



## ANEJO Nº2

### CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

<b>caminos</b> PAÍS VASCO	Expediente	Fecha
	2023/02080/02	12/06/2023
<b>VISADO</b>		

## ANEJO Nº2 CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

### INDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	3
2	COMPROBACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE REALIZADAS .....	5
2.1	CUNETAS NORTE CT2 .....	5
2.2	CUNETAS NORTE CT3 .....	5
2.3	CUNETAS SUR .....	6
2.4	BAJANTE NORTE .....	7
2.5	BAJANTE SUR .....	8
2.6	CAÑO 400 .....	9
2.7	CAÑO 800 .....	9
3	CONCLUSIÓN .....	10
	ANEJO DEL PROYECTO PRIMITIVO .....	11

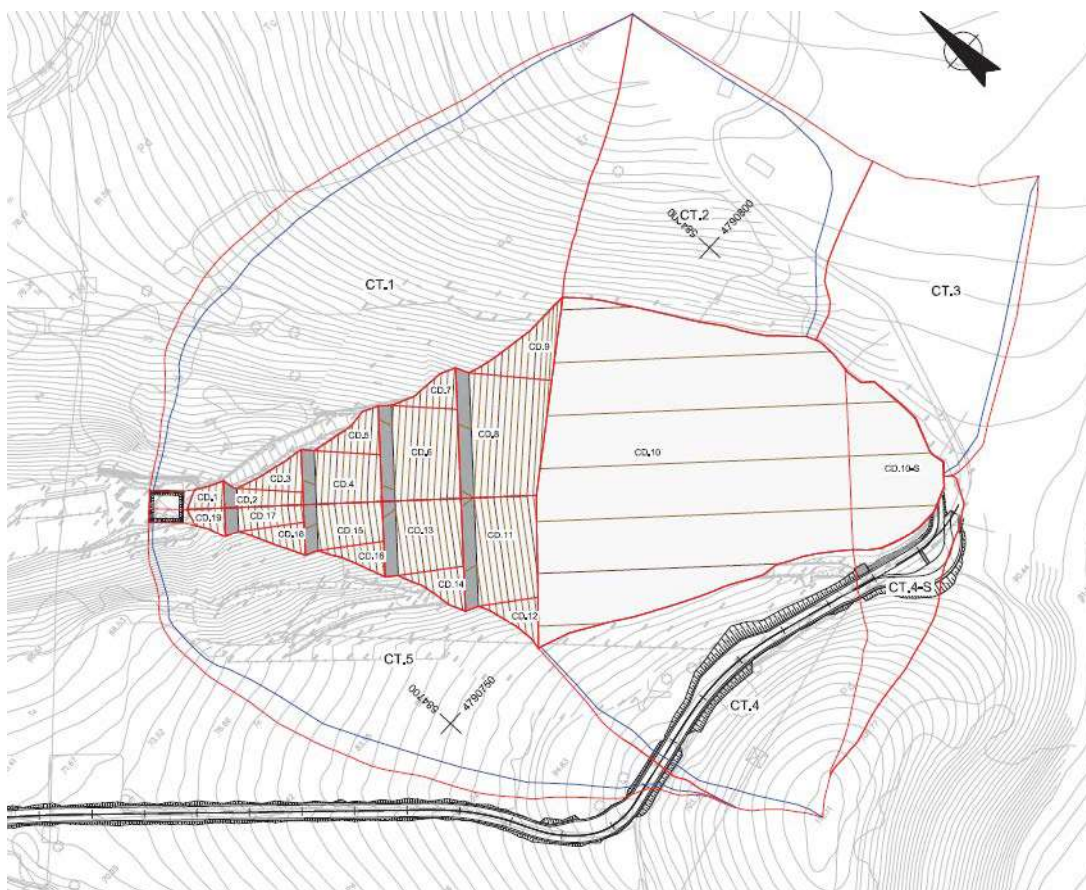
<b>caminos</b> PAÍS VASCO	Expediente	Fecha
	2023/02080/02	12/06/2023
<b>VISADO</b>		

## CÁLCULOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

### 1 INTRODUCCIÓN

El proyecto primitivo del depósito de sobrantes de Akan, redactado en 2011 por SENER, contenía un anejo de cálculos hidrológicos e hidráulicos totalmente válido y que se adjunta al presente documento.

A modo de resumen, la cuenca drenante de este relleno suma un total de 7,62 Ha, subdividida en varias sub-cuencas, externas e internas, cuyas características físicas se señalan a continuación:



<b>caminos</b> <small>Compañía de Ingenieros de Caminos y Puertos</small>	Expediente	2023/02080/02
	Fecha	12/06/2023
<b>PAÍS VASCO</b>		
<b>VISADO</b>		

Cuenca	Superficie (m <sup>2</sup> )	Z mín (m)	Z máx (m)	L (m) cauce principal	Pendiente (%)	Pendiente (m/m)	Tc (h)
CT.1	15.827	45	118	277	26,35	0,26	0,15
CT.2	8.940	94	118	161	14,91	0,15	0,11
CT.3	6.353	92	115	121	19,01	0,19	0,08
CT.4	9.735	89	112	128	17,97	0,18	0,09
CT.4-S	1.418	91	111	81	24,69	0,25	0,08
CT.5	11.031	45	107	274	22,63	0,23	0,15
CD.1	109	46,7	52,5	14,5	40,00	0,40	0,08
CD.2	193	52,4	62,4	25	40,00	0,40	0,08
CD.3	189	52,4	62,2	25	39,20	0,39	0,08
CD.4	581	62,3	72,2	24,8	39,92	0,40	0,08
CD.5	238	62,3	71,5	25	36,80	0,37	0,08
CD.6	1.059	72,1	82,1	25	40,00	0,40	0,08
CD.7	192	70,8	80,8	25	40,00	0,40	0,08
CD.8	1.502	0,0015	82	91,5	25	38,00	0,38
CD.9	443	0,0004	80,3	93,6	33,6	39,58	0,40
CD.10	13.828	0,0138	89	95	125,5	4,78	0,05
CD.10-S	1.000	90,3	93,3	60	5,00	0,05	0,08
CD.11	1.146	0,0011	82	91,5	25	38,00	0,38
CD.12	182	80,7	89,5	22,8	38,60	0,39	0,08
CD.13	827	72,1	82,1	25	40,00	0,40	0,08
CD.14	211	71	81	25,2	39,68	0,40	0,08
CD.15	508	62,3	72,2	25	39,60	0,40	0,08
CD.16	159	61,8	71,8	25	40,00	0,40	0,08
CD.17	248	52,4	62,4	25	40,00	0,40	0,08
CD.18	161	52,4	62	25	38,40	0,38	0,08
CD.19	105	46,7	52,5	14,5	40,00	0,40	0,08

Los caudales obtenidos, para 500 años de periodo de retorno, en cada una de las subcuencas son las siguientes:

Cuenca	Caudales (m3/s)
CT1	0.825
CT2	0.519
CT3	0.408
CT4	0.610
CT4S	0.092
CT5	0.556
CD1	0.008
CD2	0.014
CD3	0.013
CD4	0.041
CD5	0.017
CD6	0.075
CD7	0.014
CD8	0.106
CD9	0.031

Cuenca	Caudales (m3/s)
CD10	0.852
CD10S	0.071
CD11	0.081
CD12	0.013
CD13	0.059
CD14	0.015
CD15	0.036
CD16	0.011
CD17	0.018
CD18	0.011
CD19	0.007



## 2 COMPROBACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE REALIZADAS

En las visitas in-situ realizadas al depósito de sobrantes para la redacción del presente proyecto y en el topográfico del estado actual levantado, se puede comprobar que los drenajes perimetrales ejecutados (cunetas) distan de lo proyectado en 2011.

En consecuencia, el objetivo de este capítulo es comprobar que las cunetas realizadas son capaces de albergar los caudales calculados y plasmados anteriormente.

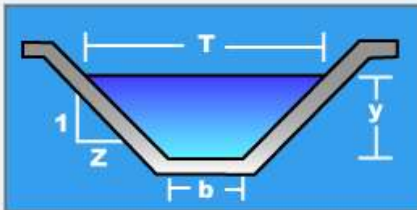
### 2.1 CUNETA NORTE CT2

Esta cuneta recoge la cuenca CT2 con un caudal de  $0,52 \text{ m}^3/\text{s}$ . La cuneta trapezoidal de 0,5 metros en su base y 0,5 metros de altura alberga dicho caudal sin problemas. Como es de hormigón, se considera una rugosidad de 0,02 y tiene una pendiente del 3,66%.

Lugar:	Akan	Proyecto:	
Tramo:	Cuneta norte CT2	Revestimiento:	

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.519 m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.5 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.02
Pendiente (S):	0.0366 m/m

<b>Resultados:</b>	
Tirante normal (y):	0.2502 m
Area hidráulica (A):	0.1877 m <sup>2</sup>
Espejo de agua (T):	1.0004 m
Número de Froude (F):	2.0382
Tipo de flujo:	Supercrítico
Perímetro (p):	1.2077 m
Radio hidráulico (R):	0.1554 m
Velocidad (v):	2.7651 m/s
Energía específica (E):	0.6399 m-Kg/Kg

### 2.2 CUNETA NORTE CT3


Esta cuneta recoge la cuenca CT3 con un caudal de  $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$ . La cuneta trapezoidal de 0,5 metros en su base y 0,5 metros de altura alberga dicho caudal sin problemas. Como es de hormigón, se considera una rugosidad de 0,02 y tiene una pendiente del 7,26%.

Lugar:	Akan	Proyecto:	
Tramo:	Cuneta norte CT3	Revestimiento:	

**Datos:**

Caudal (Q):	0.408	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.02	
Pendiente (S):	0.0726	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.1810	m	Perímetro (p):	1.0119	m
Area hidráulica (A):	0.1233	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1218	m
Espejo de agua (T):	0.8620	m	Velocidad (v):	3.3103	m/s
Número de Froude (F):	2.7950		Energía específica (E):	0.7395	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

### 2.3 CUNETAS SUR

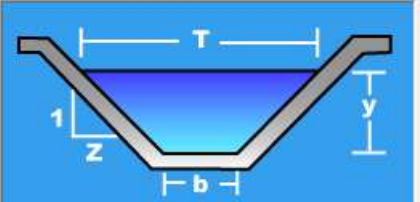
Esta cuneta recoge las cuencas CT4, CT4s, CT3, C10 y C10s con un caudal total de 2,03 m<sup>3</sup>/s. La cuneta trapezoidal de 0,5 metros en su base y 0,7 metros de altura alberga dicho caudal sin problemas. Como es de hormigón, se considera una rugosidad de 0,02 y tiene una pendiente del 5,41%.

Lugar:	Akan	Proyecto:	
Tramo:	Cuneta sur	Revestimiento:	

**Datos:**

Caudal (Q):	2.033	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	0.5	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.02	
Pendiente (S):	0.0541	m/m

**Resultados:**

Tirante normal (y):	0.4586	m	Perímetro (p):	1.7972	m
Area hidráulica (A):	0.4397	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.2446	m
Espejo de agua (T):	1.4173	m	Velocidad (v):	4.5490	m/s
Número de Froude (F):	2.6076		Energía específica (E):	1.5133	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

## 2.4 BAJANTE NORTE

La bajante norte recoge las cuencas CD1, CD2, CD3, CD4, CD5, CD6, CD7, CD8, CD9, CT1 y CT2 con un caudal total de  $1,66 \text{ m}^3/\text{s}$  y tiene una pendiente del 24,5% con un ancho de 1,20 metros y 0,90 metros de altura. Los cálculos de la bajante escalonada muestran que es capaz de albergar el caudal:

### Dimensionamiento bajante escalonada

Bajante norte

Datos conocidos (a introducir)

Caudal	Q	1.66 $\text{m}^3/\text{s}$
Talud	T	4.08 m/m



Variable de dimensionamiento (para iterar)

Ancho de canal	b	1.20 m
----------------	---	--------

Cálculos directos

Caudal unitario	q	1.39 $\text{m}^2/\text{s}$	$h_c = \sqrt[3]{q^2/g}$
Calado critico	$h_c$	0.58 m	$h' = \frac{h_c}{2}$
Altura pestaña	$h'$	0.29 m	

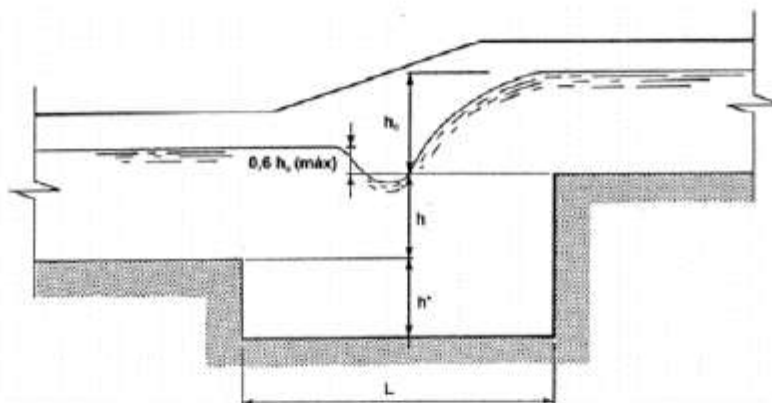
Condiciones y objetivo

1. Longitud mínima	$L_{min}$	2.72	$L_{min} = 0,85 \left[ 2,5 + 11 \frac{h_c}{h} + 0,7 \left( \frac{h_c}{h} \right)^3 \right] \sqrt{h h_c}$
2. Condicion geométrica	$L_{geo}$	2.72	$L_{geo} = h \times T$

Objetivo  $L_{min} = L_{geo}$   $L_{min} - L_{geo}$  0.00 Solver

Resultados

Longitud de tramo	L	2.80 m	
Altura de salto	h	0.67 m	< 2.4 m Correcto



## 2.5 BAJANTE SUR

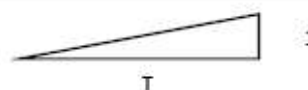
La bajante sur recoge las cuencas CT4, CT4s, CT3, C10, C10s, CD11, CD12, CD13, CD14, CD15, CD16, CD17, CD18, CD19 y CT5 con un caudal total de  $2,84 \text{ m}^3/\text{s}$  y tiene una pendiente del 27,4% con un ancho de 1,60 metros y 1,00 metro de altura. Los cálculos de la bajante escalonada muestran que es capaz de albergar el caudal:

### Dimensionamiento bajante escalonada

#### Bajante sur

##### Datos conocidos (a introducir)

Caudal	Q	2.84 $\text{m}^3/\text{s}$
Talud	T	3.44 m/m



##### Variable de dimensionamiento (para iterar)

Ancho de canal	b	1.60 m
----------------	---	--------

##### Cálculos directos

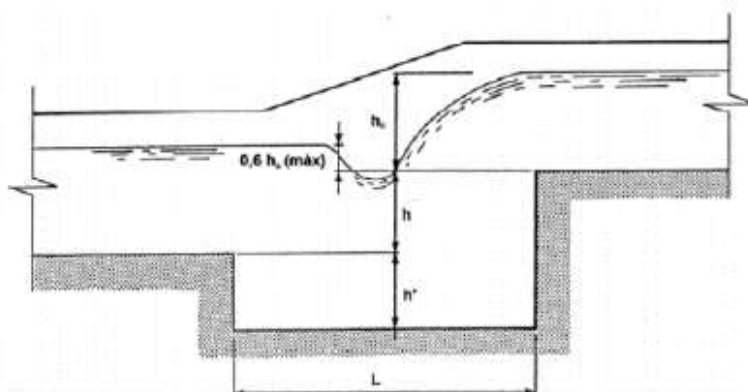
Caudal unitario	q	1.78 $\text{m}^2/\text{s}$	$h_c = \sqrt[3]{q^2/g}$
Calado crítico	$h_c$	0.68 m	$h' = \frac{h_c}{2}$
Altura pestaña	$h'$	0.34 m	

##### Condiciones y objetivo

1. Longitud mínima	$L_{min}$	3.45	$L_{min} = 0,85 \left[ 2,5 + 11 \frac{h_c}{h} + 0,7 \left( \frac{h_c}{h} \right)^3 \right] \sqrt{h h_c}$
2. Condicion geométrica	$L_{geo}$	3.45	$L_{geo} = h \times T$
Objetivo	$L_{min} = L_{geo}$	$L_{min} - L_{geo}$	0.00 Solver

##### Resultados

Longitud de tramo	L	3.40 m	
Altura de salto	h	1.00 m	< 2.4 m Correcto




## 2.6 CAÑO 400

El caño de 400 mm de diámetro en la parte superior del depósito de sobrantes recoge la cuenca CT3 con un caudal de  $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$  y tiene una pendiente del 7,2%. Al ser de PVC, se le ha asignado una rugosidad de 0,015. No da problemas:

Lugar:	Akan	Proyecto:	
Tramo:	Caño 400	Revestimiento:	

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.408 m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	0.4 m
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.072 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.2813 m	Perímetro mojado (p):	0.7958 m
Área hidráulica (A):	0.0944 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.1187 m
Espejo de agua (T):	0.3654 m	Velocidad (v):	4.3199 m/s
Número de Froude (F):	2.7130	Energía específica (E):	1.2325 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		


## 2.7 CAÑO 800

El caño de 800 mm de diámetro bajo el camino de acceso junto a la puerta de entrada recoge las cuencas CT4, CT4s, CT3, C10, C10s, CD11, CD12, CD13, CD14, CD15, CD16, CD17, CD18, CD19 y CT5 con un caudal total de  $2,84 \text{ m}^3/\text{s}$  y tiene una pendiente del 20,23%. Al ser una tubería de hormigón se le ha asignado una rugosidad de 0,015. No da problemas, tal y como se puede comprobar en el siguiente cálculo, si bien la velocidad es bastante elevada:

Lugar:	Akan	Proyecto:	
Tramo:	Caño 800	Revestimiento:	

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	2.84 m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	0.8 m
Rugosidad (n):	0.015
Pendiente (S):	0.2023 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.4239 m	Perímetro mojado (p):	1.3044 m
Área hidráulica (A):	0.2704 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.2073 m
Espejo de agua (T):	0.7986 m	Velocidad (v):	10.5029 m/s
Número de Froude (F):	5.7627	Energía específica (E):	6.0462 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

### 3 CONCLUSIÓN

Las obras de denaje ejecutadas se dan por buenas para 500 años de periodo de retorno y a continuación se adjunta el anejo del proyecto primitivo que sigue siendo válido en el resto de las partes (hidrología, cálculo de caudales, dren de fondo, etc.).

<b>caminos</b> PAÍS VASCO	Expediente	Fecha
	2023/02080/02	12/06/2023
<b>VISADO</b>		



## ANEJO DEL PROYECTO PRIMITIVO

 <p><b>caminos</b> PAÍS VASCO</p>		Fecha	
Expediente		12/06/2023	
2023/02080/02		<b>VISADO</b>	

ANEJO Nº 4. DRENAJE

Proyecto Técnico de Relleno para material de excavación del tramo Urnieta-Hernani de la NRFPV en la vaguada de Akan (Hernani-Gipuzkoa)



INDICE

1. INTRODUCCIÓN ..... 1

1.1. Objeto ..... 1

2. HIDROLOGÍA..... 2

2.1. Información pluviométrica ..... 2

2.2. Delimitación y características físicas de las cuencas..... 3

2.3. Cálculo de los caudales máximos ..... 5

2.3.1. Introducción .....5

2.3.2. Cálculo de las pequeñas cuencas mediante el método de la Instrucción 5.2.-I.C. modificado.....5

2.3.3. Cálculo de las cuencas mediante el ábaco de la Confederación Hidrográfica del Norte III..... 15

2.3.4. Caudales de cálculo ..... 16

3. DRENAJE SUPERFICIAL ..... 17

4. DRENAJE DE FONDO..... 26

5. Balsa de decantación ..... 28

APÉNDICES

APÉNDICE 1. CRITERIOS DE APLICACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS DEL GOBIERNO VASCO

APÉNDICE 2. AJUSTES DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS

APÉNDICE 3. MAPA PARA EL CÁLCULO DE LAS MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR

APÉNDICE 4. PLANO DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

APÉNDICE 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CÁLCULOS MECÁNICOS DEL DREN DE FONDO



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Objeto

El objeto del presente anejo es la descripción y la justificación de las soluciones adoptadas para la recogida y evacuación de las aguas interceptadas por el depósito de sobrantes de Akan, así como la justificación de los estudios hidrológicos realizados, atendiendo a las recomendaciones que proporciona el ADIF al respecto y los criterios de la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco.

