



PROIEKTUA:

**LIZARRUSTITIK IGAROTZEN DEN LIZARRA  
ETA BEASAIN ARTEKO GI-2120  
ERREPIDEKO 52,800 ETA 53,00 KP-EN  
ARTEKO EGONKORTZEA**

**9-ME-44/2024**

PROYECTO:

**ESTABILIZACIÓN ENTRE LOS P.K.  
52,800 Y 53,000 DE LA CARRETERA GI-  
2120 DE ESTELLA A BEASAIN POR  
LIZARRUSTI**

**9-ME-44/2024**

MEMORIA

AURREKARIAK

Lizarratik Lizarrustin zehar Beasainera doan GI-2120 errepideak, 52,825 eta 53,000 KP-en artean, hainbat patología ditu aspaldidanik, errepidea zeharkatzen duten mendi-hegalen irristatzeekin zuzenean lotuta.

Egindako ikuskapenetan egiaztatu zenez, ezegonkortasunak eta errotazio motako irristatzeak zeuden.

Egungo bide-zoruan hainbat pitzadura daude, eta hainbat konponketa daude (berrasfaltatzelanak). Horrek denboran zehar deformazioak gertatu direla erakusten du.

Mugimenduak 52,825 eta 53,000 KP-en errepideko plataformaren pitzadura hauskor gisa katalogatu dira, nahiz eta bidearen betelana aurrez mobilizatutako lurzoruaren gainean jarrita dagoela zehaztu den.

Lurzoru-masa aktiboa zegoela egiaztatzeko, 52,970 eta 53,005 kilometro-puntuetan jarritako bi inklinometro erabili ziren, eta horien irakurketek bi tresnetan mugimenduak detektatu zituzten.

2022ko maiatzean egin zuten eragindako eremu haren inguruko txosten geoteknikoa. Bertan daude jasota egindako zundaketa-lanak eta eragindako mendi-hegalaren egoera. 52,835 KP-en beste inklinometro bat jarri zen, eta 9,00 m-ko sakoneran mugimendu handiak detektatu ziren.

Lurraren portaera ezberdineko bereizitako bi eremu zehaztu ziren.

**Egitura-larakoen pantailaren exekuzioa  
Iarrialdiko obra gisa gauzatu zen, 2024ko  
abenduan gertatu zen irristatzearen ondoren.  
Proiektu honen helburua bigarren zona  
egonkortzea da.**

ANTECEDENTES

La Carretera GI-2120 de Estella a Beasain por Lizarrusti entre los PK 52,825 y 53,000, presenta desde hace años diferentes patologías ligadas directamente a deslizamientos de ladera que atraviesan la carretera.

En las sucesivas inspecciones se indicaba la existencia de inestabilidades y deslizamientos de tipo rotacionales.

Destacan varias fisuras en el firme actual y la existencia de varias reparaciones (reasfaltado) lo que da una idea de las diferentes deformaciones sufridas a lo largo del tiempo.

Se catalogan los movimientos como roturas frágiles de la plataforma de la propia carretera situada en los PK 52,825 y 53,000, aunque se indica que el relleno del vial se apoya sobre un suelo previamente movilizado.

La verificación de la existencia de una masa activa de suelo realizó por medio de dos inclinómetros instalados en los PK 52,970 y 53,005, cuyas lecturas detectaron movimientos en ambos instrumentos.

En mayo de 2022 se realizó un informe geotécnico de la zona afectada. En él, se detallan los sondeos realizados y el estado en el que se encuentra la ladera afectada. Se instaló un nuevo inclinómetro en el PK 52,835, en el que se detectan importantes movimientos a 9,00 m de profundidad.

Se distinguen dos zonas diferenciadas con distintos comportamientos del terreno.

**Sobre una de ellas se ha actuado de carácter de emergencia ejecutando una pantalla de pasadores estructurales tras el deslizamiento ocurrido en diciembre de 2024.**

**El objeto del presente proyecto es la estabilización de la segunda zona.**



## PROIEKTUAREN DESKRIBAPENA

Hurrengo irtenbidea proposatu da eragindako mendi-hegalaren egonkortasuna ziurtatzeko.

- Ainguraketen lerroa duen mikropiloteen horma. Hasierako KP 52,927; amaierako KP 53,002.

Tartearen egonkortasuna bermatzeko egin beharreko egitura 75 metrotan ainguratutako mikropiloteen pantaila bat egitea da. Horrek bereizitako bi azpitarte izango ditu:

- Mikropilotezko horma, lehendik dagoen masan hormigoizko horman ainguratutako ilara batekin. Hasierako KP 52,927; amaierako KP 52,960.
- Ainguratutako mikropiloteen pantaila Hasierako KP 52,960; amaierako KP 53,002.

Gaur egun, masa ezegonkorra egonkortzen laguntzen duen masa-hormigoizko horma bat dago, lurzoru kolubialean zimendatuta dagoen arren. Hori dela eta, mikropiloteekin horma berriz kalkulatu eta ainguraketa-ilara baten bidez ainguratuko da.

Horma horrek Ø225 mm-ko zulaketa-diametroa izango luke eta arroka osasuntsuan sartuta egongo litzateke (GM II) gutxienez 3,00 m. Elementu horien ardatzen tarteko tarteak 0,50 m-koak da eta hoditeria metalikoaren diametroa 139,70 mm-koak izango da, eta lodiera 9,00 mm-koak. Aurrez ikusitako altzairu mota N-80 /  $f_{yk}$  = 560 MPa-koak da eta morteroaren erresistentzia bereizgarria  $f_{ck}$ =30MPa-koak izango da.

Azpi-berritze gisa mikropiloteak egin ostean, ainguraketen ilara egingo da bertako lan-plataformatik.

Ainguratze-lerroa Ø32mm-ko barra trinkoen bidez egingo da eta arrokako erraboilaren gutxieneko luzera 4,00 m-koak eta aldagai librekoia izango da (dena den, 16,50 m-an kalkulatu da). Ainguratze horien arteko tartekoa 2,50 m-koak izango da horizontalean,  $\approx 30^\circ$ -ko zulatze-angeluarekin, eta zulatze-diametroa, aldiz,  $\varnothing_p=105$  mm-koak izango da. 150kN-ko tenkatzea planteatu da. Ainguratze-ilarak hormigoi armatuzko banaketa-habe batzuetan instalatuko dira.

Inkolanen egindako kontsultaren bidez egiaztatua da ez dagoela zerbitzu-sarerik obren eremuan eta, beraz, ez da inolako eraginik espero eremuan.

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Se propone la siguiente solución para asegurar la estabilidad de la ladera afectada.

- Muro de micropilotes con una fila de anclajes. PK inicio 52,927 PK final 53,002.

La estructura a ejecutar para garantizar la estabilidad del tramo consiste en la ejecución de una pantalla de micropilotes anclada a lo largo de 75 metros, con dos subtramos diferenciados:

- Muro de micropilotes con una fila de anclajes en muro de hormigón en masa existente. PK inicio 52,927 PK final 52,960.
- Pantalla de micropilotes anclada. PK inicio 52,960 PK final 53,002.

Actualmente existe un muro de hormigón en masa que contribuye en cierta manera a la estabilización de la masa inestable, aunque se encuentra cimentado en el suelo coluvial. Por ello se realizará un recalce del muro con los micropilotes y se anclará mediante una fila de anclajes.

Este muro estaría formado por un diámetro de perforación de Ø225mm y empotrado en roca sana (GM II) un mínimo de 3,00 m. La separación entre ejes de estos elementos es de 0,50 m y la tubería metálica tendrá un diámetro de 139,70 mm, con un espesor de 9,00 mm. El acero previsto es tipo N-80 /  $f_{yk}$  = 560 MPa y la resistencia característica del mortero será de  $f_{ck}$ =30MPa.

Una vez ejecutados los micropilotes a modo de recalce se ejecutará la fila de anclajes desde la propia plataforma de trabajo existente.

La fila de anclajes será de barras macizas de Ø32mm y una longitud mínima de bulbo en roca de 4,00 m y libre variable (aunque se ha estimado en 16,50 m). Estos anclajes se han espaciado 2,50 m en horizontal con un ángulo de perforación  $\approx 30^\circ$  y el diámetro de perforación será de  $\varnothing_p=105$  mm. Se plantea un tesado de 150kN. Las filas de anclaje se instalarán en unas vigas de reparto formadas por hormigón armado.

Se ha comprobado mediante consulta en Inkolan que no existen redes de servicios que discurren en la zona de obras, por lo que no se espera ninguna afección en el área.



Jarduketatik hurbilen dagoen erraileko zoladura osoa eta gainerako zatiko errodaduraren gainazaleko geruza berriz jarriko dira. Halaber, balizamendua eta tarteko hesiak birjartzen dira. Gainera, kaltetutako eremuan zuhaitz-ale berriak landatzen dira.

Amaitzeko, inklinometro bat eta 50 kN tarteko manometrodun hiru karga-zelula hidrauliko instalatu beharko dira.

Se repone el pavimento completo del carril más cercano a la actuación y la capa superficial de rodadura del resto del tramo. También se repone el balizamiento y barreras del tramo. Además, en la zona afectada se realiza la plantación de nuevos ejemplares de árboles.

Por último, se deberá instalar un inclinómetro y tres células de carga hidráulicas con manómetro rango 50 kN.

## AURREKONTUA

Proiektu honetako 4. dokumentuan, hirugarren kapituluan, zehatz-mehatz jasota dago obra guztien exekuzio materialaren aurrekontua 601.895,28 €-koa dela, eta lan horiek kontrata bidez egiteko aurrekontua, aldiz, 866.669,02 €-koa.

## PRESUPUESTO

Se determina con todo detalle en el Documento nº 4 del presente proyecto, según se indica en el capítulo tercero, el presupuesto de ejecución material de todas las obras asciende a 601.895,28 € y el de ejecución por contrata de las mismas a 866.669,02 €.

## EXEKUZIO EPEA ETA BERMEA

Orientazio gisa, obrak egiteko epea LAU HILABETEKOA izango da. Dena den, Baldintza Teknikoen Agirian ohartarazten den moduan, hori guztia informazio orientagarria da, behin betiko epea kontratarentzat oinarri bihurtuko den Administrazio Klausula Berezien Agirian jasota dagoena izango baita.

A modo de orientación se establece como plazo de ejecución de las obras el de CUATRO MESES, si bien, como ya se advierte en el Pliego de Prescripciones Técnicas es una información orientadora, pues el plazo de definitivo será el que se determine en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares que sirva de base a la contrata.

Berme-aldia URTEBETEKOA (1) izango da.

El plazo de garantía será de UN (1) AÑO.

## KONTRATISTAREN SAILKAPENA

Sektore Publikoko Kontratuei buruzko 2017ko azaroaren 8ko 9/2017 Legeak eta 2001eko urriaren 12ko 1098/2001 Errege Dekretuaren bidez onartutako Herri Administrazioen Kontratuen Legearen Araudi Orokorrak xedatutakoa betez, kontratistari sailkapen hau eskatzea proposatu da:

## CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

K taldea: Berezia  
2. azpitaldea: Zundaketak, injekzioak eta pilotajeak  
Kategoria: c / 3

De acuerdo con la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público y el Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre de 2001, se propone la siguiente clasificación a exigir al Contratista:

Grupo K: Especiales  
Subgrupo 2: Sondeos, inyecciones y pilotajes  
Categoría: c / 3

## PROIEKTUA OSATZEN DUTEN AGIRIAK

## DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PRESENTE PROYECTO



**1. AGIRIA - MEMORIA**

1. ERANSKINA – TXOSTEN GEOTEKNIKOA
2. ERANSKINA – ERAGINAK TRAFIKOAN
3. ERANSKINA – OBRA PLANA
4. ERANSKINA – ERAKITZE ETA ERAISTE HONDAKINEN KUDEAKETA
5. ERANSKINA – SEGURTASUN ETA OSASUNEKO AZTERLANA
6. ERANSKINA – INGURUMEN AZTERKETA
7. ERANSKINA – LURRAK OKUPATZEA
8. ERANSKINA – PREZIOEN JUSTIFIKAZIOA

**DOCUMENTO Nº 1 – MEMORIA**

- ANEJO Nº 1 – INFORME GEOTÉCNICO
- ANEJO Nº 2 – AFECCIONES AL TRÁFICO
- ANEJO Nº 3 – PLAN DE OBRA
- ANEJO Nº 4 – GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN
- ANEJO Nº 5 – ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD
- ANEJO Nº 6 – ESTUDIO AMBIENTAL
- ANEJO Nº 7 – OCUPACIÓN DE TERRENOS
- ANEJO Nº 8 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

**2. AGIRIA – PLANOAK**

**DOCUMENTO Nº 2 – PLANOS**



**INFORME GEOTÉCNICO  
CARRETERA GI-2120 "DE ESTELLA A BEASAIN  
POR LIZARRUSTI".  
TRAMO: P.K. 52,825 – 53,000**

**MAYO 2022**



**■ ÍNDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO .....</b>	<b>1</b>
1.1. INFORMACIÓN UTILIZADA .....	2
<b>2. EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
<b>4. MARCO GEOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
4.1. ENCUADRE GEOLÓGICO GLOBAL.....	8
4.2. GEOMORFOLOGÍA .....	9
4.3. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA .....	9
4.4. ESTRATIGRAFÍA .....	9
4.4.1. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA LOCAL .....	11
4.5. HIDROLOGÍA.....	11
4.6. FORMACIONES AFECTADAS .....	11
4.6.1. COMPLEJO URGONIANO (CRETÁCICO INFERIOR).....	12
4.6.2. CUATERNARIO.....	13
<b>5. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA .....</b>	<b>15</b>
5.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO .....	15
5.1.1. INTRODUCCIÓN .....	15
5.1.2. SONDEOS GEOTÉCNICO MECÁNICO A ROTACIÓN (ABRIL 2022).....	16
5.1.3. NIVELES DE AGUA MEDIDOS EN SONDEOS .....	19
5.1.4. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	19
<b>6. CARACTERIZACIÓN GEOTECNICA DE LOS MATERIALES .....</b>	<b>22</b>
6.1. INTRODUCCIÓN .....	22
6.2. NIVEL 1. RELLENOS ANTRÓPICOS [Q <sub>R</sub> ] .....	24
6.2.1. LITOLOGÍA .....	24
6.2.2. IDENTIFICACIÓN Y ESTADO .....	25
6.2.3. ENSAYOS QUÍMICOS .....	25
6.2.4. RESISTENCIA Y RIGIDEZ .....	25
6.2.5. DISCUSIÓN .....	25
6.3. NIVEL 2.: SUELO COLUVIO-ELUVIAL (MASA DESLIZADA) [Q <sub>C</sub> ] .....	26
6.3.1. LITOLOGÍA .....	26
6.3.2. IDENTIFICACIÓN Y ESTADO .....	27
6.3.3. ENSAYOS QUÍMICOS .....	29
6.3.4. RESISTENCIA Y RIGIDEZ .....	29
6.3.5. DISCUSIÓN .....	31
6.4. NIVEL 3 SUELO ELUVIAL [Q <sub>E</sub> ] .....	32
6.4.1. LITOLOGÍA .....	32
6.5. NIVEL 4. SUSTRATO ROCOSO. CRETÁCICO SUPERIOR [R] .....	32
6.5.1. LITOLOGÍA .....	32
6.5.2. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	34
<b>7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....</b>	<b>37</b>

## ■ ÍNDICE

7.1. METODOLOGIA.....	37
7.2. RECOPILACION INFORMACIÓN PREVIA .....	38
7.3. ANALISIS DE DATOS.....	38
7.4. DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO .....	38
7.5. MODELIZACION .....	41
7.5.1. INTRODUCCION .....	41
7.5.2. BACK-ANALYSIS.....	41
7.5.3. RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD Y PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DE CALCULO.....	46
<b>8. ESTRATEGIAS DE REMEDIACION .....</b>	<b>49</b>
8.1. INTRODUCCIÓN.....	49
8.2. SOLUCIÓN MEDIANTE PASADORES .....	49
8.2.1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....	49
8.2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	50
8.2.3. NORMATIVA UTILIZADA .....	52
8.2.4. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES .....	52
8.2.5. NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD .....	53
8.2.6. COEFICIENTES DE SEGURIDAD .....	53
8.2.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS.....	55
8.3. SOLUCIÓN MEDIANTE PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA.....	67
8.3.1. PROCESO CONSTRUCTIVO .....	67
8.3.2. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS.....	68
8.4. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL.....	79
8.4.1. NORMATIVA UTILIZADA .....	79
8.4.2. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES .....	79
8.4.3. NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD .....	80
8.4.4. COEFICIENTES DE SEGURIDAD .....	80
<b>9. ANÁLISIS INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA EXISTENTE EN LA GI-2120 .....</b>	<b>102</b>
9.1. P.K. 52+970: INCLINÓMETRO IN-17-3.....	102
9.1.1. INCLINÓMETRO IN-17-3 .....	102
9.2. P.K. 53+000: INCLINÓMETRO IN-17-4.....	103
9.2.1. INCLINÓMETRO IN-17-4 .....	103
<b>10. PROPUESTA DE AUSCULTACIÓN PARA LA ACTUACIÓN DISEÑADA EN EL TRAMO ESTUDIADO (PK 52,825 – 53,000).....</b>	<b>104</b>
<b>11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>

## PLANOS

- PLANO 1. SITUACIÓN SOBRE ORTOFOTO. ESCALA 1:2.500 (A1)  
PLANO 2. PLANTA GENERAL (MDT). ESCALA 1:2.000 (A1)  
PLANO 3. MARCO GEOLÓGICO EVE. ESCALA 1:10.000 (A1)

## ■ ÍNDICE

- PLANO 4. TAQUIMÉTRICO. ESCALA 1:250 (A1)
- PLANO 5. SITUACIÓN SONDEOS SOBRE ORTOFOTO. ESCALA 1:500 (A1)
- PLANO 6. SITUACIÓN SONDEOS. ESCALA 1:500 (A1)
- PLANO 7. PLANTA GEOLÓGICA DE DETALLE. ESCALA 1:500 (A1). 2 HOJAS
- PLANO 8. PERFILES GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS. PLANTA. ESCALA 1:500 (A1)
- PLANO 9. PERFILES GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS. ESCALA 1:200 (A1). 3 HOJAS
- PLANO 10. ACTUACION PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA Y MICROPILOTES PASADORES. DIFERENTES ESCALAS (A1). 4 HOJAS

## APÉNDICES

- APÉNDICE 1. REGISTROS DE LOS SONDEOS

- APÉNDICE 2. ENSAYOS DE LABORATORIO
  - APÉNDICE 2.1. RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO
  - APÉNDICE 2.2. RESULTADOS ACTAS ENSAYOS DE LABORATORIO

- APÉNDICE 3. SALIDAS GRÁFICAS CÁLCULOS (OUTPUTS)

- APÉNDICE 3.1 ELEMENTOS FINITOS (PLAXIS 2D)
  - APÉNDICE 3.2 COMPROBACIONES ESTRUCTURALES

## ■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas sondeo ejecutado en abril de 2022. ....	16
Tabla 2. Ensayos tipo SPT ejecutados .....	17
Tabla 3. Relación de muestras tomadas en los sondeos. ....	19
Tabla 4. Medición de nivel de agua.....	19
Tabla 5. Ensayos de laboratorio realizados. ....	20
Tabla 6. Número de ensayos de laboratorio realizados.....	20
Tabla 7. Resumen de los ensayos de laboratorio realizados .....	21
Tabla 8. Descripción de los distintos niveles geológicos en la zona de estudio.....	22
Tabla 9. Espesores de relleno en cada una de las investigaciones. ....	24
Tabla 10. Parámetros característicos de la unidad [QR]. ....	26
Tabla 11. Espesores de relleno en cada una de las investigaciones. ....	26
Tabla 12. Identificación y caracterización en la unidad [Qc]. ....	27
Tabla 13 Ensayos $N_{SPT}$ realizados en la unidad [Qc].....	30
Tabla 14 Relación entre el $N_{SPT}$ , consistencia y valor de resistencia al corte sin drenaje.....	30
Tabla 15. Parámetros obtenidos a través ensayos de corte directo UU.....	30
Tabla 16. Parámetros característicos de la unidad [Qc] .....	32
Tabla 17. Profundidad de detección de la roca [R]. ....	33

## ■ ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 18 Profundidad de detección de la roca [R]. .....	34
Tabla 19. Parámetros para el sustrato rocoso sano, GM-II / GM-I. ....	35
Tabla 20. Tabla resumen factores de seguridad en cálculos de elementos finitos. ....	47
Tabla 21. Cuadro resumen con los parámetros geotécnicos de los suelos deducidos y utilizados en los cálculos. ....	48
Tabla 22. Cuadro resumen con los parámetros geotécnicos del sustrato rocoso deducidos y utilizados en los cálculos. ....	48

