente entre la condición inicial y la proyectada.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

6.1 Situación 0 y 1

La situación 0 corresponde a la geometría inicial de la zona, proporcionada en un fichero HEC-RAS por URA. En este fichero se tienen todos los datos geométricos y condiciones de contorno de las secciones transversales y del perfil longitudinal del cauce. También se tienen los datos de caudales para las distintas avenidas de proyecto. En la Figura 2 se muestra el perfil longitudinal de la superficie del agua en el río Ballonti resultante para la situación 0.

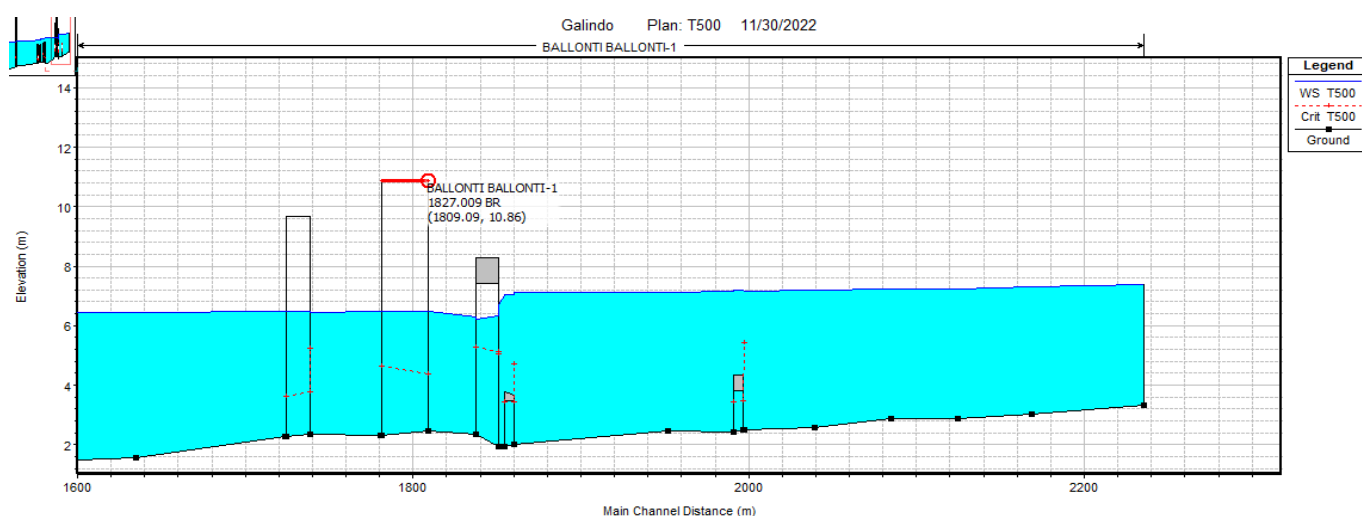


Figura 2: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 0

Con los datos de la situación 0 y quitando las pasarelas peatonales (Ver Figura 3) se construyó la situación 1 para la simulación hidráulica.

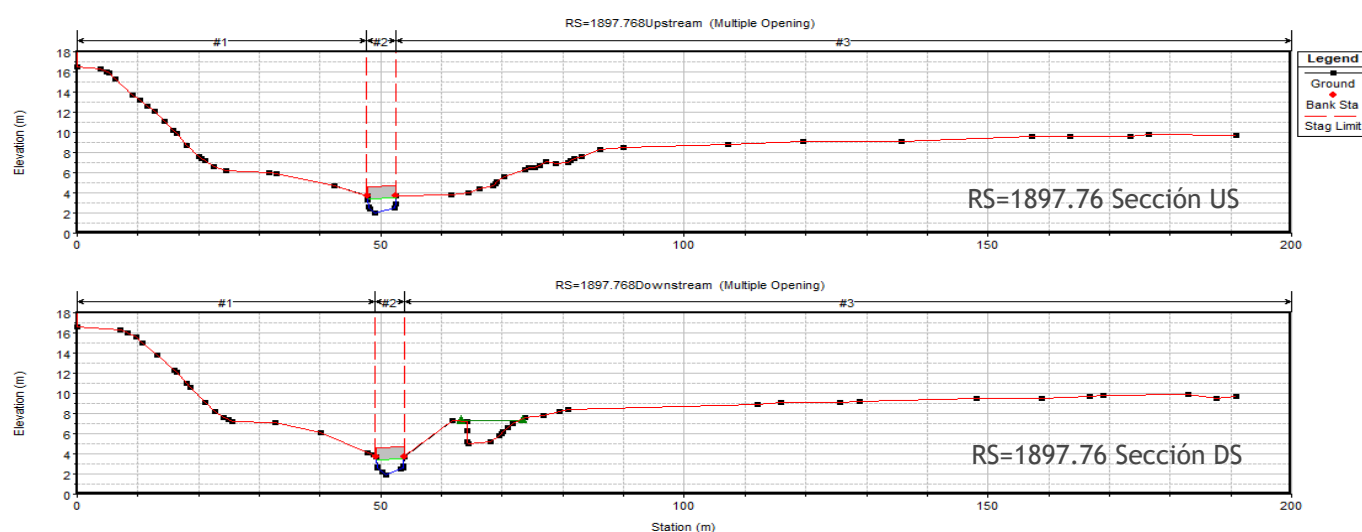
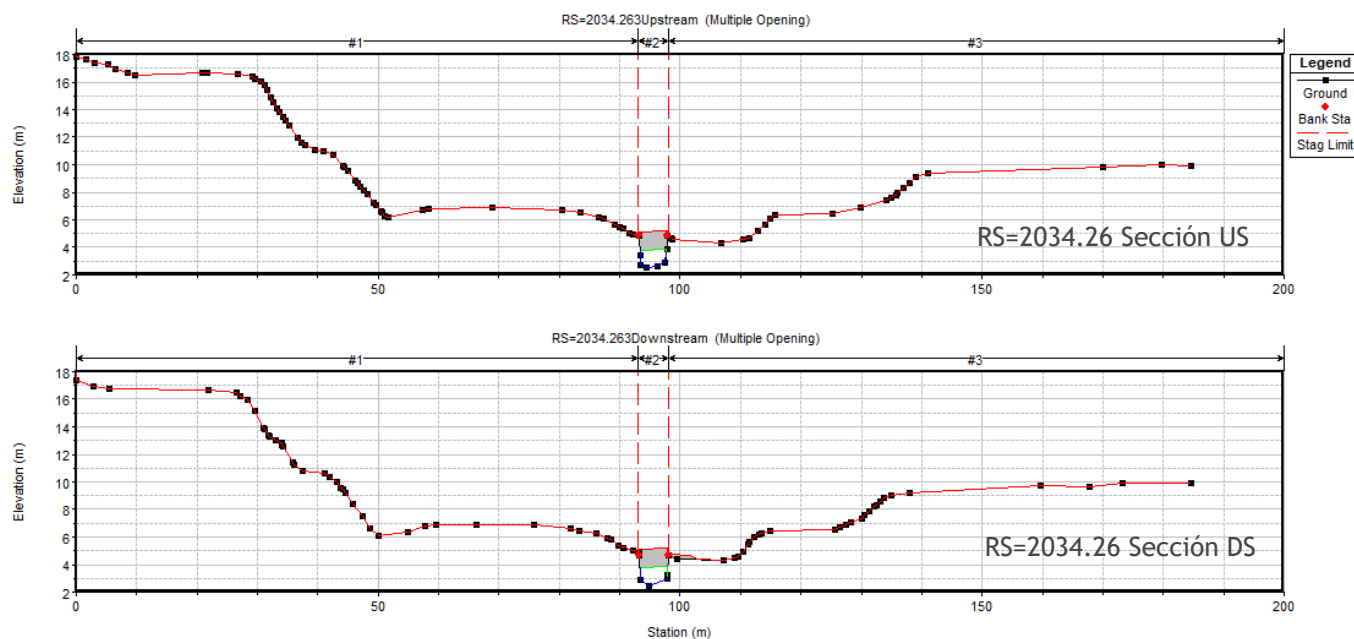


Figura 3: Secciones de las pasarelas peatonales retiradas para la situación 1.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.



Continuación Figura 3: Secciones de las pasarelas peatonales retiradas para la situación 1.

Realizando las simulaciones para la avenida de 100 y 500 años se obtiene la lámina de agua para la situación 1. A continuación, se muestran los resultados de las secciones transversales analizadas:

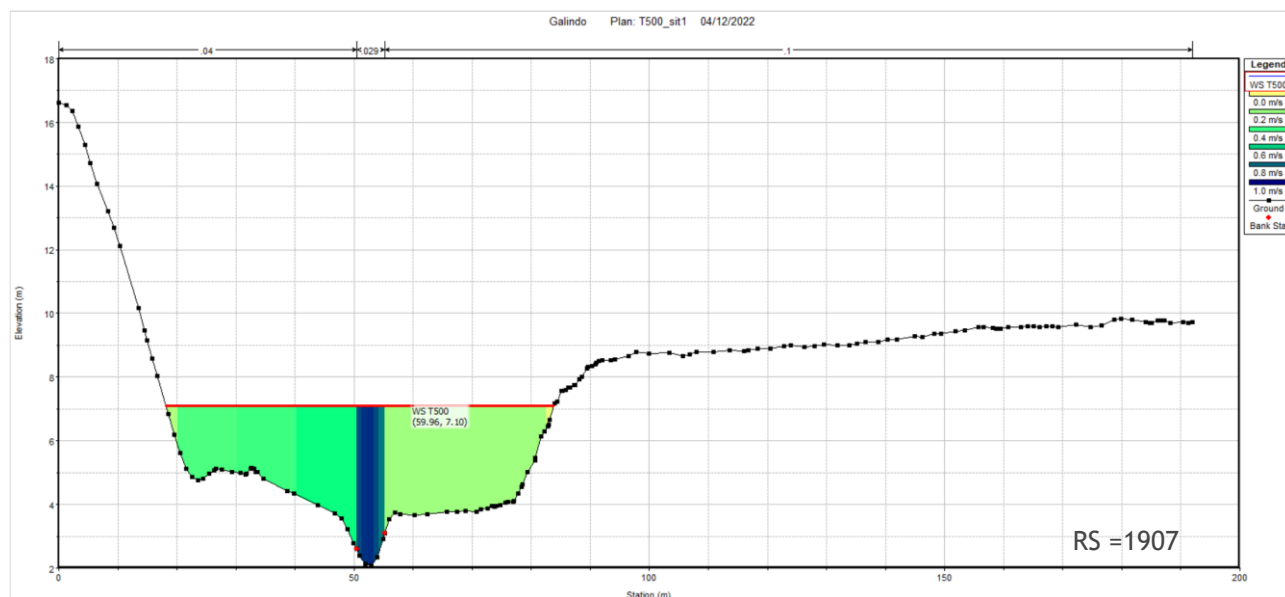


Figura 4: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutará Puente s/ Ballonti (RS =1907)

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

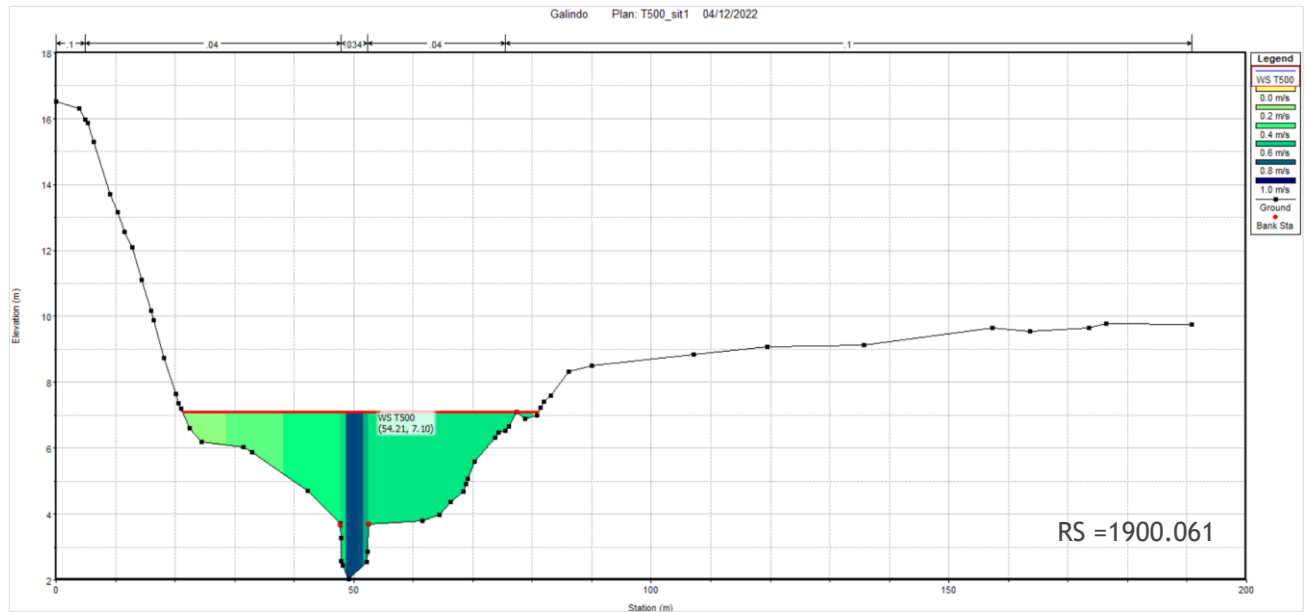


Figura 5: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutarán Puentes/Ballonti EJE ESTE y OESTE (RS =1900.061).