El presente apartado se complementa con el Capítulo “Drenaje” del Documento Nº 2 “Planos”.



## 2. HIDROLOGÍA

En el presente apartado se determinan los caudales correspondientes a cada una de las cuencas interceptadas por el depósito de sobrantes.

La determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para los distintos periodos de retorno considerados se ha realizado mediante los siguientes procedimientos:

- Utilizando la aplicación MAXPLU, del Ministerio de Fomento (actualización del "Mapa para el cálculo de máximas precipitaciones diarias en la España Peninsular").
- Mediante el ajuste de la distribución SQRT-ET max, por el método de máxima verosimilitud, a la serie de precipitaciones de las estaciones meteorológicas seleccionadas conforme a criterios de proximidad a la traza en longitud, latitud y disposición de una amplia serie de registros. Las estaciones pluviométricas consideradas son: 1-018. Rentería-Villa, 1-024E. San Sebastián "Igueldo", 1-032. Villabona "Granja Fraisoro" y 1-035. Lasarte Michelín.
- Mediante el ajuste de la distribución Gumbel a la serie de precipitaciones de las estaciones meteorológicas seleccionadas.

El cálculo de caudales de proyecto para cada periodo de retorno se ha realizado de dos formas:

- Mediante el método racional modificado recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2.-I.C. "Drenaje superficial".
- Haciendo uso del ábaco contenido en el Plan Hidrológico Norte III, según los criterios de la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco.

Para el establecimiento del umbral de escorrentía se ha partido de la tabla de la citada Instrucción de Carreteras, considerado el tipo de suelo, uso de suelo y condiciones hidrológicas que proporciona la Diputación Foral de Gipuzkoa.

### 2.1. Información pluviométrica

El estudio y análisis de los registros existentes sobre precipitaciones permite establecer funciones de distribución que estimen, para un periodo de retorno determinado, el valor de las precipitaciones máximas correspondientes.

Las estaciones pluviométricas que se han tenido en cuenta para la recopilación de la información necesaria son las estaciones que la Agencia Estatal de Meteorología dispone en el entorno del área de estudio, cuyas series de registros tengan más de 30 años, según marca la IGP-2.1. Estas

son: 1-018. Rentería-Villa, 1-024E. San Sebastián "Igueldo", 1-032. Villabona "Granja Fraisoro" y 1-035. Lasarte Michelín.

CÓDIGO AEMET		COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
		LONGITUD	LATITUD
1-018	RENTERIA - VILLA	01-53-57 W	43-18-45
1-024 E	SAN SEBASTIÁN "IGUELDO"	02-02-22 W	43-18-24
1-032	VILLABONA "GRANJA FRAISORO"	02-04-11 W	43-11-13
1-035	LASARTE MICHELIN	02-01-16 W	43-16-27

Siguiendo las recomendaciones de la IGP-2.1, se han determinado las precipitaciones máximas diarias de tres maneras: mediante la publicación de "Máximas lluvias diarias en la España peninsular" (aplicación informática MAXPLU) del Ministerio de Fomento y mediante el estudio de las estaciones pluviométricas próximas al trazado, utilizando para el ajuste, por un lado, el método estadístico de ajustes S.Q.R.T. de máxima verosimilitud y por otro, el ajuste de la distribución Gumbel.

A partir de los valores medios de la máxima precipitación diaria anual y los coeficientes de variación de las series de precipitaciones máximas diarias regionalizadas, la aplicación MAXPLU permite obtener las estimas de la precipitación diaria correspondiente a diferentes periodos de retorno para unos puntos determinados cuyas coordenadas se conocen. En este caso, se introducen las coordenadas del centro de gravedad del depósito de sobrantes analizado, obteniendo directamente las precipitaciones máximas diarias para cada periodo de retorno estudiado.

En el apéndice 3 se adjunta el mapa para el cálculo de las máximas precipitaciones diarias en la España peninsular.

Para observar de forma rápida la bondad de los ajustes realizados mediante el método de S.Q.R.T. y el método de Gumbel se han realizado gráficos contrastando los valores de los ajuste con los registrados. Todos los resultados obtenidos se adjuntan en forma de tablas y de gráficos en el apéndice 2 del presente anejo.

Para la asignación de precipitaciones a las cuencas se han determinado los polígonos de Thiessen para las cuatro estaciones meteorológicas consideradas. Se comprueba que a través de dicho método las precipitaciones a considerar se corresponden con los valores de la estación 1-035. Lasarte Michelín.

Los valores del ajuste de Gumbel se han obtenido con la aplicación informática Hidrobas v 3.0 del Instituto Geológico y Minero de España.

Para los métodos mencionados, se ha calculado la precipitación máxima diaria para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 300 y 500 años.

Seguidamente se presentan los valores de precipitación máxima diaria obtenida mediante las distribuciones utilizadas y mediante la aplicación MAXPLU de la Dirección General de Carreteras. Para la determinación de estos valores se han introducido las coordenadas de cada estación en la aplicación informática asociada.

Periodo (años)	ESTACIÓN 1-032		MAXPLU
	S.Q.R.T.	GUMBEL	
2	78	79	73
5	103	109	97
10	121	129	116
25	146	154	141
50	165	173	162
100	186	191	182
300	221	223	218
500	238	234	235

Los resultados obtenidos para los tres métodos descritos son relativamente análogos. No obstante, haciendo uso de un criterio conservador, se utilizarán los datos obtenidos mediante el ajuste SQRT-ET max y el ajuste Gumbel de la estación 1-035. Lasarte Michelin para la determinación de los caudales.

A continuación se presentan las máximas precipitaciones diarias que se han adoptado para el cálculo de caudales:

Periodo (años)	Pd (mm)
2	79
5	109
10	129
25	154
50	173
100	191
300	223
500	238

## 2.2. Delimitación y características físicas de las cuencas

El objeto del presente apartado es definir los parámetros físicos representativos de cada una de las cuencas afectadas por el depósito de sobrantes. Estos parámetros físicos, junto con los datos de precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno, servirán de base para el cálculo de los caudales de diseño en cada una de ellas.

El resultado ha sido la obtención de 5 cuencas en el terreno natural y 19 cuencas internas del propio depósito. Asimismo, se incluyen dos subcuencas, la CT.4-S y la CD.10-S, incluidas a su vez dentro de las cuencas CT.4 y CD.10 respectivamente, que serán utilizadas para el cálculo de algunos elementos de la red de drenaje.

Para cada una de las cuencas se ha calculado su superficie, el P.K. del punto más bajo de la cuenca, la cota del punto más alto, la longitud del cauce principal, la pendiente media del cauce principal y el tiempo de concentración. Este último parámetro se ha evaluado siguiendo la metodología de la Instrucción de Carreteras 5.2-1.C.

La delimitación de las cuencas se adjunta en el apéndice nº 4 del presente anejo.

A continuación se incluyen una tabla en la que se resumen los parámetros característicos de las cuencas hidrológicas interceptadas por la traza considerada en el presente estudio.

Cuenca	Superficie (m <sup>2</sup> )	Z min (m)	Z máx (m)	L (m) cauce principal	Pendiente (%)	Pendiente (m/m)	Tc (h)
CT.1	15,827	45	118	277	26,35	0,26	0,15
CT.2	8,940	94	118	161	14,91	0,15	0,11
CT.3	6,353	92	115	121	19,01	0,19	0,08
CT.4	9,735	89	112	128	17,97	0,18	0,09
CT.4-S	1,418	91	111	81	24,69	0,25	0,08
CT.5	11,031	45	107	274	22,63	0,23	0,15
CD.1	109	46,7	52,5	14,5	40,00	0,40	0,08
CD.2	193	52,4	62,4	25	40,00	0,40	0,08
CD.3	189	52,4	62,2	25	39,20	0,39	0,08
CD.4	581	62,3	72,2	24,8	39,92	0,40	0,08
CD.5	238	62,3	71,5	25	36,80	0,37	0,08
CD.6	1.059	72,1	82,1	25	40,00	0,40	0,08
CD.7	192	70,8	80,8	25	40,00	0,40	0,08
CD.8	1.502	0,0015	82	91,5	25	38,00	0,38
CD.9	443	0,0004	80,3	93,6	33,6	39,58	0,40
CD.10	13,828	0,0138	89	95	125,5	4,78	0,05
CD.10-S	1,000	90,3	93,3	60	5,00	0,05	0,08
CD.11	1,146	0,0011	82	91,5	25	38,00	0,38
CD.12	182	80,7	89,5	22,8	38,60	0,39	0,08
CD.13	827	72,1	82,1	25	40,00	0,40	0,08
CD.14	211	71	81	25,2	39,68	0,40	0,08
CD.15	508	62,3	72,2	25	39,60	0,40	0,08
CD.16	159	61,8	71,8	25	40,00	0,40	0,08
CD.17	248	52,4	62,4	25	40,00	0,40	0,08
CD.18	161	52,4	62	25	38,40	0,38	0,08
CD.19	105	46,7	52,5	14,5	40,00	0,40	0,08

2.3. Cálculo de los caudales máximos

2.3.1. Introducción

Para la determinación de los caudales de proyecto para cada periodo de retorno se han seguido, en primer lugar, las recomendaciones de la IGP.2.1, la cual marca la utilización del método hidrometeorológico recogido en la Instrucción de Carreteras 5.2.-I.C. "Drenaje superficial", modificada por su autor (J.R. Témez) en una comunicación al XXIV Congreso de la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (Madrid 1991) y reproducida en lengua castellana en el nº 82 de la revista de Ingeniería Civil".

Este método es apropiado para cuencas pequeñas, cuyo tiempo de concentración no exceda de 24 horas.

En todas las cuencas del presente proyecto es de aplicación método racional mejorado por Témez.

Además, siguiendo los criterios recomendados por la Dirección de Aguas del Gobierno Vasco, se han obtenido los caudales para cada cuenca de estudio según el método establecido en el Plan Hidrológico Norte III.

Finalmente, el método que se ha escogido para el cálculo de los caudales es el que resulte más desfavorable en cada caso entre el método racional mejorado por Témez y el que propone el Plan Hidrológico Norte III.

2.3.2. Cálculo de las pequeñas cuencas mediante el método de la Instrucción 5.2.-I.C. modificado

En el método racional mejorado por Témez, el caudal se rige por la fórmula siguiente:

Q = K · (C · I · A) / 3,6

donde: Q es el caudal en m³/s

- K es el denominado coeficiente de uniformidad, función del tiempo de concentración
- C es el coeficiente de escorrentía
- A es el área de la cuenca en Km²

I es la intensidad de un aguacero de duración igual al tiempo de concentración, en mm/h

Para poder obtener los factores necesarios para introducirlos en esta fórmula, se siguieron los pasos que se indican a continuación:

Precipitación máxima diaria corregida

La precipitación máxima diaria obtenida según lo descrito en el apartado 6.2, se corrigió multiplicándola por un factor de corrección, que es función del área de la cuenca, de tal modo que si su superficie es inferior a 1 Km², dicho factor vale 1, y, si es superior a 1 Km², la precipitación máxima diaria se corrige como sigue:

Pd\* = Pd · (1 - (log A) / 15)

- donde: Pd\*: precipitación máxima diaria corregida, en mm
- Pd: precipitación máxima diaria, en mm
- log A: logaritmo decimal de la superficie de la cuenca en Km²

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calcula según la fórmula de Témez, que se indica a continuación:

Tc = 0,3 · (L / J^0,76)^(1/4)

- donde: Tc: tiempo de concentración, en horas
- L: longitud máxima de vaguada, en Km
- J: pendiente media de la vaguada, en m/m

Umbral de escorrentía

Para la estimación del umbral de escorrentía en cada una de las cuencas analizadas, se ha partido de la Tabla 2.1 de la Instrucción de Drenaje, que supone la adaptación de método del número de curva del Soil Conservation Service efectuada por J.R. Témez en 1987:

USO DEL SUELO	PENDIENTE (%)	CONDICIONES HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Barbecho	≥3	Según máx. pendiente	15	8	6	4
		Según curvas de nivel	17	11	8	6
	<3	Mixto	20	14	11	8
Cultivos en hilera	≥3	Según máx. pendiente	23	13	8	6
		Según curvas de nivel	25	16	11	8
	<3	Mixto	28	19	14	11
Cereales de invierno	≥3	Según máx. pendiente	29	17	10	8
		Según curvas de nivel	32	19	12	10
	<3	Mixto	34	21	14	12
Rotación de cultivos pobres	≥3	Según máx. pendiente	26	15	9	6
		Según curvas de nivel	28	17	11	8
	<3	Mixto	30	19	13	8
Rotación de cultivos densos	≥3	Según máx. pendiente	37	20	12	9
		Según curvas de nivel	42	23	14	11
	<3	Mixto	47	25	16	13
Praderas	≥3	Pobre	24	14	8	6
		Media	53	23	14	9
		Buena	-	33	18	13
	<3	Muy buena	-	41	22	15
		Pobre	58	25	12	7
		Media	-	35	17	10
		Buena	-	-	22	14
Plantaciones regulares aprovechamiento forestal	≥3	Muy buena	-	-	25	16
		Pobre	62	26	15	10
		Media	-	34	19	14
	<3	Buena	-	42	22	15
		Pobre	-	34	19	14
		Media	-	42	22	15
		Buena	-	50	25	16

USO DEL SUELO	PENDIENTE (%)	CONDICIONES HIDROLÓGICAS	GRUPO DE SUELO			
			A	B	C	D
Masas forestales (bosques, monte bajo, etc.)	-	Muy clara	40	17	8	5
		Clara	60	24	14	10
		Media	-	34	22	16
		Espesa	-	47	31	23
		Muy espesa	-	65	43	33
Rocas permeables	≥3	-	3			
	<3	-	5			
Áreas impermeables	≥3	-	2			
	<3	-	4			
Firmes granulares sin pavimento -	-	-	2			
Adoquinado	-	-	1,5			
Pavimento bituminosos o de hormigón	-	-	1			

Los factores que intervienen en la definición del umbral de escorrentía son, por tanto:

- Usos del suelo (barbecho, cereal, forestal, etc.)
- Pendiente (mayor igual al 3%, o menores del 3%)
- Condiciones hidrológicas
- Tipo de suelo (según su capacidad de infiltración A, B, C o D)

La distribución espacial de dichos factores, para el caso de las cuencas de terreno natural, se ha obtenido de la siguiente forma:

- a) Tipo de suelo: Se ha adoptado la distribución proporcionada por la Diputación Foral de Gipuzkoa, actualizada en el año 2008, que también incluye la situación de las zonas urbanizadas y las masas de agua continentales:



- b) Uso de suelo y condiciones hidrológicas: Se ha empleado la clasificación de cobertura vegetal proporcionada por la Diputación Foral de Gipuzkoa efectuando una equivalencia con las tipologías definidas por la Instrucción de Drenaje de la forma:

Denominación DFG	Equivalencia 5.2-IC
Bosque denso	Masa forestal espesa
Bosque claro	Masa forestal clara
Plantación forestal	Plantación regulares de aprovechamiento forestal medio
Matorral denso	Masa forestal media
Matorral mixto	Masa forestal muy clara
Praderas y pastos	Pradera buena
Pastos y cultivos	Rotación de cultivos densos
Veg. de acantilados y marismas	Pradera pobre
Veg. marginal y urbano	Barbecho



En el Apéndice nº 7 se presentan a una escala mayor (1:5.000) el plano de distribución de usos del suelo con la inclusión del trazado en estudio.

- c) Pendiente: El mapa de pendientes se ha derivado de un MDT confeccionado a partir de la cartografía oficial a escala 1:5.000 (celdas de 5 x 5 m) mediante el módulo de análisis espacial de ArcGIS. Posteriormente, se ha realizado una redasificación en zonas con pendiente mayor o menor del 3%.





Una vez disponibles los rasters que definen la distribución espacial de los factores anteriores, la obtención automática del número de curva ha seguido el método de los números primos establecido por Francés (1994) y Ferré et al. (1995), y que implica la asignación de un determinado número primo a cada característica según la siguiente tabla:

CARACTERÍSTICA	Nº PRIMO
Pendiente <3%	1
Pendiente ≥3%	2
Litología A	3
Litología B	5
Litología C	7
Litología D	11
Barbecho R	13
Cultivos en hilera R	17
Cereales de invierno R	19
Rotación de cultivos pobres R	23
Rotación de cultivos densos R	29
Pradera pobre	31
Pradera media	37
Pradera buena	41
Pradera muy buena	43
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal pobre	47
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal medio	53
Plantaciones regulares de aprovechamiento forestal bueno	59
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy clara	61
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) clara	67

CARACTERÍSTICA	Nº PRIMO
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) media	71
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) espesa	73
Masa forestal (bosques, monte bajo, ...) muy espesa	79
Rocas permeables	83
Áreas impermeables	89

De esta forma, el producto de los números primos correspondientes a la pendiente, la litología y el uso de suelo es único, y puede asociarse a un determinado umbral de escorrentía. A las zonas urbanas se ha asignado directamente un umbral de 1, lo que supone la existencia de una superficie prácticamente impermeable.

Se incluye a continuación la asignación de valores de umbral de escorrentía para los distintos números primos asociados.

Producto núm. Pr.	P <sub>0</sub>	Producto núm. Pr.	P <sub>0</sub>	Producto núm. Pr.	P <sub>0</sub>	Producto núm. Pr.	P <sub>0</sub>
534	2	253	10	781	16	69	30
890	2	266	10	1562	16	114	30
1246	2	407	10	190	17	318	30
1958	2	737	10	259	17	511	31
498	3	1034	10	305	17	1022	31
830	3	1474	10	610	17	235	34
1162	3	91	11	574	18	355	34
1826	3	187	11	85	19	410	34
267	4	209	12	115	19	530	34
286	4	217	12	329	19	710	34
445	4	406	12	742	19	869	34
623	4	161	13	39	21	1738	34
979	4	170	13	290	21	57	35
249	5	319	13	95	22	185	35
415	5	902	13	102	23	174	37
581	5	65	14	287	23	183	40
671	5	119	14	370	23	366	40
913	5	133	14	371	23	430	42
1342	5	310	14	497	23	265	43
182	6	451	14	602	23	553	43
374	6	469	14	803	23	590	43
506	6	517	14	826	23	1106	43
682	6	518	14	994	23	87	47
341	7	938	14	1606	23	365	47
130	8	1166	14	186	24	730	47
143	8	78	15	335	24	295	50
238	8	230	15	670	24	222	53
418	8	583	15	145	25	205	55
427	8	658	15	155	25	93	60
434	8	946	15	301	25	201	60
854	8	1298	15	413	25	402	60



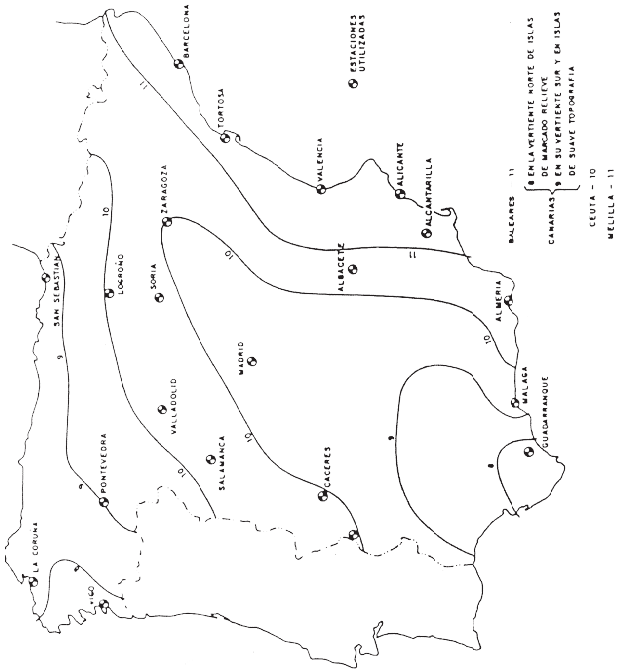
donde: C: coeficiente de escorrentía  
Pd\*: precipitación máxima diaria corregida, en mm  
Po: umbral de escorrentía, en mm

**Intensidad de lluvia para un aguacero de duración igual al tiempo de concentración**

La intensidad de lluvia para un aguacero de una duración determinada se calcula según la fórmula que se indica a continuación:

$$I = I_d \cdot \left( \frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0.1} - 0.1}{28^{0.1} - 1}}$$

donde: I: intensidad de lluvia, en mm/h  
Id: intensidad de lluvia diaria (Pd\*/24), en mm/h  
I1/Id: relación entre las intensidades de lluvia horaria y diaria, cuyo valor para la zona de estudio es igual a 9.  
t: duración del aguacero, en horas



Cuenca	Po (mm)
CT.1	15,75
CT.2	17,1
CT.3	17,85
CT.4	17,85
CT.5	16,95
CD.1	13,5
CD.2	13,5
CD.3	13,5
CD.4	13,5
CD.5	13,5
CD.6	13,5
CD.7	13,5
CD.8	13,5
CD.9	13,5
CD.10	13,5
CD.11	13,5
CD.12	13,5
CD.13	13,5
CD.14	13,5
CD.15	13,5
CD.16	13,5
CD.17	13,5
CD.18	13,5
CD.19	13,5

**Coefficiente de escorrentía**

Una vez que se conoce el umbral de escorrentía y la precipitación máxima diaria corregida, el cálculo del coeficiente de escorrentía es inmediato, con la fórmula siguiente:

$$C = \frac{\left( \frac{P_d^*}{P_o} - 1 \right) \cdot \left( \frac{P_d^*}{P_o} + 23 \right)}{\left( \frac{P_d^*}{P_o} + 11 \right)^2}$$

Aplicando esta fórmula para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración de la cuenca, se obtiene la intensidad de cálculo para cada cuenca y para cada período de retorno.