## ■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista actual del vial, con evidentes grietas en el firme .....	1
Figura 2. Vista de una zona de muros de escollera/mampostería en la zona de desmonte del vial. ....	2
Figura 3. Vista general al inicio del tramo del estado del vial (PK ~53+000).....	2
Figura 4. Vista aérea del área de estudio.....	4
Figura 5. MDT de la zona de estudio. ....	5
Figura 6. Aspecto deformado del vial.....	6
Figura 7. Fisuras a lo largo del tramo de estudio .....	7
Figura 8. Piel de escollera ejecutada en el tramo final.....	7
Figura 9. Muro de mampostería ubicado en el pie del desmonte.....	8
Figura 10. Izquierda: Mapa geológico de situación. Derecha: Esquema geológico de la zona estudiada, 1:100.000 (EVE HOJA 114-I Ataun).....	9
Figura 11. Leyenda geológica EVE. (Hoja 114-I Ataun).....	10
Figura 12. Leyenda geológica .....	11
Figura 13. Planta geológica de la zona de estudio.....	12
Figura 14. Aspecto de la serie de margocalizas del complejo Urgoniano. ....	13
Figura 15. Aspecto del coluvial entre los 7,80 y 10,55 m de profundidad (Caja 4 del S-1).....	14
Figura 16. Aspecto del coluvial entre los 4,8 y 5,4 m de profundidad (Caja 2 del S-2) .....	14
Figura 17. Aspecto de los rellenos antrópicos en el sondeo realizado para el presente informe (caja 1 del S-2).....	15
Figura 18. Idealización de ensayo SPT (UNE 103800-92).....	17
Figura 19. Perfil geológico-geotécnico trasversal PK 52,830 .....	23
Figura 20. geológico-geotécnico trasversal PK 52,930 .....	23
Figura 21. Leyenda geológica-geotécnica del perfil de detalle.....	24
Figura 22. Rellenos en S-1, (imagen izquierda 0,0-2,3m) / y en S-2 (imagen derecha 0,0-2,80 m).....	25
Figura 23. Suelos coluvio-eluviales del S-1 (imagen izquierda 5,4 - 7,8m) y del S-2 (imagen derecha 5,4 - 8,9m).....	27
Figura 24. Análisis granulométrico de los coluviales [Q <sub>c</sub> ].....	28

## ■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 25. Carta de plasticidad de la fracción fina en los suelos coluviales [Qc].....	28
Figura 26. Análisis granulométrico de los coluviales [Qc] .....	29
Figura 27. Carta de plasticidad de la fracción fina en los suelos coluviales [Qc].....	29
Figura 28. Investigación S-2 (8,9m a 9,4m) [Qe].....	32
Figura 29. Izquierda Investigación S-1, roca de 10,9m a ,14,1m [R]. Derecha S-2 roca de roca de 9,4m a ,15,1m [R].....	33
Figura 30. Sustrato rocoso ligeramente alterado en el talud del vial actual (fuera del ámbito de actuación) .....	34
Figura 31. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a compresión simple (modificado de Vallejo et al., 2002). .....	34
Figura 32. Criterio de rotura de Hoek-Brown y envolvente de Mohr-Coulomb .....	36
Figura 33. Diagrama de trabajo en el análisis de estabilidad. .....	37
Figura 34. Imágenes del estado actual del vial hacia PKs crecientes. ....	39
Figura 35. Estado actual del espaldón del relleno.....	39
Figura 36. Estado actual de la plataforma viaria.....	40
Figura 37. Posible mecanismo de inestabilidad.....	40
Figura 38. Planta de ubicación de las secciones estudiadas .....	42
Figura 39. Sección transversal 1 analizada.....	43
Figura 40. Sección transversal 2 analizada.....	43
Figura 41. Sección transversal 1 .....	44
Figura 42. Sección trasversal 1. Arriba incremento de tensiones desviadoras. Abajo deformaciones totales. ....	45
Figura 43. Sección transversal 2 .....	45
Figura 44. Sección trasversal 2. Arriba incremento de tensiones desviadoras. Abajo deformaciones totales. ....	46
Figura 45. Esquema de trabajo de una estabilización mediante micropilotes .....	50
Figura 46. Perfil de los pasadores en el talud.....	51
Figura 47. Croquis planta de la viga de encepado .....	51
Figura 48. Vista en planta de la pantalla de micropilotes .....	52
Figura 49. Factores de simultaneidad registrados en IAP-11.....	55
Figura 50. Datos de entrada para los micropilotes simulados como elementos "Plate" .....	57
Figura 51. Sección 1 analizada mediante elementos finitos.....	58
Figura 52. Sección 1 analizada mediante elementos finitos.....	58
Figura 53. Salida grafica de la fase [1] SECCION 1.....	59
Figura 54. Circulo de rotura pésimo en condiciones actuales SECCION 1.....	60
Figura 55. Malla deformada, estado actual. SECCION 1. ....	60
Figura 56. Deformaciones totales en la fase de ejecución de los micropilotes SECCION 1. ....	61
Figura 57. Deformaciones totales en la fase de ejecución de los micropilotes SECCION 1. ....	61
Figura 58. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase de subida de nivel freático SECCION 1.....	62
Figura 59. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase de subida de nivel freático SECCION 1.....	62

## ■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 60. Envolvente de axiles máximos. Fila 1. SECCION 1.....	63
Figura 61. Envolvente de axiles máximos. Fila 2. SECCION 1.....	63
Figura 62. Envolvente de cortantes máximos. Fila 1. SECCION 1. ....	64
Figura 63. Envolvente de cortantes máximos. Fila 2. SECCION 2. ....	64
Figura 64. Envolvente de momentos máximos. Fila 1. SECCION 1. ....	65
Figura 65. Envolvente de momentos máximos. Fila 2. SECCION 1. ....	65
Figura 66. Fase final factor de seguridad mínimo $FS=1,022$ SECCION 1. ....	66
Figura 67. Vista en planta de la pantalla de micropilotes. ....	68
Figura 68. Datos de entrada muro de micropilotes. ....	70
Figura 69. Datos de entrada longitud libre anclajes de barra.....	70
Figura 70. Datos de entrada bulbo anclajes de torones (izquierda) y anclajes de barra (derecha).....	71
Figura 71. Sección 2 analizada mediante elementos finitos.....	72
Figura 72. Salida grafica de la fase [1].....	73
Figura 73. Salida grafica de la fase [4].....	73
Figura 74. Rotura del muro en condiciones actuales .....	74
Figura 75. Deformaciones totales en la fase de fase [4] .....	74
Figura 76. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase [4] .....	75
Figura 77. Envolvente de axiles máximos fase [4] .....	75
Figura 78. Envolvente de cortantes máximos fase [4].....	76
Figura 79. Envolvente de momentos máximos fase [4].....	76
Figura 80. Máximos esfuerzos en anclajes. ....	77
Figura 81. Tensiones efectivas horizontales .....	77
Figura 82. Fase final de excavación factor de seguridad mínimo $FS=1,142$ .....	78
Figura 83. Factores de simultaneidad registrados en IAP-11.....	81
Figura 84. Desplazamiento máximo (12 mm).....	82
Figura 85. Compresión máxima (119,9 kN/m).....	83
Figura 86. Cortante máximo (33,51 kN/m). ....	83
Figura 87. Flexión máxima (18,53 kN/m) .....	84
Figura 88. Comprobación estructural micropilotes (I).....	85
Figura 89. Comprobación estructural micropilotes (II).....	86
Figura 90. Comprobación anclajes.....	87
Figura 91. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (I). ....	88
Figura 92. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (II). ....	89
Figura 93. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (I). ....	90
Figura 94. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (II). ....	91
Figura 95. Comprobación estructural micropilotes (I).....	93

## ■ ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 96. Comprobación estructural micropilotes (II).....	94
Figura 97. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (I).....	96
Figura 98. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (II).....	97
Figura 99. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (I).....	98
Figura 100. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (II).....	99
Figura 101. Comprobación cortante viga atado (I). .....	100
Figura 102. Comprobación cortante viga atado (II). .....	101
Figura 103. Desplazamientos horizontales acumulativos en los ejes A y B del inclinómetro IN-17-3 entre abril de 2017 y noviembre de 2021.....	102
Figura 104. Desplazamientos horizontales acumulativos en los ejes A y B del inclinómetro IN-17-3 entre abril de 2017 y noviembre de 2021.....	103



## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

El presente informe se realiza por petición del DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA, con el objetivo de estudiar las patologías detectadas en un tramo del vial perteneciente a la carretera GI-2120, cerca del municipio de Ataun, en dirección puerto de Lizarrusti.

Específicamente se trata de una zona localizada entre los p.k. 52,825 y 53,000 de la carretera GI-2120, que discurre de Estella a Beasain por el puerto de Lizaristi. Por lo tanto, la zona de actuación pertenece a un tramo de 175m de longitud. Es visible el estado de deterioro de la capa de rodadura del firme, que ha sido reparada en varias ocasiones, y también son evidentes las deformaciones verticales y horizontales a lo largo de todo el tramo. Estas deformaciones y grietas en el firme son más evidentes en la zona inicial, más cercana al K 52+825.

Así mismo existe un muro de hormigón en masa de entre 2,0-3,0 m de altura ubicado en a unos 9,0m ladera abajo respecto al vial. Este muro de contención no se encuentra a lo largo de todo el tramo, sino que se encuentra entre los PKs 52+930 y 52+967 aproximadamente, por lo tanto, tiene una longitud de 37m. Tiene como función, la de contener los empujes de los suelos (rellenos de viales y suelos coluviales) si bien en campo no se ha podido verificar su estado debido a la abundante vegetación que existe. Además, a lo largo del vial en la zona de desmonte existe varias estructuras de contención, como escolleras o piles de escollera y muros de mampostería. En muchos casos se encuentran claramente deformados y/o deteriorados.

Las siguientes fotografías dan cuenta de estas patologías:



Figura 1. Vista actual del vial, con evidentes grietas en el firme



Figura 2. Vista de una zona de muros de escollera/mampostería en la zona de desmonte del vial.



Figura 3. Vista general al inicio del tramo del estado del vial (PK ~53+000).

Estas patologías están claramente vinculadas a los deslizamientos de ladera que atraviesan la carretera GI-2120 a lo largo varios tramos en el puerto de Lizarrusti, en la zona sur de la sierra de Aralar. Estos deslizamientos se encuentran activos especialmente tras intensos periodos de precipitaciones, lo que da lugar a los movimientos detectados.

El objetivo del presente informe es en primer lugar realizar un adecuado diagnóstico de la problemática existente, mediante un reconocimiento de campo y la consulta de la información previa existente (Ficha de evaluación de riesgos en el puerto de Lizarrusti. Noviembre 2013), para así aportar una solución geotécnica debidamente contrastada, que mitigue el riesgo de deslizamiento actual.

### 1.1. INFORMACIÓN UTILIZADA

La información facilitada por la Diputación Foral de Gipuzkoa, de estudios previos, ha sido la siguiente:

- /1/ Evaluación y gestión integrada de riesgos geotécnicos en la red de carreteras de la diputación foral de Gipuzkoa. **PdR C1D-GI-2120 PK 52,890 A PK 53,000 - Puerto de Lizarrusti. LKS-IKERLUR.** Noviembre de 2013.

Adicionalmente se ha considerado la información relativa a la red de instrumentación que posee la Diputación Foral de Gipuzkoa en la red de carreteras:

- /2/ Implementación y control de la instrumentación geotecnica de la red de carreteras de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Eptisa ingeniería.

Como fuentes de información complementarias a las que se generarán tras la realización de la campaña de reconocimientos de campo para el presente estudio, se ha consultado además la información geológico-geotécnica contenida en los siguientes documentos:

- Mapa Geológico del País Vasco, a escala y 1:100.000, del EVE.
- Mapa hidrogeológico del País Vasco, a escala 1:100.000, del EVE.
- Mapa geológico del País Vasco, a escala 1: 25.000 (Edición digital en CD-ROM).
- Mapa Geológico del País Vasco a escala 1:25.000 del EVE, Hoja 114-I (Ataun).

Además, se ha utilizado otro tipo de información geotécnica, que se indica a continuación:

- "Ingeniería geológica" (Luis I. González de Vallejo, 2002).
- Guía de cimentaciones en obras de carreteras, editada por el Ministerio de Fomento con fecha de 2002.
- CTE – SE – C. Seguridad Estructural Cimentaciones, marzo 2006.
- Guía para el Proyecto y la Ejecución de Micropilotes en obras de Carreteras, editada por el Ministerio de Fomento con fecha de 2005.

## 2. EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN.

La zona objeto de estudio se ubica al Oeste de la localidad de Ataun, en la GI-2120 que discurre por la ladera de la margen derecha cerca del arroyo de Agauntza. Entre los p.k. 52,825 y 53,000 se han detectado varios indicios de inestabilidad y deformaciones como fisuras en la capa de rodadura y hundimiento del vial en todo el tramo de estudio y deformaciones en los muros existentes.

Estas evidencias se asocian al movimiento de tipo rotacional en suelos de origen coluvial por debajo del relleno antrópico de la carretera actual. Estos suelos deslizados se apoyan sobre un sustrato de roca ligeramente meteorizado y localmente fracturado.

El análisis de estos síntomas y su remediación se estudian en apartados posteriores del presente informe.



Figura 4. Vista aérea del área de estudio.

En la siguiente figura se muestra la situación de la zona de estudio, con un Modelo Digital del Terreno (MDT) con curvas de nivel cada 0,50 m.

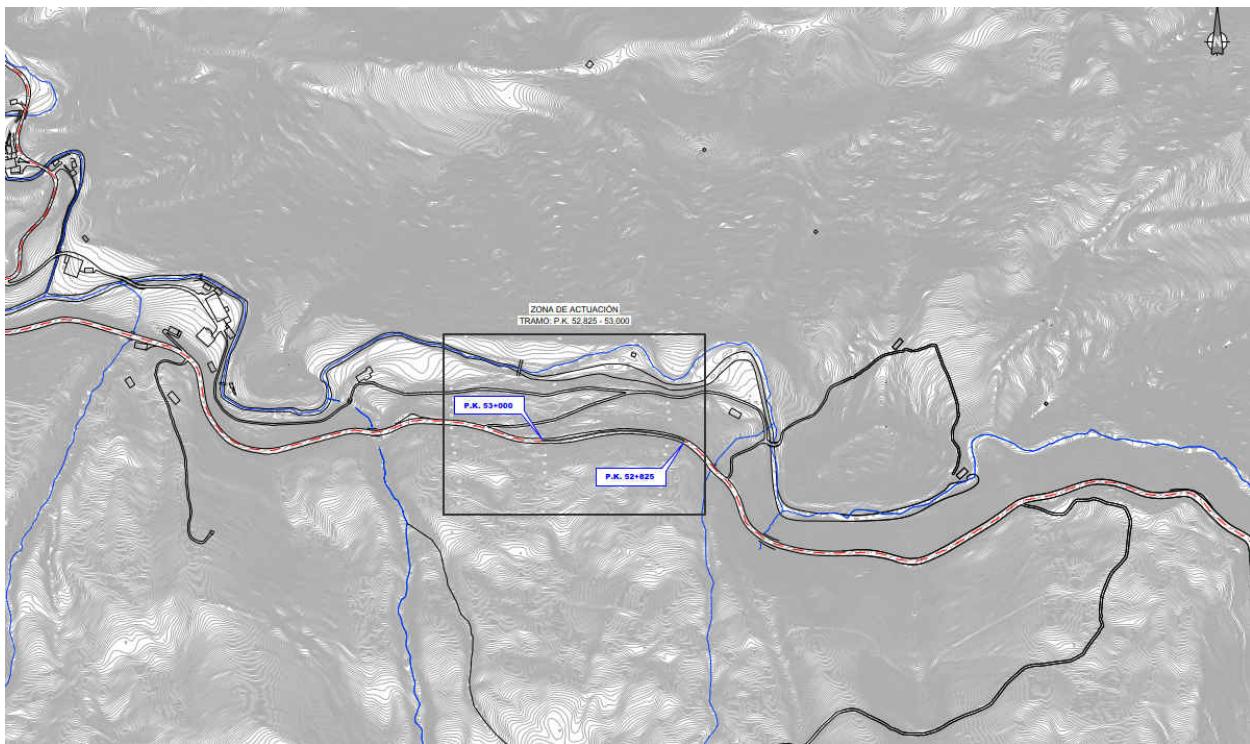


Figura 5. MDT de la zona de estudio.

Entre los P.K. de estudio mencionados se observan una serie de patologías, en forma de fisuras, grietas y un evidente hundimiento de la plataforma viaria a lo largo de todo el desarrollo del deslizamiento. Adicionalmente, existen una serie de patologías en los muros de mampostería o pieles de escollera ubicados en el lado del desmonte del vial.

Estos indicios se llevan observando desde hace tiempo, lo que ha motivado diversos estudios y actuaciones por parte de la Diputación Foral de Gipuzkoa, como las reparaciones de la capa de rodadura. Según la información indicada por el documento /1/ la frecuencia de reparaciones del firme en este punto es cada 5 años.

Se trata de un deslizamiento en una zona de complejidad estructural, que afecta a gran parte de la ladera, discurriendo la carretera por la parte baja del deslizamiento.

En el apartado 7.4 del presente Informe, se analiza con más detalle este deslizamiento.

### 3. ANTECEDENTES

El vial objeto de estudio presenta desde hace tiempo años indicios de movimientos. En el documento de inspecciones /1/ se indicaba la existencia de inestabilidades y deslizamientos tipo rotacionales).

Este documento cataloga los movimientos como roturas frágiles de la plataforma de la propia carretera situada en los P.K. 52+825 y 53+000, aunque se indica que el relleno del vial se apoya sobre un suelo previamente movilizado, como es el caso de los úsos coluviales.

La verificación de la existencia de una masa activa de suelo realizó por medio de dos inclinómetros instalados en los PK 52+970 y 53+005. Según las lecturas del documento /2/ se detectaron movimientos en ambos instrumentos. Las lecturas se realizaron desde abril de 2017 hasta noviembre de 2021, donde se ve claramente un movimiento horizontal en sentido A<sub>0</sub> [+], es decir aguas abajo a 6,0 m (IN-17-3) Y 5,5 M (in-17-4) de profundidad y una magnitud acumulada máxima de 33,5mm.



Figura 6. Aspecto deformado del vial.

Destacan varias fisuras en el firme actual y la existencia de varias reparaciones (reasfaltado) lo que da una idea de las diferentes deformaciones sufridas a lo largo del tiempo.





Figura 7. Fisuras a lo largo del tramo de estudio

De la misma manera, los movimientos se pueden comprobar en los muros de mampostería y pieles de escollera que se han ejecutado en el lado del desmonte del vial.

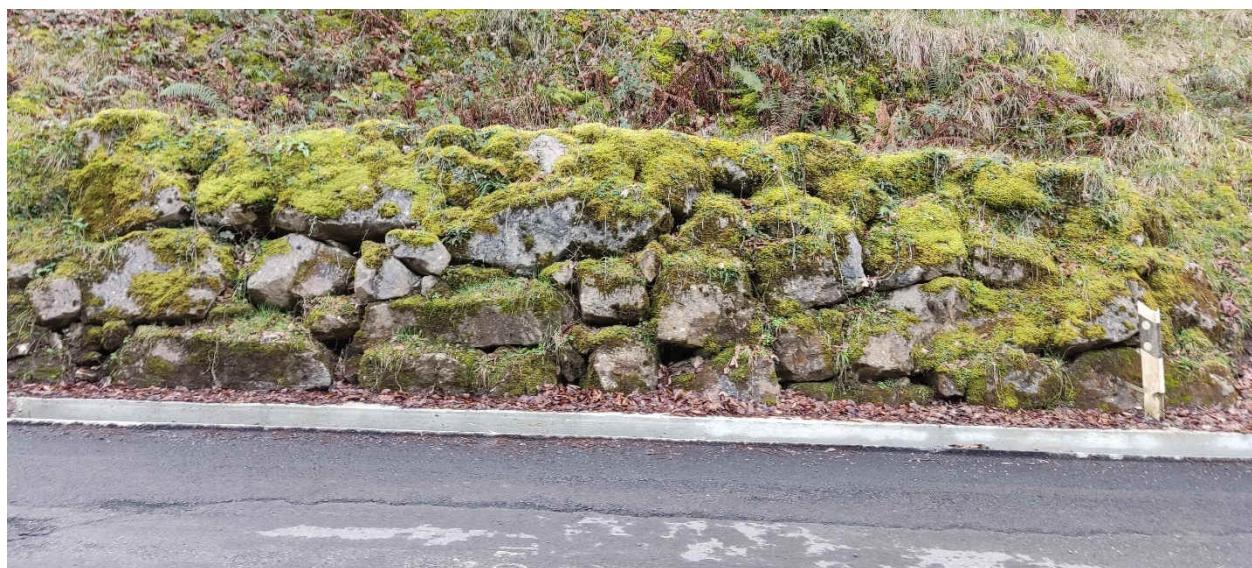


Figura 8. Piel de escollera ejecutada en el tramo final



Figura 9. Muro de mampostería ubicado en el pie del desmonte.