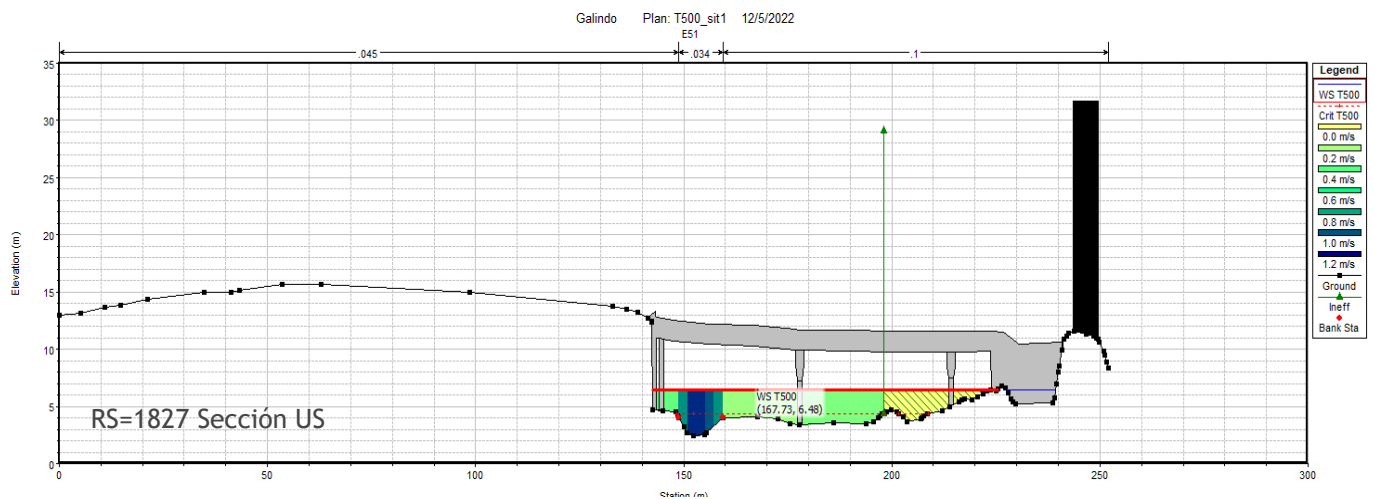


Figura 6: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Sección próxima a donde se ejecutará Puente Ramal Portugalete-Subfluvial (RS=1827 Sección US)

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

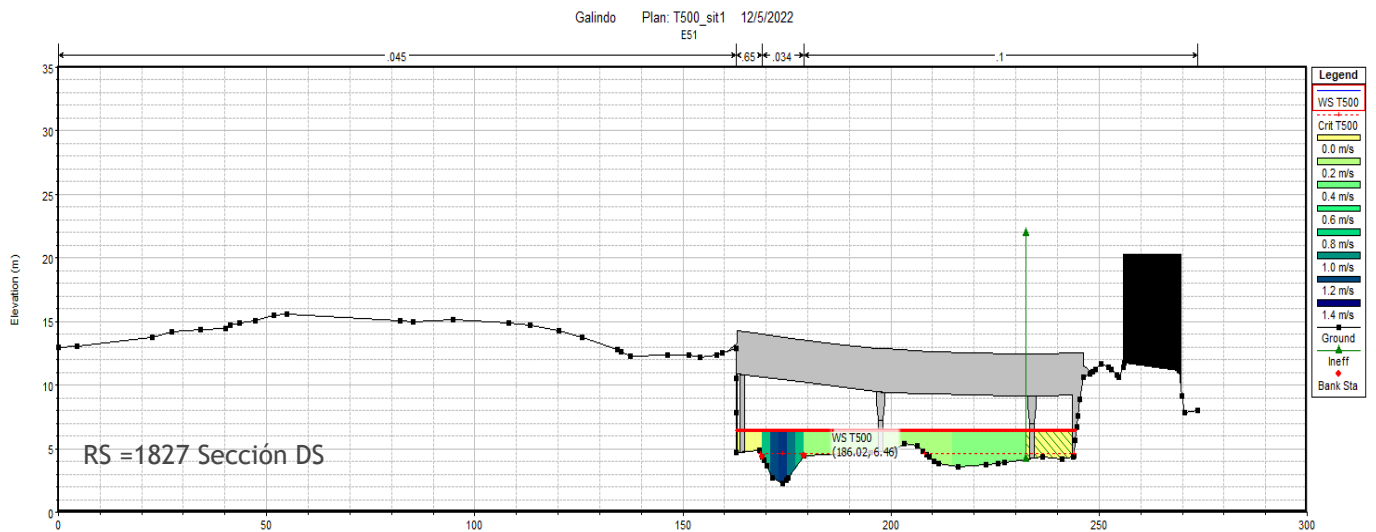


Figura 7: Geometría inicial (situación 1) con nivel de agua para T: 500 años. Puente existente Ramal rotonda Sestao (RS =1827 Sección DS)

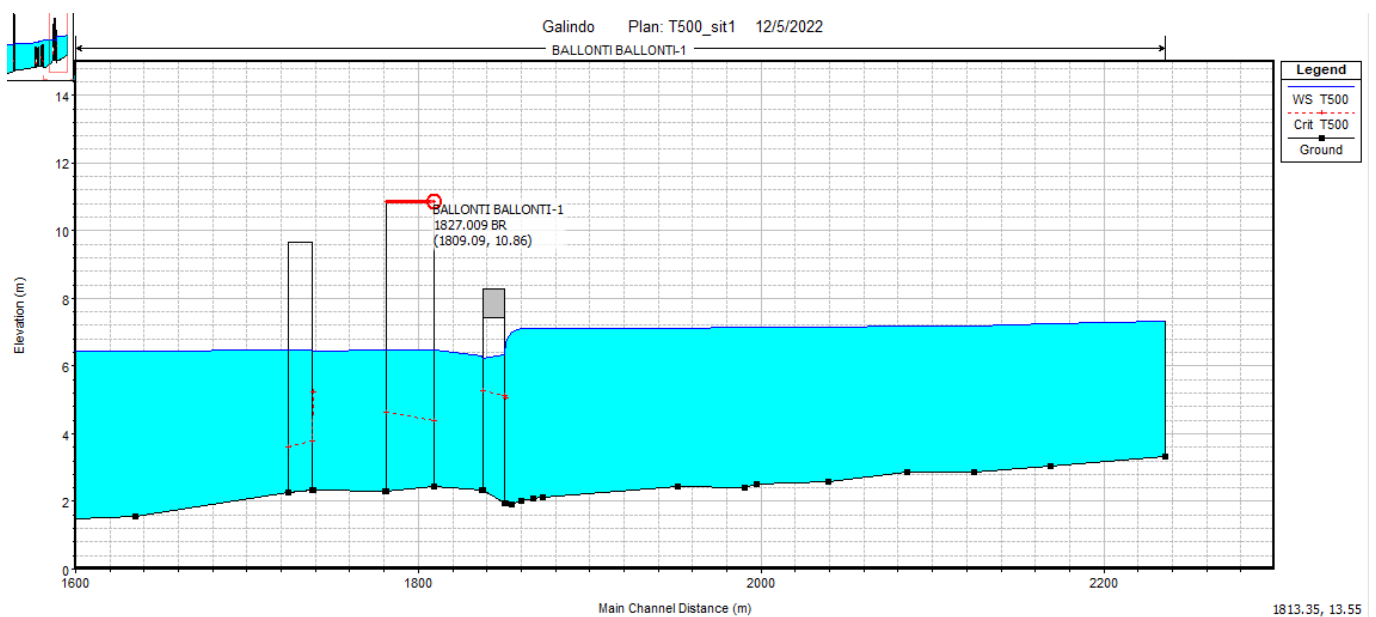
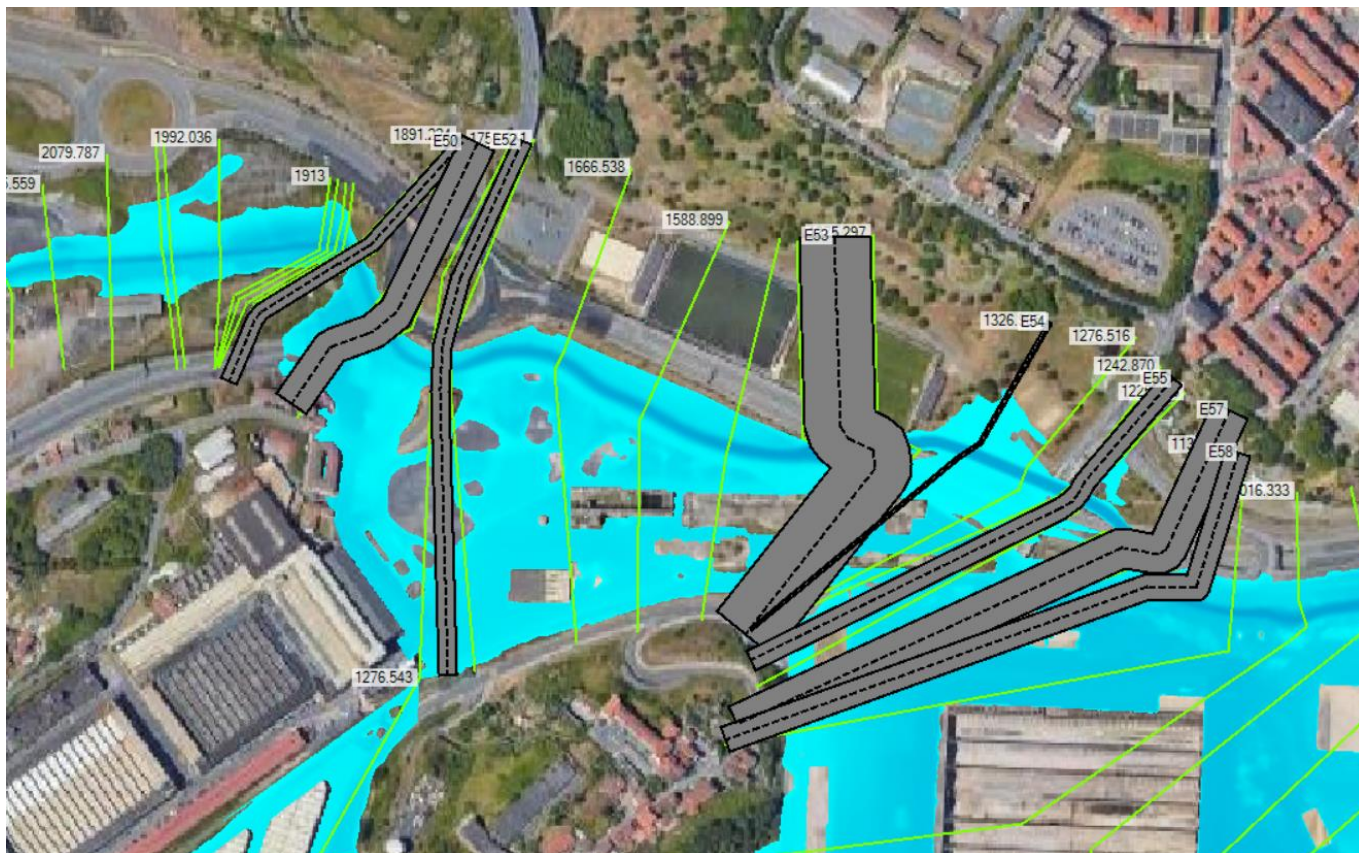


Figura 8: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 1

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.



6.2 Situación 2

La situación 2 corresponde a la situación de proyecto, en el cálculo realizado para esta situación se han insertado las estructuras correspondientes en el modelo HEC-RAS. El objetivo de esta situación no es otro que el de conocer las variaciones de la lámina de agua provocadas por los estribos y pilas proyectadas en las estructuras. Según indica el artículo 43 mencionado anteriormente y como puede verse en el plano *TSL-Estructuras y río Ballonti_01*, las nuevas estructuras se han proyectado manteniendo en todos los casos los estribos fuera de la zona de flujo preferente (ZFP), así como todas las pilas fuera de la zona de servidumbre, a excepción de la estructura situada más al este, conformada por los ramales Portugalete-Subfluvial y salida glorieta Sestao.

Esta última coincide en planta con otra estructura existente que salva el río Ballonti y conecta con la glorieta de Galindo. El proyecto contempla la demolición parcial del tablero existente, adosándole un nuevo tablero que sirva de plataforma para los nuevos carriles.

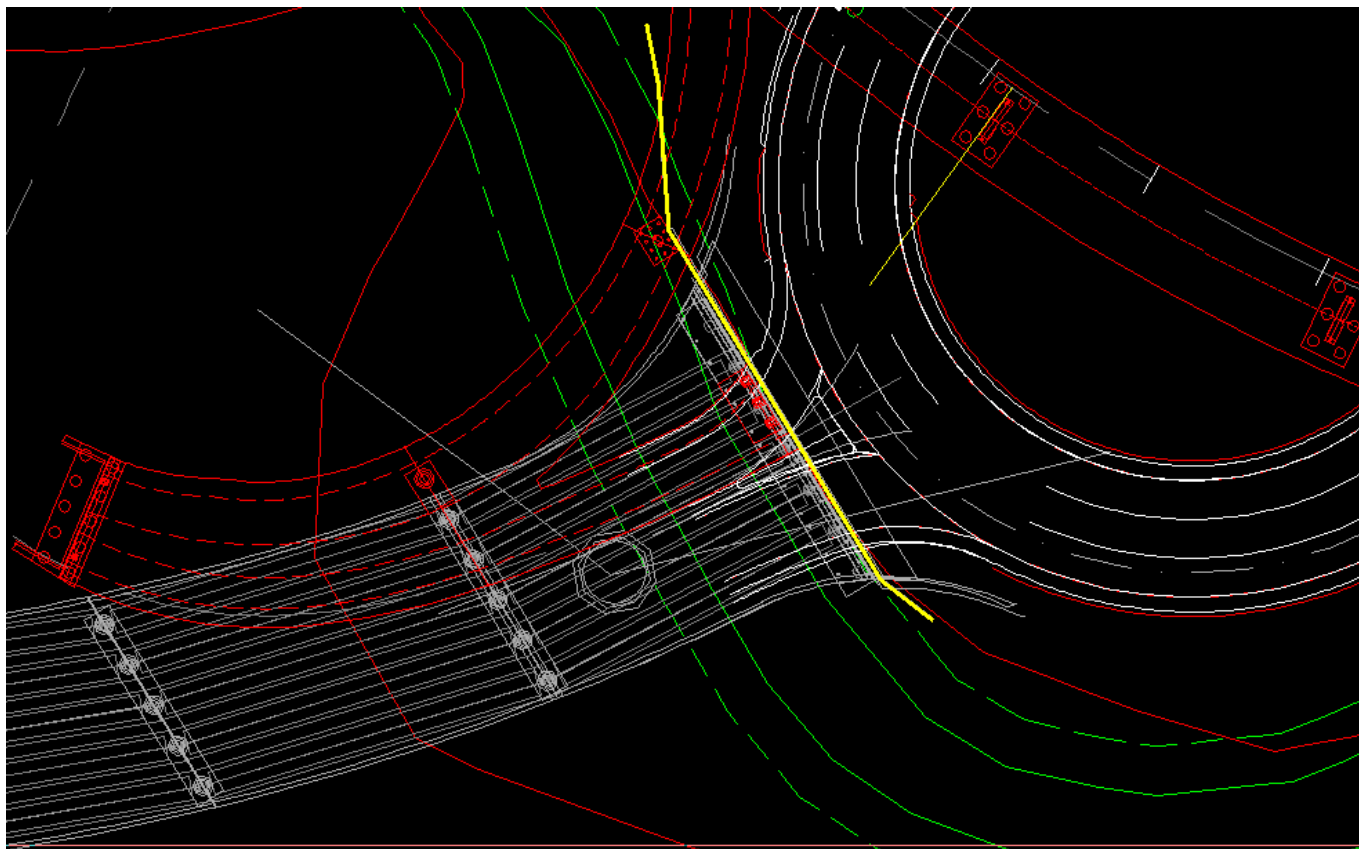


Figura 9: Ramales Portugalete-Subfluvial y salida glorieta Sestao. Estructuras nueva y existente.