**Coficiente de Uniformidad**

La expresión utilizada para determinar el valor del coeficiente de uniformidad es función del tiempo de concentración de la cuenca:

$$K = 1 + \frac{T_c^{1,25}}{T_c^{1,25} + 14}$$

donde: K: coeficiente de uniformidad

T<sub>c</sub>: tiempo de concentración, en horas

Todos estos datos se introdujeron en la fórmula expuesta al inicio del presente apartado, obteniendo de esta manera el caudal para cada cuenca delimitada y período de retorno. Los resultados se presentan a continuación.

CUENCA	Superficie (m <sup>2</sup> )	Umbral de escorrentía P <sub>0</sub> (mm)	Tiempo de concentración T <sub>c</sub> (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T = 2 años						T = 5 años						T = 10 años					
						P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	I <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	I <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	I <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)
CT.1	0.0158	15,75	0,15	1,00	1,006	78	78	3,25	0,434	77,43	0,149	109	109	4,54	0,552	108,20	0,264	129	129	5,38	0,609	128,06	0,345
CT.2	0.0089	17,10	0,11	1,00	1,004	78	78	3,25	0,405	88,82	0,090	109	109	4,54	0,523	124,12	0,162	129	129	5,38	0,581	146,90	0,213
CT.3	0.0064	17,85	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,390	99,70	0,069	109	109	4,54	0,508	139,32	0,125	129	129	5,38	0,567	164,88	0,165
CT.4	0.0097	17,85	0,09	1,00	1,003	78	78	3,25	0,390	97,41	0,103	109	109	4,54	0,508	136,13	0,188	129	129	5,38	0,567	161,10	0,248
CT.4-S	0.0014	17,85	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,390	101,09	0,016	109	109	4,54	0,508	141,27	0,028	129	129	5,38	0,567	167,19	0,037
CT.5	0.0110	16,95	0,15	1,00	1,007	78	78	3,25	0,408	76,70	0,097	109	109	4,54	0,526	107,18	0,174	129	129	5,38	0,584	126,85	0,229
CD.1	0.0001	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,001	109	109	4,54	0,604	141,27	0,003	129	129	5,38	0,659	167,19	0,003
CD.2	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,005	129	129	5,38	0,659	167,19	0,006
CD.3	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,004	129	129	5,38	0,659	167,19	0,006
CD.4	0.0006	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,008	109	109	4,54	0,604	141,27	0,014	129	129	5,38	0,659	167,19	0,018
CD.5	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,006	129	129	5,38	0,659	167,19	0,007
CD.6	0.0011	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,015	109	109	4,54	0,604	141,27	0,025	129	129	5,38	0,659	167,19	0,033
CD.7	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,005	129	129	5,38	0,659	167,19	0,006
CD.8	0.0015	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,021	109	109	4,54	0,604	141,27	0,036	129	129	5,38	0,659	167,19	0,046
CD.9	0.0004	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,006	109	109	4,54	0,604	141,27	0,011	129	129	5,38	0,659	167,19	0,014
CD.10	0.0138	13,50	0,11	1,00	1,005	78	78	3,25	0,488	87,77	0,165	109	109	4,54	0,604	122,65	0,286	129	129	5,38	0,659	145,16	0,369
CD.10-S	0.0010	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,014	109	109	4,54	0,604	141,27	0,024	129	129	5,38	0,659	167,19	0,031
CD.11	0.0011	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,016	109	109	4,54	0,604	141,27	0,027	129	129	5,38	0,659	167,19	0,035
CD.12	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,004	129	129	5,38	0,659	167,19	0,006
CD.13	0.0008	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,011	109	109	4,54	0,604	141,27	0,020	129	129	5,38	0,659	167,19	0,025
CD.14	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,005	129	129	5,38	0,659	167,19	0,006
CD.15	0.0005	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,007	109	109	4,54	0,604	141,27	0,012	129	129	5,38	0,659	167,19	0,016
CD.16	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,002	109	109	4,54	0,604	141,27	0,004	129	129	5,38	0,659	167,19	0,005
CD.17	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,003	109	109	4,54	0,604	141,27	0,006	129	129	5,38	0,659	167,19	0,008
CD.18	0.0002	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,002	109	109	4,54	0,604	141,27	0,004	129	129	5,38	0,659	167,19	0,005
CD.19	0.0001	13,50	0,08	1,00	1,003	78	78	3,25	0,488	101,09	0,001	109	109	4,54	0,604	141,27	0,002	129	129	5,38	0,659	167,19	0,003

CUENCA	Superficie (m <sup>2</sup> )	Umbral de escorrentía P <sub>0</sub> (mm)	Tiempo de concentración T <sub>c</sub> (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 25 años						T= 50 años						T= 100 años					
						P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	L <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	L <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d</sub> ' (mm)	L <sub>d</sub> ' (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)
CT.1	0,0158	15,75	0,15	1,00	1,006	154	154	6,42	0,666	152,87	0,451	173	173	7,21	0,702	171,73	0,533	191	191	7,96	0,731	189,60	0,613
CT.2	0,0089	17,10	0,11	1,00	1,004	154	154	6,42	0,640	175,37	0,280	173	173	7,21	0,677	197,00	0,333	191	191	7,96	0,707	217,50	0,384
CT.3	0,0064	17,85	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,626	196,84	0,218	173	173	7,21	0,664	221,12	0,260	191	191	7,96	0,694	244,13	0,300
CT.4	0,0097	17,85	0,09	1,00	1,003	154	154	6,42	0,626	192,33	0,327	173	173	7,21	0,664	216,05	0,389	191	191	7,96	0,694	238,53	0,449
CT.4-S	0,0014	17,85	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,626	199,59	0,049	173	173	7,21	0,664	224,22	0,059	191	191	7,96	0,694	247,54	0,068
CT.5	0,0110	16,95	0,15	1,00	1,007	154	154	6,42	0,643	151,43	0,300	173	173	7,21	0,680	170,11	0,357	191	191	7,96	0,710	187,81	0,411
CD.1	0,0001	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,004	173	173	7,21	0,746	224,22	0,005	191	191	7,96	0,772	247,54	0,006
CD.2	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,008	173	173	7,21	0,746	224,22	0,009	191	191	7,96	0,772	247,54	0,010
CD.3	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,007	173	173	7,21	0,746	224,22	0,009	191	191	7,96	0,772	247,54	0,010
CD.4	0,0006	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,023	173	173	7,21	0,746	224,22	0,027	191	191	7,96	0,772	247,54	0,031
CD.5	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,009	173	173	7,21	0,746	224,22	0,011	191	191	7,96	0,772	247,54	0,013
CD.6	0,0011	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,042	173	173	7,21	0,746	224,22	0,049	191	191	7,96	0,772	247,54	0,056
CD.7	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,008	173	173	7,21	0,746	224,22	0,009	191	191	7,96	0,772	247,54	0,010
CD.8	0,0015	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,060	173	173	7,21	0,746	224,22	0,070	191	191	7,96	0,772	247,54	0,080
CD.9	0,0004	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,018	173	173	7,21	0,746	224,22	0,021	191	191	7,96	0,772	247,54	0,024
CD.10	0,0138	13,50	0,11	1,00	1,005	154	154	6,42	0,713	173,29	0,477	173	173	7,21	0,746	194,67	0,560	191	191	7,96	0,772	214,93	0,640
CD.10-S	0,0010	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,040	173	173	7,21	0,746	224,22	0,047	191	191	7,96	0,772	247,54	0,053
CD.11	0,0011	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,045	173	173	7,21	0,746	224,22	0,053	191	191	7,96	0,772	247,54	0,061
CD.12	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,007	173	173	7,21	0,746	224,22	0,008	191	191	7,96	0,772	247,54	0,010
CD.13	0,0008	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,033	173	173	7,21	0,746	224,22	0,039	191	191	7,96	0,772	247,54	0,044
CD.14	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,008	173	173	7,21	0,746	224,22	0,010	191	191	7,96	0,772	247,54	0,011
CD.15	0,0005	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,020	173	173	7,21	0,746	224,22	0,024	191	191	7,96	0,772	247,54	0,027
CD.16	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,006	173	173	7,21	0,746	224,22	0,007	191	191	7,96	0,772	247,54	0,008
CD.17	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,010	173	173	7,21	0,746	224,22	0,012	191	191	7,96	0,772	247,54	0,013
CD.18	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,006	173	173	7,21	0,746	224,22	0,008	191	191	7,96	0,772	247,54	0,009
CD.19	0,0001	13,50	0,08	1,00	1,003	154	154	6,42	0,713	199,59	0,004	173	173	7,21	0,746	224,22	0,005	191	191	7,96	0,772	247,54	0,006



CUENCA	Superficie (m <sup>2</sup> )	Umbral de escorrentía P <sub>0</sub> (mm)	Tiempo de concentración T <sub>c</sub> (h)	Coeficiente de reducción por área	Coeficiente de uniformidad	T= 300 años						T= 500 años					
						P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d'</sub> (mm)	I <sub>d'</sub> (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>d</sub> (mm)	P <sub>d'</sub> (mm)	I <sub>d'</sub> (mm/h)	C	I <sub>tc</sub> (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /s)
CT.1	0,0158	15,75	0,15	1,00	1,006	223	223	9,29	0,772	221,37	0,757	238	238	9,92	0,789	236,26	0,825
CT.2	0,0089	17,10	0,11	1,00	1,004	223	223	9,29	0,751	253,94	0,476	238	238	9,92	0,768	271,02	0,519
CT.3	0,0064	17,85	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,739	285,03	0,373	238	238	9,92	0,757	304,20	0,408
CT.4	0,0097	17,85	0,09	1,00	1,003	223	223	9,29	0,739	278,50	0,558	238	238	9,92	0,757	297,23	0,610
CT.4-S	0,0014	17,85	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,739	289,02	0,084	238	238	9,92	0,757	308,46	0,092
CT.5	0,0110	16,95	0,15	1,00	1,007	223	223	9,29	0,753	219,28	0,509	238	238	9,92	0,770	234,03	0,556
CD.1	0,0001	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,007	238	238	9,92	0,824	308,46	0,008
CD.2	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,013	238	238	9,92	0,824	308,46	0,014
CD.3	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,012	238	238	9,92	0,824	308,46	0,013
CD.4	0,0006	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,038	238	238	9,92	0,824	308,46	0,041
CD.5	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,016	238	238	9,92	0,824	308,46	0,017
CD.6	0,0011	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,069	238	238	9,92	0,824	308,46	0,075
CD.7	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,013	238	238	9,92	0,824	308,46	0,014
CD.8	0,0015	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,098	238	238	9,92	0,824	308,46	0,106
CD.9	0,0004	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,029	238	238	9,92	0,824	308,46	0,031
CD.10	0,0138	13,50	0,11	1,00	1,005	223	223	9,29	0,810	250,94	0,784	238	238	9,92	0,824	267,81	0,852
CD.10-S	0,0010	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,065	238	238	9,92	0,824	308,46	0,071
CD.11	0,0011	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,075	238	238	9,92	0,824	308,46	0,081
CD.12	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,012	238	238	9,92	0,824	308,46	0,013
CD.13	0,0008	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,054	238	238	9,92	0,824	308,46	0,059
CD.14	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,014	238	238	9,92	0,824	308,46	0,015
CD.15	0,0005	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,033	238	238	9,92	0,824	308,46	0,036
CD.16	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,010	238	238	9,92	0,824	308,46	0,011
CD.17	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,016	238	238	9,92	0,824	308,46	0,018
CD.18	0,0002	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,010	238	238	9,92	0,824	308,46	0,011
CD.19	0,0001	13,50	0,08	1,00	1,003	223	223	9,29	0,810	289,02	0,007	238	238	9,92	0,824	308,46	0,007



2.3.4. Caudales de cálculo

Para la obtención de los caudales definitivos de cálculo para cada cuenca, se ha escogido, como valor conservador, el mayor entre los correspondientes al método racional mejorado por Témez y al Plan Hidrológico Norte III, que en todos los casos son los correspondientes al método racional.

3. DRENAJE SUPERFICIAL

Se ha proyectado un sistema de cunetas de guarda y bajantes de hormigón, con objeto de captar el agua de escorrentía superficial procedente del terreno que pudiera afectar tanto a la coronación del relleno, como a los taludes perimetrales. El agua así recogida se conduce hasta el cauce natural, aguas abajo de la superficie ocupada por el depósito de sobrantes.

Además, se ha incluido un sistema de cunetas y bajantes perimetrales y de cunetas en bermas, para la recogida del agua de escorrentía que proceda de la superficie del propio depósito, que canalice la misma hasta su llegada a la balsa de decantación.

El cálculo hidráulico para obtener la capacidad de las cunetas se ha realizado aplicando la fórmula de Manning:

Q = \sqrt{\frac{i \cdot S^2 \cdot R^{4/3}}{n^2}}

con:

- Q = Caudal, en m3/s
- i = Pendiente longitudinal del conducto, en mm.
- S = Sección de la corriente de agua, en m2
- RH = Radio hidráulico de la sección
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning. Para cunetas de hormigón se ha tomado n = 0,013.

Puesto que la pendiente de las canales junto al talud frontal del relleno presenta unas pendientes elevadas llegando a superar el 20%, se hace recomendable el uso de bajantes.

Para el dimensionamiento de las bajantes escalonadas proyectadas se ha empleado la formulación propuesta por el US Bureau of Reclamation (U.S.B.R.).

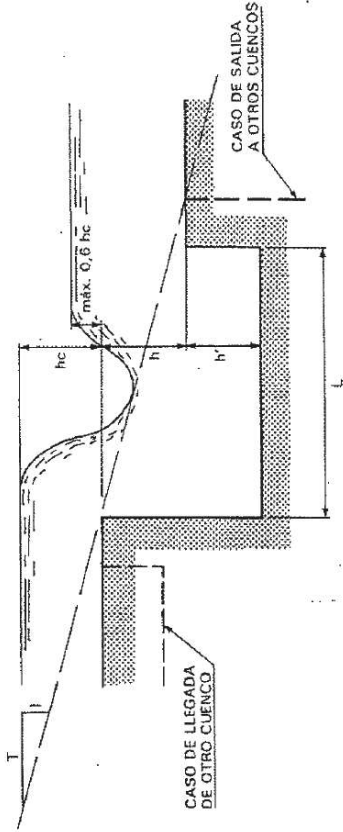
El cálculo hidráulico y geométrico de las bajantes se determina por medio de un proceso iterativo en función de la pendiente del talud, el espesor de las paredes del cuenco (0,30 m.) y el caudal unitario (caudal total entre el ancho de la bajante). La longitud del escalón, en m, viene definida por la siguiente fórmula:

L = 0.85 \cdot \left[ 2.50 + 1.10 \cdot \frac{h\_c}{h} + 0.70 \cdot \left( \frac{h\_c}{h} \right)^3 \right] \cdot \sqrt{h \cdot h\_c}

Donde

- hc = Calado crítico
- h = Altura de salto

Estos parámetros se exponen en la siguiente imagen:



La profundidad crítica, en m, viene determinada por la siguiente expresión:

h\_c = \frac{\left( \frac{Q}{B} \right)^{2/3}}{g^{1/3}}

Siendo B el ancho de la bajante, en m, y g la aceleración de la gravedad, en m2/s.

Para que el chorro quede sumergido en la balsa debe cumplirse:

h \geq 0,4 \cdot h\_c

Por otra parte debe cumplirse la siguiente expresión:

h' = \frac{h\_c}{2}

El cálculo iterativo de la bajante se ve condicionado por caudal a soportar y la pendiente a salvar.

De cara a evitar desbordamientos derivados de alteraciones en la lámina difíciles de prever, será necesario dotar a las paredes de un resguardo. Por este motivo el US Bureau of Reclamation (U.S.B.R.) da una serie de recomendaciones para la altura mínima de resguardo en función del caudal. En cualquier caso esta altura nunca debe ser inferior a 0,4 veces la altura crítica  $h_c$ . Para los caudales manejados en este proyecto ( $< 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) será suficiente con disponer un resguardo de 30 cm a partir de la superficie teórica del agua.

A continuación se describen los tipos de cunetas y bajantes definidas en el depósito de sobrantes de Akan y los caudales de aportación a cada elemento de drenaje considerado. Estas obras han sido calculadas para un caudal de avenida de 500 años de periodo de retorno.

Para la recogida del agua superficial procedente del terreno:

- Cuneta perimetral exterior Norte: Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección trapezoidal con taludes 1H/1V, profundidad revestida de 0,50 m y solera de 0,60 m. El coeficiente de Manning es de 0,035.

- Cuneta perimetral exterior Sur:

- Sección normal: Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección trapecial con taludes 1H/1V, profundidad revestida de 0,70 m y solera de 0,60 m. El coeficiente de Manning es de 0,035.
- Sección inicial reducida: Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección trapecial con taludes 1H/1V, profundidad revestida de 0,55 m y solera de 0,60 m. El coeficiente de Manning es de 0,035.

- Bajante exterior Norte: Bajante en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros  $h = 0,58$  m y  $L = 1,72$  m.

- Bajante exterior Sur: Bajante en escollera de 1,20 m de anchura y con parámetros  $h = 0,75$  m y  $L = 2,43$  m.

Para la recogida del agua superficial procedente del propio depósito:

- Cuneta perimetral interior Sur:

- Sección normal: Cuneta de hormigón sin revestimiento, de sección triangular con taludes 1H/1V y profundidad 0,55 m.
- Sección reducida inicial: Cuneta de hormigón sin revestimiento, de sección triangular con taludes 1H/1V y profundidad 0,20 m.

- Bajante interior Norte: Bajante en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros  $h = 0,58$  m y  $L = 1,71$  m.

-Bajante interior Sur: Bajante en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros  $h = 0,75$  m y  $L = 2,40$  m.

- Cunetas en bermas: Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección triangular con taludes 1H/1V en su lado interior y 3H/1V en su lado opuesto. La profundidad es de 0,24 m y el coeficiente de Manning es de 0,035.

Además será necesaria la colocación de dos tubos pasacunetas y cunetas provisionales al finalizar las bajantes, para derivar el agua bien a la balsa de decantación, en el caso de las bajantes interiores, o bien al punto de vertido, para las exteriores.