Tal y como se ha comprobado en campo existe una piel de escollera al pie del talud con una altura de 1,5m entre los PK~52+916 – 52+922. Además, entre os PKs ~52+870 – 52+916 existe un muro de mampostería al pie del desmonte.

En la zona aguas abajo, existe un muro de hormigón en masa de 2-3m de altura, desde PKs ~52+930 y 53+967, si bien no se ha podido comprobar su existencia en campo debido a la cantidad de vegetación y la maleza presente en la zona.

## 4. MARCO GEOLÓGICO

### 4.1. ENCUADRE GEOLÓGICO GLOBAL

Desde un punto de vista geológico regional, esta zona se encuentra en la terminación occidental de los Pirineos dentro de la cuenca Vasco-Cantábrica y más concretamente, en la zona donde se produce un cambio notable de las directrices regionales. Esto es, la zona conocida como Arco Vasco. El área objeto de estudio se sitúa geológicamente en las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la Cuenca Vasco-Cantábrica, en el denominado Arco Vasco. Los materiales aflorantes en la zona están comprendidos (exceptuando el Cuaternario) entre el Paleozoico, muy escasamente representado, y el Cretácico Superior (Campaniense).

Toda la serie de litologías representadas en la zona está afectada fundamentalmente por una o varias fases de plegamiento de edad terciaria (post-eocena), es decir, la Orogenia Alpina.

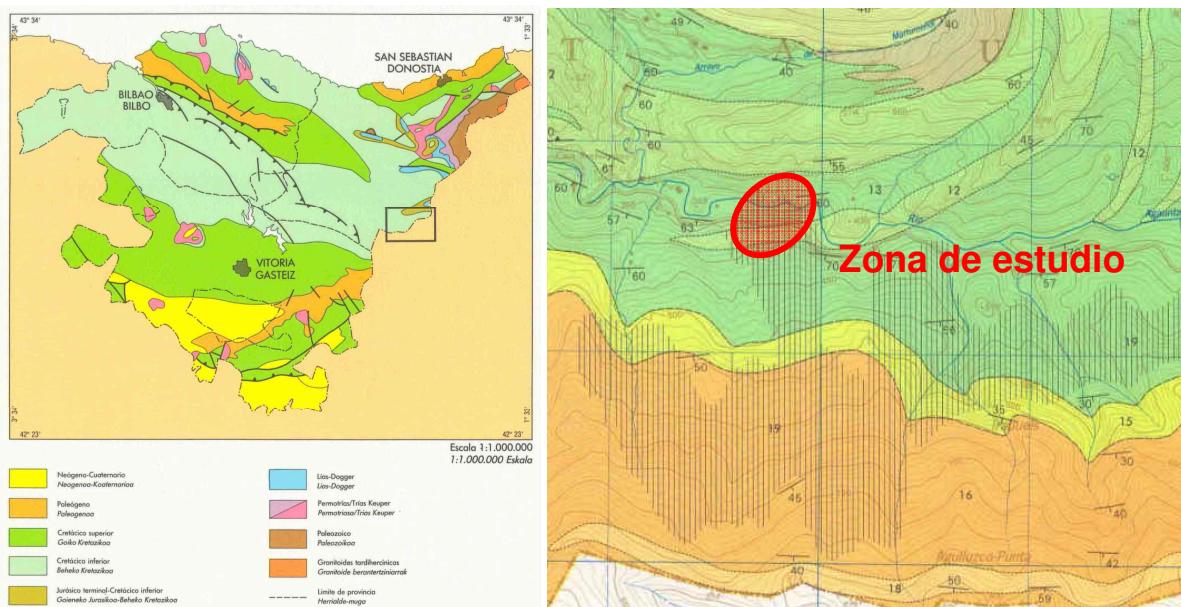


Figura 10. Izquierda: Mapa geológico de situación. Derecha: Esquema geológico de la zona estudiada, 1:100.000 (EVE HOJA 114-I Ataun).

## 4.2. GEOMORFOLOGÍA

La ladera por la que discurre la carretera GI-2120 entre los PK 52,825 y 53,000 corresponde a la parte sur de la sierra de Arlar, que discurre paralela al río Agauntza.

Esta zona tiene unas características geomorfológicas muy definidas:

- Río muy encajado.
- Valle con pendientes muy elevadas.
- Vaguadas transversales cortas pero profundas y con elevada pendiente.
- La disposición relativa de las formaciones líticas está determinada por grandes accidentes tectónicos regionales.

Estas características provocan que la ladera por la que discurre la carretera estudiada tenga zonas inestables, con deslizamientos en suelos fundamentalmente.

En términos generales la ladera aguas arriba presenta unas inclinaciones acusadas, cercanas a los 30º, donde se sitúa el vial actual. Aguas abajo la ladera, en la zona inferior de la ladera, la pendiente es menor ya que se encuentra formada por la acumulación de las masas de suelos deslizados.

## 4.3. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA

## 4.4. ESTRATIGRAFÍA

La carretera GI-2120 entre los PK 52,825 y 53,000 discurre sobre el complejo Urgoniano (Albiense inferior).

### - Complejo Urgoniano

Esta Unidad está constituida por margocalizas y calizas margosas, que presentan una coloración gris azulada en corte fresco. En la zona de estudio muestra facies más margosas debido a la pérdida del contenido calcáreo. Presentan nódulos calcáreos de diámetro milimétrico a centimétrico, pátinas ferruginosas asociadas a pequeñas fracturas, laminación de orden milimétrico a centimétrico,

replegamiento local y esquistosidad muy marcada. Se intercalan como barras en el término siguiente, el principal, constituidas por margocalizas y calizas margosas, pueden presentar bruscos cambios laterales de facies, o tener una continuidad lateral kilométrica, como la zona de estudio.

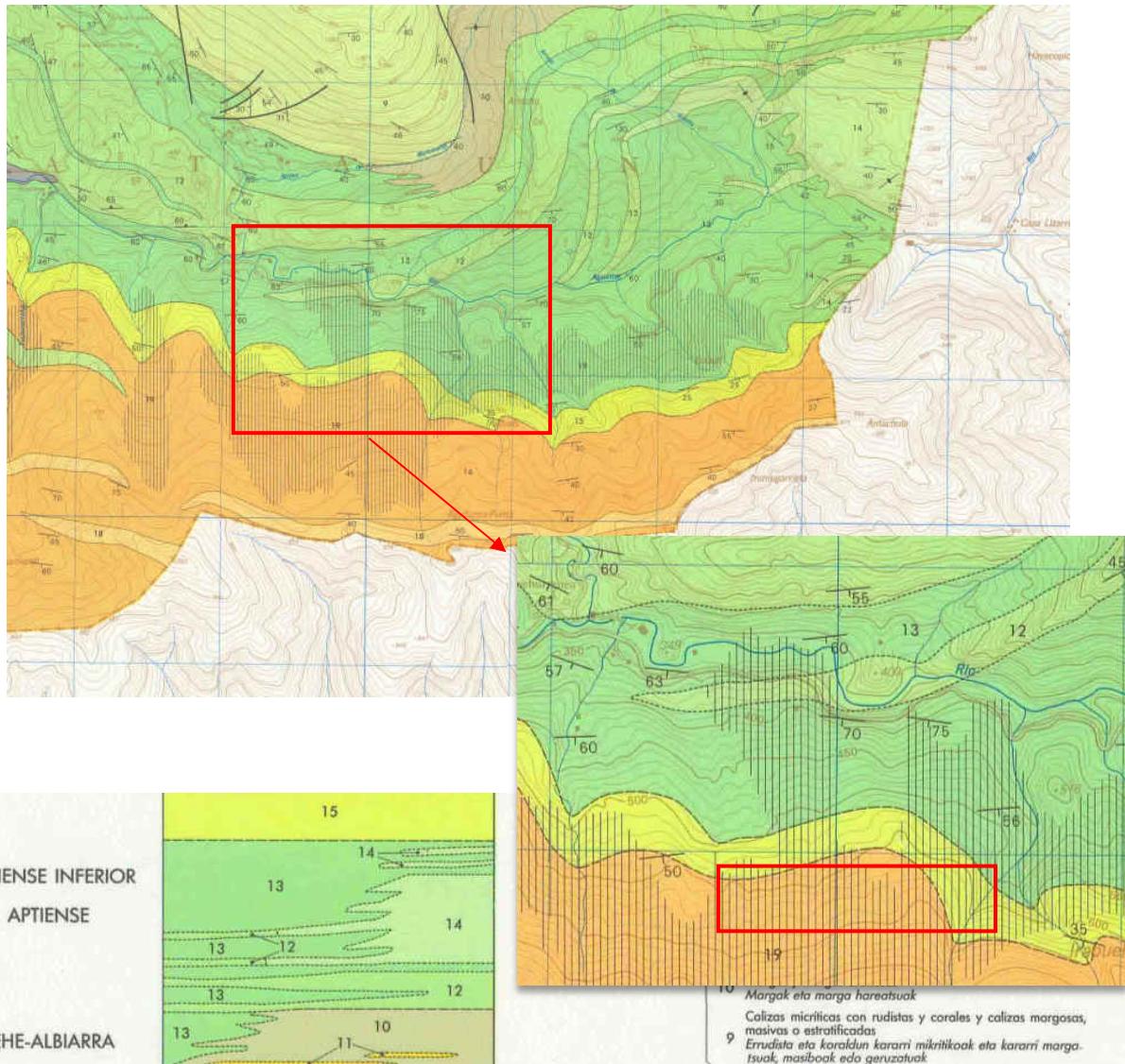


Figura 11. Leyenda geológica EVE. (Hoja 114-I Ataun)

### Cuaternario

Por otra parte, ha de destacarse la presencia, sobre el macizo rocoso, de suelos residuales, así como suelos coluviales y rellenos antrópicos. Los suelos residuales se desarrollan por la meteorización del sustrato rocoso, presentando mayores espesores cuando la roca es altamente evolutiva. Las litologías aflorantes en la zona de estudio presentan una componente margosa mayoritaria, por lo que se trata de rocas altamente evolutivas. Este tipo de suelos, suelen estar constituidos por arcillas y arcillas margosas con una proporción variable de fragmentos rocosos. Los suelos coluviales por su parte están constituidos por arcillas de tonos marrones con un contenido variable de arena y grava, siendo estos últimos heterométricos y subangulosos. Los suelos coluviales muestran un mayor contenido en materia orgánica que los suelos residuales. Por último, los rellenos antrópicos se encuentran asociados al firme de la

carretera actual presentando una capa asfáltica superficial, un nivel granular de zahorra artificial y un nivel infrayacente de textura variable entre gravas arcillosas con bastante arena y arcillas limosas con indicios de grava.

#### 4.4.1. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA LOCAL

Desde el punto de vista regional, se distinguen estructuras relacionadas con la fase principal de acortamiento generalizado Norte-Sur, a favor de la cual se desarrollaron también esfuerzos tangenciales. El accidente tectónico más significativo se corresponde con el Domo de Ataun, cuyo origen está asociado al cierre periclinal, por el Oeste, del Anticlinal de Aralar que genera una estructura en Domo con dos directrices antiformes, una correspondiente al eje del Anticlinal de Aralar y otro anticlinal de dirección NNO-SSE. Estas estructuras, se traducen a escala local, en un buzamiento generalizado hacia el SW con valores moderados a altos (30º-60º).

#### 4.5. HIDROLOGÍA

Desde el punto de vista hidrogeológico, los materiales del complejo Urgoniano, se pueden clasificar como de baja permeabilidad según el Mapa hidrogeológico del País Vasco a escala 1:100.00, con lo que no es susceptible de generar importantes acuíferos.

Los materiales coluviales, pueden presentar cierta permeabilidad en función de la proporción de material granular, aunque de manera general su se puede asignarles una permeabilidad media.

#### 4.6. FORMACIONES AFECTADAS

A partir de la cartografía geológica realizada y las investigaciones realizadas, se ha diferenciado una única formación litológica que se muestra en las siguientes figuras (leyenda y planta geológica), y que se describe a continuación.

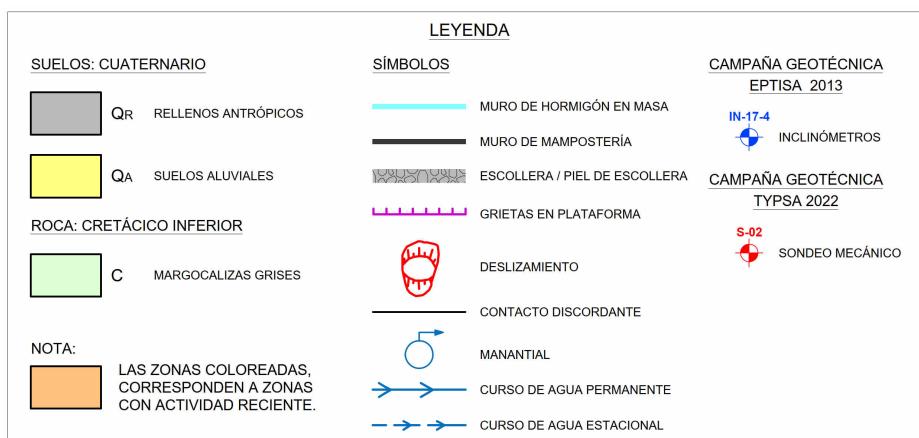


Figura 12. Leyenda geológica

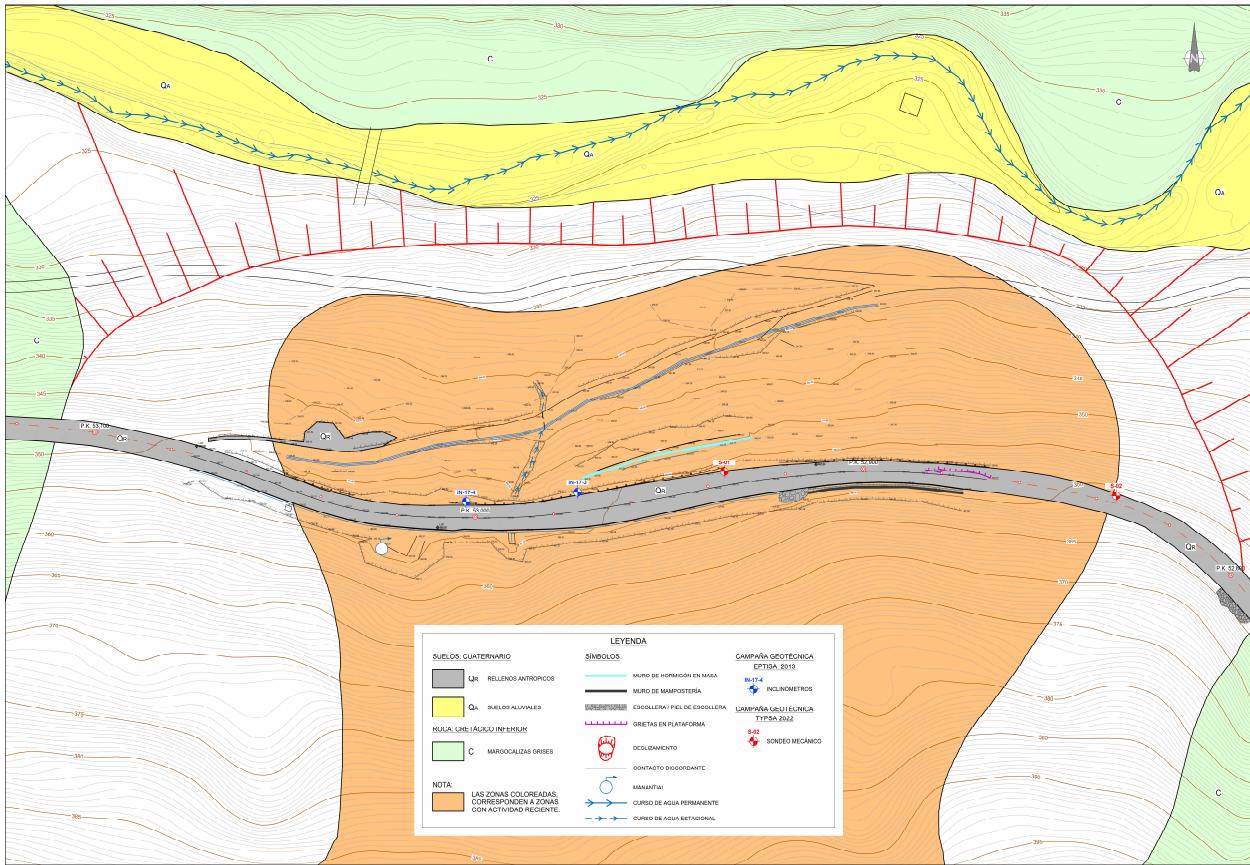


Figura 13. Planta geológica de la zona de estudio.

#### 4.6.1. COMPLEJO URGONIANO (CRETÁCICO INFERIOR)

Se trata de una serie compuesta por margocalizas y calizas margosas, de tonos gris-azulados, relativamente monótonas. La estructura está determinada por la estratificación que es subtransversal con buzamientos medios de 60º hacia el sur.

En campo se ha reconocido con unos grados de meteorización moderados y solo muy fracturados de manera local, lo que es coherente con la calidad de la roca recuperada en los sondeos mecánicos.

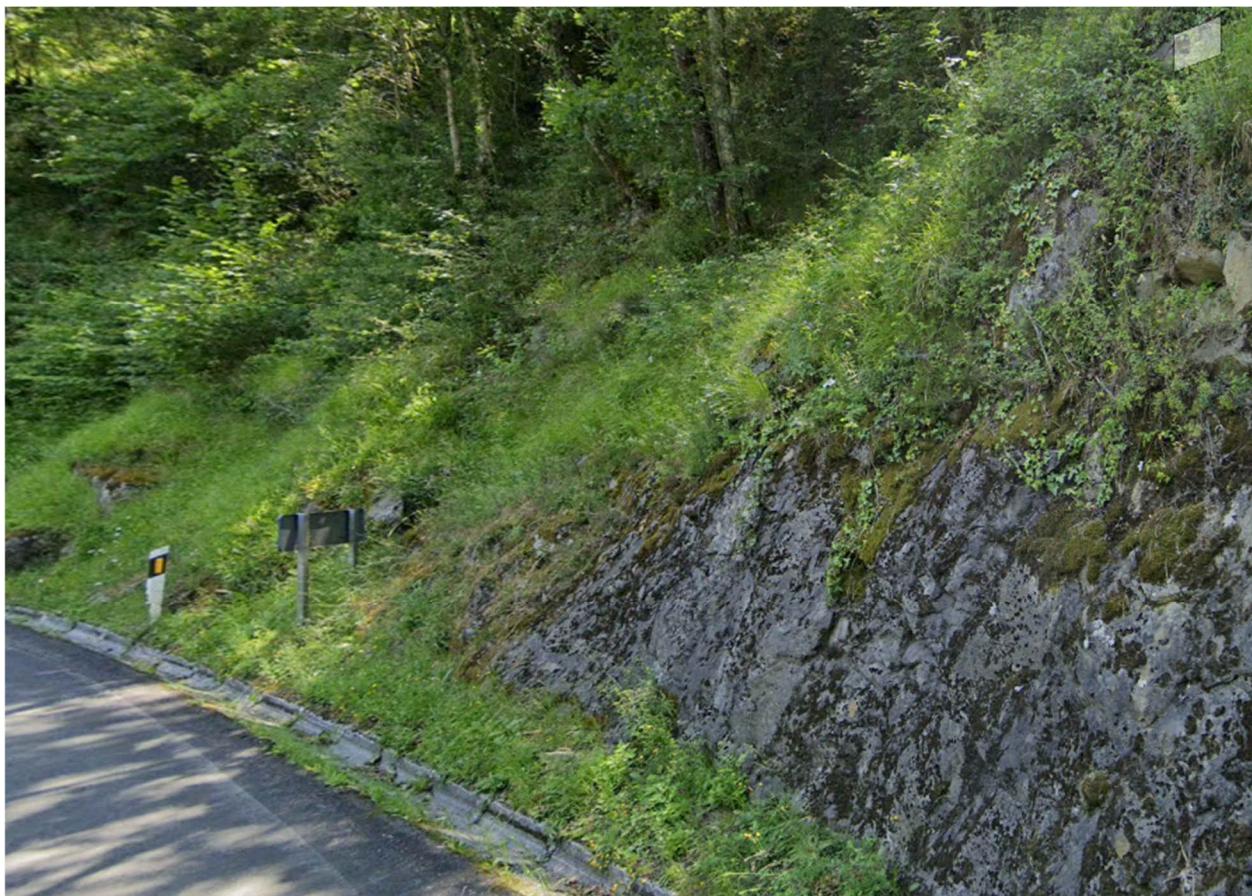


Figura 14. Aspecto de la serie de margocalizas del complejo Urgoniano.

#### 4.6.2. CUATERNARIO

##### 4.6.2.1. SUELOS COLUVIALES (MASA DESLIZADA)

En cuanto a los depósitos coluviales asociados la masa de suelo que ha sido movilizada y deslizada se puede afirmar que se trata de acumulaciones de suelos depositados en vaguadas y en la parte inferior de las laderas, teniendo por lo general una composición arcillosa, con cantidades variables de arena y grava, esta última de morfología angulosas y composición calcárea y margosa.