En la imagen superior se puede ver en amarillo la alineación del muro de tierra armada existente. En gris, la planta de la estructura existente y en rojo la nueva propuesta. En verde se representan el DPH (línea continua) y la zona de servidumbre (línea discontinua).

Como se puede ver, los pilares de apoyo junto a la glorieta de la estructura existente quedan dentro de la zona de servidumbre. El apoyo de la pila 2 de la nueva estructura se ubica así en prolongación de esa alineación de apoyos existentes, quedando entre el cauce y el muro de tierra armada existente.

Dados los condicionantes que impone la estructura existente, no hay muchas más alternativas posibles para resolver esta estructura, ya que desplazar la pila 2 supone aumentar mucho ese vano, descompensando la distribución de luces, y obliga, además, a la demolición, retranqueo y restitución del muro de tierra armada existente que también se encuentra dentro de la zona de servidumbre.

A continuación, se muestran las secciones transversales analizadas en el entorno de la parcela en la situación de proyecto con la geometría adaptada a la explanada que formará la parcela:

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

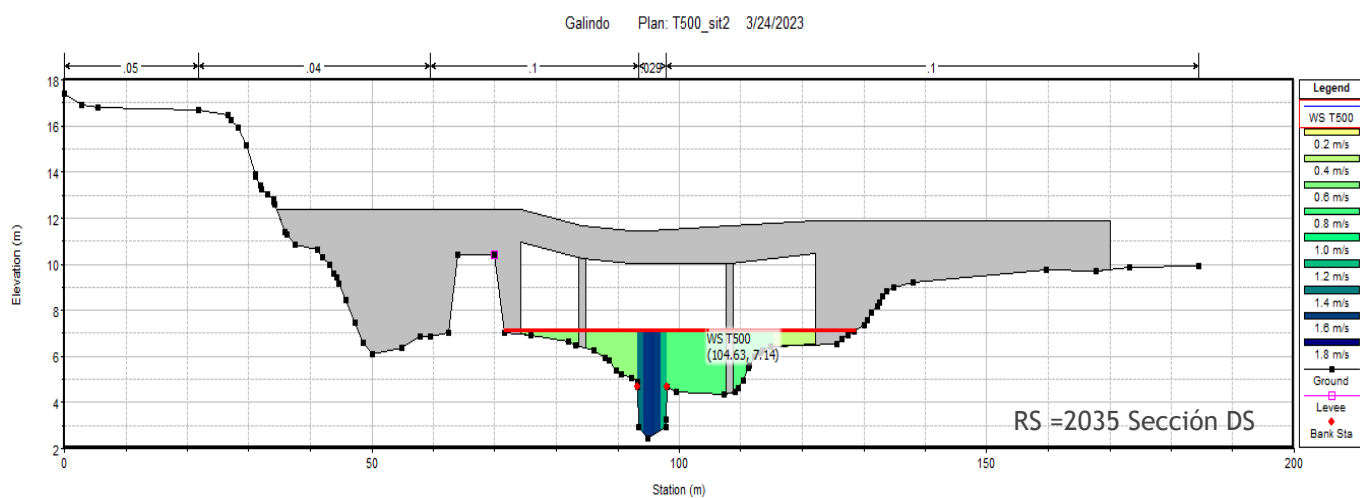
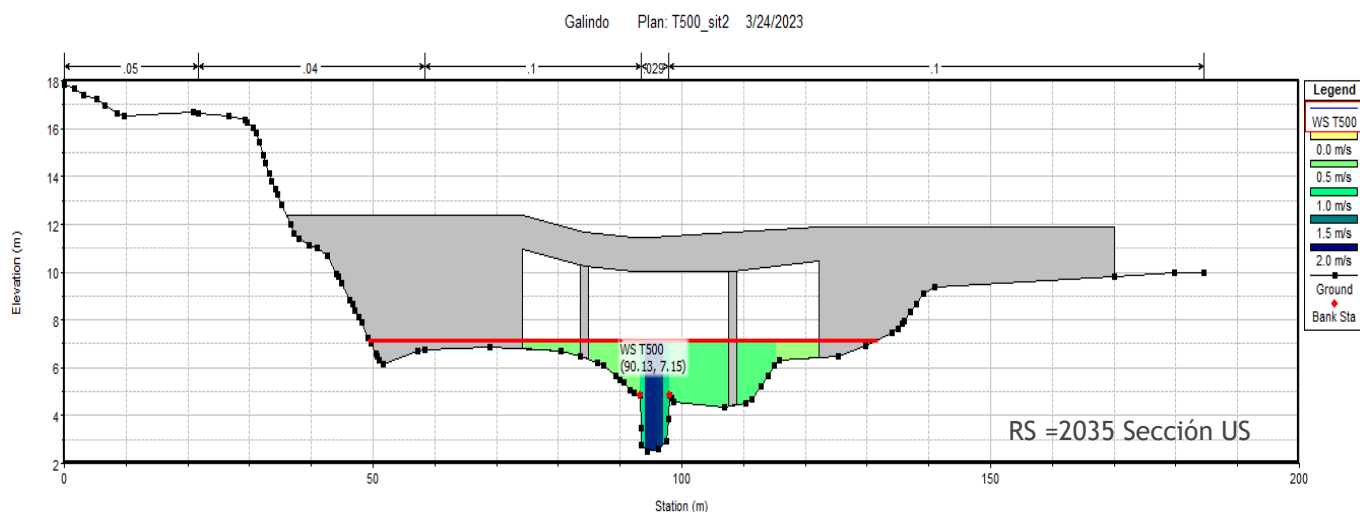


Figura 10: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/ Ballonti.

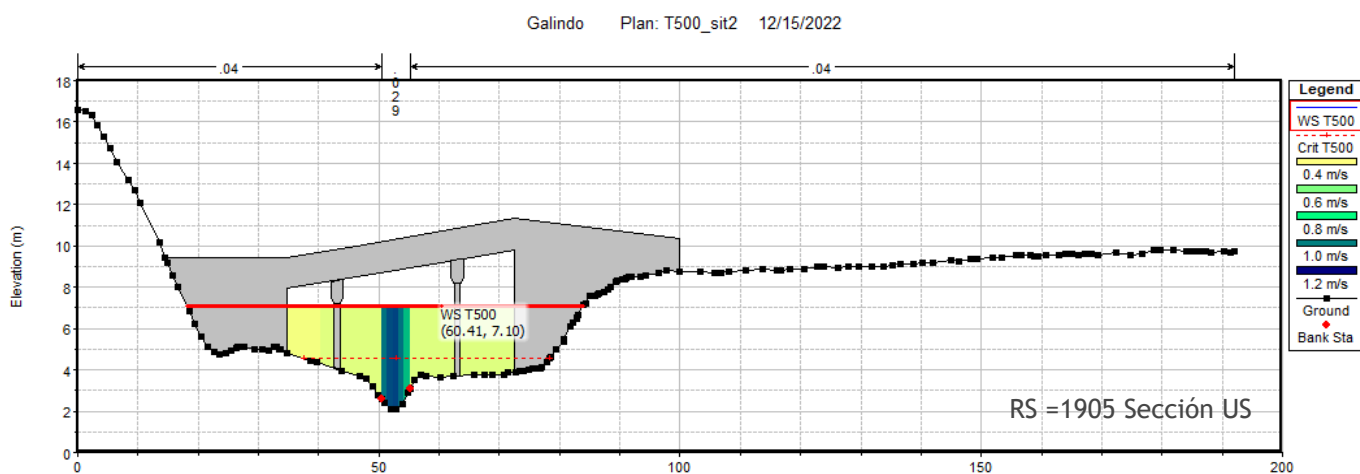


Figura 11: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695 (RS =1905 Sección US)

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

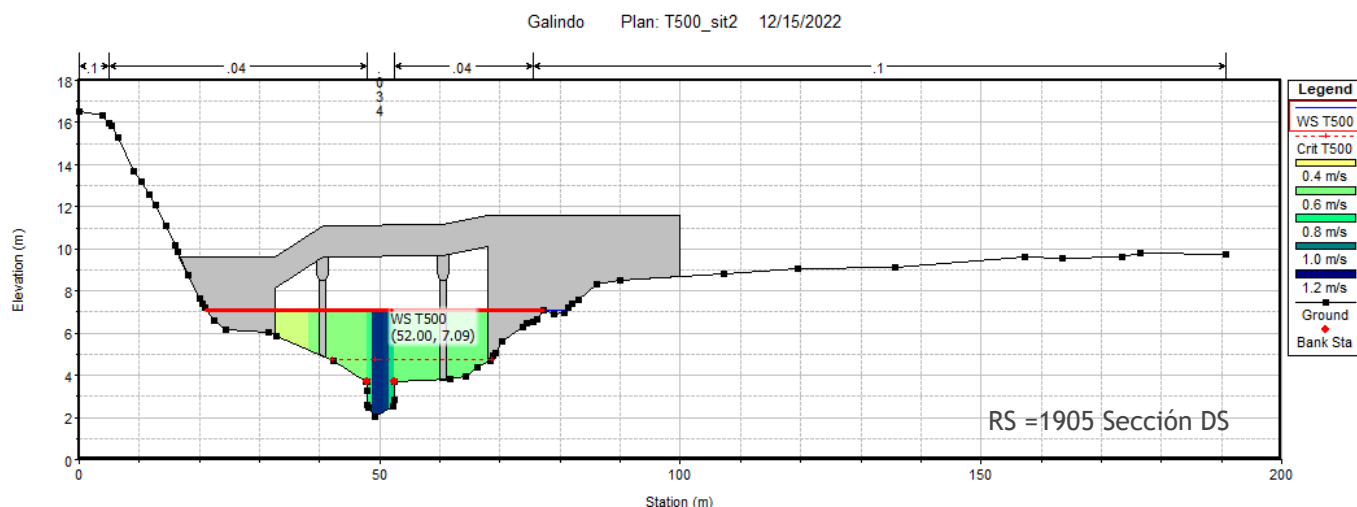


Figura 12: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente s/Ballonti EJE ESTE 0+330 (RS =1905 Sección DS).

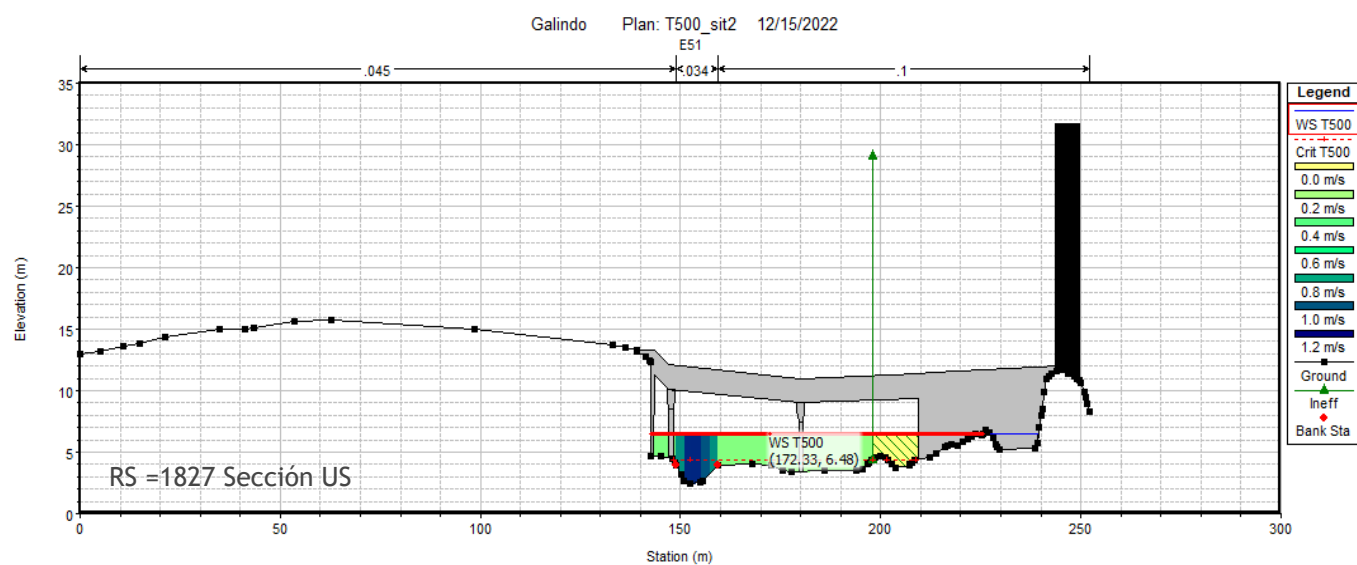


Figura 13: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente Ramal Portugalete-Subfluvial (RS =1827 Sección US)