A continuación se presentan las características hidráulicas de cada uno de los elementos de recogida de agua dispuestos.

Cuneta perimetral exterior Norte

Cuneta de hormigón revestida mediante enchachado de piedras, de sección trapecial con taludes 1H/1V, profundidad revestida de 0,50 m y solera de 0,60 m. El coeficiente de Manning es de 0,035.

La cuneta está dividida en dos tramos con diferente pendiente longitudinal, de 0,66 ‰ y del 3,63 ‰.

Recoge el agua procedente de las cuencas CT.2 y CT.3, siendo el valor del caudal máximo 0,93 m3/s.

Tramo 1:

Input Data	
Mannings Coefficient	0,035
Channel Slope	0,006600 m/m
Left Side Slope	1,000000 H : V
Right Side Slope	1,000000 H : V
Bottom Width	0,60 m
Discharge	0,52 m³/s

Results	
Depth	0,49 m
Flow Area	0,54 m²
Wetted Perimeter	1,99 m
Top Width	1,58 m
Critical Depth	0,35 m
Critical Slope	0,024786 m/m
Velocity	0,97 m/s
Velocity Head	0,05 m
Specific Energy	0,54 m
Froude Number	0,53
Flow is subcritical.	

Tramo 2:

Input Data	
Mannings Coefficient	0,035
Channel Slope	0,036320 m/m
Left Side Slope	1,000000 H : V
Right Side Slope	1,000000 H : V
Bottom Width	0,60 m
Discharge	0,93 m³/s

Results	
Depth	0,43 m
Flow Area	0,44 m²
Wetted Perimeter	1,81 m
Top Width	1,45 m
Critical Depth	0,48 m
Critical Slope	0,023497 m/m
Velocity	2,12 m/s
Velocity Head	0,23 m
Specific Energy	0,66 m
Froude Number	1,23
Flow is supercritical.	



Cuneta perimetral exterior Sur

Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección trapecial con taludes 1H/1V, profundidad revestida de 0,70 m y solera de 0,60 m. El coeficiente de Manning es de 0,035.

La pendiente longitudinal de la cuneta es del 1,68 %.

Recoge el agua procedente de la cuenca CT.4 y el procedente de la cuneta perimetral exterior Norte, siendo el valor del caudal máximo 1,54 m3/s.

En su tramo inicial, tiene una sección más reducida, debido a la falta de espacio entre el depósito y el camino de acceso, por lo que su sección se ha particularizado para el caudal que tendrá en ese punto, 1,02 m3/s. Para ello se ha considerado la subcuenca CT.4-S, con un caudal de 0,09 m3/s. Así pues, este tramo recibirá agua de la cuneta perimetral exterior Sur y de la citada subcuenca.

Tramo inicial (sección reducida) :

Input Data	
Mannings Coefficient	0.035
Channel Slope	0.016780 m/m
Left Side Slope	1.000000 H : V
Right Side Slope	1.000000 H : V
Bottom Width	0.60 m
Discharge	1.02 m³/s

Results	
Depth	0.55 m
Flow Area	0.63 m²
Wetted Perimeter	2.15 m
Top Width	1.69 m
Critical Depth	0.50 m
Critical Slope	0.023284 m/m
Velocity	1.63 m/s
Velocity Head	0.14 m
Specific Energy	0.68 m
Froude Number	0.86
Flow is subcritical	

Input Data	
Mannings Coefficient	0.035
Channel Slope	0.016800 m/m
Left Side Slope	1.000000 H : V
Right Side Slope	1.000000 H : V
Bottom Width	0.60 m
Discharge	1.54 m³/s

Results	
Depth	0.67 m
Flow Area	0.85 m²
Wetted Perimeter	2.49 m
Top Width	1.94 m
Critical Depth	0.62 m
Critical Slope	0.022409 m/m
Velocity	1.81 m/s
Velocity Head	0.17 m
Specific Energy	0.84 m
Froude Number	0.87
Flow is subcritical	

Cuneta **perimetral interior Sur**

Cuneta de hormigón sin revestimiento, de sección triangular con taludes 1H/1V y profundidad 0,55 m.

La pendiente longitudinal de la cuneta es del 1,68 %.

Recoge el agua procedente de la cuenca CD.10, siendo el valor del caudal máximo 0,85 m3/s.

En su tramo inicial, tiene una sección más reducida, debido a la falta de espacio entre el depósito y el camino de acceso, por lo que su sección se ha particularizado para el caudal que tendrá en ese punto, 0,07 m3/s, proveniente de la subcuenca CD.10-S.

Tramo inicial (sección reducida):

Input Data	
Mannings Coefficient	0.013
Channel Slope	0.016770 m/m
Left Side Slope	1.000000 H : V
Right Side Slope	1.000000 H : V
Discharge	0.07 m³/s

Results	
Depth	0.20 m
Flow Area	0.04 m²
Wetted Perimeter	0.57 m
Top Width	0.41 m
Critical Depth	0.25 m
Critical Slope	0.005243 m/m
Velocity	1.72 m/s
Velocity Head	0.15 m
Specific Energy	0.35 m
Froude Number	1.72
Flow is supercritical.	

Input Data	
Mannings Coefficient	0.013
Channel Slope	0.016800 m/m
Left Side Slope	1.000000 H : V
Right Side Slope	1.000000 H : V
Discharge	0.85 m³/s

Results	
Depth	0.52 m
Flow Area	0.27 m²
Wetted Perimeter	1.46 m
Top Width	1.03 m
Critical Depth	0.68 m
Critical Slope	0.003765 m/m
Velocity	3.21 m/s
Velocity Head	0.52 m
Specific Energy	1.04 m
Froude Number	2.02
Flow is supercritical.	



## Cunetas en bermas

Cuneta de hormigón revestida mediante encachado de piedras, de sección triangular con taludes 1H/1V en su lado interior y 3H/1V en su lado opuesto. La profundidad es de 0,24 m y el coeficiente de Manning es de 0,035.

Todas las cunetas en bermas discurren con una pendiente longitudinal igual a la pendiente de la berma, el 4 % en todos los casos. No obstante, y debido al posible asentamiento, se ha realizado el cálculo para una pendiente del 2 %.

Cada una de ellas recoge el agua procedente de una de las siguientes cuencas: CD.1, CD.2, CD.4, CD.6, CD.8, CD.11, CD.13, CD.15, CD.17 y CD.19. El valor de caudal máximo que llega a soportar es 0,106 m<sup>3</sup>/s.

Input Data	
Manning's Coefficient	0.035
Channel Slope	0.020000 m/m
Left Side Slope	3.000000 H : V
Right Side Slope	1.000000 H : V
Discharge	0.11 m <sup>3</sup> /s

Results	
Depth	0.24 m
Flow Area	0.12 m <sup>2</sup>
Wetted Perimeter	1.11 m
Top Width	0.97 m
Critical Depth	0.22 m
Critical Slope	0.023739 m/m
Velocity	0.90 m/s
Velocity Head	0.04 m
Specific Energy	0.28 m
Froude Number	0.83
Flow is subcritical.	

**Bajante exterior Norte**

Bajante escalonada en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros  $h = 0,58$  m y  $L = 1,72$  m.

Recoge el agua procedente de la cuenca CT.1, siendo el valor del caudal máximo 0,82 m<sup>3</sup>/s.

<b>Datos</b>	
Q diseño	0,8245 m <sup>3</sup> /s
Talud T	4,08
Ancho Bajante	0,8 m
h	0,58 m
Espesor pared	0,3 m

## Cálculos

Calado crítico (hc)	0,48 m
Altura del muro frontal (h')	0,24 m
Velocidad crítica (Vc)	2,16 m/s

L min	1,69 m
L max	1,84 m

L proyectada 1,72 m

**Altura mínima del muro lateral**

Resguardo mínimo	0,3 m
hc	0,48 m
h'	0,24 m
h min muro	1,01 m

Baiente exterior Sur

Bajante escalonada en escollera de 1,20 m de anchura y con parámetros h = 0,75 m y L = 2,43 m.

Recoge el agua procedente de la cuenca CT.5 y el procedente de la cuneta perimetral exterior Norte, siendo el valor del caudal máximo 2,09 m3/s.

Datos	
Q diseño	2,092 m3/s
Talud T	3,44
Ancho Bajante	1,2 m
h	0,75 m
Espesor pared	0,3 m

Cálculos

Calado crítico (hc)	0,68 m
Altura del muro frontal (h')	0,34 m
Velocidad crítica (Vc)	2,58 m/s
L min	2,43 m
L max	2,58 m
L proyectada	2,43 m

Altura mínima del muro lateral

Resguardo mínimo	0,3 m
hc	0,68 m
h'	0,34 m
h min muro	1,31 m

Baiente interior Norte

Bajante escalonada en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros h = 0,58 m y L = 1,71 m.

Recoge el agua procedente de las cuencas CD.9, CD.7, CD.5, CD.3, CD.1 y el procedente de las cunetas de las bermas que desaguan hacia ella. El valor del caudal máximo es de 0,32 m3/s.

Datos	
Q diseño	0,319 m3/s
Talud T	4,08
Ancho Bajante	0,8 m
h	0,58 m
Espesor pared	0,3 m

Cálculos

Calado crítico (hc)	0,25 m
Altura del muro frontal (h')	0,13 m
Velocidad crítica (Vc)	1,58 m/s
L min	0,99 m
L max	1,14 m
L proyectada	1,71 m

Altura mínima del muro lateral

Resguardo mínimo	0,3 m
hc	0,25 m
h'	0,13 m
h min muro	0,68 m

Bajante interior Sur

Bajante escalonada en escollera de 0,80 m de anchura y con parámetros h = 0,75 m y L = 2,40 m.

Recoge el agua procedente de las cuencas CD.12, CD.14, CD.16, CD.18, CD.19 y el procedente de las cunetas de las bermas que desaguan hacia ella. El valor del caudal máximo es de 1,10 m3/s.

Datos	
Q diseño	1,103 m3/s
Talud T	3,44
Ancho Bajante	0,8 m
h	0,75 m
Espesor pared	0,3 m

Cálculos

Calado crítico (hc)	0,58 m
Altura del muro frontal (h')	0,29 m
Velocidad crítica (Vc)	2,38 m/s
L min	2,05 m
L max	2,20 m
L proyectada	2,4 m

Altura mínima del muro lateral

Resguardo mínimo	0,3 m
hc	0,58 m
h'	0,29 m
h min muro	1,17 m

Tubos pasacunetas

Se disponen tubos de hormigón para la canalización del agua en los pasacunetas. Aplicando la formulación de Manning se obtienen los siguientes resultados:

Nomenclatura	Diámetro (mm)	n	Pendiente (%)	Q (m3/s)	H (mm)	V (m/s)
T-1	800	0,013	1,68 %	0,93	420	3,48
T-2	400	0,013	5 %	0,12	140	3,11

Cuneta provisional

Se dispone esta cuneta al finalizar las bajantes, tanto interiores como exteriores, para canalizar el agua, bien a la balsa de decantación o bien al punto de vertido. Se trata de una cuneta de hormigón sin revestimiento, de sección triangular con taludes 1H/1V y profundidad 0,55 m.

El caudal máximo que deberá evacuar es el correspondiente a 2,092 m3/s.

Input Data		
Mannings Coefficient	0,013	
Channel Slope	0,100000	m/m
Left Side Slope	1,000000	H : V
Right Side Slope	1,000000	H : V
Discharge	2,09 m³/s	

Results	
Depth	0,52 m
Flow Area	0,27 m²
Wetted Perimeter	1,46 m
Top Width	1,03 m
Critical Depth	0,98 m
Critical Slope	0,003340 m/m
Velocity	7,83 m/s
Velocity Head	3,13 m
Specific Energy	3,64 m
Froude Number	4,92
Flow is supercritical	

En las cunetas perimetrales se instalarán elementos de escape para pequeños animales vertebrados, cada 25 metros. Éstos consistirán en rampas con taludes 3H:1V.

En el camino de acceso al depósito de sobrantes, se dispondrán cunetas de hormigón sin revestimiento, de sección triangular con taludes 1H/1V y profundidad 0,40 m.

4. DRENAJE DE FONDO

Se define como drenaje profundo al sistema de drenaje que se emplea para captar las aguas en el fondo de la vaguada sobre la que se apoyan los terraplenes del depósito de sobrantes.

Este sistema se construirá siempre una vez contruidos los canales perimetrales, de tal forma que la construcción del mismo se realice sin presencia de aguas superficiales.

El caudal que deberá desaguar será el correspondiente a posibles aguas subterráneas y las aguas infiltradas a través del relleno. En este caso, al no localizarse aguas subterráneas en la zona de implantación del relleno, únicamente se tendrán en cuenta las aguas de infiltración. Las mismas serán estimadas mediante la aplicación de la ley de Darcy y mediante el método racional mejorado por Témez expuesto en el apartado anterior, para la precipitación correspondiente a un periodo de retorno de 500 años. El caudal de cálculo, será el menor resultante entre ambos métodos.

La ley de Darcy se define como se expone a continuación:

Q = A·k·i

Donde,

- A superficie del relleno, en m².
- I gradiente hidráulico, i = 1 m/m
- K permeabilidad de los materiales que constituyen el terreno

Teniendo en cuenta la superficie en la que se ubica el relleno (21.883 m²) y la permeabilidad del terreno (5·10<sup>-10</sup> m/s), el caudal resultante es de 1,094·10<sup>-5</sup> m³/s, sensiblemente menor que el procedente del método racional, por lo que será el caudal que se considerará el caudal de diseño.

Se resuelve el drenaje de fondo mediante la disposición de un dren francés con una tubería ranurada de PVC en su interior, en la parte baja, coincidente con el fondo de la vaguada actual. Se incluyen unos ramales en espina de pez. Estos drenes secundarios se dispondrán con las mismas características que el dren principal.

Los drenes franceses se componen de una zanja de 1,00 m de anchura y 1,00 m de altura, rellena con material granular de tamaño mínimo 40 mm y recubierta con una lámina geotextil para evitar la colmatación del material filtrante. En su interior y en la parte baja, se coloca el tubo drenante ranurado. Esta tubería de PVC tendrá un diámetro nominal de 200 mm y estará recubierta, al igual que el dren francés, por una lámina geotextil. Presenta un ranurado parcial,

con ranuras en un arco de 220º. La superficie filtrante resultante de este ranurado es de 99,7 cm²/ml.

La capacidad hidráulica de tubo, según la formulación de Manning, se presenta en el siguiente cuadro:

Porcentaje de llenado	Altura de agua h (m)	RH	Q (m3/s) i (m/m)				
			0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
10%	0,02	0,007	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003
20%	0,04	0,013	0,006	0,009	0,011	0,012	0,014
30%	0,06	0,019	0,014	0,020	0,024	0,028	0,031
40%	0,08	0,025	0,025	0,035	0,043	0,050	0,056
50%	0,10	0,031	0,038	0,054	0,066	0,076	0,085
60%	0,12	0,036	0,053	0,075	0,092	0,106	0,119
70%	0,14	0,041	0,069	0,097	0,119	0,138	0,154
80%	0,16	0,045	0,084	0,119	0,146	0,169	0,189
90%	0,18	0,048	0,098	0,138	0,169	0,196	0,219
100%	0,20	0,050	0,106	0,150	0,183	0,212	0,237

La velocidad de entrada del agua en la tubería a través de las perforaciones existentes por metro lineal se calcula como sigue:

Q = V · S

Siendo el caudal máximo de 1,094·10<sup>-5</sup> m³/s y la superficie filtrante de 99,7 cm²/ml, la velocidad resultante es de 0,1098 cm/s, que es menor que la máxima recomendada para este tipo de tuberías (3 cm/s).

En cuanto a la puesta en obra del tubo dren, ésta ha de ser tal que las características geotécnicas de los materiales que lo envuelven así como su grado de compactación permitan la generación del "efecto arco" alrededor del tubo, de forma que las cargas correspondientes al peso de los materiales sobre el tubo se transmitan a través del propio material de relleno sin poner en peligro la integridad del tubo.

Todo esto se conseguirá cumpliendo las siguientes condiciones:

- Recubrimiento mínimo del tubo: 0,80 m
- Tamaño del árido: 0,40 m
- Extensión de tongada menor de 0,20 m de espesor
- Densidad de compactación mínima la correspondientes al 90 % del Proctor Normal
- El material de relleno debe de ser seleccionado

Las características de la tubería, así como los cálculos mecánicos realizados para comprobar su resistencia, se incluyen en el apéndice 5 del presente documento.

Para el cálculo de la capacidad de la sección drenante se emplea la formulación de Manning a la superficie de huecos:

$S_{dren} = 1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$   
Índice de huecos= 0,5  
Shuecos = 0,50 m<sup>2</sup>

Para calcular el radio hidráulico de la superficie hueca, se determinará en primer lugar la superficie total de las partículas que forman el dren:

Rmedio = 40 mm  
 $V_{particula} = 4/3 \cdot \pi \cdot 0,04^3 = 2,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$   
 $N^{\circ}particulas = 0,5/2,68 \cdot 10^{-4} = 1.865 \text{ Ud/m}^3$   
 $S_{particula} = 4 \cdot \pi \cdot 0,04^2 = 0,0201 \text{ m}^2$   
Stotal = 1.865·0,0201 = 37,49 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Aplicando estos parámetros a la fórmula de Manning, se obtienen los resultados que se presentan a continuación:

Datos dren francés	
Alto	1,00 m
Ancho	1,00 m
Datos material granular	
Indice de huecos	0,5
Superficie huecos	0,5
Diametro	40 mm
V particula	2,68E-04 m3
N particulas	1.865
Superficie total particulaz	37,5 m2
n	0,035
Pendiente	0,02 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,013
Caudal	0,227 m3/s
Pendiente	0,05 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,013
Caudal	0,359 m3/s
Pendiente	0,10 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,013
Caudal	0,508 m3/s
Pendiente	0,15 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,013
Caudal	0,622 m3/s
Pendiente	0,20 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,008
Caudal	0,525 m3/s
Pendiente	0,25 m/m
Cálculos hidráulicos	
Rh	0,013
Caudal	0,803 m3/s

5. Balsa de decantación

La balsa de decantación se dispone en la base del depósito de sobrantes.

Para un periodo de retorno de 5 años, el caudal máximo que llegará hasta la balsa, según los cálculos hidrológicos expuestos en apartados anteriores es de 0,48 m³/s.

El propósito de las balsas de sedimentación es el de extraer los sedimentos de las aguas, y de esta manera reducirlos hasta niveles tolerables una vez que el agua abandona este elemento hidráulico.

Las balsas de decantación han de tener una capacidad suficiente para cumplir dos funciones:

- Efectividad para fijar un cierto porcentaje de sedimentos en suspensión.
- Capacidad suficiente de almacenamiento para los sedimentos.

La velocidad de caída en la balsa de una partícula de sedimento se puede establecer mediante la ley de Stokes:

Vs = (g / (18 \* μ)) \* (S - 1) \* D²

donde:

- Vs velocidad de caída, en cm/s
- g aceleración de la gravedad = 981 cm/s²
- μ viscosidad cinemática del agua a 5º C = 1,519.10⁻² cm²/s
- S peso específico de la partícula = 2,5 gr/cm³
- D diámetro de la partícula (esférica), en cm

Considerando un diámetro de la partícula de 0,1 mm se obtiene una velocidad de caída de 0,54 cm/s. Todas las partículas de diámetro superior a éste quedarán retenidas en el fondo de la balsa de sedimentación.

Determinada la velocidad de caída y el caudal máximo, el área mínima de la balsa se calcula mediante la expresión:

A = (Q / Vs)

Siendo:

- A = área requerida por la balsa, en m²
- Q = caudal máximo que entra a la balsa, en m³/s
- Vs = velocidad de caída de las partículas, en m/s

Teniendo en cuenta el caudal máximo anteriormente citado, el área mínima que se deberá disponer es de 89 m².

Se adopta una balsa rectangular de sección troncopiramidal, de 1,5 m de profundidad, con paredes de 45º. Así, las dimensiones en planta de la balsa serán de 10m x 9m.