En ocasiones, dichos coluviales dan lugar a deslizamientos y fenómenos de reptación de suelos.

En las investigaciones realizadas se ve claramente que este material presenta un espesor de 7,8m en el sondeo S-1, ubicado hacia PKs mayores y en el caso del S-2, ubicado hacia PKs menores su espesor es de 4,70m.

Considerando las investigaciones previas se puede ver que el sondeo SI-17-4 presenta un espesor de suelos coluviales de 11,5m y en el caso del SI-17-3 de 9,0m.

Litológicamente se trata de un suelo arcilloso/limosos con proporción variable de grava y algo de arena. En cuanto a su compacidad se presenta entre floja y firme ( $N_{SPT \min}=7$  y  $N_{SPT \max}=R$ ) y es probable que se trata de la masa de suelo movilizada y deslizada que se encuentra geotécnicamente activa.



Figura 15. Aspecto del coluvial entre los 7,80 y 10,55 m de profundidad (Caja 4 del S-1).

Tal y como se apuntaba en el sondeo situado hacia PKS menores (zona Este) el espesor del coluvial es algo menor tal y como se muestra en la caja 2 del sondeo S-2.



Figura 16. Aspecto del coluvial entre los 4,8 y 5,4 m de profundidad (Caja 2 del S-2).

#### 4.6.2.2. RELLENOS HETEROGÉNEOS

En la zona de estudio, este tipo de materiales se corresponde con el relleno del vial. Estos rellenos presentan unos espesores muy importantes, de más de 4,2m en la investigación S-2, y 3,0 en la

investigación S-1. Este espesor es debido al terraplén ejecutado a media ladera, donde el terreno natural original presentaba una pendiente importante.

En las investigaciones realizadas si bien el material puede variar su composición litológica (en función de la mayor o menor proporción de suelos granulares), se ha tratado como un único material ya que resulta difícil diferenciar capas de diferente composición bien definidas.



Figura 17. Aspecto de los rellenos antrópicos en el sondeo realizado para el presente informe (caja 1 del S-2).

## 5. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

### 5.1. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO

#### 5.1.1. INTRODUCCIÓN

El estudio geológico – geotécnico se ha iniciado con un levantamiento geológico – geotécnico detallado de la zona de estudio, que ha incluido las siguientes actividades:

- Recopilación y consulta de la bibliografía geológica existente sobre la zona, mencionada al comienzo del presente informe.
- Reconocimiento de campo y recorrido completo del tramo por el equipo de ingeniería y geotecnia. Toma de datos geológicos-geotécnicos y observaciones en afloramientos y taludes próximos a la zona de estudio.
- Caracterización geotécnica de las diferentes formaciones y materiales reconocidos a lo largo de la zona de estudio.

Es necesario indicar que se han tenido en cuenta como datos de partida, las investigaciones llevadas a cabo en los siguientes estudios y proyectos:

- /2/ Implementación y control de la instrumentación geotecnica de la red de carreteras de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Eptisa ingeniería.
  - Dos (2) sondeos a rotación con recuperación continua de testigo SI-17-3 y SI-17-4 (noviembre 2012). Emplazamiento PK~53+005 (SI-17-4) y 82+970 (SI17-3). Longitud total 16,0 / 21,20m
  - Lecturas de inclinómetro instalado en los sondeos SI-17-3 y SI-17-4, desde abril de 207 hasta noviembre de 2022.

En el Plano 5 "Situación sondeos sobre ortofoto. Escala 1:500 (A1)" y Plano 6 "Situación sondeos. Escala 1:1500 (A1)" del presente documento, se recoge la investigación realizada.

#### 5.1.2. SONDEOS GEOTÉCNICO MECÁNICO A ROTACIÓN (ABRIL 2022)

En abril de 2022, se ejecutaron dos (2) sondeos a rotación con extracción continua de testigo junto con la toma de muestras inalteradas (suelos) y parafinadas (roca) y ensayos SPT (Standard Penetration Test).

En la tabla adjunta se incluye una relación de los sondeos realizados en la zona de estudio. En ella, se indica el código del sondeo, la profundidad alcanzada y el emplazamiento expresado en coordenadas UTM ETRS89.

SONDEO	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)	COORDENADAS UTM (ETRS-89)			OBSERVACIONES
		X	Y	Z	
S-1	14,2	569.751,66	4.756.426,20	355,50	No se detectó agua durante la perforación
S-2 <sup>a)</sup>	15,1	539.846,70	4.745.427,44	359,55	No se detectó agua durante la perforación
a) Instalación de inclinómetro					

Tabla 1. Coordenadas sondeo ejecutado en abril de 2022.

Adicionalmente se instaló un (1) un inclinómetro en el sondeo S-2.

Durante su ejecución se han llevado a cabo cinco (5) ensayos de penetración dinámica estándar (SPT).

La realización del SPT (Standard Penetración Test) consiste en hincar una cuchara tomamuestras mediante el golpeo con una maza de 63,5 kg dejada caer desde 75 cm. En ambos casos, se contabiliza el número de golpes necesarios para hincar cuatro tramos de 15 cm, y si en algún caso se precisan más de 100, se considera que se produce rechazo.

En el caso del SPT, el valor de este es la suma de los golpes obtenidos en los dos tramos intermedios de 15 cm después de una hincada inicial de también 15 cm. Este número de golpes se denomina N (o NSPT) y con él se correlacionan varios parámetros geotécnicos, con resultados más fiables en terrenos arenosos.

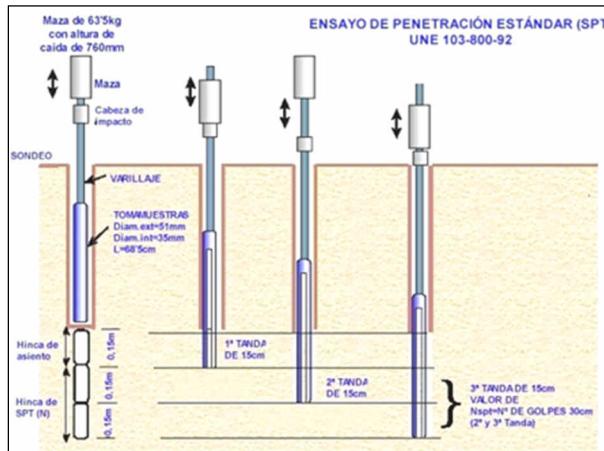


Figura 18. Idealización de ensayo SPT (UNE 103800-92)

Con los ensayos SPT se obtiene adicionalmente una muestra de pequeño diámetro, apta para la realización de ensayos de identificación en el laboratorio.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

SONDEO	NÚMERO	PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	FORMACIÓN	N <sub>SPT</sub>
S-1	SPT-1	2,0-2,12	Gravas gruesas, medias u finas con arenas. Compacidad muy densa.	Rellenos antrópicos	R [R]
S-1	SPT-2	3,60-4,20	Limos algo arenosos con núcleos rocosos.	Suelo coluvio-eluvial	3-7-8-14 [15]
S-1	SPT-3	9,7-10,05	Arcilla limosa-arenosa con núcleos rocosos.	Suelo coluvio-eluvial	17-18-R [R]
S-2	SPT-1	2,10-2,70	Limos arenosos con gravas heterométricas.	Rellenos antrópicos	5-9-8-8 [17]
S-2	SPT-2	5,40-6,00	Limos arenosos con núcleos rocosos.	Suelo coluvio-eluvial	5-10-8-10 [18]

Tabla 2. Ensayos tipo SPT ejecutados

Además de los ensayos SPT, en los sondeos se ha procedido a la toma de muestras geotécnicas con el fin de obtener testigos representativos de las características y propiedades del terreno para efectuar ensayos de laboratorio. Los tipos de muestras que se han tomado son las siguientes:

- **Muestras inalteradas (MI):** son las que, en principio, no sufren alteraciones en su estructura ni en su contenido en humedad, densidad granulometría, plasticidad y componentes químicos (clasificadas como muestras de categoría A según el CTE-SC). En sondeos se extraen mediante tomamuestras adecuados, y en calicatas o excavaciones, mediante el tallado de muestras en bloque o la hinca de tubos por presión o golpeo. La obtención de este tipo de muestras es necesaria para ensayos de resistencia, deformabilidad, permeabilidad y fábrica de los suelos.

En aquellos sondeos donde la naturaleza de los suelos lo permitía, se han tomado muestras inalteradas con las cotas indicadas.

Dichas muestras fueron obtenidas por medio de un tomamuestras de pared gruesa, seccionado, tipo GMPV diseñado especialmente para que la muestra se recupere en el interior de un tubo de plástico que, cerrado herméticamente con tapas de goma o parafina, mantenga inalterada largo tiempo la densidad y humedad del terreno. Este tomamuestra va provisto de una cabeza portaválvulas que evita la contrapresión interior y favorece la retención de la muestra.

Este tomamuestras cumple la Norma Tecnológica NTE-CEG, siendo por tanto sus dimensiones:

- Relación de aéreas R<25
- Despeje interior D<3
- Espesor de zapata E<10 mm
- Longitud de muestra L>500 mm

El tomamuestras utilizado es el denominado de 86,4. Las muestras obtenidas son del tipo II, con un diámetro de 71,4 mm.

Para obtener las muestras se hinca el tomamuestras por medio de los hidráulicos de la máquina a una velocidad constante. Si esta operación no diera resultado, se golpeará un cabezal de varillaje (de la misma forma en que se realiza el ensayo SPT) con la maza de 63,5 kg, dejándola caer desde una altura de 76,2 cm, contándose el número de golpes necesarios para introducir, cada 15 cm de muestra, los 60 cm de hinca. El número de golpes necesarios para introducir los 30 cm centrales, sirven para dar idea de la resistencia del terreno, por correlación con el valor N de los ensayos SPT.

- **Testigos parafinados (TP):** son testigos de roca procedentes de sondeos que se recubren con parafina inmediatamente después de su extracción a fin de no alterar sus condiciones naturales. Estas muestras son aptas para realizar cualquier ensayo en laboratorio.

Cada muestra lleva indicada la fecha, los datos de identificación del sondeo y la profundidad.

Las tablas siguientes recogen la relación de muestras inalteradas y parafinadas tomadas en la investigación realizada:

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	FORMACIÓN
S-1	MI-1	4,20-4,80	Gravas gruesas, medias y finas con arenas. Compacidad muy densa.	Suelos coluvio-eluviales
S-1	MI -2	9,10-9,70	Arcilla limosa-arenosa con núcleos rocosos.	Suelos coluvio-eluviales
S-1	TP -1	12,35-12,95	Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas.	Sustrato rocoso sano (GM III)
S-2	MI -1	4,80-5,40	Limos arenosos con núcleos rocosos.	Suelos coluvio-eluviales
S-2	TP-1	12,90-13,10	Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas.	Sustrato rocoso sano (GM III)

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	FORMACIÓN
S-2	TP-2	13,90-14,30	Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas.	Sustrato rocoso sano (GM III)

Tabla 3. Relación de muestras tomadas en los sondeos.

Siendo:

- MI: Muestra inalterada.
- TP: Testigo parafinado.

La situación de los sondeos geotécnicos aparece reflejada en el Plano 5 “*Situación sondeos sobre ortofoto. Escala 1:150 (A1)*” y Plano 6 “*Situación sondeos. Escala 1:150 (A1)*” del presente documento se recoge la investigación realizada. Los perfiles geológico-geotécnicos de detalle, donde también se representan los sondeos, se encuentra en Plano 8.

Los registros de los sondeos ejecutados se incluyen en el Apéndice 1 del presente documento.

#### 5.1.3. NIVELES DE AGUA MEDIDOS EN SONDEOS

En las investigaciones realizadas no se detectó nivel de agua durante el proceso de perforación. No se instalaron tuberías piezométricas en ninguno de los sondeos.

SONDEO	PROFUNDIDAD ALCANZADA (m)	PROFUNDIDAD DEL NIVEL DE AGUA (m)
S-1	14,15	- <sup>1)</sup>
S-2	15,10	- <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> No se detectó nivel de agua durante la ejecución de las investigaciones ni en las mediciones realizadas.

Tabla 4. Medición de nivel de agua.

#### 5.1.4. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras inalteradas (suelos) y parafinadas (roca) se ha realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

- Ensayos de identificación
- Ensayos de resistencia y deformabilidad
- Ensayos químicos

Sobre las muestras seleccionadas se han efectuado los siguientes ensayos de laboratorio:

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	ENSAYOS REALIZADOS
S-1	MI-1	4,20-4,80	Suelo coluvio-eluvial. Limos arenosos con núcleos rocosos. Compacidad medianamente densa.	H-D-LA-AG CD <sup>a)</sup>

SONDEO	MUESTRA (TIPO Y NÚMERO)	PROFUNDIDAD (m)	LITOLOGÍA	ENSAYOS REALIZADOS
S-1	TP -1	12,35-12,95	Sustrato rocoso. Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas (GM III).	CSR
S-2	MI -1	4,80-5,40	Suelo coluvio-eluvial. Limos arenosos con núcleos rocosos y grava gruesa.	H-D-LA-AG CD <sup>a)</sup>
S-2	TP-1	12,90-13,10	Sustrato rocoso. Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas (GM III).	CSR

<sup>a)</sup>Corte directo UU (sin consolidar y sin drenar)

Tabla 5. Ensayos de laboratorio realizados.

Siendo:

- D: Densidad/es.
- H: Humedad.
- LA: Límites de Atterberg.
- AG: Análisis granulométrico.
- CD (UU): Corte directo (sin consolidar ni drenar).
- CSR: Compresión simple en rocas

En la siguiente tabla se puede ver el número de ensayos realizados de cada tipo de ensayo y la normativa seguida para su realización

ENSAYO	UNE-EN ISO	NÚMERO DE ENSAYOS
Determinación de humedad natural	UNE-EN ISO 17892-1:2015	2
Determinación de la densidad aparente	UNE 103301:1994	2
Determinación de la densidad seca	UNE 103301:1994	2
Determinación de los Límites de Atterberg	UNE-EN ISO 17892-12:2019	2
Granulometría por tamizado	UNE-EN ISO 17892-4:2019	2
Corte directo (UU), sin consolidar y sin drenar	UNE 103401:1998	2
Ensayo de compresión simple en rocas	UNE 22950-3:1990	2

Tabla 6. Número de ensayos de laboratorio realizados.

En el Apéndice 2.1. Resumen global de ensayos geotécnicos de laboratorio se incluye un cuadro resumen de los ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras recogidas en la campaña geotécnica. En el Apéndice 2.2. Actas de ensayos geotécnicos de laboratorio se incluye las actas de los ensayos realizados.

En el siguiente cuadro se incluye el resumen de todos los ensayos realizados, sobre las muestras obtenidas en los sondeos

RESUMEN DE ENSAYOS. MUESTRAS DE SONDEOS

INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA EL INFORME GEOTÉCNICO CARRETERA GI-2120 "DE ESTELLA A BEASAIN POR LIZARRUSTI".

TRAMO: P.K. 52,825 – 53,000

REFERENCIAS					IDENTIFICACIÓN								RESISTENCIA					ENSAYOS QUÍMICOS		CLAS. USCS				
SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)		TIPO DE TERRENO	UNIDAD	DENSIDAD		W (%)	LIMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			CORTE DIRECTO (UU) <sup>1)</sup>		COM. SIMPLE SUELO		COM. SIMPLE ROCA	Con. en ión sulfato (mg/kg)	Acidez Baumann Gully (ml/kg)			
		DE	A			Seca (kN/m <sup>3</sup> )	Aparente (kN/m <sup>3</sup> )		LL	LP	IP	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	C <sub>u</sub> (kPa)	ϕ <sub>u</sub> (%)	ε (%)	q <sub>u</sub> (kPa)	q <sub>u</sub> (MPa)					
S-1	MI-1	4,2	4,8	Limos arenosos con núcleos rocosos	Suelo coluvio-eluvial	16,89	20,69	22,5	35,4	27,6	7,8	46	13,9	40,1	99	4,0							GM	
S-1	TP-1	12,4	12,95	Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas (GM III).	Roca sana															54,0				
S-2	MI-1	4,8	5,4	Limos arenosos con núcleos rocosos y grava gruesa	Suelo coluvio-eluvial	17,8	20,38	14,5	33,8	22	11,8	18	22,9	59,1	74	10,4								CL
S-2	TP-2	12,3	12,7	Margocalizas poco alteradas y poco fracturadas (GM III).	Roca sana															16,4				

<sup>1)</sup> C<sub>u</sub>/ ϕ<sub>u</sub>= cohesión y ángulo de rozamiento sin drenaje

Tabla 7. Resumen de los ensayos de laboratorio realizados

## 6. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

### 6.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado consiste en describir, cuantificar y valorar las características geotécnicas de los diferentes materiales observados en la zona de estudio, desde el punto de vista de su comportamiento geotécnico, capacidad de soporte y estabilidad en las obras de tierra. Del mismo modo, se indicarán también los parámetros geotécnicos característicos de cada nivel, deducidos a partir de las investigaciones realizadas, como de los informes previos realizados, bibliografía, etc.

Los materiales afectados se han agrupado en cuatro unidades geotécnicas en función de sus características y comportamiento geológico – geotécnico similares. Las distintas Unidades Geotécnicas son las siguientes:

NIVEL	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA
1	Rellenos antrópicos	Relleno relativo al terraplén del vial compuesto por gravas con proporción variable de arenas y materiales finos.
2	Suelos Coluvio-eluviales (masa deslizada)	Arcillas gravosas- limos arenosos con algo núcleos rocosos. Probable masa deslizada.
3	Suelos de alteración (suelo eluvial)	Margocalizas altamente meteorizadas con aspecto de suelo arcilloso con algo de limo (GM IV)
4	Sustrato rocoso (Cretácico Superior)	Margocalizas azul grisáceas (complejo Urgoniano) con grados de meteorización II-III variables y poca fracturación.

Tabla 8. Descripción de los distintos niveles geológicos en la zona de estudio.

En las siguientes figuras se muestran los cortes geológicos de distintas zonas dentro del área de estudio. En el perfil transversal se ha representado la geometría del deslizamiento.