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

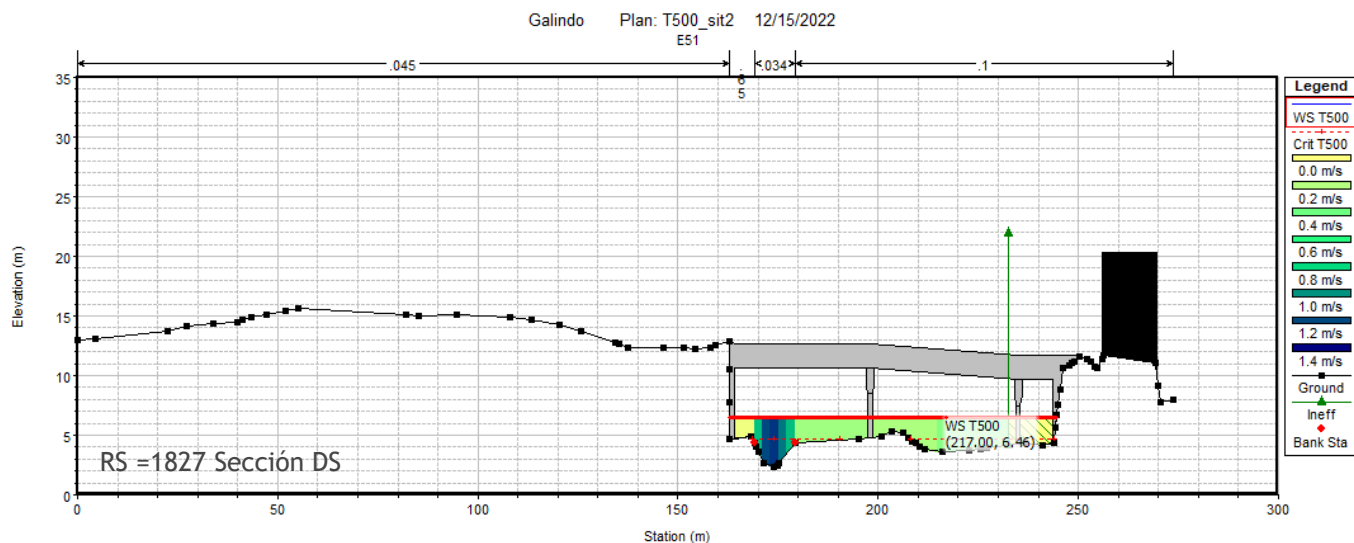


Figura 14: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Puente ramal SALIDA Gda. Sestao (RS =1827 Sección DS)

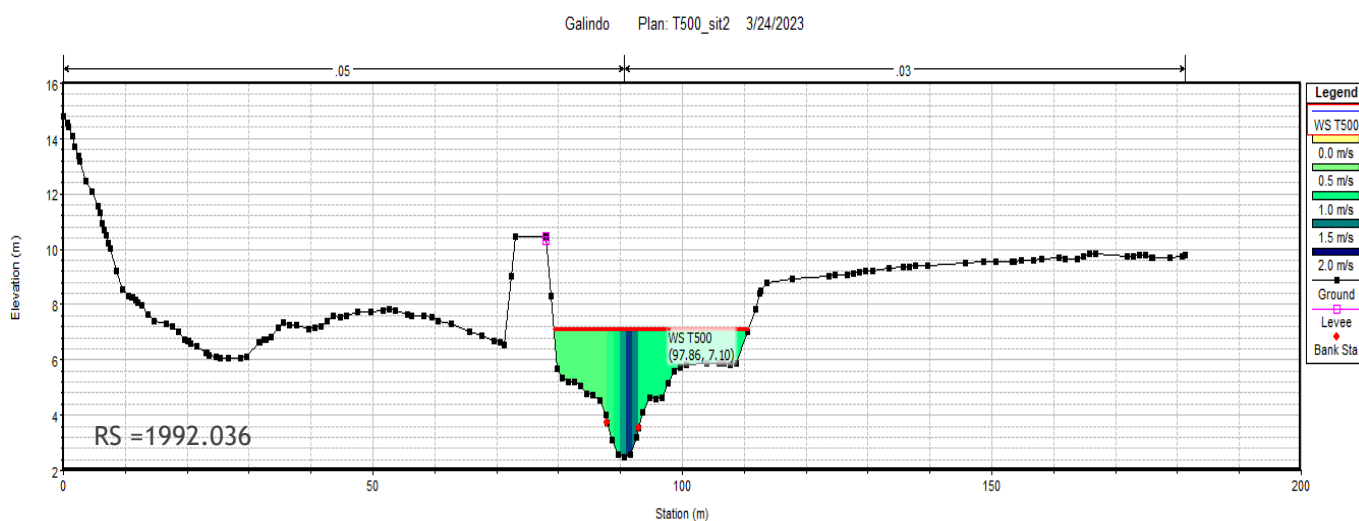


Figura 15: Geometría de proyecto (situación 2) con nivel de agua para T: 500 años. Ramal norte del Ballonti (RS =1992.036).

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

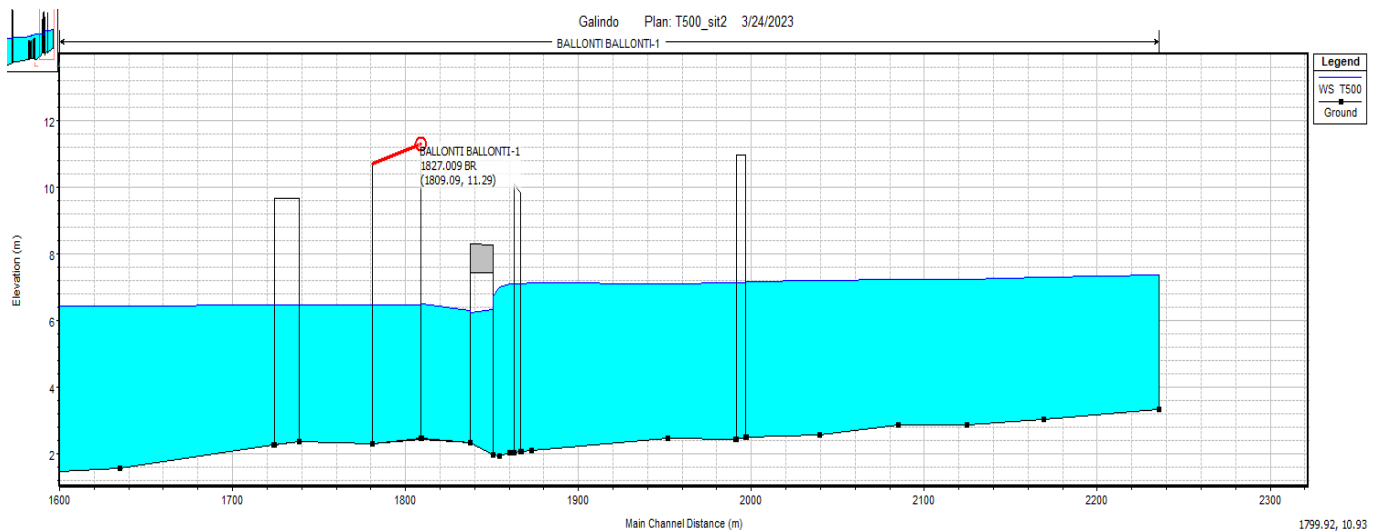


Figura 16: Perfil longitudinal de la superficie del agua T:500 en el río Ballonti resultante para la situación 2

Las estructuras proyectadas no presentan incrementos en la lámina de agua. Si bien el gálibo mínimo obtenido ha sido de 0,84 m en el estribo del Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695, la configuración de esta estructura obedece a imposiciones del trazado, en concreto de los viales que llegan del propio túnel subfluvial. La normativa dispone que este gálibo será “*si es posible, de un metro o mayor para la avenida de 500 años de periodo de retorno o, como mínimo, en el punto más desfavorable a efectos de gálibo de desagüe, igual al 2,5% de la anchura de éste*”. En los apartados posteriores se pueden observar todos los resultados obtenidos.

6.3 Resumen

A modo de resumen se muestra una tabla con los datos relevantes que se han considerado para el análisis de este informe. En esta tabla se pueden observar tanto los datos que se han considerado para las situaciones como para la lámina de agua en los periodos T100 y T500 en las correspondientes situaciones. Además, se muestran en las últimas columnas los gálibos verticales que se han obtenido para cada estructura y la diferencia de nivel del T100 que, según uno de los criterios a considerar, debía ser inferior a 10 cm en caso de colocar pilas en la zona de flujo preferente.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

Tabla 2. Resumen de resultados

					PKs sobre eje Trazado				Cota inferior tablero				River Sección en HEC-RAS	Situación 0		Situación 1		Situación 2					
	Distrib. Luces	Ancho	Canto	Eje de Trazado	(Estribo 1)	(Pila 1)	(Pila 2)	(Estribo 2)	(Estribo 1)	(Pila 1)	(Pila 2)	(Estribo 2)		WSE T500 m	WSE T100 m	WSE T500 m	WSE T100 m	WSE T500 m	WSE T100 m	Incremento de lámina de agua (T500) m	Galibo vertical (Tablero - T500) m	Incremento de lámina de agua (T100) m	Checker
	m	m	m		m	m	m	m	m	m	m	m											
Puente s/ Ballonti	18 + 25 + 18	7.6	1.4	EJE 105	142.66	161.38	187.8	206.74	10.96	10.24	10.03	10.49	RS-2035 US	7.17	6.25	7.14	6.21	7.15	6.23	0.01	2.88	0.02	Cumple
Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695	12 + 25 + 12	15,40 - 20,07	1.5	EJE 30	3692.11	3704.02	3729.79	3741.65	7.94	8.43	9.39	9.83	RS-1905-US	7.1	6.08	7.1	6.08	7.1	6.08	0	0.84	0	Cumple
Puente s/Ballonti EJE ESTE 0+330	12 + 26 + 12	11.9	1.5	EJE 31	344.42	332.32	306.05	293.6	8.14	8.62	9.65	10.1	RS-1905-DS	7.1	6.08	7.1	6.08	7.1	6.08	0	1.04	0	Cumple
Puente Ramal Portugaleta-Subfluvial	30 + 35 + 34	7,60 - 8,95	2	EJE 107	131.85	162.76	200	239.14	11.29	10.09	9.01	9.33	RS-1827.009-US	6.48	5.61	6.48	5.61	6.48	5.61	0	2.53	0	Cumple
Puente ramal SALIDA Gta. Sestao	34 + 41	7,50 - 8,40	2	EJE 106	13.69	NA	47.47	91.04	10.29	NA	9.66	9.92	RS-1827.009-DS	6.46	5.58	6.46	5.58	6.46	5.58	0	3.2	0	Cumple

Estructura	Long (m)	Ancho (m)	Cota Rasante (m)	River Sección en HEC-RAS	Situacion 0		Situacion 1		Situacion 2					
					WSE T500 (m)	WSE T100 (m)	WSE T500 (m)	WSE T100 (m)	WSE T500 (m)	WSE T100 (m)	Incremento de lámina de agua (T100) (m)	Bordo Libre (T500) (m)	Incremento de lámina de agua (T500) (m)	Checker
Ramal próximo al Ballonti	100	8	10.4	RS-1992	7.12	6.08	7.1	6.06	7.1	6.06	0	3.3	0	Cumple

7 CONCLUSIONES

Todos los pasos y pasos superiores se han diseñado cumpliendo con el Artículo 43: “Normas específicas para el diseño de puentes, coberturas, medidas estructurales de defensa y modificación del trazado de cauces” del “Real Decreto 1/2016, de 8 de enero, por el que se aprueba la revisión de los Planes Hidrológicos de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Occidental, Guadalquivir, Ceuta, Melilla, Segura y Júcar, y de la parte española de las demarcaciones hidrográficas del Cantábrico Oriental, Miño-Sil, Duero, Tajo, Guadiana y Ebro” se argumentan los criterios desarrollados en correspondencia a cada punto:

- Tal y como se describe en el punto No.1 del presente Artículo, para los diseños de las nuevas estructuras se tuvo presente una luz máxima de 30 m entre vanos para el Puente Ballonti, Puente Ballonti EJE OESTE 3+695 y Puente Ballonti EJE ESTE 0+330 evitando la afección a la zona de servidumbre. En el caso del Puente Ramal Portugalete-Subfluvial y el Puente Ramal Salida Gta. Sestao se trata de una estructura que quedará adosada a una estructura ya existente y su problemática ya se ha visto en el apartado 6.2. Como se puede apreciar en la Tabla 2, el gálibo vertical mínimo entre la parte inferior del tablero del Puente Ballonti EJE OESTE 3+695 y la lámina de agua para el T500 es de 84 centímetros. La normativa dispone que este gálibo será *“si es posible, de un metro o mayor para la avenida de 500 años de periodo de retorno o, como mínimo, en el punto más desfavorable a efectos de gálibo de desagüe, igual al 2,5% de la anchura de éste”*.
- Respecto al puntos No.2 y No.3 corresponden a criterios en zonas rurales. El resguardo desde la superficie libre del agua a la parte inferior del tablero para la avenida de 500 años de período de retorno resulta el de interpolar entre los datos que figuran la tabla del apéndice 12.

Cumpliendo el resguardo mínimo establecido en dicho apéndice.

Tabla 3. Resguardo para el diseño de puentes

Cuenca	km2	RESGUARDO
	5	0.15
	10	0.25
	25	0.4
	50	0.5
	100	0.75
	1000	1
	2000	1.5

Tabla 4. Resguardo para el diseño del puente sobre el río Galindo (Fuente: Diputación Foral de Bizkaia)

Cuenca Río Galindo	km2	RESGUARDO MÍNIMO
	67.23	0.59

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

- Con respecto al punto No.4, la presencia de las estructuras aguas abajo de las zonas urbanas no afecta la seguridad de estas, tal y como se puede apreciar en la Tabla 2 los incrementos de láminas de agua inducidos por las nuevas estructuras no sobrepasan de 0.02 m.
- Respecto al punto No.5, en los tramos fluviales donde se emplazarán las estructuras corresponden a una cuenca vertiente con un área superior a 0.5 km² y se destaca que no se realizarán coberturas de estos, atendiendo a lo expuesto en el presente punto No.5.
- Los trazados de cursos de agua en donde se emplazarán las nuevas estructuras corresponden a una cuenca vertiente con un área superior a 1 km², haciendo cumplir los requerimientos del Punto No.6 estos trazados no serán alterados y se conservarán en su estado natural.
- Para el cumplimiento del punto No.7, tomando como referencia el argumento desarrollado para el punto No.6, no se acometerán cambios en los trazados fluviales por lo cual no serán necesarias las aplicaciones de las excepciones que se disponen en el presente punto para autorizar la alteración de causas de agua.
- Tras realizar el estudio que se viene indicando en este informe, se ha comprobado que a pesar de necesitar ubicar pilas en la zona de flujo preferente la variación de la cota de la lámina de agua no es superior a los 10 cm que indica el Real Decreto 638/2016, de 9 de diciembre para el periodo T100. Además, se cumplen con los requerimientos en cuanto a la distribución y longitud de luces (ver Figuras 16 y 17).