Estará constituida por un vaso estanco excavado en tierras e impermeabilizado con lámina geotextil antipunzamiento y con lámina de polietileno de alta densidad. Se protegerá la lámina de polietileno de alta densidad con una capa de mortero de 5 cm de espesor. En su interior se dispondrá de un mallazo #8 cada 0,20 cm.

Una vez fijada la profundidad de la balsa, puede determinarse el tiempo máximo de permanencia de las aguas en la balsa:

Tp = V/Q

donde:

- Tp tiempo de permanencia de las aguas en la balsa, en segundos.
- V volumen de la balsa, en m³.
- Q caudal que entra a la balsa, en m³/s.

Para una altura de 1,5 metros el tiempo de permanencia resultante es de 4 minutos y 41 segundos.

A la salida de la balsa de decantación, el agua depurada, tras una zona de transición protegida mediante encachado de escollera, será conducida hasta el punto de vertido, previo paso por una arqueta de control que permitirá la toma de muestras del efluente.

En el documento nº 2 "Planos" se incluye el plano de detalle de la misma.

# APÉNDICE 1. CRITERIOS DE APLICACIÓN DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS DEL GOBIERNO VASCO





CRITERIOS DE LA DIRECCIÓN DE AGUAS EN RELACIÓN CON LA PROTECCIÓN DEL SISTEMA HIDROLÓGICO Y DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

A continuación en el apartado 1º se recogen una serie de consideraciones sobre la metodología de los cálculos hidrológicos y en el apartado 2º y 3º se recogen una serie de criterios generales que deberán ser tenidos en cuenta en los proyectos de infraestructuras para la protección de las aguas superficiales y subterráneas. Finalmente en los apartados 4º y 5º se incluyen una serie de medidas correctoras para minimizar las afecciones a las aguas superficiales y subterráneas.

1) CONSIDERACIONES SOBRE LA METODOLOGÍA DE LOS CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

Se deberán calcular los caudales de proyecto y el dimensionado de las obras de drenaje de la plataforma –tanto transversal como longitudinal- de acuerdo con los criterios indicados en el Plan Hidrológico Norte III.

El PHN III presenta un ábaco de caudal específico, que puede ser adoptado para pequeñas obras. Como métodos complementarios al indicado por el GIF puede aplicarse el método racional.

Como métodos recomendados para el dimensionado de estructuras hidráulicas como pueden ser depósitos de retención de aguas de tormenta, dispositivos de filtro, red de colectores de aguas pluviales, canalizaciones de conducción de aguas de escorrentía, el modelo HEC\_HMS.

El Gobierno Vasco ha desarrollado el Plan de Prevención de Inundaciones y en este plan se ha realizado la evaluación de las precipitaciones máximas en 24 horas y el cálculo del período de retorno, utilizando series rellenadas y el método de Gumbel. Para determinar las intensidades medias horarias se han utilizado los datos de los pluviómetros y para obtener los valores máximos de intensidad se ha utilizado el ajuste de Gumbel.

Para la obtención de máximos en duraciones de 24 horas o inferior y diferentes períodos de retorno se han obtenido las curvas I.D.F. características de los pluviogramas de los que se han obtenido y que se asignaron a cada cuenca.

Dado que el G.I.F. en su recomendación IGP-2.1, pide el cálculo de cuencas pequeñas mediante el método de la Instrucción 5.2-IC modificado, se deben completar los cálculos de caudales con la aplicación del PHN III y en su caso el modelo HEC\_HMS, utilizando los más desfavorables para el dimensionado de los elementos de drenaje.

2) CRITERIOS A ADOPTAR EN RELACIÓN CON LAS OBRAS QUE AFECTAN A LOS CURSOS DE AGUAS SUPERFICIALES

2.1) Puentes y tramos de viaductos

Los estribos y las pilas no afectarán a los cauces y, en todo caso, se situarán sobre las vegas de los ríos. En el caso extremo de tener que ubicar una pila en el cauce, se estudiará el efecto de la geometría de la pila sobre la cota de agua en avenidas extraordinarias. En general, se recomienda la solución de viaducto a partir de una superficie de cuenca drenada de más de 0,5 Km².

El período de retorno de diseño de los viaductos y de las obras de drenaje transversal (ODT) será de 500 años.

La sobreelevación máxima de la lámina de agua respecto al estado natural no podrá superar 0,10 m para la avenida de período de retorno de 500 años, tanto para viaductos como para las ODT. En ODT convencionales la obra mínima recomendable, deberá tener unas dimensiones mínimas de 2,00 x 2,25 m (b x h).

Se evitarán aquellos puntos donde confluyan varias regatas con trazado sinuoso ó bien las estructuras vayan muy paralelas al cauce y crucen por encima de éste.

Se deberán estudiar las afecciones que se puedan ocasionar durante la ejecución de las cimentaciones tanto de las pilas como los estribos. En el caso de que se proyecten pilas o estribos sobre terrenos ocupados por vertederos de residuos se deberán estudiar las afecciones a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

2.2.) Obras de fábrica

Las obras de fábrica se deberán dimensionar teniendo en cuenta no sólo aspectos hidráulicos (se deberá realizar comprobación de su funcionamiento ante la avenida de 500 años de período de retorno) sino también los aspectos medioambientales de "paso o servidumbre" que se deban reponer una vez finalizada la obra.

En todo caso, para cada una de las obras de fábrica o cruce proyectado se deberá realizar un Estudio Hidráulico e Hidrológico particularizado justificativo de la capacidad de desagüe de las mismas.

En el diseño de las obras de fábrica se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Todos los cruces se harán de un solo vano suprimiendo, en la medida de los posible, pilas o dobles cajones por una sola estructura o cajón.
- Se deberá estudiar para cada caso la posibilidad de respetar el lecho natural del curso a soterrar, construyendo, "in situ", la bóveda o marco necesario, siempre



que los condicionantes constructivos y estructurales lo permitieran. Asimismo se tratará de diseñar obras de fábrica, tanto en planta como en alzado, de acuerdo con el estado actual de los cauces.

- Las transiciones entre las nuevas obras de fábrica y los cauces naturales se hará de forma suave y sin formación de quiebros.
- Las zapatas de todas las obras de fábrica se dejarán empotradas bajo el lecho del río.
- La parte superior de las obras de fábrica deberá ser lisa y continua.

- A la salida de las obras de drenaje y en la confluencia con los cursos naturales se diseñarán sistemas de amortiguación y de disipación de la energía que no solo controlen la erosión sino que favorezcan la recuperación paisajística de la zona.
- En los cruces de arroyos y regatas se deberá respetar la ribera y una franja de servidumbre necesaria para los pasos de fauna, vigilancia de los ríos, etc...

2.3) Cruces mediante terraplenes

Se minimizarán al máximo la anchura de los cruces mediante terraplenes dado que su cubrimiento supone una modificación drástica de las condiciones originales del cauce así como importantes afectaciones al medio físico y biológico ligado al mismo.

Las obras de fábrica de los arroyos bajo los terraplenes deben ser transitables para la fauna piscícola debiendo por ello limitarse, en la medida de lo posible, su longitud y pendiente y mantener un lecho irregular en el que se mantenga una mínima lámina de agua continua, no inferior a 0,2 m de espesor.

En especial para aquellas obras de fábrica de menor entidad, que resuelven el desagüe de pequeñas regatas o escorrentías, se deberá respetar el terreno natural del curso a soterrar. Se evitarán los escalones, procurando diseños de cauce que mantengan la continuidad del suelo y de la lámina de agua. En las obras de fábrica que salven luces mayores y se resuelven con puentes, se mantendrá el cauce natural en su estado actual.

2.4.) Modificaciones de cauces

Se minimizarán al máximo las modificaciones de cauces dado que ocasionan importantes afectaciones tanto al dominio público hidráulico y al medio físico y biótico ligado al mismo así como a las franjas de protección asociadas.



En el caso de ser necesaria una modificación del cauce se utilizará como defensa de márgenes soluciones de bioingeniería o de ingeniería "blanda" para evitar la pérdida de vegetación de ribera así como el excesivo ensanchamiento y el aumento de la velocidad de erosión en tramos contiguos.

En el caso que debido a la capacidad de erosión del río imposibilite la utilización de este tipo de técnicas se estudiará la utilización de escolleras sin hormigonar con taludes suaves (3H/2V o inferior), con altura hasta la cota de las crecidas ordinarias, mientras que entre esta cota y la de avenidas extraordinarias se dispondrá un talud de tierra donde se plantarán especies autóctonas de ribera.

Entre los huecos la escollera se colocará estaquillas de sauce y/o aliso y en la coronación y ribera del río se realizarán plantaciones con especies autóctonas.

2.5) Rellenos de tierras o "Vertederos de obra"

Para la ubicación de estos rellenos de tierras o "Vertedero de obra" se estudiarán en primer lugar aquellas vaguadas cuya cuenca sea muy pequeña (con preferencia inferior a 0,5 km² y nunca superior a 1 km²) o por donde transcurran cauces temporales o donde no hay escorrentía superficial definida en un cauce. Sin embargo, se tendrá especial cuidado con las afectaciones a las aguas subterráneas, ya que la inexistencia de cursos superficiales puede ser, en ocasiones, debida precisamente a su importante componente de infiltración.

Dentro de la investigación de campo a realizar para la ubicación de los "vertederos de obra" se deberá realizar un estudio de las características geológicas, hidrogeológicas y geotécnicas de los materiales (suelos, rellenos, rocas, etc...) que constituirán el apoyo del vertedero así como un análisis de la estabilidad del relleno propiamente dicho y del conjunto relleno-dimiento.

El arroyo que discurre por el fondo de la vaguada y las propias aguas de escorrentía de la laderas se encauzarán mediante canales perimetrales laterales apoyados sobre el terreno natural que deben ser impermeables respecto al cuerpo del relleno, y que a su vez se asemejarán en la posible al cauce natural garantizando una mínima lámina de agua en toda su longitud y restaurando la vegetación en sus márgenes inmediatos.

Previo al vertido de los materiales se deberán realizar todas las obras de acondicionamiento del vaso del vertedero o relleno de tierras así como las obras de drenaje, es decir, desvío del arroyo que circula por el fondo de la vaguada, drenaje de fondo y recogida de las aguas de escorrentía perimetrales estudiándose, en su caso la necesidad de disponer de alguna de las Medidas de Protección Hidrológica para las aguas drenadas del interior del relleno o vertedero. Dichas medidas se recogen en el apartado 4º.

Dentro de los aspectos constructivos que habrá que analizar detalladamente hay que destacar la óptima y buena comunicación de los "vertederos de obra" con los tajos de



obra excedentarios en material así como la realización de accesos a los mismos evitando al máximo ocasionar afectaciones a vales y caminos vecinales, ríos y arroyos.

3) CRITERIOS A ADOPTAR EN RELACIÓN CON LAS OBRAS QUE AFECTAN A LOS CURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se deberá realizar un análisis detallado de las posibles interferencias en la dinámica de flujos del entorno por el que discurre la traza con independencia de la permeabilidad de las litologías afectadas.

Finalmente hay que señalar que las detracciones de caudales durante las obras para la elaboración de hormigones, limpieza de vehículos, etc... ocasionará afectaciones al dominio público hidráulico tanto a su caudal como a su calidad y, eventualmente, a aprovechamientos existentes aguas abajo.

A continuación se citan algunas cuestiones en relación con las aguas subterráneas que deberán ser tenidas en cuenta en la redacción de las distintas fases del proyecto:

Primera

Los medios permeables por fisuración-karstificación son muy vulnerables a la alteración de la calidad del recurso (emisión de contaminantes durante las obras) debido a la rapidez de circulación y a la escasa capacidad de filtración pudiendo verse afectadas sus áreas de surgencias o tomas y modificaciones en los flujos de aguas subterráneas.

En estos medios permeables se deberá realizar un exhaustivo análisis geológico, hidrogeológico y geotécnico a escala 1/1.000 y 1/500 que incluya:

- a) Un estudio hidrogeológico detallado de las surgencias y de las áreas de recarga y cuencas, de los puntos de agua y manantiales situados en el trazado así como de los flujos internos y el trazado de los conductos de las surgencias en los tramos atravesados.

Todo ello con la finalidad de poder estimar en su caso la reposición de servicios por desvío de caudales o por pérdidas temporales de la calidad del agua.

- b) Investigación sobre las áreas de infiltración rápida indicando en los planos la situación de dichas áreas donde no deben llegar las aguas de escorrentía "so pena" de contaminación de las aguas subterráneas.

Segunda

Es característico en las zonas de materiales menos permeables (permeabilidad baja o muy baja) una mayor densidad de puntos de aguas, manantiales y sondeos que en las zonas muy permeables.



Estos puntos de agua constituyen en la mayoría de los casos aprovechamientos de escasa entidad, sin significado a efectos de planificación hidrográfica, pero de gran importancia dado que abastecen a muchos caseríos y pequeños núcleos. Teniendo en cuenta lo anterior se deberá ampliar el inventario de puntos de agua a las zonas de materiales menos permeables.

Tercera

La modificación del flujo subterráneo se produce por la excavación de túneles, que interceptan las corrientes de agua subterránea y las derivan por el propio túnel hacia el exterior.

Con carácter general se deberá realizar la depuración de todas las aguas drenadas de la plataforma y desde los túneles tanto en la fase constructiva como en la explotación. De esta manera, antes de su vertido a cauces naturales se deberá disponer de las Medidas de Protección Hidrológica recogidas en el apartado 3º.

En cuanto a los caudales a interceptar por los túneles, resulta más difícil predecir los caudales que se pueden generar bien de forma inmediata a la excavación como en el periodo de explotación.

Como medida deseada es conveniente que las obras se diseñen considerando la restitución de los flujos subterráneos, es decir debería existir el túnel y mantenerse los flujos de agua subterránea en las mismas condiciones que antes de su construcción. Para ello es posible disponer de revestimientos interiores de túnel que garanticen en la medida de lo posible la impermeabilidad de la obra. En la práctica tal medida es de difícil consecución.

En el caso de que sea difícil obtener una buena impermeabilización y se provoque el flujo hacia el túnel, como valor de orientación, puede ser realizado un diseño que no supere un caudal capturado por la excavación del túnel de entre 0 y 10 l/s y km de túnel, caudal que debería permitir realizar un diseño de revestimiento, drenaje y opción de tratamiento que garantice el retorno a cauce en condiciones adecuadas.

4) MEDIDAS CORRECTORAS PARA MINIMIZAR LAS AFECTACIONES A LAS AGUAS SUPERFICIALES

En la fase constructiva (puentes, obras de fábrica, cruces mediante terraplenes, modificaciones de cauces, paralelismos, túneles etc...) se producirán importantes afectaciones dado que las excavaciones, desmontes, movimientos de tierras, infraestructuras de paso provisionales, vados, entubamientos, etc. afectarán a la escorrentía superficial provocando una pérdida de calidad de las aguas por enturbiamiento, posibles vertidos de combustibles y aceites, inestabilidad en las márgenes, etc...





Con objeto de minimizar la contaminación de las masas de agua existentes a lo largo de la traza, los distintos "tipos de obra" dispondrán de un sistema de drenaje e incluso de un acabellonado de protección con materiales del movimiento de tierras, que conduzca las aguas de escorrentía a los sistemas de interceptación y decantación antes de verter a las masas de agua.

Con carácter general se deberá realizar la depuración de todas las aguas drenadas de la plataforma y desde los túneles tanto en la fase constructiva como en la explotación. De esta manera, antes de su vertido a cauces naturales se deberá disponer de una serie de **Medidas de Protección Hidrológica**, entre ellas la depuración de las aguas, que garanticen la no degradación de las condiciones hídricas en los cursos de ríos y arroyos.

Se podrá optar por tratar las aguas afectadas por las obras por algunas de las siguientes opciones: balsas de retención/decantación, balsas de retención e infiltración, balsas de retención, infiltración y biodepuración, filtros drenantes y canales con vegetación y aguas lentas.

Las anteriores medidas deberán estar dimensionadas convenientemente para tener capacidad suficiente de cumplir con los objetivos de calidad y con el objetivo de laminar y retener el incremento de escorrentía producido por las obras y contribuir a eliminar la contaminación procedente de la zona ocupada por la infraestructura (especialmente sólidos en suspensión y eliminación de hidrocarburos y aceites). El Proyecto deberá incluir planos de detalle de los sistemas previstos y del punto de vertido (caudales justificativos, etc...)

Al término de cada tramo de obra se restaurará la vegetación autóctona de ribera y del resto de los taludes y tierras descubiertas. Toda construcción temporal realizada sobre el dominio público hidráulico o sus zonas de protección deberá ser demolida y retirada restaurando la ubicación.

Previo al inicio de las obras se llevará a cabo un inventario del estado de los cursos de aguas existentes en la zona (estado preoperacional) y con posterioridad a las obras se realizarán los trabajos de restauración y/o compensación de los cauces que se hayan visto afectados. Se deberá prever en las proximidades de los cauces de agua la realización de cinturones de vegetación terrestre higrófila e hidrófila.

La contaminación de los cauces por las tierras además de dificultar la vida de la fauna existente puede alterar fríasderos y por lo tanto impedir la reproducción de las poblaciones piscícolas. En consecuencia, se deberán sincronizar las obras con los periodos de migración y puesta de los salmonidos de modo que los aportes de sólidos no influyan en su ciclo biológico.



Todas las medidas correctoras derivadas no solo de la Declaración de Impacto Ambiental sino de cuantas autorizaciones sean precisas deberán ser incorporadas en memoria, planos, pliegos y presupuesto.

5) MEDIDAS CORRECTORAS PARA MINIMIZAR LAS AFECIONES A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se deberá prevenir la contaminación de los acuíferos de calidad y de los cursos de agua sin contaminación mediante la imposición de medidas correctoras, entre las cuales cabe destacar:

- Plan de defensa y restauración de la calidad de las aguas subterráneas frente a la llegada de sólidos y otros contaminantes arrastrados por la escorrentía y no filtrados por el terreno. Esto será tanto más imprescindible en el caso de encontrarnos con puntos de infiltración rápida (áreas, dolinas, sumideros).
- Conocimiento exhaustivo de los acuíferos y su funcionamiento.
- Reposición de los caudales aprovechados que se hayan visto afectados durante las obras y si fuera imposible una vez finalizadas las mismas.
- Prevenir la emisión de contaminantes procedentes de la maquinaria o de la excavación de vertederos existentes.
- Avisar a los organismos competentes para prevenir desabastecimientos y organizar abastecimientos alternativos si fuera el caso.

Dichas medidas deberán incluirse en el pliego del Proyecto y en el Programa de Vigilancia Ambiental.

Se deberán analizar en los tramos en túnel las posibles afecciones de aprovechamientos de agua adoptando soluciones de sellado e impermeabilización que eviten el agotamiento de los manantiales así como la adecuación de tomas alternativas para minimizar las afecciones a los aprovechamientos de agua.