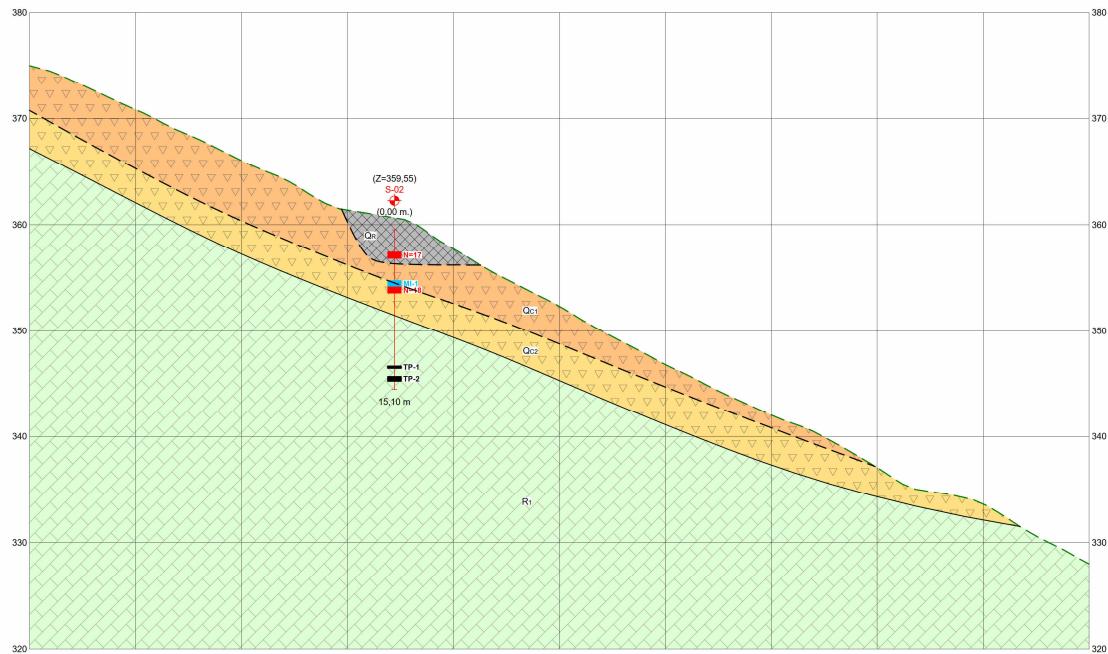


Figura 19. Perfil geológico-geotécnico trasversal PK 52,830

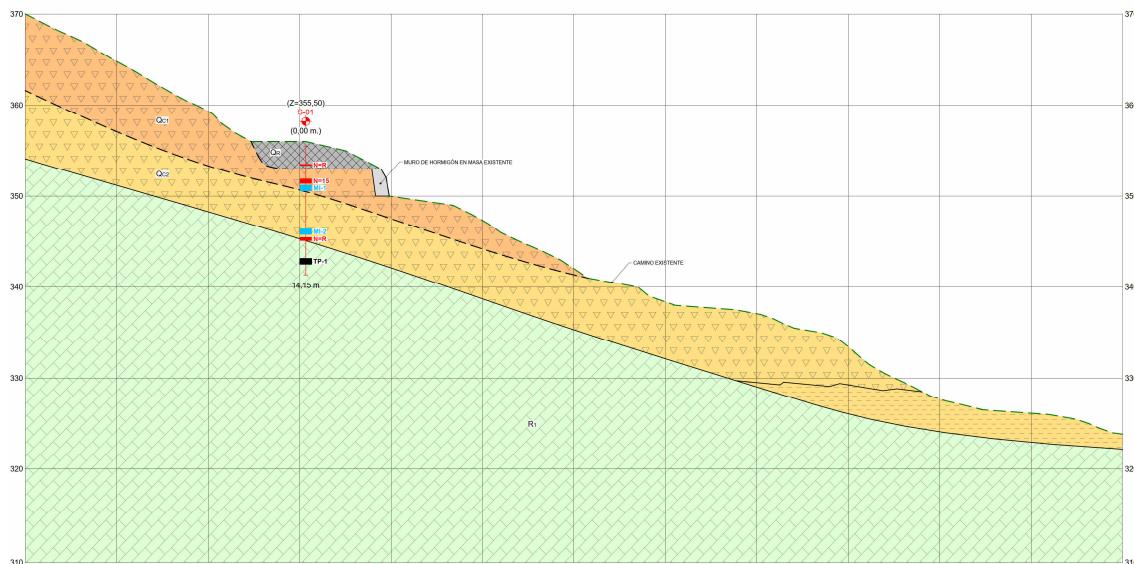


Figura 20. geológico-geotécnico trasversal PK 52,930

LEYENDA		
<b>SUELOS:</b> CUATERNARIO	<b>SÍMBOLOS:</b>	<b>SÍMBOLOGÍA DE ENSAYOS GEOTÉCNICOS</b>
 <b>QR</b>	— — — CONTACTO ENTRE SUELOS	$\gamma_{ap}$ (kN/m <sup>3</sup> ) DENSIDAD APARENTE
 <b>Qc1</b>	— — CONTACTO SUELOS Y ROCA	$\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> ) DENSIDAD SECA
 <b>Qc2</b>	CAMPANÍA GEOTÉCNICA TYPSEA (2022)	W (%) HUMEDAD
 <b>Qe</b>	S-02 SONDEO MECÁNICO (Z=176,88) COTA SONDEO (0,00m) SONDEO SOBRE EL PERFIL	% Finales PORCENTAJE DE FINOS (<0,08mm)
 SUELO ALUVIAL. (INTERPRETADOS).	MI-3 MUESTRA INALTERADA TP-1 TESTIGO PARAFINADO	W <sub>L</sub> LÍMITE LÍQUIDO Cu (kPa) COHESIÓN SIN DRENAJE
<b>ROCA:</b> CRETÁCICO INFERIOR	N=15 ENSAYO DE PENETRACIÓN STANDARD (SPT)	$\phi_u$ (°) ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO SIN DRENAJE $\sigma_c$ (MPa) RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE
 <b>R1</b>	CAMPANÍA GEOTÉCNICA ICC GRUPO EP (2013)	
 <b>R2</b>	IN-17-4 INCLINÓMETRO	

Figura 21. Leyenda geológica-geotécnica del perfil de detalle.

## 6.2. NIVEL 1. RELLENOS ANTRÓPICOS [QR]

### 6.2.1. LITOLOGÍA

Este nivel se ha localizado en las dos investigaciones realizadas, así como en las previas (SI-17-3 y SI-17-4) con importantes espesores en todas ellas y se asocia el terraplén del vial ubicado a media ladera.

En el sondeo S-1 el espesor total es de 3,10m mientras que en el S-2 aumenta a 4,20m. Si bien la composición es variable en todo su espesor (en función de la presencia mayor o menor de la fracción granular) se ha unificado todo el material como una sola unidad geotécnica [QR].

Litológicamente se trata de una unidad formada por unas gravas calcáreas gruesas, medianas y finas con arena. Localmente se han encontramos tramos de limos arenosos con proporción variable de gravas.

La siguiente tabla muestra las potencias de los rellenos en cada una de las investigaciones:

Investigación	Unidad	Profundidad inicio (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S-1	[QR]	0,0	3,10	3,10
SI-2	[QR]	0,0	4,2	4,2
SI-17-3 <sup>a)</sup>	[QR]	0,0	1,9	1,9
SI-17-4 <sup>a)</sup>	[QR]	0,0	1,0	1,0

<sup>a)</sup> Se trata de investigaciones del informe /2/

Tabla 9. Espesores de relleno en cada una de las investigaciones.

A continuación, se muestra un ejemplo de estos materiales, que muestra la variabilidad granulométrica que se encuentra en este nivel.



Figura 22. Rellenos en S-1, (imagen izquierda 0,0-2,3m) / y en S-2 (imagen derecha 0,0-2,80 m).

#### 6.2.2. IDENTIFICACIÓN Y ESTADO

No se han recogido muestras inalteradas en esta unidad por lo que no existen ensayos de laboratorio. Es necesario indicar que dad la heterogeneidad del material, resulta difícil parametrizar esta unidad y por lo tanto los ensayos de laboratorio son indicarían las características de una determinada zona, siendo difícilmente extrapolable al resto del relleno.

#### 6.2.3. ENSAYOS QUÍMICOS

No se han recogido muestras inalteradas para su análisis en el laboratorio.

#### 6.2.4. RESISTENCIA Y RIGIDEZ

Se han realizado 2 ensayos SPT sobre esta unidad que se resumen a continuación:

- S-1 SPT 1 (2,0-2,12 m)  $N_{SPT}=R$
- S-2 SPT 1 (2,10-2,70m)  $N_{SPT}=17$

Tal y como se observa los resultados son muy dispares, ello es debido a la heterogeneidad del relleno. En el caso del SPT con resultado de rechazo (R) se ha realizado sobre una capa de zahorras formadas por gravas gruesas y medias muy compactas, mientras que en el caso del valor de  $N_{SPT}=17$ , se trata de unos limos arenosos con gravas.

#### 6.2.5. DISCUSIÓN

Las investigaciones ejecutadas indican la existencia de un relleno de potencia considerable (3,1m en S-1 y 4,2m en S-2). Este relleno forma el relleno del vial, por lo tanto, se le presupone un relleno con una buena puesta en obra (compactado en tongadas). Debido a la homogeneidad relativa del material no se han diferenciado subcapas dentro de esta unidad.

Se han realizado 2 ensayos SPT sobre esta unidad con resultados muy dispares lo que indica la heterogeneidad del relleno, desde unas gravas gruesas y medias hasta unos limos arenosos con gravas.

Litológicamente se trata de una mezcla de materiales grueso, como arenas, gravas y localmente bolos, con contenido en arcilla variable. Teniendo en cuenta las propiedades de este material detectado en localizaciones cercanas a las del presente informe se ha parametrizado en base a la experiencia local.

El resumen de los parámetros geotécnicos característicos ha sido el siguiente:

Unidad	Espesor medio (m)	Densidad aparente $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión efectiva $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	Angulo de rozamiento efectivo $\phi'$ (°)	Coeficiente de Poisson ( $\nu'$ )	Módulo de Young E' (MPa)
[QR] <sup>a)</sup>	3,9	19,5	5	35	0,3	30

<sup>a)</sup> Parametrización basada en la experiencia local con este tipo de relleno.

Tabla 10. Parámetros característicos de la unidad [QR].

### 6.3. NIVEL 2.: SUELO COLUVIO-ELUVIAL (MASA DESLIZADA) [Q<sub>c</sub>]

#### 6.3.1. LITOLOGÍA

Este material se ha detectado con un espesor importante en las dos investigaciones realizadas, presentando en el S-1 (~7,8m) mientras que en el S-2 su espesor se reduce (~5,2m). En las investigaciones previas también se ha encontrado este material con espesores de 11,5 m y 9,1m.

Esto nos indica que aumenta el espesor del material deslizado a medida que nos acercamos hacia PKs mayores (hacia PK 53,000) lo que es razonable con los afloramientos de roca identificados en campo, ya que se encuentran cercanos la zona oriental del trazado.

Según los ensayos de laboratorio litológicamente se trata de un material heterogéneo formado por suelos granulares y cohesivos en proporciones variables. Las granulometrías indican que en una de las muestras el suelo se clasifica como una grava limosa (GM) y en otra muestra como una arcilla arenosa con grava (CL).

La compacidad de este material es moderadamente firme a firme y densidades con valores medios a densos.

La siguiente tabla muestra las potencias de los rellenos en cada una de las investigaciones:

Investigación	Unidad	Profundidad inicio (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)
S-1	[Q <sub>c</sub> ]	3,10	10,9	7,8
S-2	[Q <sub>c</sub> ]	4,2	8,9	4,7
SI-17-3 <sup>a)</sup>	[Q <sub>c</sub> ]	2,0	11,0	9,0
SI-17-4 <sup>a)</sup>	[Q <sub>c</sub> ]	1,0	12,5	11,5

<sup>a)</sup> Se trata de investigaciones del informe /2/

Tabla 11. Espesores de relleno en cada una de las investigaciones.

A continuación, se muestra un ejemplo de estos materiales, que muestra la variabilidad granulométrica que se encuentra en este nivel.



Figura 23. Suelos coluvio-eluviales del S-1 (imagen izquierda 5,4 - 7,8m) y del S-2 (imagen derecha 5,4 - 8,9m)

### 6.3.2. IDENTIFICACIÓN Y ESTADO

Sobre las muestras inalteradas se han realizado ensayos de identificación que se resumen a continuación:

	No. Ensayos	Valor	Comentarios
<b>Granulometría</b>	2		
Finos (%)		40,1 – 59,1	Una de las muestras se clasifica como GM y otra como CL
Arena (%)		13,9 – 22,9	
Grava (%)		46 - 18	
<b>Coeficiente de uniformidad - Cu</b>	2	>1000	
<b>Coeficiente de curvatura - Cc</b>	2	0,10- 0,17	
<b>Contenido en Humedad (%)</b>	2	22,5 – 14.5	
<b>Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2	16,9 – 17,8	
<b>Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	2	20,7 – 20,4	
<b>Límites de Atterberg</b>	LL	35,4 – 33,8	
	LP	27,6 – 22	
	IP	7,8 - 18	

Tabla 12. Identificación y caracterización en la unidad [Qc].

Este material se ha caracterizado como un suelo de origen coluvial o masa deslizada, es decir ha sufrido un proceso de alteración y deslizamiento a través de una o varias superficies en profundidad. Tal y como

se ha detallado las dos muestras inalteradas muestran un material muy heterogéneo que se resume a continuación:

- S-1 MI-1 (4,2-4,8m)

Se caracteriza como un material formado básicamente por gravas limosas (46% de grava y 40,1% de limo) con algo de arena (13,9%).

El coeficiente de uniformidad  $C_u$  presenta valores muy alto., De esta manera los rellenos se han clasificado según la clasificación UCSC como unas GM, gravas limosas.

Sobre la fracción de material fino se ha realizado ensayos de comprobación de plasticidad, indicando que se trata de una mezcla de arcillas y limos de baja plasticidad (ML-OL).

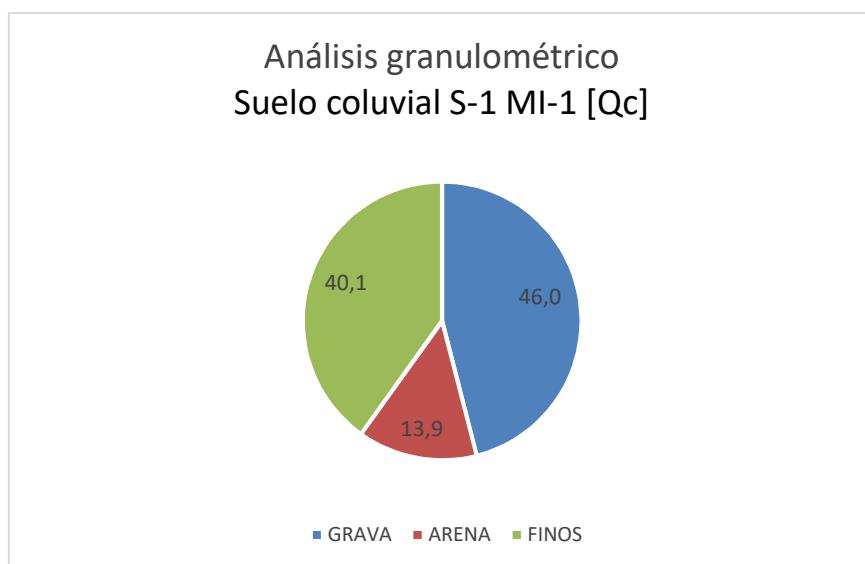


Figura 24. Análisis granulométrico de los coluviales [Qc].

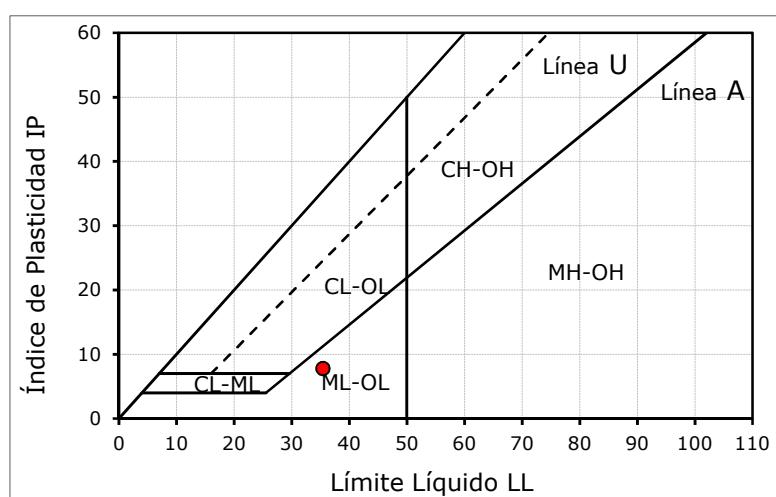


Figura 25. Carta de plasticidad de la fracción fina en los suelos coluviales [Qc].

- S-2 MI-1 (4,8-5,4m)

Se caracteriza como un material formado básicamente por arcillas (59,1% de finos) con algo de arena (22,9%) y grava (18%).

El coeficiente de uniformidad  $C_u$  presenta valores muy alto., De esta manera los rellenos se han clasificado según la clasificación UCSC como unas CL, arcillas arenosas con grava.

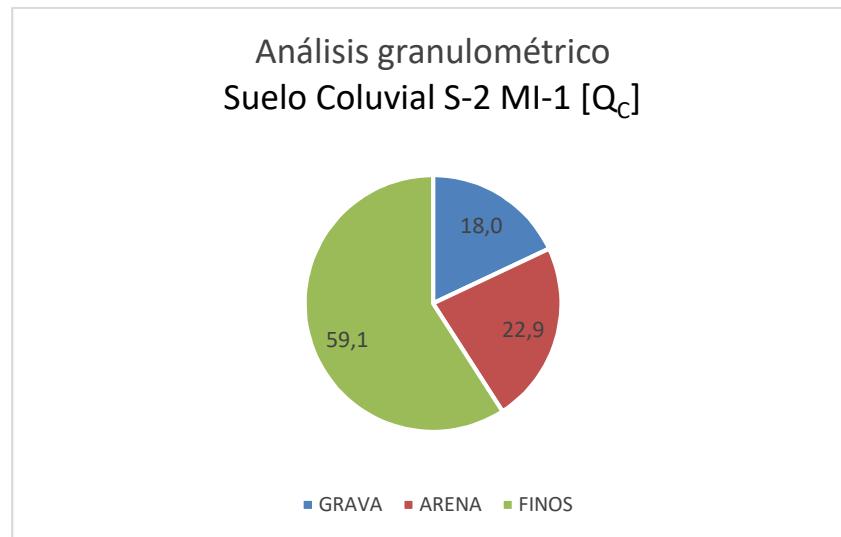


Figura 26. Análisis granulométrico de los coluviales [Q<sub>c</sub>].

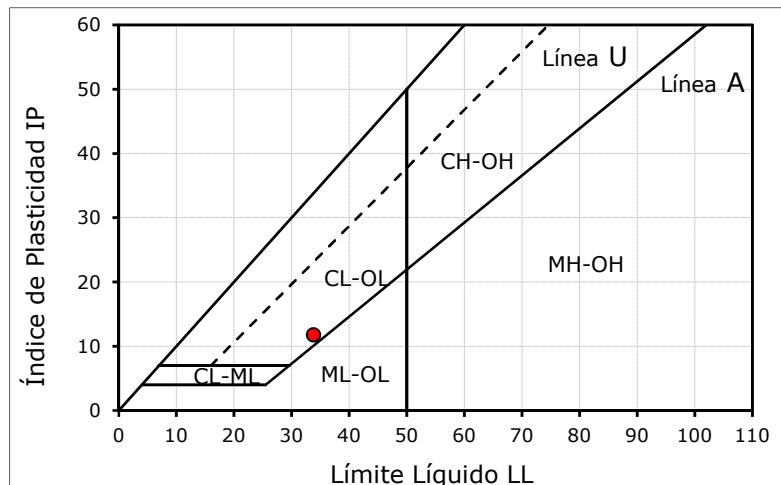


Figura 27. Carta de plasticidad de la fracción fina en los suelos coluviales [Q<sub>c</sub>].

### 6.3.3. ENSAYOS QUÍMICOS

No se han realizado ensayos químicos en esta unidad.

### 6.3.4. RESISTENCIA Y RIGIDEZ

En estos materiales se han realizado 3 ensayos SPT, además se han tenido en cuenta los ensayos de las investigaciones previas (investigaciones pertenecientes al informe /2/). Los resultados se resumen en la tabla siguiente:

Unidad	Investigación	Profundidad Inicial-Final (m)	N <sub>SPT</sub>
[Q <sub>c</sub> ]	S-1	3,6 – 4,2	15
[Q <sub>c</sub> ]	S-1	9,7 – 10,05	R
[Q <sub>c</sub> ]	S-2	5,4 – 6,0	18
[Q <sub>c</sub> ]	SI-17-3 <sup>a)</sup>	2,0 – 2,6	7
[Q <sub>c</sub> ]	SI-17-3 <sup>a)</sup>	6,5 – 7,1	13
[Q <sub>c</sub> ]	SI-17-4 <sup>a)</sup>	3,5 – 2,1	24
[Q <sub>c</sub> ]	SI-17-4 <sup>a)</sup>	9,0 – 9,6	14

<sup>a)</sup> Ensayos pertenecientes a los informes /2/

Tabla 13 Ensayos N<sub>SPT</sub> realizados en la unidad [Q<sub>c</sub>]

En campo se identificó como un material con comportamiento de suelo limo-arcilloso, si bien la granulometría indica que en una de las muestras la componente principal es la granular, básicamente gravas. Esto se debe a que es un tramo donde se han identificado núcleos rocosos del sustrato rocoso original con un menor grado de meteorización. Desde el punto de vista del comportamiento geotécnico se deduce que, de manera general, este suelo se comportará como un material cohesivo.

Los golpeos de los ensayos in-situ muestran una consistencia media (para suelos cohesivos) entre media y muy rígida, tal y como muestran los valores de la tabla siguiente:

CONSISTENCIA	N <sub>SPT</sub>	C <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
Muy blanda	0-2	<12
Blanda	2-4	12-25
Media	4-8	25-50
Rígida	8-15	50-100
Muy rígida	15-30	100-200
Dura	>30	>200

Tabla 14 Relación entre el N<sub>SPT</sub>, consistencia y valor de resistencia al corte sin drenaje.

Por lo tanto, los valores de resistencia sin drenaje podrían estar en el rango de 25-100kPa como unos valores extremos razonables.

Adicionalmente se ensayaron muestras inalteradas en el laboratorio por medio de células de corte directo UU (sin consolidar y sin drenar). Este ensayo dará por lo tanto un valor de parámetros de resistencia al corte sin drenaje pico (C<sub>u</sub> y φ<sub>u</sub>).

MUESTRA	CORTE DIRECTO (CD)	
	C <sub>u</sub> (kPa)	Φ <sub>u</sub> (°)
S1 MI-1 (4,2-4,8m)	99	4,0
S2 MI-1 (4,8-5,4m)	74	10,4

Tabla 15. Parámetros obtenidos a través ensayos de corte directo UU.

Estos ensayos indican el comportamiento de la componente cohesiva, que será la que gobiene el cálculo. Los valores de cohesión sin drenaje son compatibles con las correlaciones obtenidas a partir de los SPT y la componente friccional, es decir el ángulo de rozamiento interno en condiciones sin drenaje prácticamente es despreciable.

Los parámetros de rigidez se han obtenido por medio de los ensayos in situ (SPT). Existen numerosas correlaciones entre el valor de N con otro tipo de ensayo de campo o laboratorio (o a partir de datos a escala real) que permiten deducir reglas empíricas o semiempíricas a partir de las cuales se puede estimar los parámetros de deformabilidad.