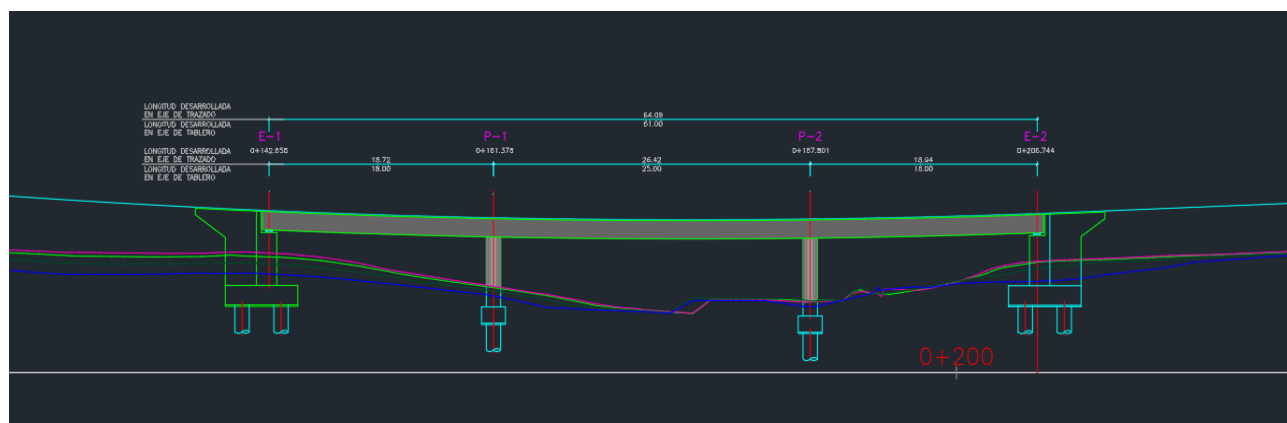


Figura 17: Perfil longitudinal puente Ballonti.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

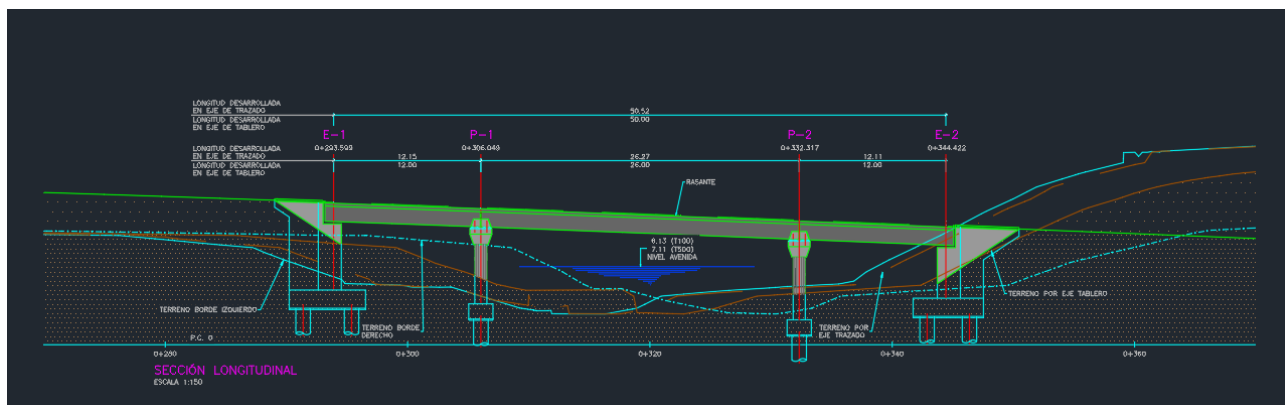


Figura 18: Perfil longitudinal puente Ballonti EJE 31 y 106.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, dicha solución queda conforme con los artículos 6 y 7 del REAL DECRETO 849/1986, de 11 de abril.

“Art.6.0.

Se entiende por riberas las fajas laterales de los cauces públicos situadas por encima del nivel de aguas bajas y por márgenes los terrenos que lindan con los cauces. Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal:

- A una zona de servidumbre de cinco metros de anchura para uso público que se regula en este Reglamento.*
- A una zona de policía de 100 metros de anchura en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen. “*

“Art.7.0.

1. La zona de servidumbre para uso público definida en el artículo anterior, tendrá los fines siguientes:

- Paso para servicio del personal de vigilancia del cauce.*
- Paso para el ejercicio de actividades de pesca fluvial.*
- Paso para el salvamento de personas o bienes.*
- Varado y amarre de embarcaciones de forma ocasional y en caso de necesidad.*

2. Los propietarios de estas zonas de servidumbre podrán libremente sembrar y plantar especies no arbóreas, siempre que no impidan el paso señalado en el apartado anterior; pero no podrán edificar sobre ellas sin obtener la autorización pertinente. que se otorgara en casos muy justificados. Las autorizaciones para plantación de especies arbóreas requerirán autorización del Organismo de la cuenca.”

8 APÉNDICES

8.1 Tablas resumen de cálculo

A continuación, se muestran unas tablas resumen con las características más notables de los cálculos realizados en la situación inicial y en la solución proyectada:

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

HEC-RAS Plan: T100_sit1 River: BALLONTI Reach: BALLONTI-1 Profile: T100												Reload Da
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
BALLONTI-1	2276.117	T100	45.00	3.32	6.54		6.80	0.003190	2.26	19.87	10.46	0.52
BALLONTI-1	2209.521	T100	45.00	3.04	6.47		6.57	0.002276	1.42	31.59	15.91	0.32
BALLONTI-1	2165.005	T100	45.00	2.87	6.39		6.50	0.001186	1.46	30.77	16.22	0.34
BALLONTI-1	2125.559	T100	45.00	2.86	6.38		6.46	0.000619	1.32	42.07	25.84	0.26
BALLONTI-1	2079.787	T100	45.00	2.58	6.26		6.41	0.001467	2.02	49.31	44.35	0.35
BALLONTI-1	2037.618	T100	45.00	2.51	6.21		6.29	0.002818	1.54	47.14	29.95	0.27
BALLONTI-1	2031.132	T100	45.00	2.42	6.19		6.27	0.003594	1.54	44.15	28.89	0.27
BALLONTI-1	1992.036	T100	45.00	2.45	6.06		6.17	0.001402	1.74	36.82	32.21	0.30
BALLONTI-1	1913	T100	45.00	2.11	6.10		6.11	0.000078	0.69	119.75	63.36	0.11
BALLONTI-1	1907	T100	45.00	2.08	6.10		6.11	0.000073	0.68	121.72	61.97	0.11
BALLONTI-1	1900.691	T100	45.00	2.03	6.08		6.10	0.000271	0.89	72.15	43.60	0.15
BALLONTI-1	1894.698	T100	45.00	1.93	5.94		6.07	0.002554	1.78	31.54	23.58	0.30
BALLONTI-1	1891.224	T100	45.00	1.95	5.77	4.49	6.02	0.003024	2.35	21.00	9.79	0.40
BALLONTI-1	1884.754		Mult Open									
BALLONTI-1	1877.723	T100	45.00	2.34	5.49		5.81	0.002313	2.54	20.62	10.37	0.48
BALLONTI-1	1841.032	T100	45.00	2.45	5.62	4.01	5.64	0.000262	0.88	108.21	86.49	0.17
BALLONTI-1	1827.009		Bridge									
BALLONTI-1	1812.632	T100	45.00	2.30	5.58		5.63	0.000506	1.13	95.81	81.33	0.23
BALLONTI-1	1770.268	T100	45.00	2.35	5.45	4.53	5.57	0.001368	1.66	61.29	120.85	0.37
BALLONTI-1	1762.884		Mult Open									
BALLONTI-1	1755.641	T100	45.00	2.26	5.47		5.54	0.001298	1.29	80.66	139.23	0.28
BALLONTI-1	1666.538	T100	45.00	1.57	5.44		5.47	0.000329	0.97	115.14	166.82	0.19
BALLONTI-1	1588.899	T100	45.00	1.35	5.39		5.44	0.000397	1.09	70.95	132.81	0.21
BALLONTI-1	1515.928	T100	45.00	1.01	5.36		5.42	0.000330	1.05	52.90	89.07	0.19
BALLONTI-1	1431.702	T100	45.00	0.87	5.36	1.96	5.38	0.000174	0.66	68.87	59.63	0.10
BALLONTI-1	1402.615		Mult Open									
BALLONTI-1	1375.297	T100	45.00	1.15	5.34		5.36	0.000169	0.68	65.95	39.22	0.11
BALLONTI-1	1326.965	T100	45.00	1.08	5.26	2.88	5.34	0.000375	1.20	37.46	63.30	0.21
BALLONTI-1	1325.294		Mult Open									
BALLONTI-1	1323.674	T100	45.00	1.06	5.27		5.33	0.000306	1.14	39.46	74.44	0.19
BALLONTI-1	1276.516	T100	45.00	1.16	5.11		5.28	0.001569	1.82	24.73	84.74	0.36
BALLONTI-1	1242.870	T100	45.00	1.10	5.14	2.42	5.20	0.000289	1.03	43.48	78.64	0.17
BALLONTI-1	1233.893		Mult Open									
BALLONTI-1	1225.788	T100	45.00	1.02	5.11		5.18	0.000413	1.18	38.28	122.13	0.19
BALLONTI-1	1179.980	T100	45.00	1.03	5.11	2.22	5.14	0.000453	0.81	55.76	153.26	0.13
BALLONTI-1	1163.620		Mult Open									
BALLONTI-1	1148.478	T100	45.00	0.96	5.06		5.10	0.000384	0.95	47.49	177.11	0.15
BALLONTI-1	1138.776	T100	45.00	0.95	5.06	2.27	5.09	0.000421	0.85	86.09	196.12	0.14
BALLONTI-1	1128.163		Mult Open									
BALLONTI-1	1117.851	T100	45.00	0.95	4.99		5.02	0.000132	0.93	95.14	222.37	0.16
BALLONTI-1	1074.027	T100	45.00	0.81	5.00		5.00	0.000144	0.53	188.99	356.67	0.09
BALLONTI-1	1016.333	T100	45.00	0.79	4.94		4.99	0.000306	0.99	71.45	210.18	0.19
BALLONTI-1	957.304	T100	45.00	0.59	4.92		4.96	0.000462	1.01	72.19	227.63	0.17
BALLONTI-1	900.4089	T100	45.00	0.71	4.92		4.94	0.000173	0.84	95.19	283.29	0.14
BALLONTI-1	847.7044	T100	45.00	0.66	4.92		4.93	0.000105	0.68	140.75	285.74	0.11
BALLONTI-1	796.9128	T100	45.00	0.67	4.92		4.93	0.000062	0.45	272.03	579.50	0.07
BALLONTI-1	745.5456	T100	45.00	0.73	4.92		4.92	0.000055	0.47	300.92	623.10	0.08
BALLONTI-1	687.2943	T100	45.00	0.50	4.92		4.92	0.000076	0.40	301.20	664.39	0.07
BALLONTI-1	593.8044	T100	45.00	0.50	4.91		4.91	0.000047	0.49	284.00	527.58	0.08
BALLONTI-1	537.8996	T100	45.00	0.49	4.90		4.91	0.000058	0.54	273.15	510.67	0.09
BALLONTI-1	490.8579	T100	45.00	0.44	4.89		4.91	0.000091	0.69	182.63	478.83	0.11
BALLONTI-1	433.1705	T100	45.00	0.32	4.88		4.90	0.000092	0.67	102.75	466.96	0.11
BALLONTI-1	383.4262	T100	45.00	0.25	4.87	1.95	4.89	0.000308	0.67	85.27	501.06	0.11
BALLONTI-1	375.4243		Bridge									
BALLONTI-1	368.2785	T100	45.00	0.21	4.87		4.89	0.000187	0.68	83.78	503.47	0.12
BALLONTI-1	363.6741	T100	45.00	0.19	4.86	1.93	4.89	0.000396	0.64	80.06	47.00	0.12
BALLONTI-1	357.9851		Bridge									
BALLONTI-1	351.7992	T100	45.00	0.13	4.75		4.78	0.000127	0.69	84.18	51.28	0.12
BALLONTI-1	350.9374	T100	45.00	0.12	4.75	1.87	4.77	0.000361	0.67	82.54	50.41	0.12
BALLONTI-1	347.4738		Bridge									
BALLONTI-1	343.1654	T100	45.00	0.15	4.60		4.62	0.000201	0.65	80.30	52.94	0.12
BALLONTI-1	277.5091	T100	45.00	0.01	4.59		4.61	0.000193	0.65	81.52	42.51	0.12
BALLONTI-1	223.3004	T100	45.00	0.01	4.58		4.60	0.000147	0.64	92.66	50.38	0.11
BALLONTI-1	141.8053	T100	45.00	-0.21	4.57		4.59	0.000151	0.65	90.16	53.56	0.11
BALLONTI-1	78.8365	T100	45.00	-0.32	4.56		4.58	0.000182	0.60	85.67	37.29	0.10
BALLONTI-1	35.605	T100	45.00	-0.44	4.55	1.27	4.57	0.000172	0.65	87.83	46.90	0.10
BALLONTI-1	33.5487		Mult Open									
BALLONTI-1	31.7406	T100	45.00	-0.36	4.54		4.56	0.000085	0.62	89.51	52.42	0.10