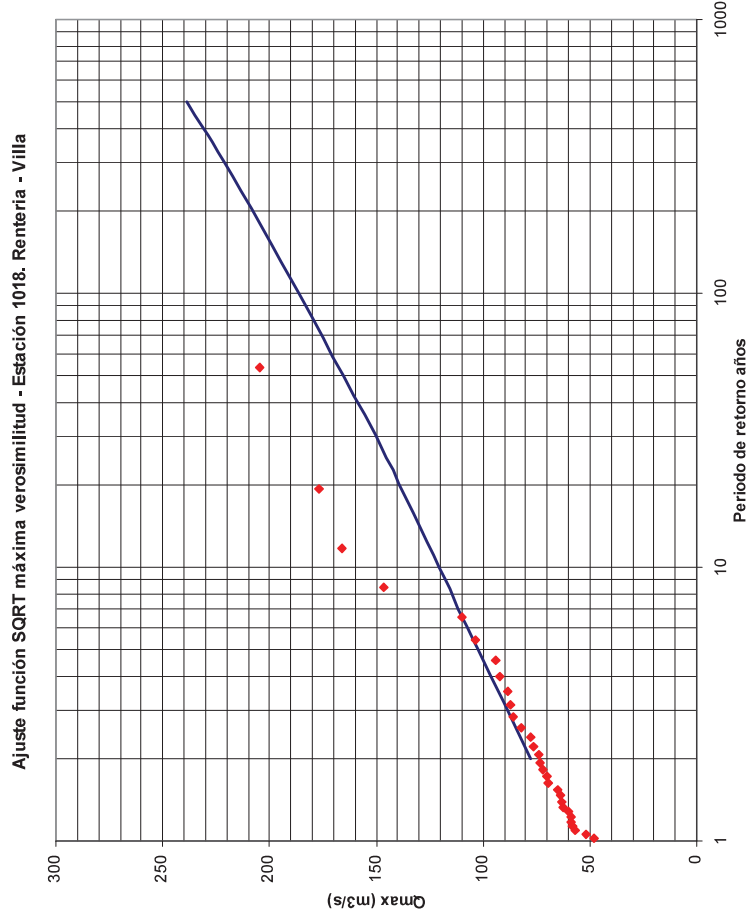
+++++

## APÉNDICE 2. AJUSTES DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS



**Ajuste función SQRT máxima verosimilitud - Estación 1018. Renteria - Villa**

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1951	1	63,0	22	1,40
1953	2	204,5	1	53,79
1954	3	92,1	8	3,98
1955	4	62,6	23	1,34
1956	5	64,0	21	1,46
1957	6	69,2	19	1,62
1958	7	73,6	15	2,07
1959	8	166,3	3	11,77
1960	9	146,3	4	8,46
1961	10	86,1	11	2,85
1962	11	110,0	5	6,61
1963	12	176,8	2	19,31
1964	13	76,3	14	2,22
1965	14	87,0	10	3,15
1966	15	103,5	6	5,42
1967	16	57,0	28	1,09
1968	17	72,0	17	1,82
1969	18	60,2	24	1,28
1970	19	94,3	7	4,59
1971	20	70,1	18	1,72
1972	21	58,2	27	1,13
1974	22	88,5	9	3,52
1975	23	52,0	29	1,05
1976	24	82,0	12	2,61
1977	25	77,8	13	2,40
1978	26	48,3	30	1,02
1979	27	73,2	16	1,94
1981	28	58,5	26	1,18
1982	29	59,0	25	1,23
1983	30	65,2	20	1,54



T	Probabilidad (no excedencia)	P estimado (mm)
2	0,5000	78
5	0,8000	102
10	0,9000	121
25	0,9600	145
50	0,9800	165
100	0,9900	186
300	0,9967	221
500	0,9980	238



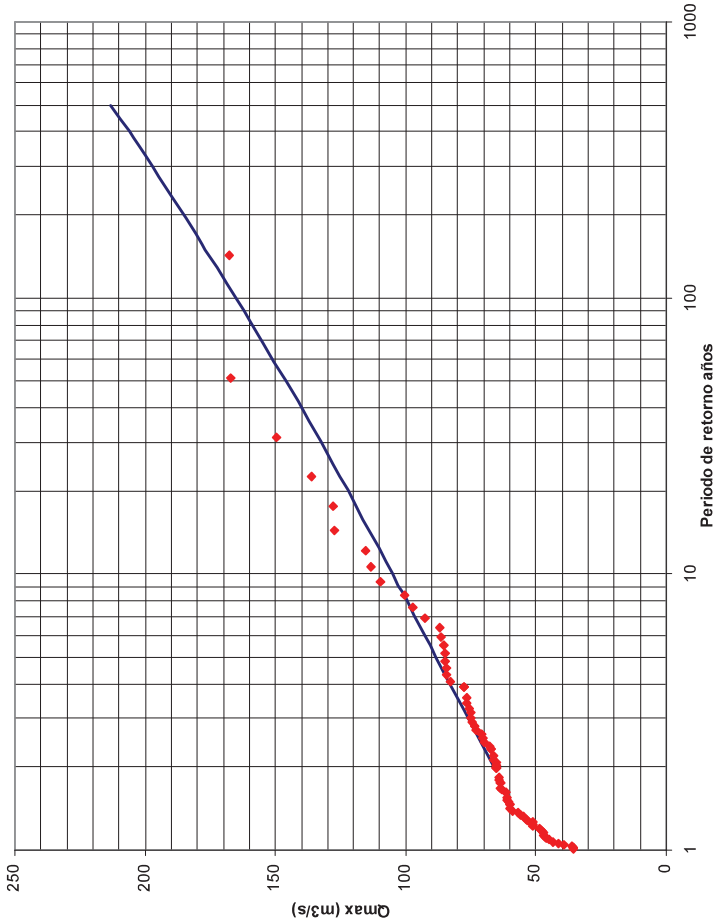
ESTACIÓN 1-024 E. SAN SEBASTIÁN “IGUELDO”.  
AJUSTE S.Q.R.T. MÉTODO DE MAXIMA VEROSIMILITUD

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1918	1	36,0	78	1,03
1929	2	73,3	29	2,81
1930	3	63,2	49	1,65
1931	4	64,4	44	1,84
1932	5	61,5	50	1,62
1933	6	97,5	11	7,59
1934	7	67,7	34	2,39
1935	8	84,9	16	5,15
1936	9	47,0	70	1,15
1937	10	73,2	30	2,71
1938	11	61,5	50	1,62
1939	12	53,5	63	1,28
1940	13	84,3	19	4,32
1941	14	85,3	15	5,50
1942	15	70,2	32	2,54
1943	16	65,0	41	1,98
1944	17	67,5	35	2,32
1945	18	45,9	73	1,10
1946	19	51,3	65	1,24
1947	20	61,0	53	1,52
1948	21	47,5	69	1,17
1949	22	167,1	2	51,36
1950	23	53,7	62	1,30
1951	24	65,3	40	2,03
1952	25	115,6	7	12,21
1953	26	127,5	6	14,41
1954	27	75,3	26	3,13
1955	28	58,8	58	1,39
1956	29	76,4	24	3,40
1957	30	48,3	68	1,19
1958	31	82,6	20	4,10
1959	32	109,8	9	9,36
1960	33	113,4	8	10,60
1961	34	56,9	59	1,37
1962	35	35,8	79	1,02
1963	36	149,8	3	31,30

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1964	37	61,3	52	1,55
1965	38	77,5	21	3,90
1966	39	92,9	12	6,93
1967	40	66,4	37	2,19
1968	41	84,6	18	4,56
1969	42	74,8	27	3,02
1970	43	70,9	31	2,62
1971	44	60,8	54	1,50
1972	45	46,9	71	1,14
1973	46	86,7	13	6,38
1974	47	55,1	61	1,32
1975	48	41,5	76	1,06
1976	49	86,5	14	5,91
1977	50	77,5	21	3,90
1978	51	55,9	60	1,35
1979	52	76,5	23	3,55
1980	53	100,4	10	8,38
1981	54	136,0	4	22,51
1982	55	65,4	39	2,08
1983	56	66,0	38	2,13
1984	57	74,7	28	2,91
1985	58	65,0	41	1,98
1986	59	51,5	64	1,26
1987	60	63,7	46	1,76
1988	61	39,5	77	1,05
1989	62	59,8	57	1,42
1990	63	84,7	17	4,84
1991	64	63,6	48	1,68
1992	65	60,2	55	1,47
1993	66	65,0	41	1,98
1994	67	75,6	25	3,26
1995	68	43,7	75	1,07
1996	69	51,2	66	1,22
1997	70	167,7	1	143,07
1998	71	60,2	55	1,47
1999	72	46,8	72	1,12
2000	73	67,5	35	2,32
2001	74	35,7	80	1,01
2002	75	127,6	5	17,57

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
2003	76	44,8	74	1,09
2004	77	64,3	45	1,80
2005	78	63,7	46	1,76
2006	79	69,9	33	2,46
2007	80	48,9	67	1,20

Ajuste función SQRT máxima verosimilitud - Estación 1024E, San Sebastián "Igueldo"



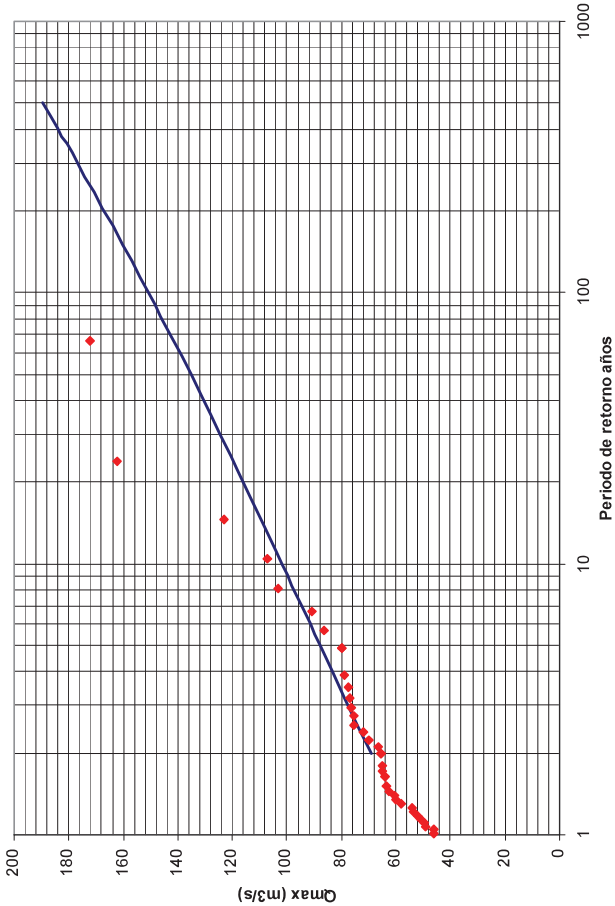
T	Probabilidad (no excedencia)	P estimado (mm)
2	0,5000	66
5	0,8000	89
10	0,9000	105
25	0,9600	128
50	0,9800	146
100	0,9900	165
300	0,9967	197
500	0,9980	213

ESTACIÓN 1-032. VILLABONA "GRANJA FRAISORO".  
AJUSTE S.Q.R.T. MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1928	1	72,0	16	2,39
1929	2	51,9	32	1,18
1930	3	65,2	21	1,81
1931	4	65,5	19	2,00
1932	5	63,5	25	1,51
1933	6	162,5	2	23,79
1934	7	64,0	23	1,65
1935	8	64,0	23	1,65
1939	9	62,5	26	1,45
1941	10	86,4	7	5,66
1942	11	46,4	36	1,04
1943	12	75,6	14	2,74
1948	13	54,2	30	1,26
1950	14	60,3	27	1,40
1951	15	77,5	11	3,52
1953	16	172,2	1	66,29
1954	17	46,3	37	1,02
1955	18	49,3	35	1,07
1958	19	107,0	4	10,43
1961	20	75,5	15	2,55
1962	21	66,7	18	2,11
1965	22	77,0	12	3,21
1966	23	76,4	13	2,96
1967	24	50,4	33	1,14
1970	25	103,0	5	8,14
1971	26	80,0	8	4,91
1972	27	58,0	29	1,30
1973	28	65,5	19	2,00
1974	29	80,0	8	4,91
1975	30	123,0	3	14,50
1976	31	91,0	6	6,68
1977	32	60,0	28	1,35
1978	33	70,1	17	2,24
1979	34	65,1	22	1,72
1980	35	78,7	10	3,88
1981	36	53,4	31	1,21

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1982	37	49,5	34	1,11

Ajuste función SQRT máxima verosimilitud - Estación 1032. Villabona "Granja Fraisoro"



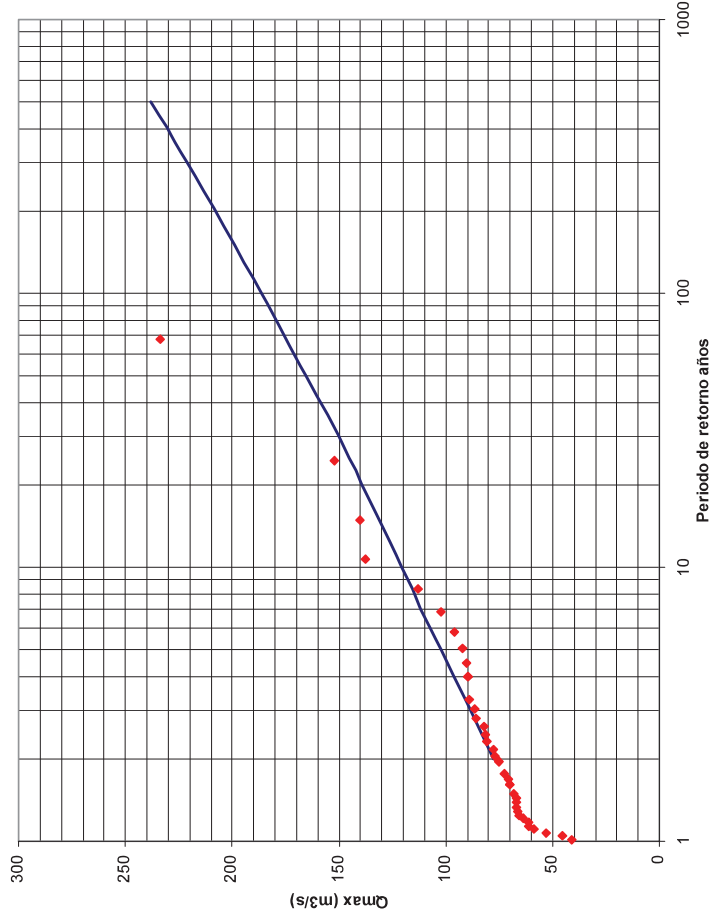
T	Probabilidad (no excedencia)	P estimado (mm)
2	0,5000	69
5	0,8000	88
10	0,9000	102
25	0,9600	120
50	0,9800	135
100	0,9900	151
300	0,9967	177
500	0,9980	190

**ESTACIÓN 1-035. LASARTE MICHELÍN.  
AJUSTE S.Q.R.T. MÉTODO DE MÁXIMA VEROSIMILITUD**

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
1946	1	59,0	35	1,10
1947	2	113,0	5	8,36
1949	3	233,8	1	68,07
1950	4	75,0	20	1,95
1951	5	70,0	24	1,62
1952	6	138,0	4	10,71
1956	7	86,0	14	2,81
1959	8	96,0	7	5,81
1960	9	152,0	2	24,44
1961	10	86,5	13	3,04
1962	11	66,8	29	1,33
1965	12	92,2	8	5,04
1968	13	81,5	16	2,45
1969	14	78,0	18	2,17
1970	15	67,1	27	1,44
1971	16	53,0	36	1,07
1972	17	41,0	38	1,01
1973	18	90,0	10	3,99
1974	19	75,0	20	1,95
1975	20	45,2	37	1,04
1977	21	66,6	30	1,29
1980	22	70,0	24	1,62
1984	23	89,0	12	3,30
1985	24	68,0	26	1,49
1986	25	72,6	22	1,77
1987	26	70,9	23	1,69
1988	27	82,0	15	2,62
1989	28	66,0	31	1,25
1990	29	61,2	33	1,17
1991	30	102,5	6	6,86
1992	31	76,9	19	2,05
1993	32	140,0	3	14,89
1996	33	61,0	34	1,14
2003	34	81,0	17	2,30
2004	35	67,0	28	1,38
2005	36	64,0	32	1,21

Año	Dato nº	Precipitación	Nº orden	T (Gringorten)
2006	37	90,0	10	3,99
2007	38	90,3	9	4,45

Ajuste función SQRT máxima verosimilitud - Estación 1035. Lasarte Michelín



T	Probabilidad (no excedencia)	P estimado (mm)
<b>2</b>	0,5000	78
<b>5</b>	0,8000	103
<b>10</b>	0,9000	121
<b>25</b>	0,9600	146
<b>50</b>	0,9800	165
<b>100</b>	0,9900	186
<b>300</b>	0,9967	221
<b>500</b>	0,9980	238

ESTACIÓN 1-018. RENTERÍA – VILLA.  
AJUSTE GUMBEL

Con la aplicación informática Hidrobas v 3.0 del Instituto Geológico y Minero de España, se ha realizado el ajuste Gumbel cuyos resultados, se muestran a continuación,

VALOR MEDIO = 86,5867  
DESVIACION TÍPICA= 37,8231  
COEFICIENTE DE VARIACION (VALOR MEDIO/DESVIACION TÍPICA)= 02,2893

PERIODOS DE RETORNO Y PROBABILIDADES

Periodo retorno	2	Probabilidad 0,5
Periodo retorno	5	Probabilidad 0,8
Periodo retorno	10	Probabilidad 0,9
Periodo retorno	25	Probabilidad 0,96
Periodo retorno	50	Probabilidad 0,98
Periodo retorno	100	Probabilidad 0,99
Periodo retorno	500	Probabilidad 0,998

VALORES DE LA FUNCION DE GUMBEL

Probabilidad	Pluviometria
0,100	44,97
0,200	55,53
0,300	64,09
0,400	72,14
0,500	80,37
0,600	89,37
0,700	99,97
0,800	113,80
0,900	135,93
0,960	163,89
0,980	184,63
0,990	205,26
0,998	252,81
0,999	273,28

Numero de años: 30  
Primer año: 1951

DATOS OBSERVADOS Y PROBABILIDADES  
DATOS DATOS ORDENADOS FRECUENCIA TEORICA

0063.00	204.50	0.983
0204.50	176.80	0.950
0092.10	166.30	0.917
0062.60	146.30	0.883
0064.00	110.00	0.850
0069.20	103.50	0.817
0073.60	094.30	0.783
0166.30	092.10	0.750
0146.30	088.50	0.717
0086.10	087.00	0.683
0110.00	086.10	0.650
0176.80	082.00	0.617
0076.30	077.80	0.583
0087.00	076.30	0.550
0103.50	073.60	0.517
0057.00	073.20	0.483
0072.00	072.00	0.450
0060.20	070.10	0.417
0094.30	069.20	0.383
0070.10	065.20	0.350
0058.20	064.00	0.317
0088.50	063.00	0.283
0052.00	062.60	0.250
0082.00	060.20	0.217
0077.80	059.00	0.183
0048.30	058.50	0.150
0073.20	058.20	0.117
0058.50	057.00	0.083
0059.00	052.00	0.050
0065.20	048.30	0.017

ESTACIÓN 1-024 E. SAN SEBASTIÁN “IGUELDO”.  
AJUSTE GUMBEL

Con la aplicación informática Hidrobas v 3.0 del Instituto Geológico y Minero de España, se ha  
realizado el ajuste Gumbel cuyos resultados, se muestran a continuación,

Numero de años: 80  
Primer año: 1918

DATOS OBSERVADOS Y PROBABILIDADES  
DATOS ORDENADOS Frecuencia Teórica

DATOS	-----		
0036.00	167.70	0.994	
0073.30	167.10	0.981	0.581
0063.20	149.80	0.969	0.569
0064.40	136.00	0.956	0.556
0061.50	127.60	0.944	0.544
0097.50	127.50	0.931	0.531
0067.70	115.60	0.919	0.519
0084.90	113.40	0.906	0.506
0047.00	109.80	0.894	0.494
0073.20	100.40	0.881	0.481
0061.50	97.50	0.869	0.469
0053.50	92.90	0.856	0.456
0084.30	86.70	0.844	0.444
0085.30	86.50	0.831	0.431
0070.20	85.30	0.819	0.419
0065.00	84.90	0.806	0.406
0067.50	84.70	0.794	0.394
0045.90	84.60	0.781	0.381
0051.30	84.30	0.769	0.369
0061.00	82.60	0.756	0.356
0047.50	77.50	0.744	0.344
0167.10	77.50	0.731	0.331
0053.70	76.50	0.719	0.319
0065.30	76.40	0.706	0.306
0115.60	75.60	0.694	0.294
0127.50	75.30	0.681	0.281
0075.30	74.80	0.669	0.269
0058.80	74.70	0.656	0.256
0076.40	73.30	0.644	0.244
0048.30	73.20	0.631	0.231
0082.60	70.90	0.619	0.219
0109.80	70.20	0.606	0.206
0113.40	69.90	0.594	0.194