De manera general en suelos cohesivos se estima el valor del módulo de Young con la relación Eu/Cu (módulo de Young sin drenaje en este caso). Los valores típicos de Eu, según la U.S. Army para suelos de consistencia media, tienen unos límites entre 20-50MPa. En este caso se considera un valor de Eu=30MPa como apropiado y para obtener el valor de módulo de Young drenado se utiliza la teoría d la consolidación donde:

$$E' = Eu * (1+v') * (1/1,5)$$

Siendo  $v$ = coeficiente de Poisson, 0,3 en este caso. Por lo tanto,  $E'=26,1\text{ MPa}$ .

### 6.3.5. DISCUSIÓN

Los ensayos in-situ y de laboratorio realizados en este nivel han caracterizado este material como un suelo coluvial, formando la masa de suelo movilizada y sin una estructura clara definida. Según las granulometrías se trata de unas gravas limosas (46% de grava y 40,1% de limo) con algo de arena (13,9%) y por arcillas (59,1% de finos) con algo de arena (22,9%) y grava (18%).

La resistencia al corte de suelos ya movilizados es generalmente baja, debido a que son suelos que han perdido parte de su resistencia al corte y por lo tanto no estarán trabajando con parámetros pico.

Los valores de ensayo SPT muestran un suelo de consistencia media pero estas formaciones tienen generalmente, superficies de discontinuidad equivalentes a superficies de debilidad de baja resistencia que facilitan la posibilidad de movimientos. Es común que la resistencia al cortante sea menor a lo largo de las discontinuidades heredadas, que en la matriz del material residual y es habitual que la resistencia a lo largo de la discontinuidad puede ser muy pequeña, comparada con la resistencia a través del suelo en sí. Los parámetros contenidos por el ensayo de corte directo muestran valores de ángulo de rozamiento muy bajos, ya que se trata de ensayos UU.

Tanto las investigaciones realizadas como las relativas al informe /2/ señalan una capa de suelo saturada aproximadamente a partir de 5-6m de profundidad. Esto claramente es compatible con los movimientos que se han registrado en los inclinómetros y que se muestran en el capítulo 9. Es por ello por lo que se ha subdividido esta capa en dos subcapas donde la superior presenta peores características geotécnicas ya que se trata de la masa de suelo movilizada recientemente.

Una vez analizada toda la información, los parámetros que representan a esa masa de suelo movilizada se presentan a continuación:

Unidades	Espesor (m)	Densidad aparente $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión efectiva $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	Angulo de rozamiento efectivo $\phi'$ (°)	Coeficiente de Poisson ( $v'$ )	Módulo de Young $E'$ (MPa)
[Q <sub>C1</sub> ] <sup>a)</sup>	4,0 <sup>a)</sup>	20	5	23	0,3	25
[Q <sub>C2</sub> ] <sup>a)</sup>	5,0 <sup>a)</sup>	20	15	28,7	0,3	33

Unidades	Espesor (m)	Densidad aparente $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesión efectiva $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	Angulo de rozamiento efectivo $\phi'$ (°)	Coeficiente de Poisson ( $v'$ )	Módulo de Young $E'$ (MPa)
a) Espesor medio considerando todas las investigaciones de la zona						

Tabla 16. Parámetros característicos de la unidad [Q<sub>c</sub>].

## 6.4. NIVEL 3 SUELO ELUVIAL [Q<sub>E</sub>]

### 6.4.1. LITOLOGÍA

Este nivel de suelos se ha detectado únicamente en la investigación S-2 (de 8,9m a 9,4m de profundidad). Litológicamente se compone de unas gravas heterométricas provenientes del sustrato rocoso poco meteorizado y con algo de arena y limo con coloraciones grises.

Su comportamiento geotécnico es similar al de los suelos coluvio-eluviales por lo tanto debido a ello y su escasa entidad se ha agrupado como parte de la formación anterior.

La siguiente imagen muestra la caja del sondeo S-2 donde fue detectada esta unidad.



Figura 28. Investigación S-2 (8,9m a 9,4m) [Q<sub>e</sub>]

## 6.5. NIVEL 4. SUSTRATO ROCOSO. CRETÁCICO SUPERIOR [R]

### 6.5.1. LITOLOGÍA

Se trata del sustrato rocoso predominante a lo largo de todo el tramo estudiado. Forma parte del complejo Urgoniano. Esta Unidad está constituida por margocalizas y calizas margosas, que presentan una coloración gris azulada en corte fresco. Se han identificado grados de meteorización II- III en contacto con los suelos superiores lo que indica que apenas existe un horizonte de roca alterada.

De manera general la roca se presenta poco alterada y poco fracturada con valores de R.Q.D. variables entre 0 y cercanos a 90%.

La siguiente tabla muestra las cotas donde se detectó el sustrato rocoso:

Investigación	Unidad	Profundidad detección (m)
S-1	[C]	10,9
S-2	[C]	9,40
SI-17-3 <sup>a)</sup>	[C]	11,0
SI-17-4 <sup>a)</sup>	[C]	12,3

<sup>a)</sup> Investigaciones pertenecientes al informe /2/

Tabla 17. Profundidad de detección de la roca [R].

Es necesario indicar que en el sondeo S-17-4 se ha detectado una zona brechificada y/o milonitizada, con bolos de arenisca micácea, posiblemente sea la zona de contacto con otra facies rocosa.

De manera general el sustrato se presenta con buena calidad y en contacto neto con los suelos superiores.



Figura 29. Izquierda Investigación S-1, roca de 10,9m a ,14,1m [R]. Derecha S-2 roca de roca de 9,4m a ,15,1m [R]

Con la información de las cuatro investigaciones se comprueba que la aflora aproximadamente en la misma cota, aproximadamente entre 10,0 y 12,0m de profundidad. En el tramo de actuación no se ha identificado el sustrato sano en los taludes del vial pero hacia PKs menores (dirección Estella) si que ha podido ser identificado tal y como muestra la siguiente imagen.

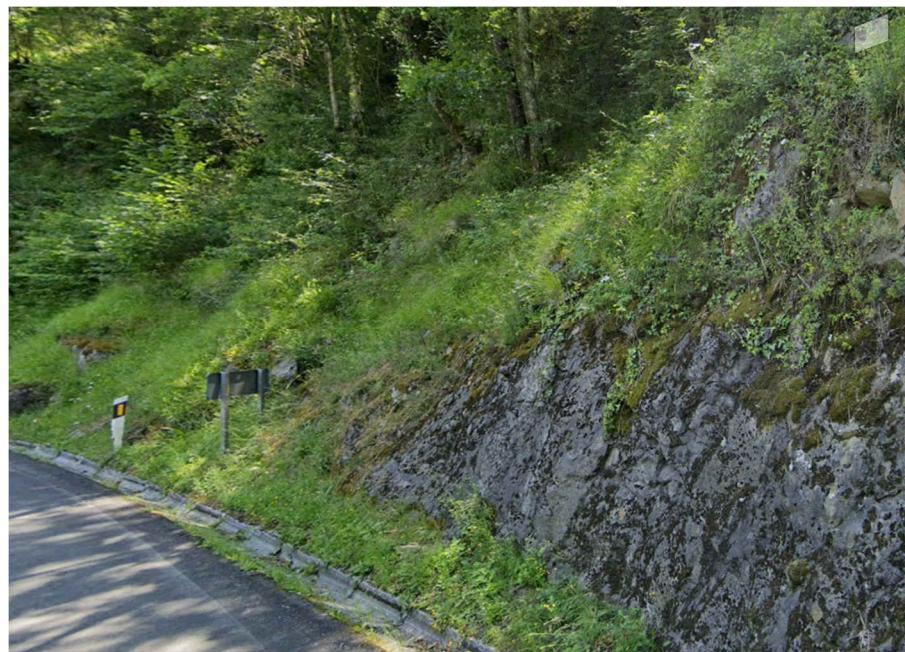


Figura 30. Sustrato rocoso ligeramente alterado en el talud del vial actual (fuera del ámbito de actuación)

#### 6.5.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre tres muestras parafinados se realizaron dos ensayos de compresión uniaxial (UNE 22950-3:1990). Los valores que se han obtenido son los siguientes.

Investigación	Unidad	Profundidad muestra (m)	Resistencia a compresión uniaxial (MPa)
S-1	[C]	12,35 – 12,95	54,0
S-1	[C]	12,90 – 13,10	16,4

Tabla 18 Profundidad de detección de la roca [R].

Se puede clasificar, por lo tanto, como una roca moderadamente dura a dura, según la clasificación de ISRM (1978) y Geological Society of London (1970):

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Ejemplos en rocas carbonatadas
1-5	Muy blanda	Blanda >1.25	
5-12.5	Blanda	Moderadamente blanda	Margas
12.5-25			
25-50	Moderadamente dura	Moderadamente dura	Margocaliza o caliza o caliza margosa. Calcarenita
50-100	Dura	Dura	Caliza y dolomía porosa
100-200		Muy dura	Calizas y dolomías
>200			
>250	Extremadamente dura	Extremadamente dura	

Figura 31. Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a compresión simple (modificado de Vallejo et al., 2002).

A partir de estos ensayos y la inspección visual de campo se han derivado unos parámetros característicos según el criterio de rotura no lineal de Hoek & Brown. Se trata de un criterio no lineal, puramente empírico, que permite valorar, de manera sencilla, la rotura de un medio rocoso mediante la introducción de las principales características geológicas y geotécnicas. Es denominado como no lineal porque la función que define el dominio elástico es no lineal.

Adicionalmente se ha dibujado la envolvente de Mohr-Coulomb si bien el comportamiento de la roca en un ensayo triaxial no concuerda con un modelo lineal, (Mohr-Coulomb) se sigue utilizando mucho por su sencillez y comodidad.

Parámetros Sustrato Rocosos GM-II / GM-III	Valor	Parámetros Derivados Criterio Hoek-Brown	Valor	Envolvente de rotura Mohr-Coulomb	Valor
Densidad aparente (kN/m <sup>3</sup> )	26,0	Resistencia compresión (matriz rocosa) (MPa)	1,121	Cohesión (c') (MPa)	1122
Resistencia compresión simple: (MPa)	25	Factor mb	1,122		
GSI	45	Factor s	0,0022		
Factor mi	8	Factor a	0,508	Ángulo de rozamiento (φ') (º)	27,2
Factor D	0	Módulo de deformación (matriz rocosa) (MPa)	3749,4		

Tabla 19. Parámetros para el sustrato rocoso sano, GM-II / GM-I.

A continuación, se muestran las salidas gráficas del cálculo de los parámetros del criterio de rotura de Hoek & Brown y Mohr-Coulomb, mediante los cuales podemos estimar los parámetros geomecánicos del sustrato rocoso. Este análisis se ha realizado mediante en software RocData, de la firma RocScience.

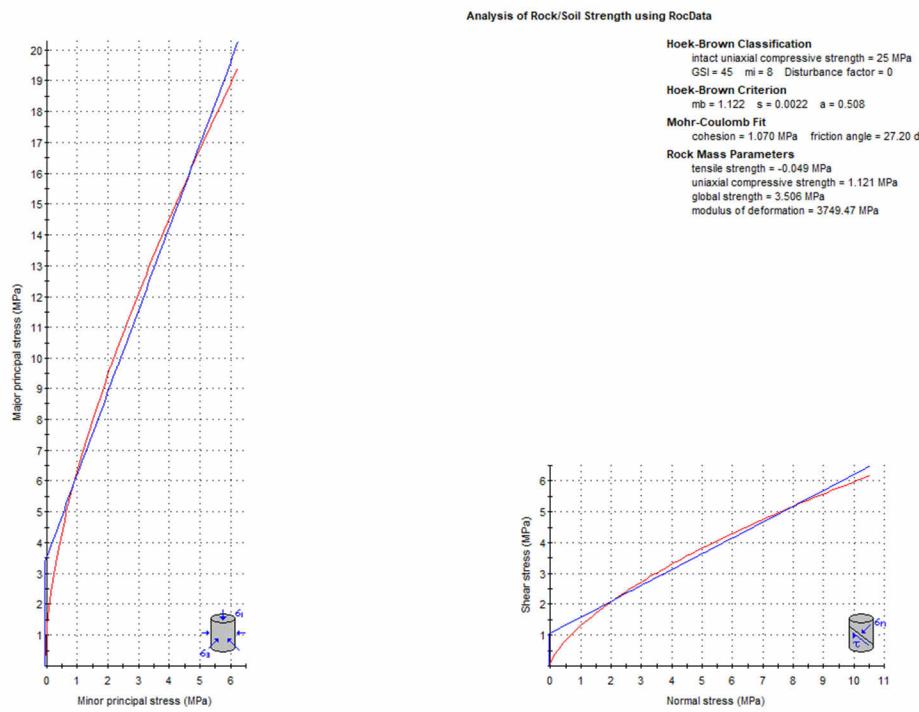


Figura 32. Criterio de rotura de Hoek-Brown y envolvente de Mohr-Coulomb

## 7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

### 7.1. METODOLOGIA

La metodología seguida en el análisis de estabilidad de la carretera GI-2120 a su paso por los p.k. 52+825 53+000 ha consistido en el estudio de la información previa disponible como paso inicial. Esta información previa se resume a continuación:

- /1/ Evaluación y gestión integrada de riesgos geotécnicos en la red de carreteras de la diputación foral de Gipuzkoa. **PdR C1D-GI-2120 PK 52,890 A PK 53,000 - Puerto de Lizarrusti. LKS-IKERLUR.** Noviembre de 2013.
- /2/ Implementación y control de la instrumentación geotecnica de la red de carreteras de la Diputación Foral de Gipuzkoa. Eptisa ingeniería.

Una vez estudiada esta información, se realizó una visita a campo para detectar los mecanismos de inestabilidad producidos, así como sus patologías en el firme del vial existente. Posteriormente se propuso una campaña de investigación basada en la ejecución de dos (2) sondeos mecánicos con la obtención de muestras de suelo y roca para su posterior análisis en el laboratorio. Con toda esta información junto con datos bibliográficos se realizó un análisis de datos geológicos y geotécnicos para después modelizarlo en un software de elementos finitos, PLAXIS 2D. Se realizó un back-analysis o retro-análisis para obtener los parámetros y el mecanismo de rotura producido en el talud actual para finalmente, proponer las estrategias de remediación.

El esquema seguido en el análisis obedece al siguiente diagrama de trabajo:

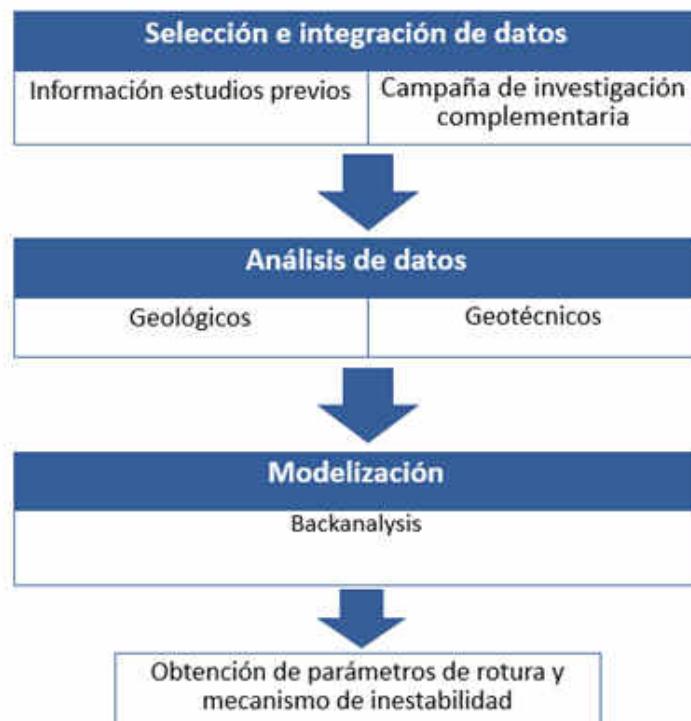


Figura 33. Diagrama de trabajo en el análisis de estabilidad.

## 7.2. RECOPILACION INFORMACIÓN PREVIA

La información de los estudios /1/ y /2/ que se indican el apartado anterior ha resultado de vital importancia para entender la magnitud del problema y conocer su desarrollo. En el tramo de estudio existe un muro de hormigón en masa entre los PKs 52+930 y 53+967 si bien no se ha podido detectar en la visita de campo debido a la intensa vegetación existente y se desconoce su estado actual.

## 7.3. ANALISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos se han usado los datos geológicos, geotécnicos y estructurales del proyecto /1/ y /2/, adicionalmente se llevó a cabo una campaña de investigación complementaria. Los datos de esta campaña se resumen en el capítulo 5 *Campaña de investigación geotécnica*.

La campaña de campo complementaria y el estudio de los datos previos indica la existencia de un relleno de magnitud considerable, >3,0m en la investigación S-1, principalmente formado por terreno granular (gravas con arena y algo de finos) aunque se han detectado zonas formadas por suelos cohesivos.

Por debajo nos encontramos con un terreno de origen coluvial, posiblemente la masa deslizada, sin una estructura clara definida. Según las granulometrías se trata de una grava limosa (GM) y una arcilla con arenosa con grava (CL) con humedades medias (22,5-14,5%). La resistencia al corte de suelos movilizados es generalmente baja, debido que son producto de la alteración además de haberse producido una movilización y deformación previa de toda la masa de suelo. Este espesor es de 8-10 m en función de la investigación, si bien en todas ellas, la potencia de esta masa movilizada se mantiene constante. Este horizonte se ha subdividido en dos capas en función de los movimientos detectados por los inclinómetros previos instalados (para más información de la instrumentación instalada véase el documento /2/).

Se ha detectado un horizonte de suelo eluvial y reducido en el sondeo S-2 que no tiene influencia en el cálculo ni en la solución establecida, ya que se ha detectado con 0,5m de espesor. Finalmente, a una profundidad media de 11-12 m se ha detectado el sustrato rocoso que litológicamente se compone de unas margocalizas poco meteorizadas y fracturadas (GM II-III).

Todos los parámetros seleccionados en los cálculos se resumen en el capítulo 7.5.4.

## 7.4. DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO

La zona de deslizamiento investigada afecta a un tramo de unos 175m de longitud, aproximadamente entre los p.k. 52,825 y 53,000 de la carretera que discurre de Estella a Beasain por Lizarrusti.

El tramo de carretera estudiado presenta diversas grietas y hundimientos de la calzada, las cuales han motivado la realización de diversas actuaciones de reasfaltado con el paso de los años.

En el plano taquimétrico facilitado por la Diputación Foral de Gipuzkoa se ha diferenciado un muro de hormigón en masa, aproximadamente desde el PK 52+930 y 53+967, ubicado en el pie del relleno del vial a unos 5m de la plataforma. En campo no se ha detectado dicho muro debido a la vegetación existente.

Las siguientes fotografías muestran el estado actual del vial hacia PKs crecientes.



Figura 34. Imágenes del estado actual del vial hacia PKs crecientes.

La existencia de abundante vegetación en espaldón del relleno hace que no sea posible inspeccionar su estado ni el del pie del terraplén tal y como se muestra en la siguiente fotografía tomada desde el camino ubicado en el pie del relleno:



Figura 35. Estado actual del espaldón del relleno.

Toda esta inestabilidad se refleja también en la plataforma viaria, donde se ve claramente los límites de la masa de suelo movilizada.



Figura 36. Estado actual de la plataforma viaria.

Con esta información recabada en campo, y la información previa, se obtiene un posible mecanismo de rotura preferencial. Esta geometría es la que se utilizará posteriormente para realizar el retro-análisis y los cálculos de estabilidad correspondientes.

A continuación, se muestra un perfil geológico-geotécnico a través del eje del deslizamiento, con la interpretación del deslizamiento.

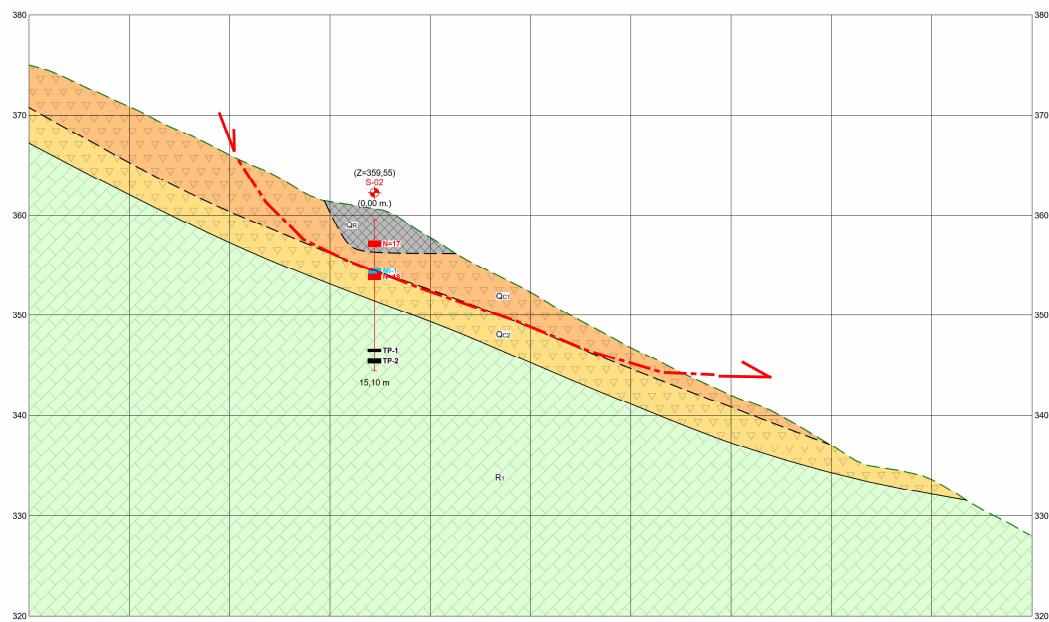


Figura 37. Posible mecanismo de inestabilidad

## 7.5. MODELIZACION

### 7.5.1. INTRODUCCION

El análisis y modelización de la estabilidad de un talud implica muchas áreas de incertidumbre, incluye la precisión computacional, los pesos específicos de los materiales, la geometría del talud, la presión intersticial y los parámetros de resistencia de los suelos.