Tabla 5. Características hidráulicas de la situación 1- T:100 años

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

HEC-RAS Plan: T500_sit1 River: BALLONTI Reach: BALLONTI-1 Profile: T500												Reload
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
BALLONTI-1	2276.117	T500	68.00	3.32	7.33		7.61	0.002673	2.35	28.95	12.50	0.49
BALLONTI-1	2209.521	T500	68.00	3.04	7.26		7.38	0.002791	1.50	45.39	18.90	0.31
BALLONTI-1	2165.005	T500	68.00	2.87	7.19		7.31	0.000874	1.52	45.18	19.76	0.30
BALLONTI-1	2125.559	T500	68.00	2.86	7.19		7.28	0.000476	1.39	65.27	31.44	0.24
BALLONTI-1	2079.787	T500	68.00	2.58	7.14		7.24	0.000929	1.88	91.21	49.69	0.29
BALLONTI-1	2037.618	T500	68.00	2.51	7.14		7.18	0.000552	1.22	101.02	82.18	0.19
BALLONTI-1	2031.132	T500	68.00	2.42	7.13		7.18	0.000642	1.25	95.89	80.80	0.19
BALLONTI-1	1992.036	T500	68.00	2.45	7.10		7.15	0.000552	1.31	87.80	62.51	0.20
BALLONTI-1	1913	T500	68.00	2.11	7.11		7.12	0.000058	0.70	186.50	67.39	0.10
BALLONTI-1	1907	T500	68.00	2.08	7.11		7.12	0.000047	0.64	186.80	65.82	0.09
BALLONTI-1	1900.691	T500	68.00	2.03	7.10		7.12	0.000143	0.76	126.09	59.80	0.11
BALLONTI-1	1894.698	T500	68.00	1.93	6.99		7.09	0.001534	1.63	55.51	35.31	0.24
BALLONTI-1	1891.224	T500	68.00	1.95	6.72	5.06	7.02	0.002740	2.63	29.45	17.42	0.40
BALLONTI-1	1884.754		Mult Open									
BALLONTI-1	1877.723	T500	68.00	2.34	6.30		6.72	0.002200	2.93	28.07	11.34	0.49
BALLONTI-1	1841.032	T500	68.00	2.45	6.49	4.38	6.51	0.000194	0.91	156.36	94.89	0.16
BALLONTI-1	1827.009		Bridge									
BALLONTI-1	1812.632	T500	68.00	2.30	6.47		6.50	0.000297	1.06	157.16	81.66	0.19
BALLONTI-1	1770.268	T500	68.00	2.35	6.46	5.24	6.48	0.000292	0.99	213.09	164.03	0.18
BALLONTI-1	1762.884		Mult Open									
BALLONTI-1	1755.641	T500	68.00	2.26	6.46		6.47	0.000268	0.75	252.00	190.93	0.13
BALLONTI-1	1666.538	T500	68.00	1.57	6.44		6.46	0.000122	0.73	279.74	201.69	0.12
BALLONTI-1	1588.899	T500	68.00	1.35	6.41		6.44	0.000211	0.98	157.84	161.09	0.16
BALLONTI-1	1515.928	T500	68.00	1.01	6.39		6.43	0.000201	0.98	116.63	107.57	0.15
BALLONTI-1	1431.702	T500	68.00	0.87	6.38	2.26	6.41	0.000217	0.78	103.15	88.88	0.11
BALLONTI-1	1402.615		Mult Open									
BALLONTI-1	1375.297	T500	68.00	1.15	6.33		6.36	0.000191	0.81	97.75	82.94	0.12
BALLONTI-1	1326.965	T500	68.00	1.08	6.24	3.35	6.33	0.000356	1.35	75.72	168.17	0.21
BALLONTI-1	1325.294		Mult Open									
BALLONTI-1	1323.674	T500	68.00	1.06	6.22		6.30	0.000297	1.30	78.93	171.88	0.20
BALLONTI-1	1276.516	T500	68.00	1.16	6.09		6.25	0.001537	1.83	58.84	159.34	0.31
BALLONTI-1	1242.870	T500	68.00	1.10	6.11	2.80	6.19	0.000340	1.22	70.09	159.36	0.18
BALLONTI-1	1233.893		Mult Open									
BALLONTI-1	1225.788	T500	68.00	1.02	6.02		6.12	0.000698	1.42	60.96	222.52	0.21
BALLONTI-1	1179.980	T500	68.00	1.03	6.01	2.54	6.06	0.000675	0.98	69.14	182.58	0.15
BALLONTI-1	1163.620		Mult Open									
BALLONTI-1	1148.478	T500	68.00	0.96	5.88		5.95	0.000702	1.18	57.56	200.30	0.17
BALLONTI-1	1138.776	T500	68.00	0.95	5.90	2.67	5.92	0.000336	0.86	141.13	215.62	0.13
BALLONTI-1	1128.163		Mult Open									
BALLONTI-1	1117.851	T500	68.00	0.95	5.86		5.89	0.000132	0.94	157.19	254.22	0.16
BALLONTI-1	1074.027	T500	68.00	0.81	5.86		5.87	0.000113	0.54	271.82	382.79	0.08
BALLONTI-1	1016.333	T500	68.00	0.79	5.81		5.86	0.000246	1.06	131.15	228.60	0.18
BALLONTI-1	957.304	T500	68.00	0.59	5.81		5.83	0.000232	0.82	240.27	248.85	0.12
BALLONTI-1	900.4089	T500	68.00	0.71	5.79		5.82	0.000158	0.92	139.59	283.86	0.14
BALLONTI-1	847.7044	T500	68.00	0.66	5.79		5.81	0.000092	0.73	206.56	286.11	0.11
BALLONTI-1	796.9128	T500	68.00	0.67	5.80		5.80	0.000044	0.43	414.61	579.86	0.07
BALLONTI-1	745.5456	T500	68.00	0.73	5.80		5.80	0.000036	0.44	475.15	623.84	0.07
BALLONTI-1	687.2943	T500	68.00	0.50	5.80		5.80	0.000047	0.36	475.36	665.75	0.05
BALLONTI-1	593.8044	T500	68.00	0.50	5.79		5.79	0.000036	0.49	434.57	528.29	0.07
BALLONTI-1	537.8996	T500	68.00	0.49	5.79		5.79	0.000042	0.53	424.56	518.44	0.08
BALLONTI-1	490.8579	T500	68.00	0.44	5.78		5.79	0.000073	0.70	277.72	511.04	0.10
BALLONTI-1	433.1705	T500	68.00	0.32	5.76		5.78	0.000094	0.78	144.80	489.55	0.11
BALLONTI-1	383.4262	T500	68.00	0.25	5.75	2.34	5.77	0.000269	0.73	135.46	514.98	0.11
BALLONTI-1	375.4243		Bridge									
BALLONTI-1	368.2785	T500	68.00	0.21	5.74		5.77	0.000173	0.76	126.86	510.22	0.12
BALLONTI-1	363.6741	T500	68.00	0.19	5.74	2.35	5.76	0.000314	0.69	124.24	52.45	0.11
BALLONTI-1	357.9851		Bridge									
BALLONTI-1	351.7992	T500	68.00	0.13	5.59		5.62	0.000118	0.78	129.71	57.10	0.12
BALLONTI-1	350.9374	T500	68.00	0.12	5.59	2.28	5.61	0.000309	0.73	127.49	56.31	0.11
BALLONTI-1	347.4738		Bridge									
BALLONTI-1	343.1654	T500	68.00	0.15	5.45		5.47	0.000170	0.71	126.52	55.95	0.12
BALLONTI-1	277.5091	T500	68.00	0.01	5.43		5.46	0.000187	0.75	121.61	58.43	0.12
BALLONTI-1	223.3004	T500	68.00	0.01	5.43		5.45	0.000136	0.72	136.98	56.00	0.11
BALLONTI-1	141.8053	T500	68.00	-0.21	5.41		5.44	0.000152	0.76	131.79	67.10	0.12
BALLONTI-1	78.8365	T500	68.00	-0.32	5.40		5.43	0.000182	0.70	138.14	92.63	0.11
BALLONTI-1	35.605	T500	68.00	-0.44	5.39	1.68	5.42	0.000177	0.75	145.29	103.34	0.11
BALLONTI-1	33.5487		Mult Open									
BALLONTI-1	31.7406	T500	68.00	-0.36	5.37		5.40	0.000089	0.72	145.80	104.60	0.11

Tabla 6. Características hidráulicas de la situación 1- T:500 años

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

HEC-RAS Plan: T100_st2 River: BALLONTI Reach: BALLONTI-1 Profile: T100												Reload
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
BALLONTI-1	2276.117	T100	45.00	3.32	6.56		6.82	0.003080	2.23	20.14	10.52	0.52
BALLONTI-1	2209.521	T100	45.00	3.04	6.50		6.60	0.002230	1.41	32.02	16.01	0.32
BALLONTI-1	2165.005	T100	45.00	2.87	6.42		6.53	0.001137	1.44	31.26	16.35	0.33
BALLONTI-1	2125.559	T100	45.00	2.86	6.41		6.49	0.000589	1.30	42.87	25.94	0.25
BALLONTI-1	2079.787	T100	45.00	2.58	6.30		6.44	0.001375	1.97	51.10	44.98	0.34
BALLONTI-1	2037.618	T100	45.00	2.51	6.25	5.06	6.33	0.002651	1.51	48.44	31.14	0.26
BALLONTI-1	2035	Bridge										
BALLONTI-1	2031.132	T100	45.00	2.42	6.22	4.99	6.28	0.004324	1.21	45.03	27.16	0.21
BALLONTI-1	1992.036	T100	45.00	2.47	6.06	4.99	6.18	0.001178	1.81	36.15	29.40	0.32
BALLONTI-1	1913	T100	45.00	2.11	6.10		6.11	0.000078	0.69	119.93	63.39	0.11
BALLONTI-1	1907	T100	45.00	2.08	6.10	4.29	6.11	0.000072	0.68	121.90	61.98	0.11
BALLONTI-1	1905	Bridge										
BALLONTI-1	1900.691	T100	45.00	2.03	6.08		6.10	0.000271	0.89	72.15	43.59	0.15
BALLONTI-1	1894.698	T100	45.00	1.93	5.94		6.07	0.002554	1.78	31.54	23.58	0.30
BALLONTI-1	1891.224	T100	45.00	1.95	5.77	4.49	6.02	0.003024	2.35	21.00	9.79	0.40
BALLONTI-1	1884.754	Mult Open										
BALLONTI-1	1877.723	T100	45.00	2.34	5.49		5.81	0.002313	2.54	20.62	10.37	0.48
BALLONTI-1	1841.032	T100	45.00	2.45	5.62	4.01	5.64	0.000263	0.88	108.20	86.48	0.17
BALLONTI-1	1827.009	Bridge										
BALLONTI-1	1812.632	T100	45.00	2.30	5.58		5.63	0.000506	1.13	95.81	81.33	0.23
BALLONTI-1	1770.268	T100	45.00	2.35	5.45	4.53	5.57	0.001368	1.66	61.29	120.85	0.37
BALLONTI-1	1762.884	Mult Open										
BALLONTI-1	1755.641	T100	45.00	2.26	5.47		5.54	0.001298	1.29	80.66	139.23	0.28
BALLONTI-1	1666.538	T100	45.00	1.57	5.44		5.47	0.000329	0.97	115.14	166.82	0.19
BALLONTI-1	1588.899	T100	45.00	1.35	5.39		5.44	0.000397	1.09	70.95	132.81	0.21
BALLONTI-1	1515.928	T100	45.00	1.01	5.36		5.42	0.000330	1.05	52.90	89.07	0.19
BALLONTI-1	1431.702	T100	45.00	0.87	5.36	1.96	5.38	0.000174	0.66	68.87	59.63	0.10
BALLONTI-1	1402.615	Mult Open										
BALLONTI-1	1375.297	T100	45.00	1.15	5.34		5.36	0.000169	0.68	65.95	39.22	0.11
BALLONTI-1	1326.965	T100	45.00	1.08	5.26	2.88	5.34	0.000375	1.20	37.46	63.30	0.21
BALLONTI-1	1325.294	Mult Open										
BALLONTI-1	1323.674	T100	45.00	1.06	5.27		5.33	0.000306	1.14	39.46	74.44	0.19
BALLONTI-1	1276.516	T100	45.00	1.16	5.11		5.28	0.001569	1.82	24.73	84.74	0.36
BALLONTI-1	1242.870	T100	45.00	1.10	5.14	2.42	5.20	0.000289	1.03	43.48	78.64	0.17
BALLONTI-1	1233.893	Mult Open										
BALLONTI-1	1225.788	T100	45.00	1.02	5.11		5.18	0.000413	1.18	38.28	122.13	0.19
BALLONTI-1	1179.980	T100	45.00	1.03	5.11	2.22	5.14	0.000453	0.81	55.76	153.26	0.13
BALLONTI-1	1163.620	Mult Open										
BALLONTI-1	1148.478	T100	45.00	0.96	5.06		5.10	0.000384	0.95	47.49	177.11	0.15
BALLONTI-1	1138.776	T100	45.00	0.95	5.06	2.27	5.09	0.000421	0.85	86.09	196.12	0.14
BALLONTI-1	1128.163	Mult Open										
BALLONTI-1	1117.851	T100	45.00	0.95	4.99		5.02	0.000132	0.93	95.14	222.37	0.16
BALLONTI-1	1074.027	T100	45.00	0.81	5.00		5.00	0.000144	0.53	188.99	356.67	0.09
BALLONTI-1	1016.333	T100	45.00	0.79	4.94		4.99	0.000306	0.99	71.45	210.18	0.19
BALLONTI-1	957.304	T100	45.00	0.59	4.92		4.96	0.000462	1.01	72.19	227.63	0.17
BALLONTI-1	900.4089	T100	45.00	0.71	4.92		4.94	0.000173	0.84	95.19	283.29	0.14
BALLONTI-1	847.7044	T100	45.00	0.66	4.92		4.93	0.000105	0.68	140.75	285.74	0.11
BALLONTI-1	796.9128	T100	45.00	0.67	4.92		4.93	0.000062	0.45	272.03	579.50	0.07
BALLONTI-1	745.5456	T100	45.00	0.73	4.92		4.92	0.000055	0.47	300.92	623.10	0.08
BALLONTI-1	687.2943	T100	45.00	0.50	4.92		4.92	0.000076	0.40	301.20	664.39	0.07
BALLONTI-1	593.8044	T100	45.00	0.50	4.91		4.91	0.000047	0.49	284.00	527.58	0.08
BALLONTI-1	537.8996	T100	45.00	0.49	4.90		4.91	0.000058	0.54	273.15	510.67	0.09
BALLONTI-1	490.8579	T100	45.00	0.44	4.89		4.91	0.000091	0.69	182.63	478.83	0.11
BALLONTI-1	433.1705	T100	45.00	0.32	4.88		4.90	0.000092	0.67	102.75	466.96	0.11
BALLONTI-1	383.4262	T100	45.00	0.25	4.87	1.95	4.89	0.000308	0.67	85.27	501.06	0.11
BALLONTI-1	375.4243	Bridge										
BALLONTI-1	368.2785	T100	45.00	0.21	4.87		4.89	0.000187	0.68	83.78	503.47	0.12
BALLONTI-1	363.6741	T100	45.00	0.19	4.86	1.93	4.89	0.000396	0.64	80.06	47.00	0.12
BALLONTI-1	357.9851	Bridge										
BALLONTI-1	351.7992	T100	45.00	0.13	4.75		4.78	0.000127	0.69	84.18	51.28	0.12
BALLONTI-1	350.9374	T100	45.00	0.12	4.75	1.87	4.77	0.000361	0.67	82.54	50.41	0.12
BALLONTI-1	347.4738	Bridge										
BALLONTI-1	343.1654	T100	45.00	0.15	4.60		4.62	0.000201	0.65	80.30	52.94	0.12
BALLONTI-1	277.5091	T100	45.00	0.01	4.59		4.61	0.000193	0.65	81.52	42.51	0.12
BALLONTI-1	223.3004	T100	45.00	0.01	4.58		4.60	0.000147	0.64	92.66	50.38	0.11
BALLONTI-1	141.8053	T100	45.00	-0.21	4.57		4.59	0.000151	0.65	90.16	53.56	0.11
BALLONTI-1	78.8365	T100	45.00	-0.32	4.56		4.58	0.000182	0.60	85.67	37.29	0.10
BALLONTI-1	35.605	T100	45.00	-0.44	4.55	1.27	4.57	0.000172	0.65	87.83	46.90	0.10
BALLONTI-1	33.5487	Mult Open										
BALLONTI-1	31.7406	T100	45.00	-0.36	4.54		4.56	0.000085	0.62	89.51	52.42	0.10