VALOR MEDIO = 72,2113  
DESVIACION TIPICA= 27,2393  
COEFICIENTE DE VARIACION (VALOR MEDIO/DESVIACION TIPICA)= 02,6510

PERIODOS DE RETORNO Y PROBABILIDADES

Periodo retorno	2	Probabilidad 0,5
Periodo retorno	5	Probabilidad 0,8
Periodo retorno	10	Probabilidad 0,9
Periodo retorno	25	Probabilidad 0,96
Periodo retorno	50	Probabilidad 0,98
Periodo retorno	100	Probabilidad 0,99
Periodo retorno	500	Probabilidad 0,998

VALORES DE LA FUNCION DE GUMBEL

Probabilidad	Pluviometria
0,100	42,24
0,200	49,85
0,300	56,01
0,400	61,81
0,500	67,74
0,600	74,22
0,700	81,85
0,800	91,81
0,900	107,75
0,960	127,88
0,980	142,82
0,990	157,68
0,998	191,92
0,999	206,66

ESTACIÓN 1-032. VILLABONA “GRANJA FRAISORO”.  
AJUSTE GUMBEL

Con la aplicación informática Hidrobas v 3.0 del Instituto Geológico y Minero de España, se ha realizado el ajuste Gumbel cuyos resultados, se muestran a continuación,

Numero de años: 37  
Primer año: 1928

DATOS OBSERVADOS Y PROBABILIDADES  
DATOS ORDENADOS Frecuencia Teórica

0072.00	172.20	0.986
0051.90	162.50	0.959
0065.20	123.00	0.932
0065.50	107.00	0.905
0063.50	103.00	0.878
0162.50	091.00	0.851
0064.00	086.40	0.824
0064.00	080.00	0.797
0062.50	080.00	0.770
0086.40	078.70	0.743
0046.40	077.50	0.716
0075.60	077.00	0.689
0054.20	076.40	0.662
0060.30	075.60	0.635
0077.50	075.50	0.608
0172.20	072.00	0.581
0046.30	070.10	0.554
0049.30	066.70	0.527
0107.00	065.50	0.500
0075.50	065.50	0.473
0066.70	065.20	0.446
0077.00	065.10	0.419
0076.40	064.00	0.392
0050.40	064.00	0.365
0103.00	063.50	0.338
0080.00	062.50	0.311
0058.00	060.30	0.284
0065.50	060.00	0.257
0080.00	058.00	0.230
0123.00	054.20	0.203
0091.00	053.40	0.176
0060.00	051.90	0.149
0070.10	050.40	0.122

VALOR MEDIO = 74,8541  
DESVIACION TIPICA= 27,7075  
COEFICIENTE DE VARIACION (VALOR MEDIO/DESVIACION TIPICA)= 02,7016

PERIODOS DE RETORNO Y PROBABILIDADES

Periodo retorno 2	Probabilidad 0,5
Periodo retorno 5	Probabilidad 0,8
Periodo retorno 10	Probabilidad 0,9
Periodo retorno 25	Probabilidad 0,96
Periodo retorno 50	Probabilidad 0,98
Periodo retorno 100	Probabilidad 0,99
Periodo retorno 500	Probabilidad 0,998

VALORES DE LA FUNCION DE GUMBEL

Probabilidad	Pluviometria
0,100	44,37
0,200	52,10
0,300	58,37
0,400	64,27
0,500	70,30
0,600	76,90
0,700	84,66
0,800	94,79
0,900	111,00
0,960	131,48
0,980	146,68
0,990	161,79
0,998	196,62
0,999	211,62



ESTACIÓN 1-035. LASARTE MICHELÍN.  
AJUSTE GUMBEL

Numero de años: 38  
Primer año: 1946

0090.30      041.00      0.013

VALOR MEDIO =    84.6868  
DESVIACION TIPICA= 33.9284  
COEFICIENTE DE VARIACION (VALOR MEDIO/DESVIACION TIPICA)= 02.4960

DATOS OBSERVADOS Y PROBABILIDADES  
DATOS ORDENADOS    FRECUENCIA TEORICA

0059.00	233.80	0.987
0113.00	152.00	0.961
0233.80	140.00	0.934
0075.00	138.00	0.908
0070.00	113.00	0.882
0138.00	102.50	0.855
0086.00	096.00	0.829
0096.00	092.20	0.803
0152.00	090.30	0.776
0086.50	090.00	0.750
0066.80	090.00	0.724
0092.20	089.00	0.697
0081.50	086.50	0.671
0078.00	086.00	0.645
0067.10	082.00	0.618
0053.00	081.50	0.592
0041.00	081.00	0.566
0090.00	078.00	0.539
0075.00	076.90	0.513
0045.20	075.00	0.487
0066.60	075.00	0.461
0070.00	072.60	0.434
0089.00	070.90	0.408
0068.00	070.00	0.382
0072.60	070.00	0.355
0070.90	068.00	0.329
0082.00	067.10	0.303
0066.00	067.00	0.276
0061.20	066.80	0.250
0102.50	066.60	0.224
0076.90	066.00	0.197
0140.00	064.00	0.171
0061.00	061.20	0.145
0081.00	061.00	0.118
0067.00	059.00	0.092
0064.00	053.00	0.066
0090.00	045.20	0.039

PERIODOS DE RETORNO Y PROBABILIDADES

Periodo retorno	2	Probabilidad 0,5
Periodo retorno	5	Probabilidad 0,8
Periodo retorno	10	Probabilidad 0,9
Periodo retorno	25	Probabilidad 0,96
Periodo retorno	50	Probabilidad 0,98
Periodo retorno	100	Probabilidad 0,99
Periodo retorno	500	Probabilidad 0,998

VALORES DE LA FUNCION DE GUMBEL

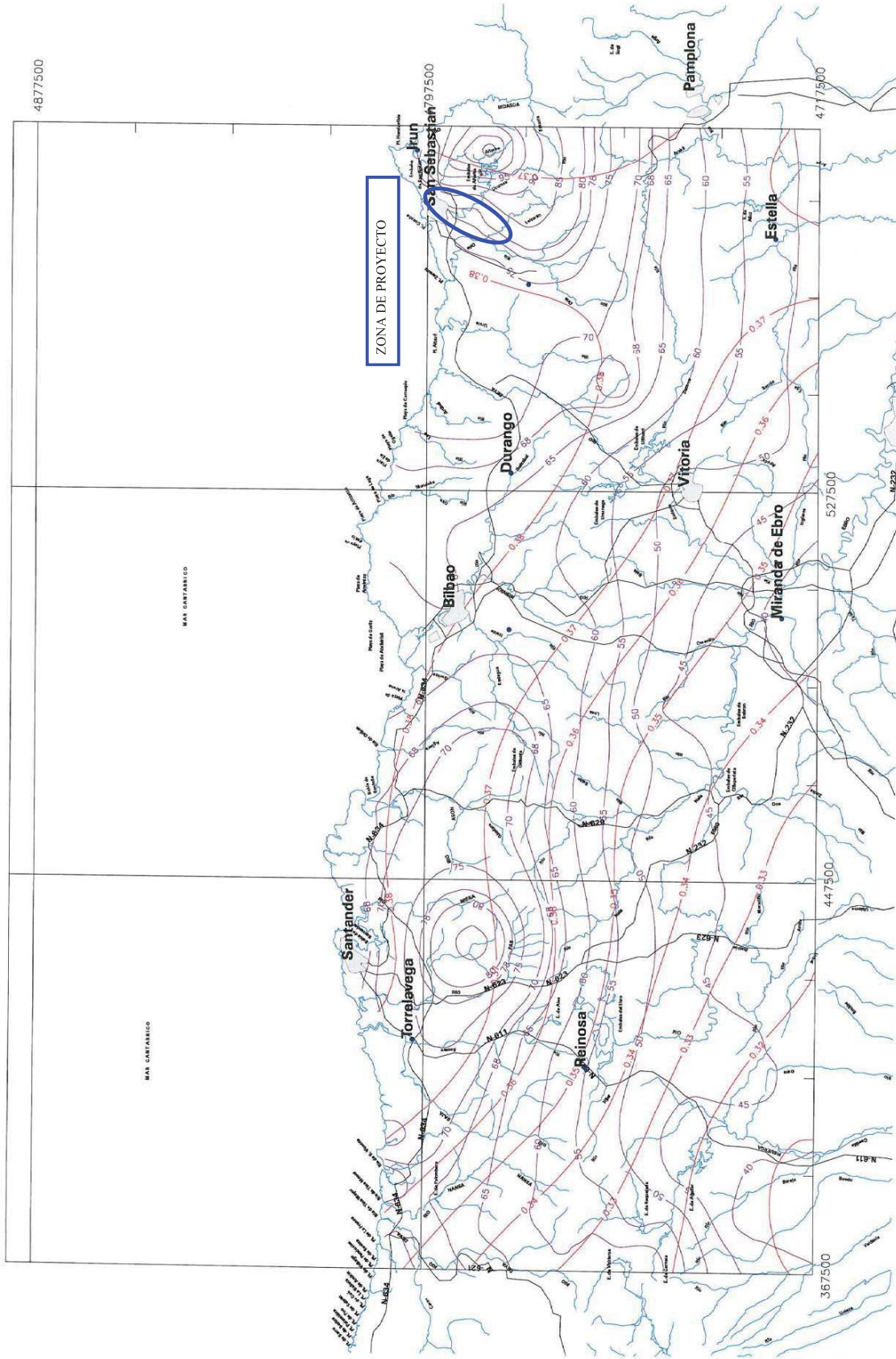
Probabilidad	Pluviometria
0,100	47,35
0,200	56,83
0,300	64,51
0,400	71,73
0,500	79,11
0,600	87,19
0,700	96,69
0,800	109,10
0,900	128,95
0,960	154,03
0,980	172,64
0,990	191,14
0,998	233,79
0,999	252,15

APÉNDICE 3.

MAPA PARA EL CÁLCULO DE LAS MÁXIMAS PRECIPITACIONES DIARIAS  
EN LA ESPAÑA PENINSULAR



HOJA 3-1. BILBAO





# APÉNDICE 4. PLANO DE CUENCAS

Proyecto Técnico de Relleno para material de excavación del tramo Umieta-Hernani de la NRPV en la vaguada de Akan (Hernani-Gipuzkoa)



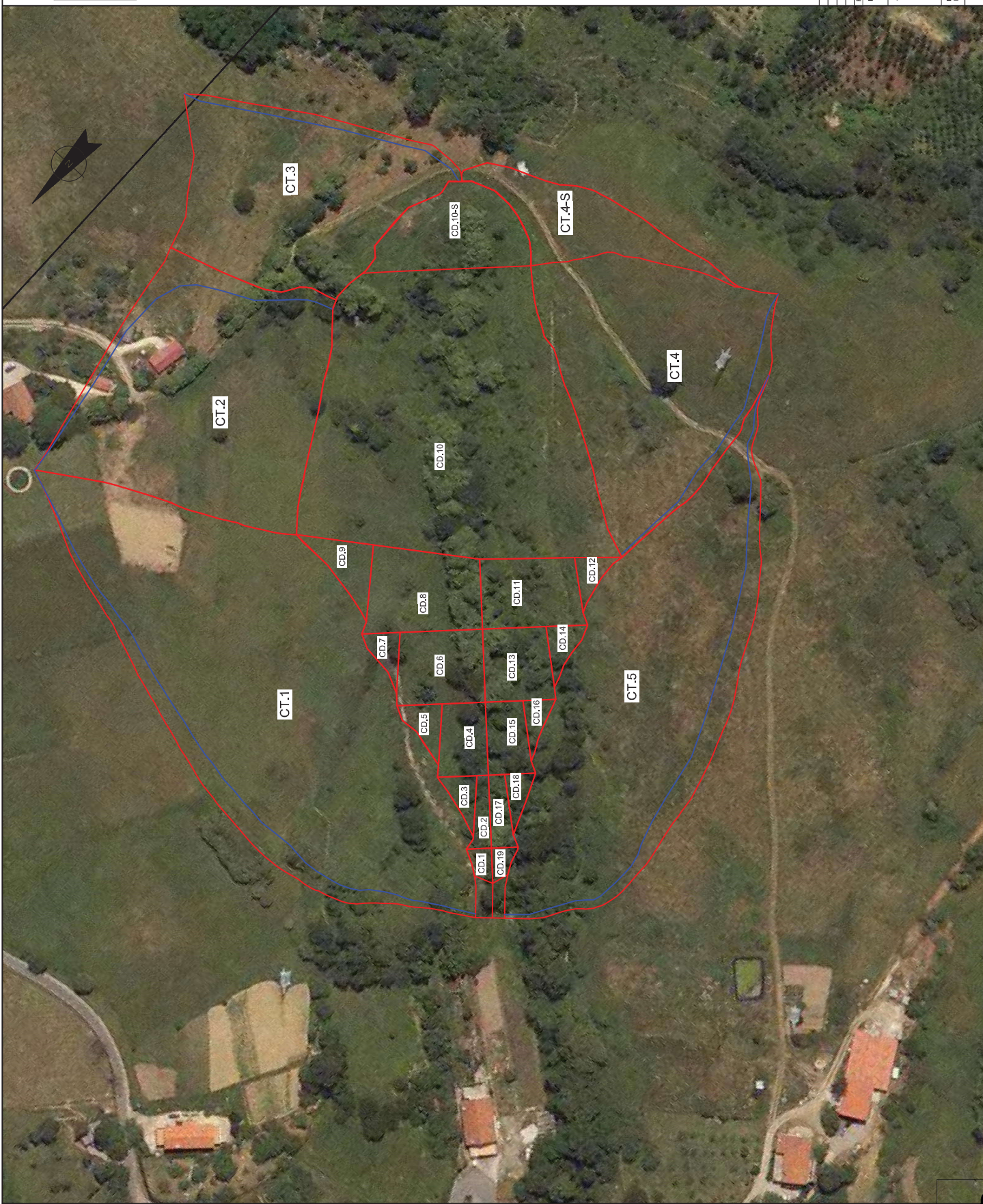


--	--



<p>INGENIERIA REFERENCIA</p>	<p>INGENIERIA Y SISTEMAS, S.A.</p>	<p>INGENIERIA / CONSULTOR</p>	<p>INGENIERIA REFERENCIA</p>
----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------	----------------------------------

EUSKO JAURLARITZA  
  
 GOBIERNO VASCO  
 DEPARTAMENTO DE VIVIENDA,  
 OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES



APÉNDICE 5.

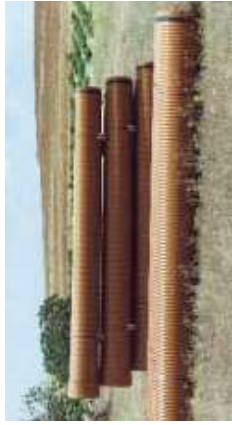
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y CÁLCULOS MECÁNICOS DEL DREN DE FONDO





# TUBERÍA DE DRENAJE RANURADA CORRUGADA CIRCULAR DOBLE PARED **URALITA®**

## DESCRIPCIÓN



Doble pared (interior lisa, exterior corrugada) soldada por termofusión durante el proceso de fabricación de extrusión en continuo  
El equipo ranurador sincronizado con el de corrugación, realiza las ranuras para el drenaje en los valles de la tubería, que son las zonas de menor espesor, por lo que se minimiza la retención al paso del agua

## COMPOSICIÓN

U-PVC (Policloruro de Vinilo no plastificado)

## UNIÓN ENTRE TUBOS



Mediante junta elástica alojada en el extremo del cabo del tubo

## COLOR

Teja RAL 8023



## LONGITUD TOTAL

6 metros

## GAMA

TUBERÍA SANEAMIENTO (PN ≤ 1 )

• Diámetro Nominal (DN, mm)

100-160-200-250-315-400

• Diámetro Interior (DI, mm)

101-145-181-226-285-362



## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y TÉRMICAS

Densidad: 1.350 ÷ 1.520 kg/m<sup>3</sup>

Temperatura Vicat : ≥ 79 °C UNE-EN-127

Coefficiente de dilatación lineal: 8 x 10<sup>-5</sup> / °C

Conductividad térmica: 0.13 kcal/m.h. °C

Calor específico: 0.2 ÷ 0.3 cal/g.°C

Rugosidad equivalente (Prandtl-Colebrook):

K= 0.01 mm (aguas limpias)

K= 0.1 ÷ 0.25 mm (aguas residuales)

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

RCE (Rígidez Circunferencial Específica): UNE-EN-ISO 9969

RCE ≥ 4 kN/m<sup>2</sup>

Coefficiente fluencia PVC-U:

≤ 2.5 en 2 años UNE-EN-ISO 9967

## CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA QUÍMICA

Límites de pH: 3 ÷ 9 , a 20 °C

Resistencia al diclorometano: 15 °C , 30 min UNE-EN 580

## PIEZAS

• Manguitos y conos de ampliación

• Codos: 45º y 87,5º

• Derivaciones en T: 45º y 87,5º

• Entronques en clip : 45º y 87,5º

## APLICACIONES

• Drenajes Viales (caminos, carreteras, ferrocarriles)

• Drenajes Agrícolas

• Drenajes Edificación (cimentaciones, soleras)

• Campos Deportivos

• Canales

• Muros de Contención



URALITA se reserva el derecho de modificar las características de la Tubería de Drenaje Ranurada Corrugada Circular Doble Pared Uralita sin previo aviso



ALICANTE  
Telf.: 965 661 012

ANTEQUERA (Málaga)  
Telf.: 952 843 851

LÉRIDA  
Telf.: 973 247 812

TELDE (Las Palmas)  
Telf.: 915 949 000

SEVILLA  
Telf.: 954 512 355  
Telf.: 928 700 034

VALLADOLID  
Telf.: 983 234 335

ZARAGOZA  
Telf.: 976 357 366

OFICINAS CENTRALES  
Mejía Lequerica, 10  
28004 MADRID

Telf.: 915 949 000

Fax: 915 949 090

ustisa@ustigrusa.com  
www.ust.es • www.uralita.com

## ATENCIÓN AL CLIENTE 902 188 189

ALCÁZAR (Ciudad Real)  
Telf.: 926 541 072

CÓRDOBA  
Telf.: 957 471 552

MURCIA  
Telf.: 968 249 404

VALENCIA  
Telf.: 963 578 076

PORTUGAL  
Telf.: (+35) 243 700 600

FRANCIA  
Telf.: (+33) 611 364 235

## CARACTERÍSTICAS DRENANTES

• Tres tipos de ranurado para adaptar a características de proyecto.

### TIPOS DE RANURADO

Nº de ranuras en perímetro	3°	3°	6°
Longitud (mm)	25	34	25
Superficie filtrante cm <sup>2</sup> /ml	97.8	108.0	106.7

RAÑURADO TOTAL									
Nº de ranuras en perímetro	2°	2°	4°	5°	5°	5°	5°	5°	5°
Longitud (mm)	35	50	36	35	45	45	55	55	55
Superficie filtrante cm <sup>2</sup> /ml	91.3	108	99.6	103.7	106.7	97.8			

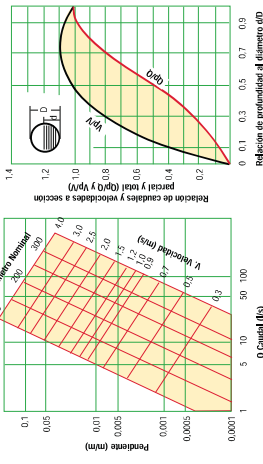
RAÑURADO PARCIAL									
Nº de ranuras en perímetro	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Longitud (mm)	55	55	70	90	90	90	90	90	90
Superficie filtrante cm <sup>2</sup> /ml	78.3	97.8	99.6	96					

(\*) Ranuras alternadas en valles consecutivos

• Caudales y velocidades a sección llena y parcialmente llena.