De manera general los parámetros de resistencia de un suelo se definen en base al criterio de rotura de Mohr-Coulomb, usando como referencia la cohesión efectiva  $c'$  y el ángulo de rozamiento efectivo  $\varphi'$ . Si bien las incertidumbres de la precisión computacional son muy limitadas, básicamente debido al estado del arte en los modelos numéricos, es necesario considerar el resto de las incógnitas. Los valores de pesos específicos se pueden medir en el laboratorio, la geometría del talud es fácilmente medible por métodos topográficos y la presión intersticial se puede obtener de las lecturas de piezómetros.

Sin embargo, existen una gran incertidumbre con la selección de los parámetros de resistencia que comúnmente se obtienen de ensayos de laboratorio. A pesar de los ensayos de laboratorio, existen serias dudas de su validez porque es necesario obtener muestras representativas de los materiales envueltos en las superficies de deslizamiento potenciales y además es primordial simular las condiciones existentes en el talud. Estas condiciones existentes incluyen las tensiones efectivas actuando en la superficie de deslizamiento, deformaciones previas de corte (si es que existen), drenaje durante el modelo de deslizamientos, ratio de desplazamiento y la formación del propio deslizamiento.

Por ello que el análisis tipo back-analysis (o retro-análisis) puede evitar este tipo de problemas asociados a los ensayos de laboratorio y es comúnmente usado en problemas de deslizamientos. El método de back-analysis, es un cálculo efectivo para incorporar los factores que no quedan bien representados por los ensayos de laboratorio como pueden ser: la fábrica del suelo, anisotropía, influencia de las fisuras en la resistencia del suelo o los efectos de planos de deslizamiento previos por la masa de suelo.

Un back-analysis asume la geometría original del talud y un factor de seguridad próximo o igual a la unidad ( $FS \approx 1$  o condiciones de equilibrio estricto) para poder estimar los parámetros de resistencia del suelo que han sido movilizados. Este análisis se hace mediante los modelos bidimensionales de equilibrio límite.

### 7.5.2. BACK-ANALYSIS

Se empleará el método de elementos finitos para realizar el análisis de estabilidad de la ladera deslizada. Este método permite conocer los parámetros de resistencia de los suelos implicados en el deslizamiento mediante una serie de iteraciones que se detallan a continuación:

- La selección de una superficie teórica de rotura en el talud.
- El criterio de rotura de Mohr Coulomb, para los materiales tipo suelo. Para el sustrato rocoso sano se ha utilizado el criterio de rotura de Hoek-Brown.
- La definición de coeficiente de seguridad.

El análisis de estabilidad de la ladera se realizará mediante el Software PLAXIS 2D. La iteración de los parámetros resistentes en tensiones efectivas ( $c'$  y  $\varphi'$ ) permite conocer la superficie de deslizamiento pésima, que dado el estado de la plataforma deberá tener un coeficiente de seguridad de  $F.S. \approx 1$ .

Por ello, con el objetivo de verificar la bondad y representatividad de los parámetros obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio, se ha intentado simular una superficie de rotura similar a la observada en campo. Para ello, se ha considerado un perfil trasversal que discurre a lo largo del deslizamiento y en el cual se ha representado una denominada zona de debilidad por donde ha ocurrido ya el deslizamiento.

Este escenario refleja una situación donde la rotura se desencadena por una superficie de deslizamiento preferente (con valores de resistencia al corte muy bajos) o preexistente en la que ya se han producido deformaciones (pequeñas o importantes).

En el caso de materiales con una componente básicamente granular los valores de cohesión efectiva son cercanos a 0 o incluso nulos ( $c' \approx 0$  kPa), por lo tanto, solo se movilizarán el ángulo de rozamiento en la superficie de debilidad. Por su parte los materiales cohesivos presentarán unos valores de cohesión bajos, ya que se trata de los parámetros efectivos o de largo plazo donde se ha producido un drenaje y las partículas de suelo se han reorientado. Esto también implica unos valores de ángulo de fricción bajos. Además, el hecho de haberse producido una superficie de rotura implica la orientación preferente de las partículas que forman el esqueleto del suelo, reduciéndose su rozamiento y cohesión a valores residuales.

Esta superficie de deslizamiento preferente se ha dibujado en el contacto entre el material coluvial saturado y no saturado, ya que se ha comprobado este desplazamiento en los inclinómetros instalados. La lectura de estos inclinómetros puede comprobarse en el informe /2/.

Para el resto de las unidades, la parametrización de las unidades geotécnicas debe tener en cuenta la diferencia entre las propiedades obtenidas a través de los ensayos de laboratorio (donde comúnmente se obtienen parámetros "pico") y las propiedades que gobiernan el comportamiento de la masa de suelo.

Se ha considerado que el nivel freático circula por la superficie de deslizamiento preferente a través de la superficie de terreno que se ha detectado saturada. Tal y como se ha mencionado no se ha considerado la existencia de ninguna estructura en el cuerpo del relleno.

Se han analizado dos perfiles transversales por los PKs 52+830 y 52+930 tal y como muestran las siguientes figuras:

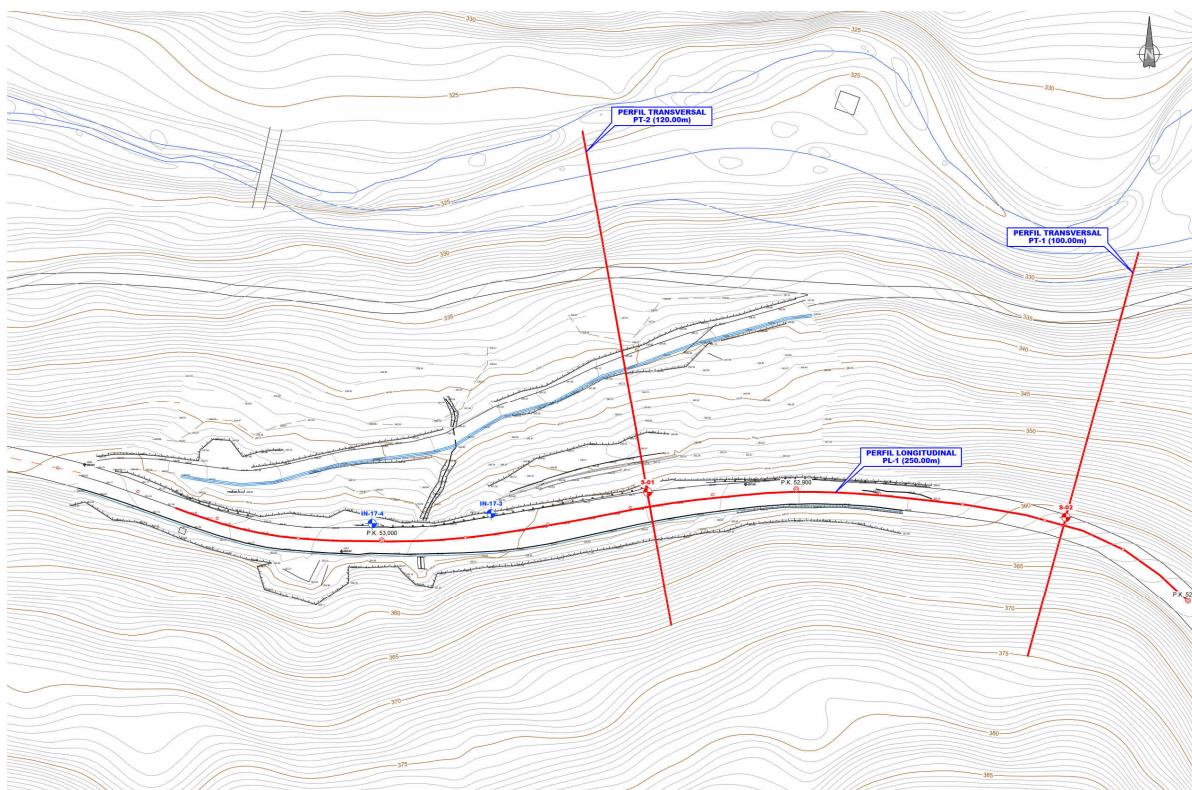


Figura 38. Planta de ubicación de las secciones estudiadas

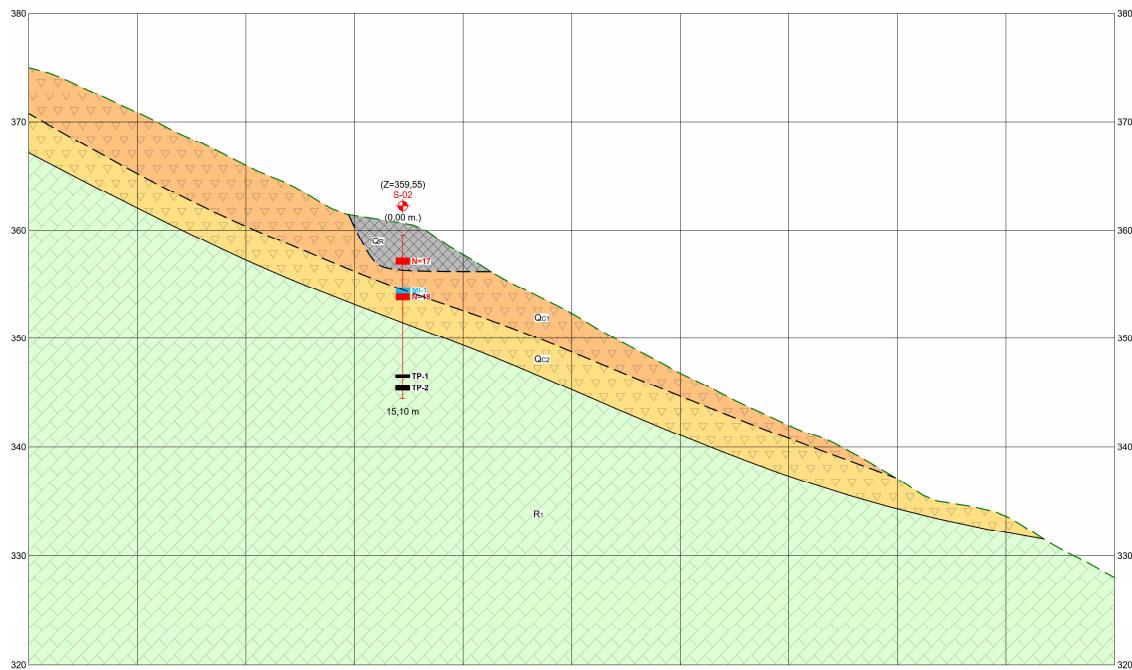


Figura 39. Sección transversal 1 analizada.

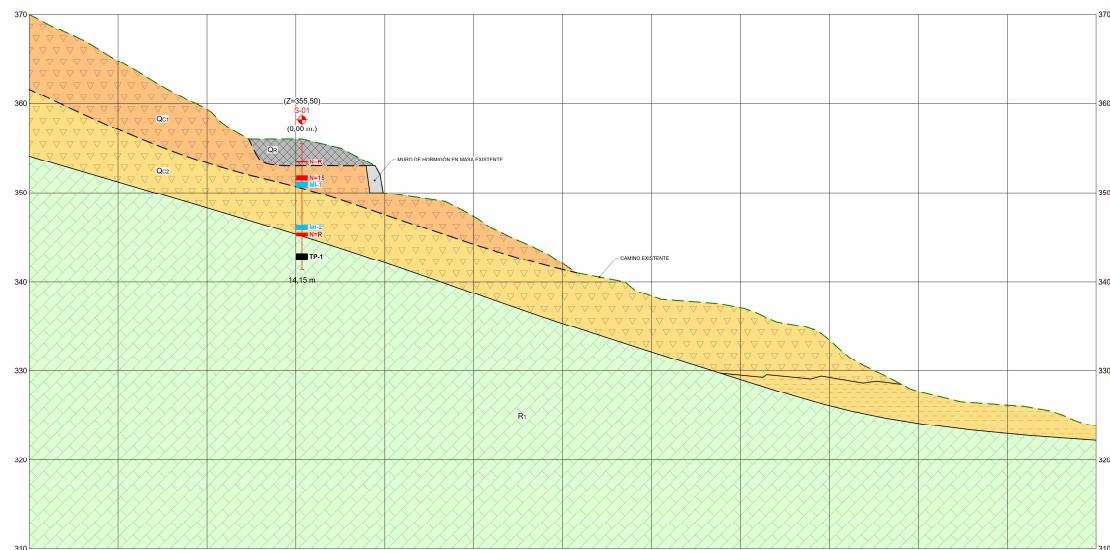


Figura 40. Sección transversal 2 analizada.

A continuación, se muestran los resultados del análisis.

#### 7.5.2.1. Sección transversal 1

El estado actual de la sección transversal 1 se indica en la siguiente imagen:

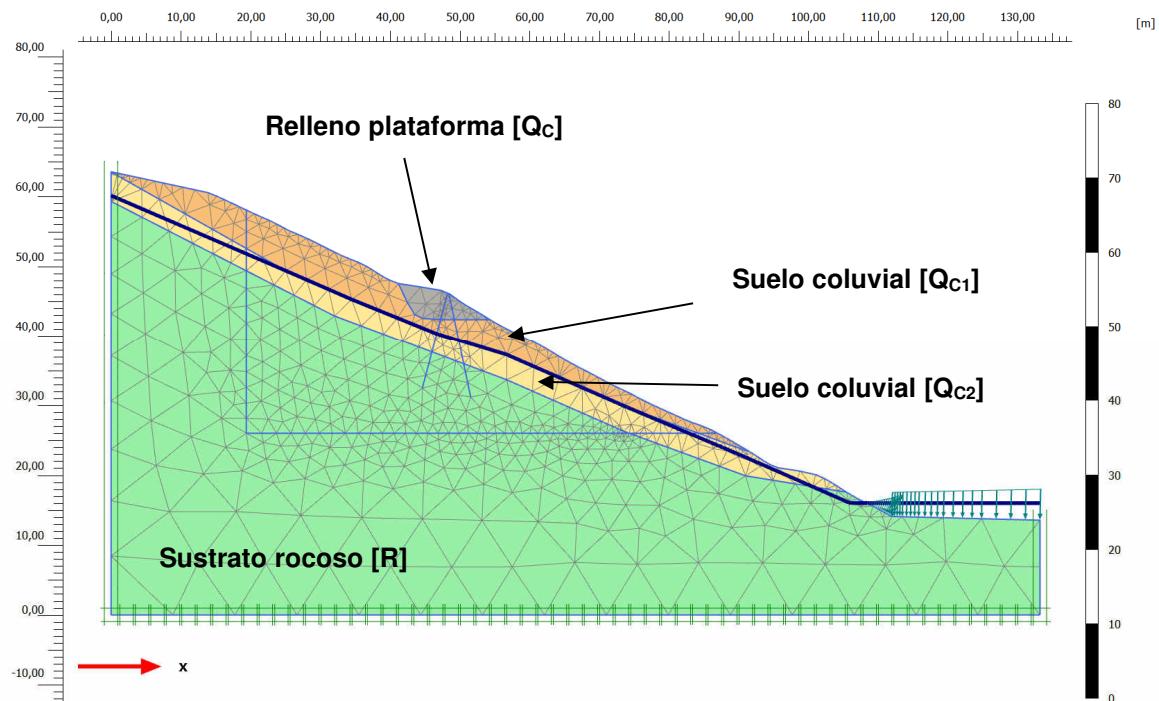
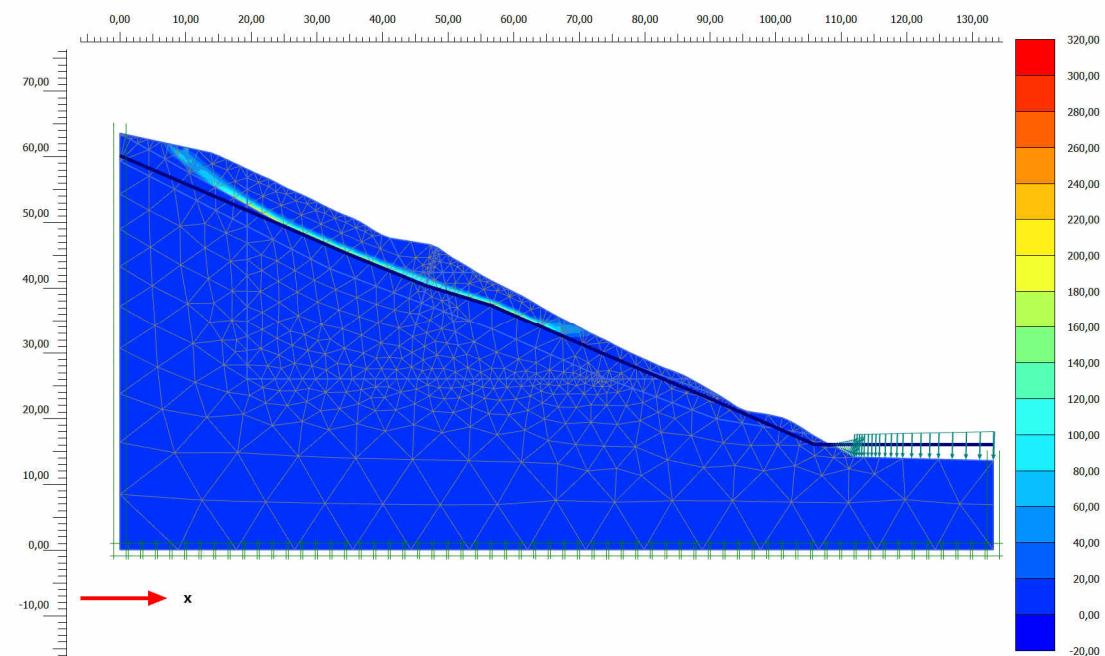


Figura 41. Sección transversal 1.

El análisis del factor de seguridad muestra la siguiente superficie de rotura. El factor de seguridad obtenido es  $FS=1,054$ .



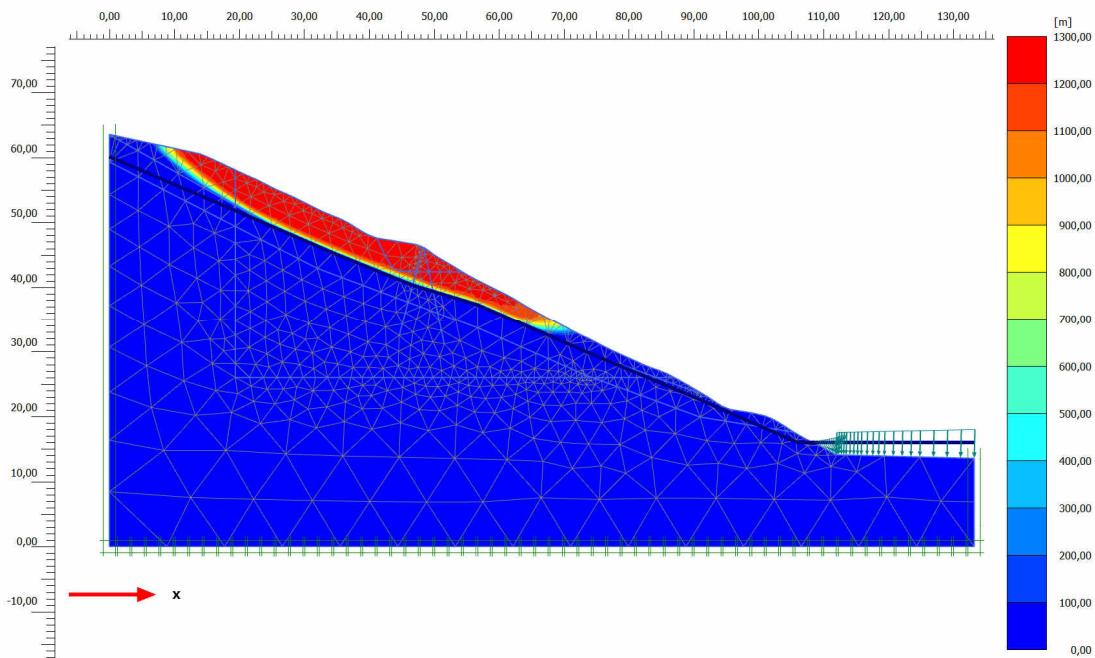


Figura 42. Sección trasversal 1. Arriba incremento de tensiones desviadoras. Abajo deformaciones totales.