Tabla 7. Características hidráulicas de la situación 2- T:100 años

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

HEC-RAS Plan: T500_sit2 River: BALLONTI Reach: BALLONTI-1 Profile: T500												Reload
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
BALLONTI-1	2276.117	T500	68.00	3.32	7.37		7.64	0.002539	2.30	29.51	12.62	0.48
BALLONTI-1	2209.521	T500	68.00	3.04	7.31		7.42	0.002686	1.47	46.32	19.08	0.30
BALLONTI-1	2165.005	T500	68.00	2.87	7.25		7.36	0.000816	1.49	46.23	20.08	0.30
BALLONTI-1	2125.559	T500	68.00	2.86	7.25		7.33	0.000446	1.35	66.96	31.66	0.23
BALLONTI-1	2079.787	T500	68.00	2.58	7.20		7.30	0.000862	1.83	94.13	49.93	0.28
BALLONTI-1	2037.618	T500	68.00	2.51	7.18	5.42	7.22	0.001557	1.35	103.78	82.50	0.21
BALLONTI-1	2035	Bridge										
BALLONTI-1	2031.132	T500	68.00	2.42	7.14	5.39	7.20	0.002414	1.49	84.81	57.11	0.23
BALLONTI-1	1992.036	T500	68.00	2.47	7.10	5.45	7.16	0.000504	1.31	67.84	31.47	0.20
BALLONTI-1	1913	T500	68.00	2.11	7.12		7.13	0.000048	0.63	186.90	67.40	0.09
BALLONTI-1	1907	T500	68.00	2.08	7.12	4.53	7.13	0.000047	0.64	187.14	65.83	0.09
BALLONTI-1	1905	Bridge										
BALLONTI-1	1900.691	T500	68.00	2.03	7.10		7.12	0.000143	0.76	126.09	59.80	0.11
BALLONTI-1	1894.698	T500	68.00	1.93	6.99		7.09	0.001534	1.63	55.51	35.31	0.24
BALLONTI-1	1891.224	T500	68.00	1.95	6.72	5.06	7.02	0.002740	2.63	29.45	17.42	0.40
BALLONTI-1	1884.754	Mult Open										
BALLONTI-1	1877.723	T500	68.00	2.34	6.30		6.72	0.002200	2.93	28.07	11.34	0.49
BALLONTI-1	1841.032	T500	68.00	2.45	6.49	4.38	6.51	0.000194	0.91	156.35	94.89	0.16
BALLONTI-1	1827.009	Bridge										
BALLONTI-1	1812.632	T500	68.00	2.30	6.47		6.50	0.000297	1.06	157.16	81.66	0.19
BALLONTI-1	1770.268	T500	68.00	2.35	6.46	5.24	6.48	0.000292	0.99	213.09	164.03	0.18
BALLONTI-1	1762.884	Mult Open										
BALLONTI-1	1755.641	T500	68.00	2.26	6.46		6.47	0.000268	0.75	252.00	190.93	0.13
BALLONTI-1	1666.538	T500	68.00	1.57	6.44		6.46	0.000122	0.73	279.74	201.69	0.12
BALLONTI-1	1588.899	T500	68.00	1.35	6.41		6.44	0.000211	0.98	157.84	161.09	0.16
BALLONTI-1	1515.928	T500	68.00	1.01	6.39		6.43	0.000201	0.98	116.63	107.57	0.15
BALLONTI-1	1431.702	T500	68.00	0.87	6.38	2.26	6.41	0.000217	0.78	103.15	88.88	0.11
BALLONTI-1	1402.615	Mult Open										
BALLONTI-1	1375.297	T500	68.00	1.15	6.33		6.36	0.000191	0.81	97.75	82.94	0.12
BALLONTI-1	1326.965	T500	68.00	1.08	6.24	3.35	6.33	0.000356	1.35	75.72	168.17	0.21
BALLONTI-1	1325.294	Mult Open										
BALLONTI-1	1323.674	T500	68.00	1.06	6.22		6.30	0.000297	1.30	78.93	171.88	0.20
BALLONTI-1	1276.516	T500	68.00	1.16	6.09		6.25	0.001537	1.83	58.84	159.34	0.31
BALLONTI-1	1242.870	T500	68.00	1.10	6.11	2.80	6.19	0.000340	1.22	70.09	159.36	0.18
BALLONTI-1	1233.893	Mult Open										
BALLONTI-1	1225.788	T500	68.00	1.02	6.02		6.12	0.000698	1.42	60.96	222.52	0.21
BALLONTI-1	1179.980	T500	68.00	1.03	6.01	2.54	6.06	0.000675	0.98	69.14	182.58	0.15
BALLONTI-1	1163.620	Mult Open										
BALLONTI-1	1148.478	T500	68.00	0.96	5.88		5.95	0.000702	1.18	57.56	200.30	0.17
BALLONTI-1	1138.776	T500	68.00	0.95	5.90	2.67	5.92	0.000336	0.86	141.13	215.62	0.13
BALLONTI-1	1128.163	Mult Open										
BALLONTI-1	1117.851	T500	68.00	0.95	5.86		5.89	0.000132	0.94	157.19	254.22	0.16
BALLONTI-1	1074.027	T500	68.00	0.81	5.86		5.87	0.000113	0.54	271.82	382.79	0.08
BALLONTI-1	1016.333	T500	68.00	0.79	5.81		5.86	0.000246	1.06	131.15	228.60	0.18
BALLONTI-1	957.304	T500	68.00	0.59	5.81		5.83	0.000232	0.82	240.27	248.85	0.12
BALLONTI-1	900.4089	T500	68.00	0.71	5.79		5.82	0.000158	0.92	139.59	283.86	0.14
BALLONTI-1	847.7044	T500	68.00	0.66	5.79		5.81	0.000092	0.73	206.56	286.11	0.11
BALLONTI-1	796.9128	T500	68.00	0.67	5.80		5.80	0.000044	0.43	414.61	579.86	0.07
BALLONTI-1	745.5456	T500	68.00	0.73	5.80		5.80	0.000036	0.44	475.15	623.84	0.07
BALLONTI-1	687.2943	T500	68.00	0.50	5.80		5.80	0.000047	0.36	475.36	665.75	0.05
BALLONTI-1	593.8044	T500	68.00	0.50	5.79		5.79	0.000036	0.49	434.57	528.29	0.07
BALLONTI-1	537.8996	T500	68.00	0.49	5.79		5.79	0.000042	0.53	424.56	518.44	0.08
BALLONTI-1	490.8579	T500	68.00	0.44	5.78		5.79	0.000073	0.70	277.72	511.04	0.10
BALLONTI-1	433.1705	T500	68.00	0.32	5.76		5.78	0.000094	0.78	144.80	489.55	0.11
BALLONTI-1	383.4262	T500	68.00	0.25	5.75	2.34	5.77	0.000269	0.73	135.46	514.98	0.11
BALLONTI-1	375.4243	Bridge										
BALLONTI-1	368.2785	T500	68.00	0.21	5.74		5.77	0.000173	0.76	126.86	510.22	0.12
BALLONTI-1	363.6741	T500	68.00	0.19	5.74	2.35	5.76	0.000314	0.69	124.24	52.45	0.11
BALLONTI-1	357.9851	Bridge										
BALLONTI-1	351.7992	T500	68.00	0.13	5.59		5.62	0.000118	0.78	129.71	57.10	0.12
BALLONTI-1	350.9374	T500	68.00	0.12	5.59	2.28	5.61	0.000309	0.73	127.49	56.31	0.11
BALLONTI-1	347.4738	Bridge										
BALLONTI-1	343.1654	T500	68.00	0.15	5.45		5.47	0.000170	0.71	126.52	55.95	0.12
BALLONTI-1	277.5091	T500	68.00	0.01	5.43		5.46	0.000187	0.75	121.61	58.43	0.12
BALLONTI-1	223.3004	T500	68.00	0.01	5.43		5.45	0.000136	0.72	136.98	56.00	0.11
BALLONTI-1	141.8053	T500	68.00	-0.21	5.41		5.44	0.000152	0.76	131.79	67.10	0.12
BALLONTI-1	78.8365	T500	68.00	-0.32	5.40		5.43	0.000182	0.70	138.14	92.63	0.11
BALLONTI-1	35.605	T500	68.00	-0.44	5.39	1.68	5.42	0.000177	0.75	145.29	103.34	0.11
BALLONTI-1	33.5487	Mult Open										
BALLONTI-1	31.7406	T500	68.00	-0.36	5.37		5.40	0.000089	0.72	145.80	104.60	0.11

Tabla 8. Características hidráulicas de la situación 2- T:500 años

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

8.2 Planos

Con la presente nota técnica se adjunta un plano, TSL-Estructuras y río Ballonti_01, en el que se recogen los datos más relevantes mencionados en este documento. En las siguientes figuras se destacan los sectores más importantes.

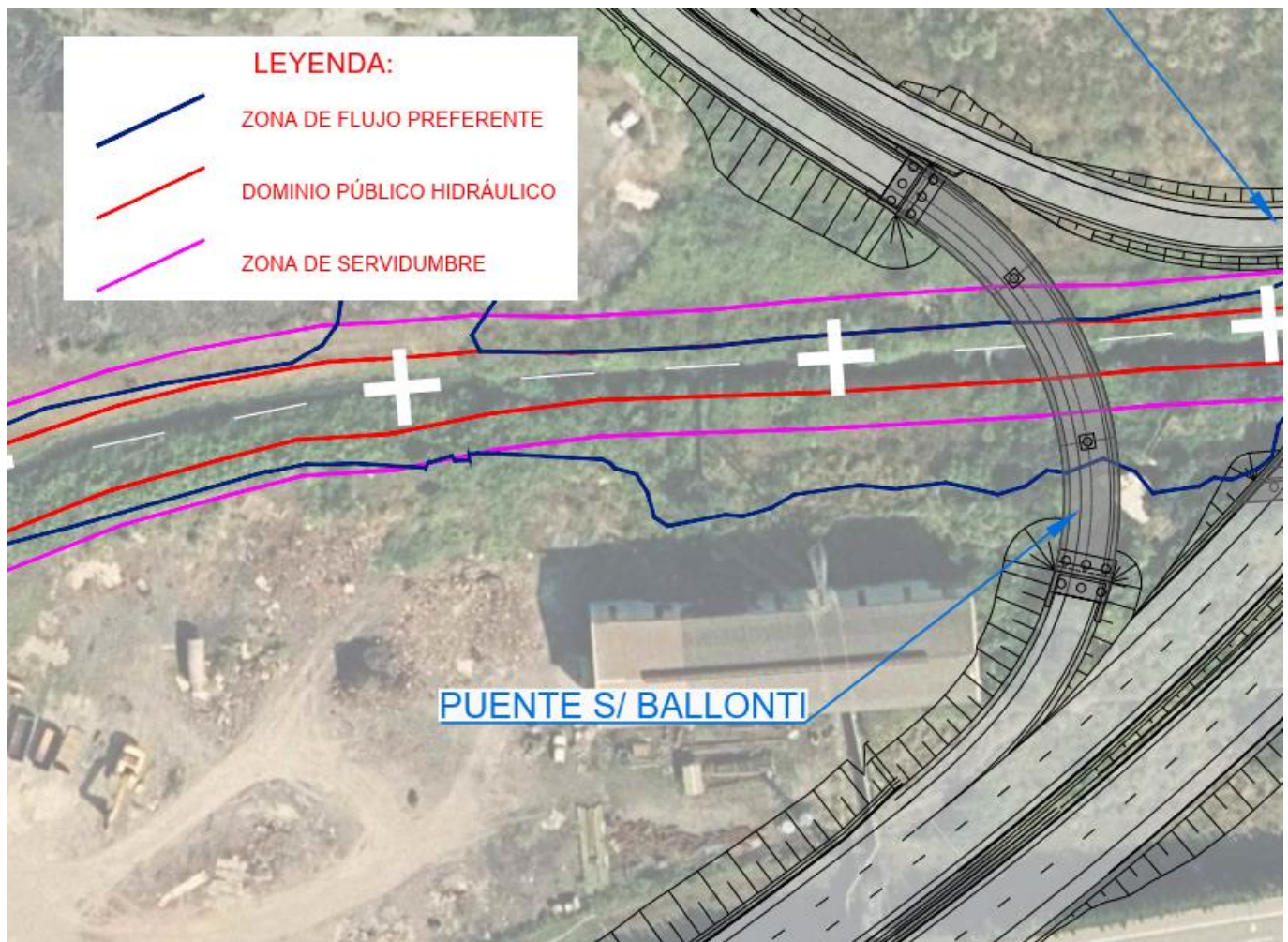


Figura 19: Vista en planta Puente s/Ballonti.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