• Abaco de descarga a tubería llena

Relación de velocidades y caudales con respecto a tubería llena



## NORMATIVA

• UNE 53994 Ex: Tubos y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) y polietileno (PE) para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil

• UNE-EN 1401-1: Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U). Parte 1: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema. [Para Rigidez Circunferencial Específica]

• UNE 53486: Tubos Corrugados y accesorios de policloruro de vinilo no plastificado para drenaje agrícola. Características y métodos de ensayo

# Programa ASETUB PVC

Versión 2.1

# Informe de resultados de cálculo mecánico

## 2. Determinación de las acciones sobre el tubo

Debida a las tierras:  $q_v=73,50209 \text{ kN/m}^2$   
 Debida a sobrecargas concentradas:  $P_{vc}=0 \text{ kN/m}^2$   
 Debida a sobrecargas repartidas:  $P_{vr}=0 \text{ kN/m}^2$   
 Presión vertical total sobre el tubo:  $q_{vt}=73,50209 \text{ kN/m}^2$

## Reacción máxima lateral del suelo

2.3. Deformación Relativa:  $dv=1,36623\%$  --ADMISIBLE: cumple  $\leq 5\%$

## 2.4. Modelos de circuitos eléctricos.

#### 2.4.1. Debidos a la presión vertical total sobre el tubo (Mqv<sub>t</sub>)

#### 2.4.2. Debidos a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Mqh)

En Clave: Mqht (Clave)=-0,07083 kN m/m  
En Riñones: Mqht (Riñones)=0,08139 kN m/m  
En Base: Mqht (Base)=-0,07083 kN m/m

4.4.4. Debidos al propio peso del tubo (Mt)

En Clave: Mt (Clave)=0,003 kN m/m  
 En Riñones: Mt (Riñones)=-0,0034 kN m/m  
 En Base: Mt (Base)=-0,004kN m/m

#### 2.4.5. Debidos al peso del agua (Ma)

#### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

#### 2.4.6. Debidos a la presión del agua (Mpa)

#### 2.4.7. Momento flector total (M)

En Clave: M (Clave)=0,02074 kN m/m  
En Riñones: M (Riñones)=-0,01326 kN m/m  
En Base: M (Base)=0,03118kN m/m

## Versión 2.1

**AseTUB**

### 2.5.1. Debidas a la presión vertical total sobre el tubo (Navt)

### 2.5.2. Debidas a la presión lateral del relleno sobre el tubo (Nqh)

### 2.5.3. Debidas a la reacción máxima lateral del suelo a la altura del centro del tubo (Nqht)

#### 2.5.4. Debidas al propio peso del tubo (Nt)

#### 2.5.5.5. Debidas al peso del agua (Na)

### 2.5.6. Debidas a la presión del agua (Npa)

### 2.5.7. Fuerza axil total (N)

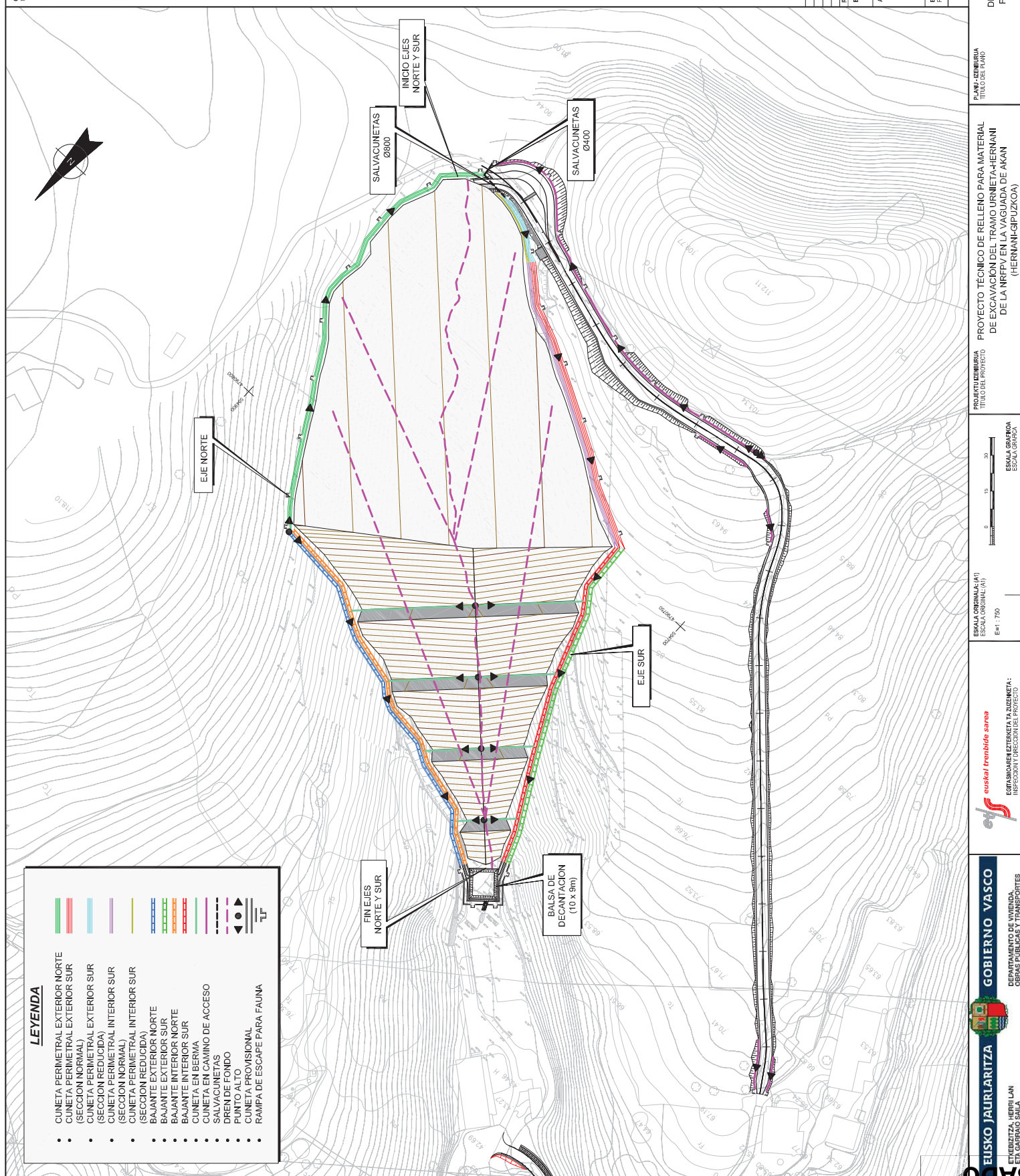
## 2.6. Esfuerzos tangenciales máximos.

## 2.7. Verificación del esfuerzo tangencial (coef. de seguridad a rotura)

## 2.8. Estabilidad (Coeficientes de seguridad al aplastamiento).

Debido al terreno: 9,50003 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
Debido a la presión ext. de agua :401,01443 --ADMISIBLE: cumple >2.5  
Debido al terreno y al agua: 9,28018 --ADMISIBLE: cumple >2.5



[illegible]





OHARRAK:  
NOTAS:

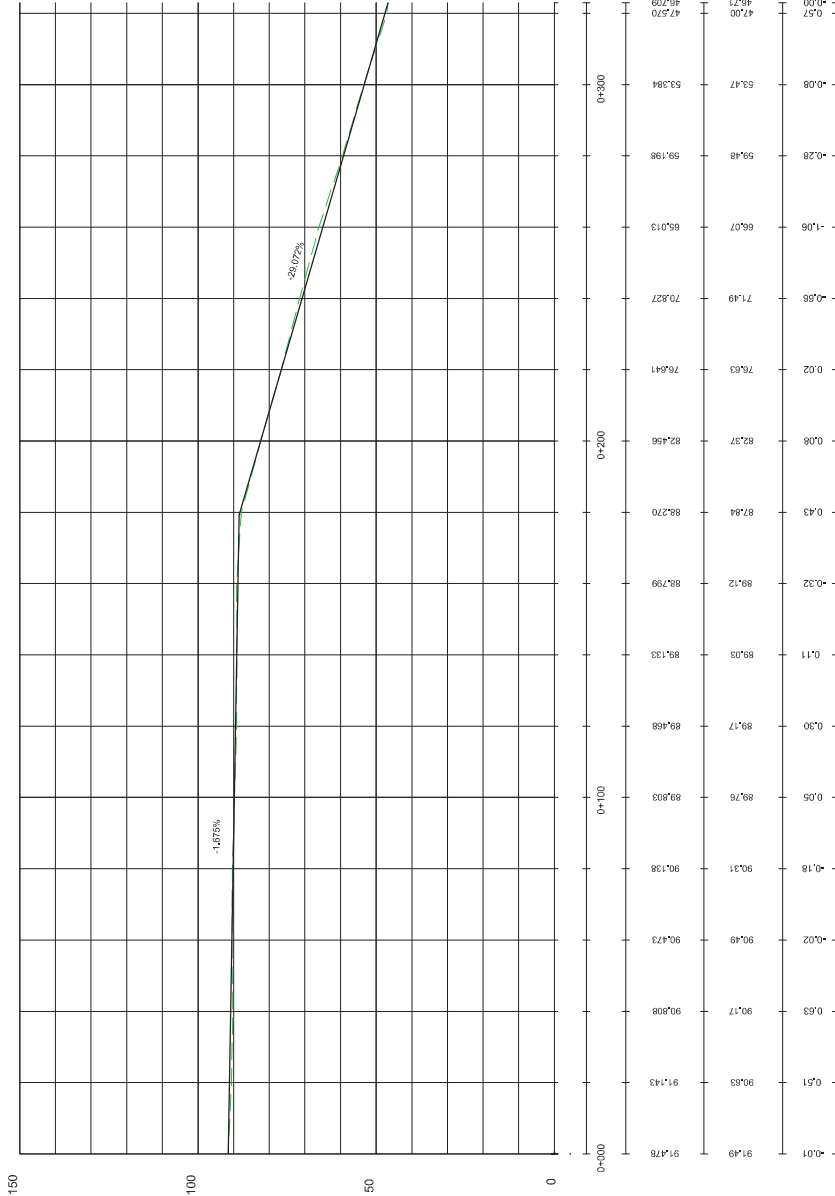
P210B7%SRITC0b9d00d0J

Realizado

Comprobado

Aprobado

PDSA-2.7.20



--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PROYECTO TÉCNICO DE RELLENO PARA MATERIAL DE EXCAVACIÓN DEL TRAMO URNIETA-HERNANI DE LA NRPV EN LA VAGUADA DE AKA (HERNANI-GPUZKOA)

ESCALA ORIGINAL (A1)  
ESCALA ORIGINAL (A1)  
E=1:750

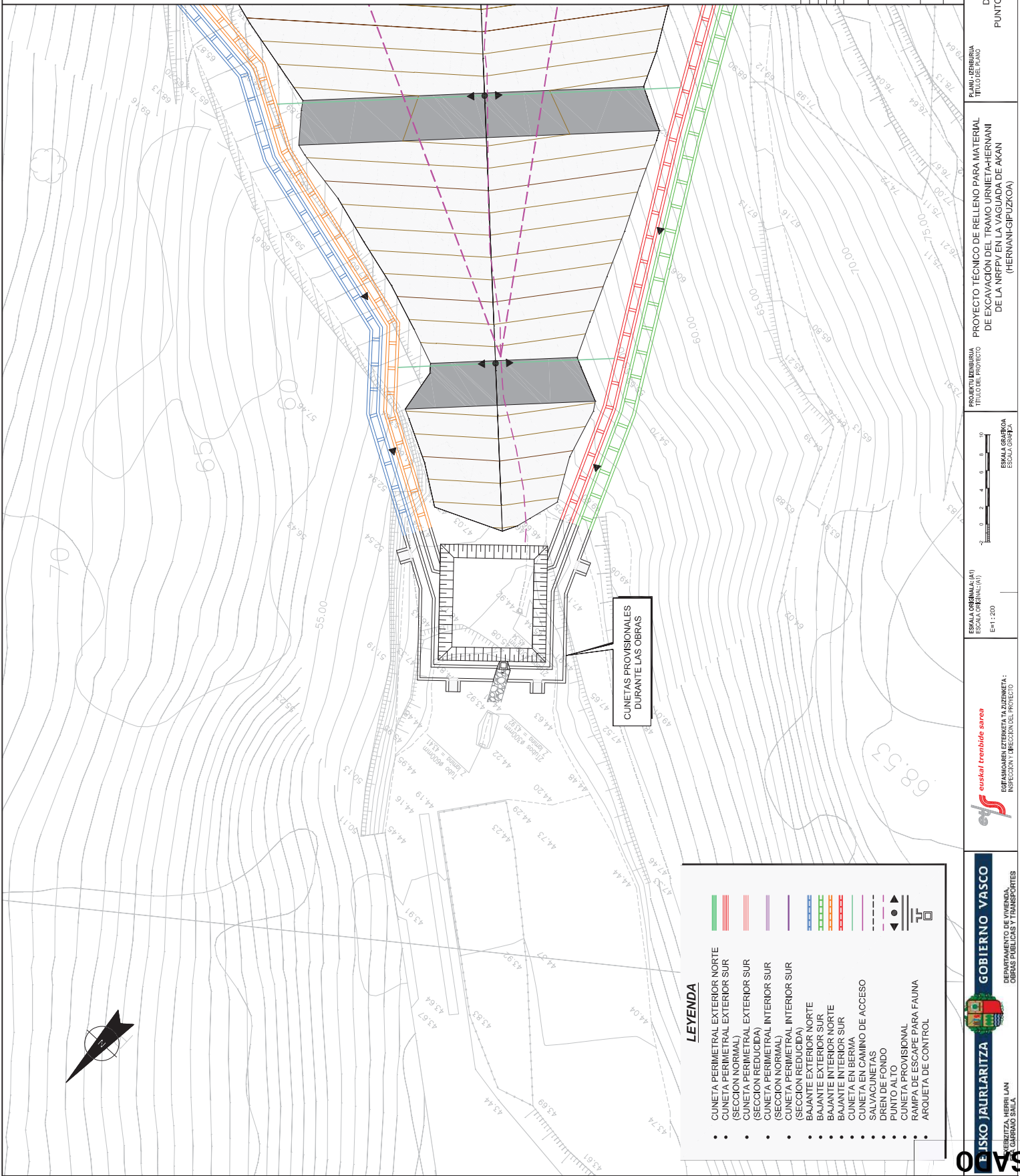
ESCALA GRAFICA  
ESCALA GRAFICA

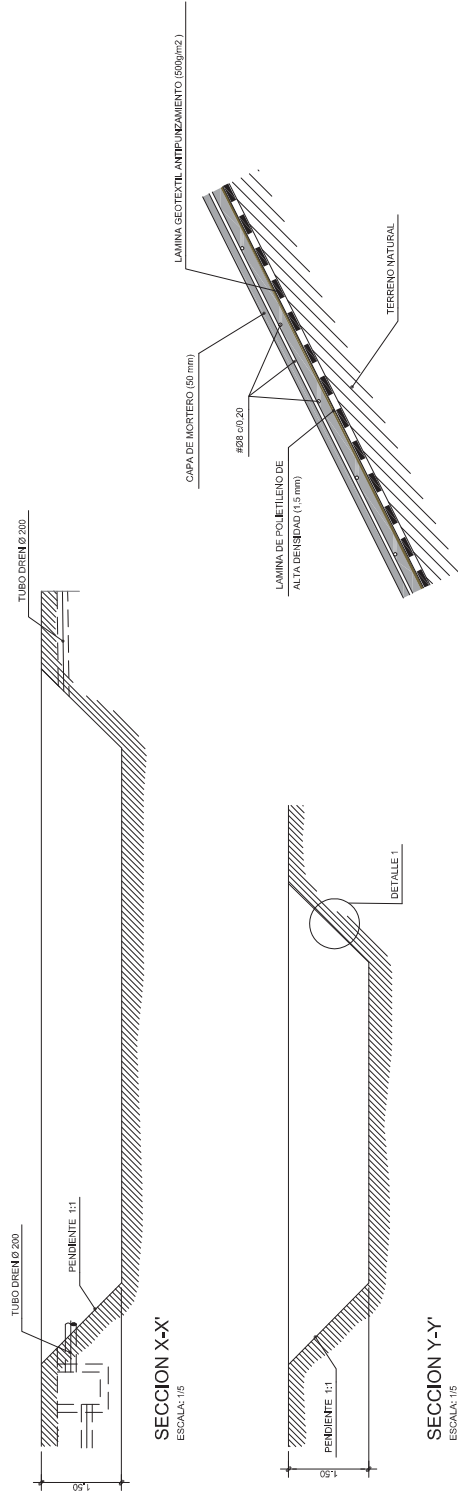
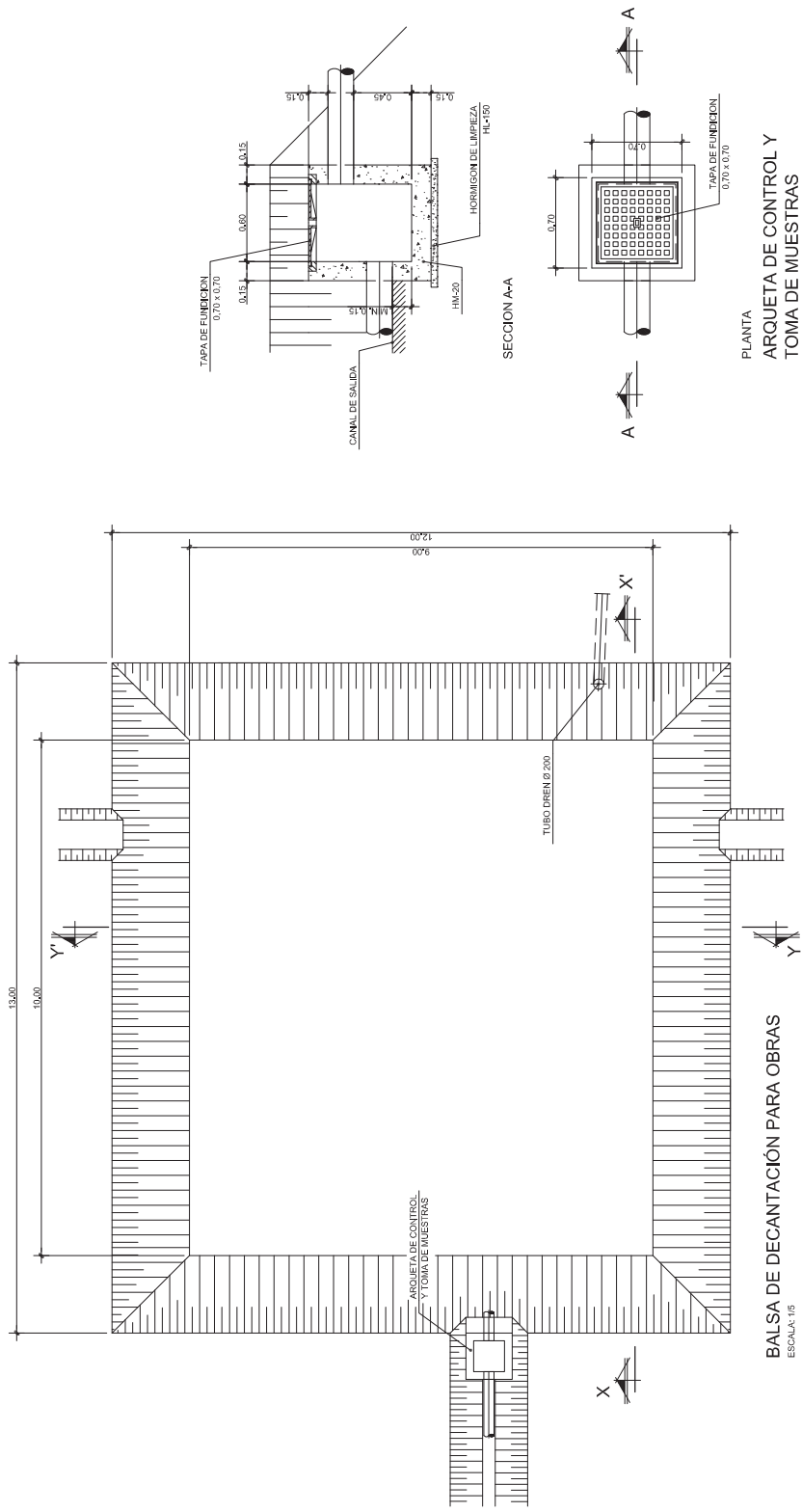
EUROPEAN INSTITUTION FOR ROAD CONSTRUCTION

GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

EUROPEAN INSTITUTION FOR ROAD CONSTRUCTION

[illegible]

[illegible]