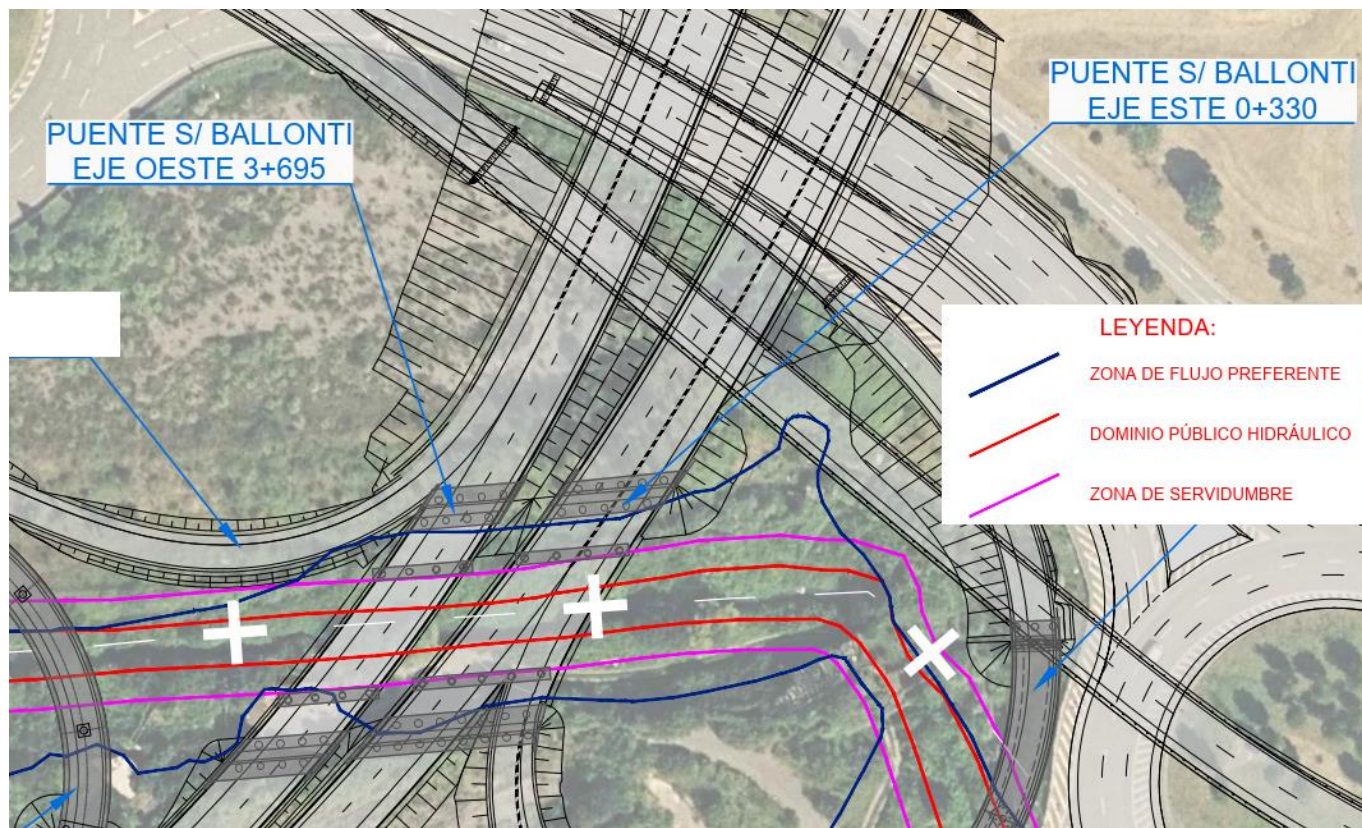


Figura 20: Vista en planta Puente s/Ballonti EJE OESTE 3+695 y EJE OESTE 0+330.

Estudio de afección del proyecto sobre el río Ballonti. MARGEN IZQUIERDA.

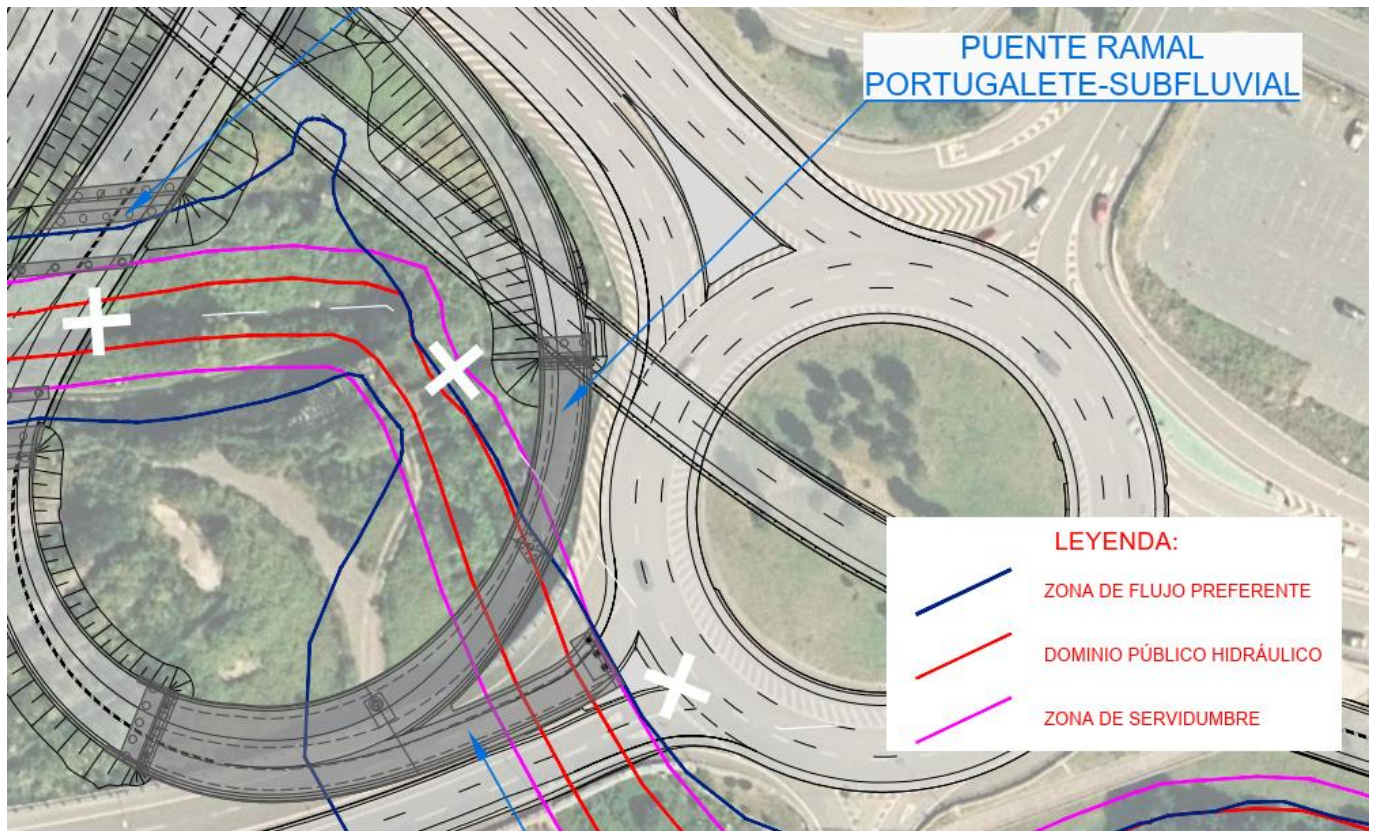


Figura 21: Vista en planta Puente Ramal Portugalete-Subfluvial y Puente Ramal Salida GTA. Sestao

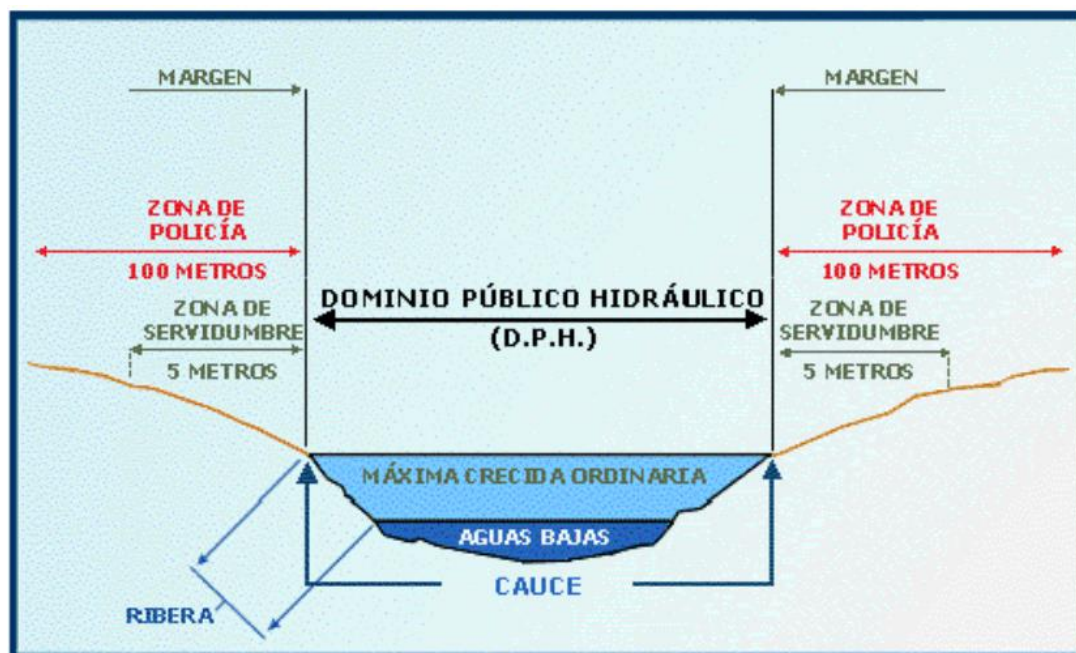


Figura 22: Esquema sección típica hidráulica

TÉRMINO MUNICIPAL
DE PORTUGALETE

TÉRMINO MUNICIPAL
DE SESTAO

TÉRMINO MUNICIPAL
DE TRAPAGA

TÉRMINO MUNICIPAL
DE TRAPAGA



PUENTE S/ BALLONTI
EJE OESTE 3+695

PUENTE S/ BALLONTI
EJE ESTE 0+330

RAMAL NORTE
DEL BALLONTI

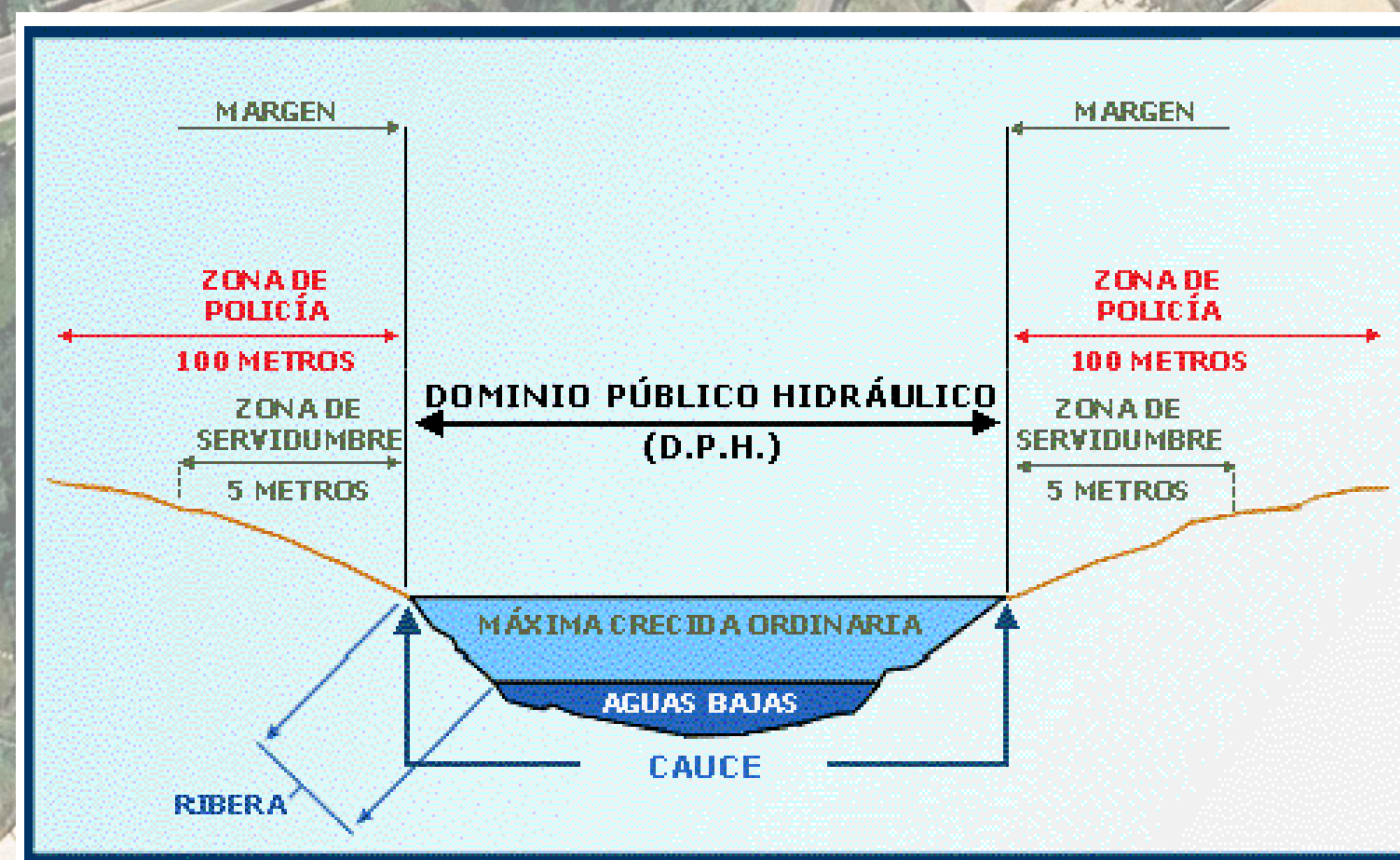
PUENTE RAMAL
PORTUGALETE-SUBFLUVIAL

PUENTE S/ BALLONTI

PUENTE RAMAL SALIDA
GTA. SESTAO

LEYENDA:

- ZONA DE FLUJO PREFERENTE
- DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO
- ZONA DE SERVIDUMBRE



ESCALA: 1/1.000
para A1