#### 7.5.2.2. Sección transversal 2.

El estado actual de la sección transversal 1 se indica en la siguiente imagen:

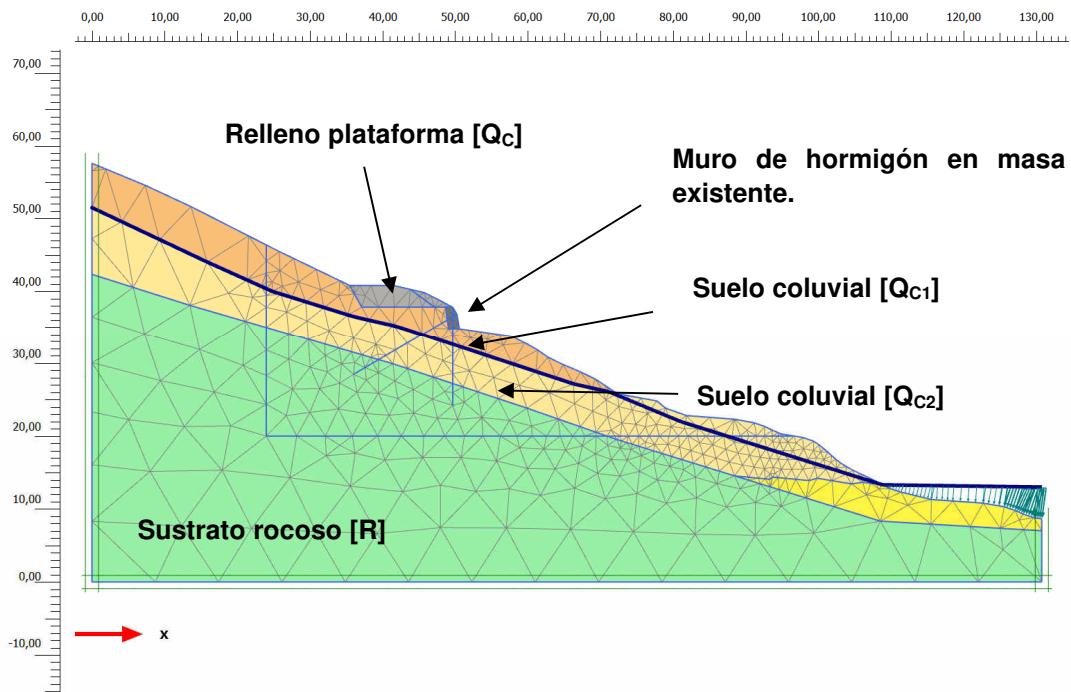


Figura 43. Sección transversal 2

El análisis del factor de seguridad muestra la siguiente superficie de rotura. El factor de seguridad obtenido es FS=1,061.

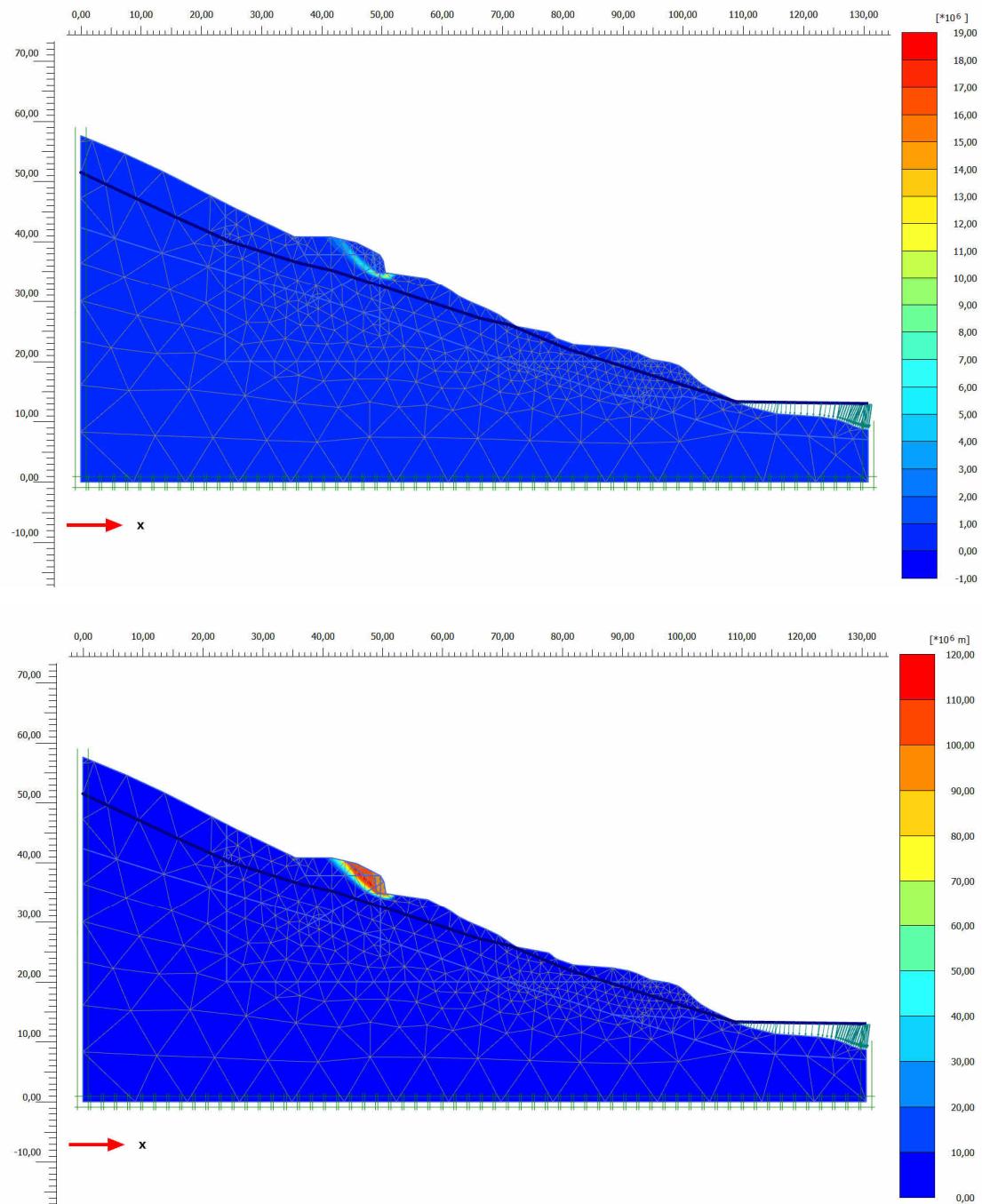


Figura 44. Sección trasversal 2. Arriba incremento de tensiones desviadoras. Abajo deformaciones totales.

### 7.5.3. RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD Y PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE CALCULO

Una vez realizados los cálculos de retro-análisis se resumen los factores de seguridad obtenidos para cada hipótesis.

Método	Nivel freático <sup>i)</sup>	Factor de seguridad obtenido <sup>ii)</sup>	Localización de la rotura <sup>iii)</sup>
ELEMENTOS FINITOS (PLAXIS 2D)	Si	1,054	A través del contacto entre el suelo coluvial saturado y no saturado.
	Si	1,061	Por el pie del muro de hormigón en masa.

<sup>i)</sup> Nivel freático considerado dentro del plano de deslizamiento preferente.  
<sup>ii)</sup> Método de reducción de parámetros resistentes.  
<sup>iii)</sup> Morfología y localización general de la rotura

Tabla 20. Tabla resumen factores de seguridad en cálculos de elementos finitos.

Lo que vienen a decir estos modelos, es que el mecanismo de inestabilidad de la masa deslizada es el de un movimiento que comienza en la zona superior del desmonte en la sección transversal 1 a través de los suelos coluviales, mientras que en el caso de la sección 2 la rotura se produce a través del relleno de la carretera y progresiva por el pie del muro de hormigón existente que con toda probabilidad esté cimentado en la masa coluvial.

En condiciones normales la ladera puede presentar un FS próximo a 1,0 por lo que el modelo de rotura no circular puede ser más representativo del estado actual, es decir es una situación de equilibrio estricto. No obstante, en épocas de lluvias, a pesar de cierta capacidad de drenaje, el material de suelo deslizado se puede saturar (en las mediciones del piezómetro no se ha detectado la presencia de nivel piezométrico) y este  $FS \approx 1,0$  puede situarse por debajo de la unidad y dar lugar a los movimientos y patologías descritas.

En función de este análisis, se obtienen los parámetros geotécnicos finalmente asignados a los distintos niveles del terreno. Estos parámetros serán los que se utilizarán para realizar los distintos cálculos que justificarán las estrategias de remediación que se recomendarán en el apartado siguiente.

Estos parámetros geotécnicos se muestran en la siguiente tabla.

UNIDAD	PESO ESPECÍFICO $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	COHESIÓN EFFECTIVA $C'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	ÁNGULO ROZAMIENTO EFFECTIVO $\phi'$ [°]	MÓDULO DEFORMACIÓN $E'$ [MPa]	COEFICIENTE POISSON [ $\nu$ ]	ÁNGULO DE DILATANCIA $\psi'$ (°)
Rellenos antrópicos [Q <sub>R</sub> ]	19,5	5	35	30	0,30	0
Suelos coluviales (masa deslizada) [Q <sub>c1</sub> ]	20	5 <sup>a)</sup>	23 <sup>a)</sup>	25	0,30	0
Suelos coluviales (masa deslizada) [Q <sub>c2</sub> ]	20	15	28,5	34	0,30	0

UNIDAD	PESO ESPECÍFICO $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	COHESIÓN EFFECTIVA $C'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	ÁNGULO ROZAMIENTO EFFECTIVO $\phi'$ [°]	MÓDULO DEFORMACIÓN $E'$ [MPa]	COEFICIENTE POISSON [ $\nu$ ]	ÁNGULO DE DILATANCIA $\psi'$ [°]
a) Los parámetros impuestos a esta unidad han sido residuales						

Tabla 21. Cuadro resumen con los parámetros geotécnicos de los suelos deducidos y utilizados en los cálculos.

UNIDAD	PESO ESPECÍFICO $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	RCS ROCA INTACTA [MPa]	Parámetros mb / s	MÓDULO DEFORMACIÓN Rock Mass (MPa)	COEFICIENTE POISSON [ $\nu$ ]
Sustrato rocoso GM II [R] <sup>a)</sup>	26,0	25	1,122 / 0,0022	3749,4	0,15

a) El sustrato rocoso sano se ha parametrizado en base al criterio de rotura de Hoek & Brown y así se ha introducido en los modelos.

Tabla 22. Cuadro resumen con los parámetros geotécnicos del sustrato rocoso deducidos y utilizados en los cálculos.

## 8. ESTRATEGIAS DE REMEDIACION

### 8.1. INTRODUCCIÓN

Considerando la problemática asociada a las grietas del firme y a la superficie de inestabilidad que pasa a través de él, a masa de suelo previamente deslizada y la existencia de un muro de hormigón en masa existente se proponen dos soluciones tramificadas de la siguiente manera:

- Pantalla de micropilotes a modo de pasadores. PK inicio 52+800 Pk final 52+933
- Muro de micropilotes con una fila de anclajes. PK inicio 52+930 Pk final 53+000

En el caso de los pasadores serán en este caso micropilotes dispuestos de forma inclinada en el borde del vial, uniéndolos entre sí en cabeza por medio de una viga de atado. La pantalla de micropilotes se ejecutará atravesando el muro de hormigón en masa existe a modo de recalce y continuará una vez que finalice la estructura hasta el final del tramo. Como puede deducirse de los tramos de aplicación de cada solución se ha diseñado un solape entre ambas secciones de al menos 3 m que ayudara a que no se produzcan un derrame de tierras entre ellos.

### 8.2. SOLUCIÓN MEDIANTE PASADORES

#### 8.2.1. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

Una de las técnicas utilizadas comúnmente en la estabilización de deslizamientos profundos es la inclusión en el terreno de pasadores estructurales, que cosen o solidarizan la masa potencialmente deslizante al sustrato estable profundo. Estos pasadores estructurales se configuran generalmente como pilotes, módulos pantalla o micropilotes. En este caso se ha optado por micropilotes ya que el esfuerzo de contención es pequeño y adicionalmente las condiciones geométricas o constructivas así lo aconsejan.

El fundamento del funcionamiento de los pasadores estructurales se basa en la movilización progresiva de empujes sobre dichos elementos debido al movimiento de la masa deslizante. Dichos empujes equivalen en sentido contrario a las fuerzas estabilizadoras determinadas para que aumente el factor de seguridad al deslizamiento global en la cantidad deseada.

Para pasadores flexibles, como es el caso de los micropilotes, la armadura tubular (adherida al terreno por una inyección) resiste por cortante y flexión y el terreno próximo se mejora mediante la inyección del micro. Suele disponerse una serie de micropilotes de forma reticular con dos o tres inclinaciones para aumentar la estabilidad del conjunto y aumentar el efecto del tratamiento por inyección en el terreno. Además, esta inclinación hace que el terreno entre los diferentes micropilotes contribuya a la estabilización.

En estos casos, los diferentes micropilotes existentes en una sección transversal a la zona de estudio, se puede considerar que forman una estructura porticada sobre la que actúan las fuerzas de estabilización con una distribución triangular y se refleja en la siguiente figura.

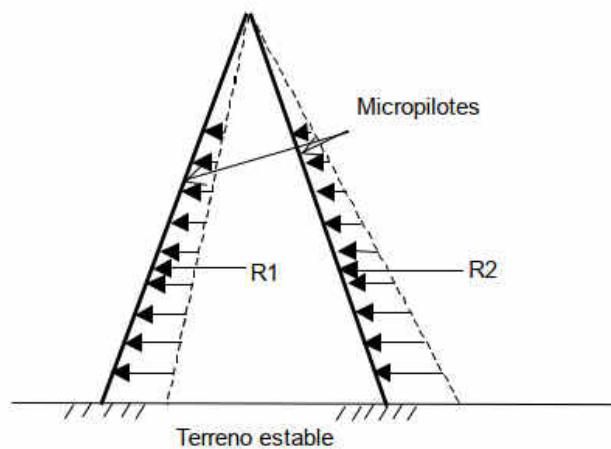


Figura 45. Esquema de trabajo de una estabilización mediante micropilotes

Una de las mayores incógnitas es saber la distribución de las fuerzas totales de estabilización en los diferentes micropilotes. De manera general se establece que cuanto mayor rigidez presente el terreno existente entre dichos micropilotes, la distribución de la fuerza de estabilización será más uniforme entre las distintas filas de micropilotes ( $R_1 \approx R_2$ ). Por el contrario, si el terreno entre los micropilotes tiene mucha deformabilidad, prácticamente toda la carga será recogida por la fila de micropilotes que se enfrenta directamente al movimiento del terreno ( $R_2 \gg R_1$ ). En estos casos, la otra fila de micropilotes trabaja como reacción dada por la estructura.

#### 8.2.2. PROCESO CONSTRUCTIVO

Una de las mayores ventajas del uso de micropilotes frente otro tipo de pasadores más rígidas es el uso de maquinaria relativamente pequeña para zonas de difícil acceso o donde el espacio reducido es una de las variables importantes. En este caso debido al poco espacio que se dispone, se considera como apropiado el uso de micropilotes.

Se propone una solución de pasadores mediante dos alineaciones de micropilotes con inclinaciones distintas, ejecutados cada una con  $15^\circ$  de inclinación respecto a la vertical. Estos micropilotes estarán separados 1,0m entre una misma alineación y por lo tanto la separación será de 0,5m entre dos elementos contiguos. La longitud total de los micropilotes será de 15,6m, suponiendo una longitud superior ( $L_{sup}$ , sobre la superficie de rotura teórica) de 10,6m y una longitud inferior de 5m ( $L_{inf}$ , sobre el antiguo deslizamiento estable). El sustrato rocoso sano se encuentra poco fracturado y poco alterado.

Esta solución deberá tener en cuenta una viga de atado o encepado de hormigón armado que los haga trabajar de manera solidaria entre sí.

Esta geometría se ha establecido siguiendo las recomendaciones de la "Guía de Micropilotes del Ministerio de Fomento".

Las siguientes imágenes muestran de manera esquemática la disposición de los pasadores en perfil y planta.

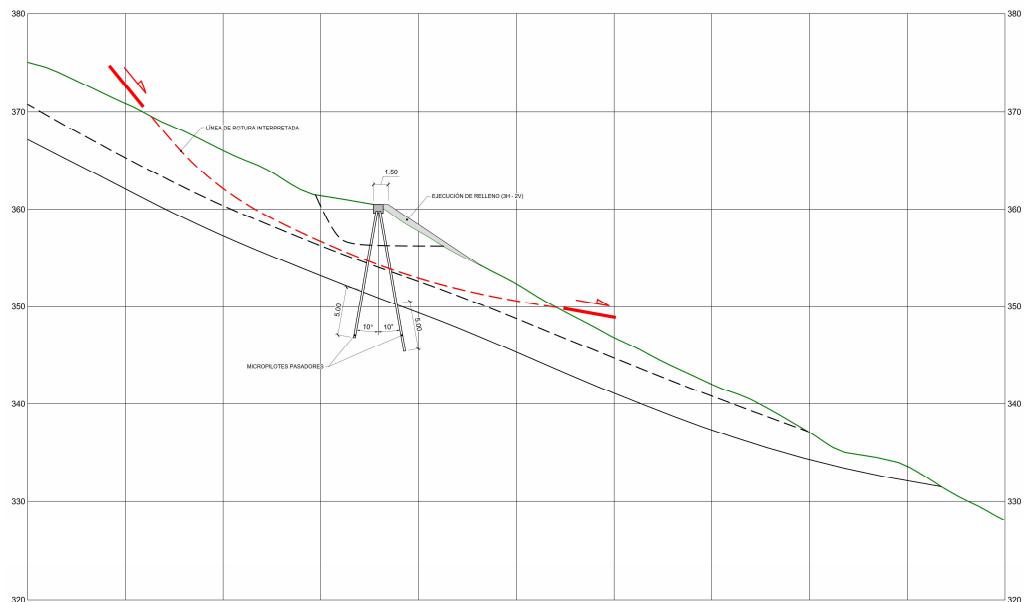


Figura 46. Perfil de los pasadores en el talud

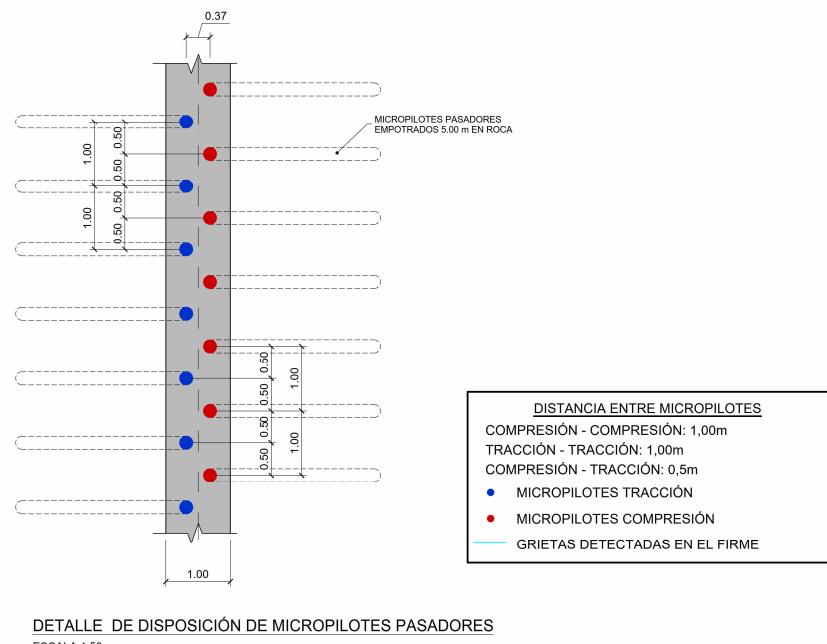


Figura 47. Croquis planta de la viga de encepado

Estructuralmente los micropilotes se proyectan con armadura de diámetro exterior (De) Ø 139,7 mm y espesor 9 mm embebidos en lechada y en una perforación (Dp) de Ø 225 mm. El acero previsto es tipo N-80 / fyk = 560 MPa. Todos los detalles se incluyen en los planos constructivos adjuntos en el presente documento.

La ubicación de la viga de atado en planta se encuentra cercana al arcén debido al poco espacio del que se dispone.

En el capítulo de planos del presente informe, se incluyen planos constructivos de detalle con toda la alternativa descrita. Se incluye una planta general, sección transversa tipo y el plano con los detalles de los micropilotes.

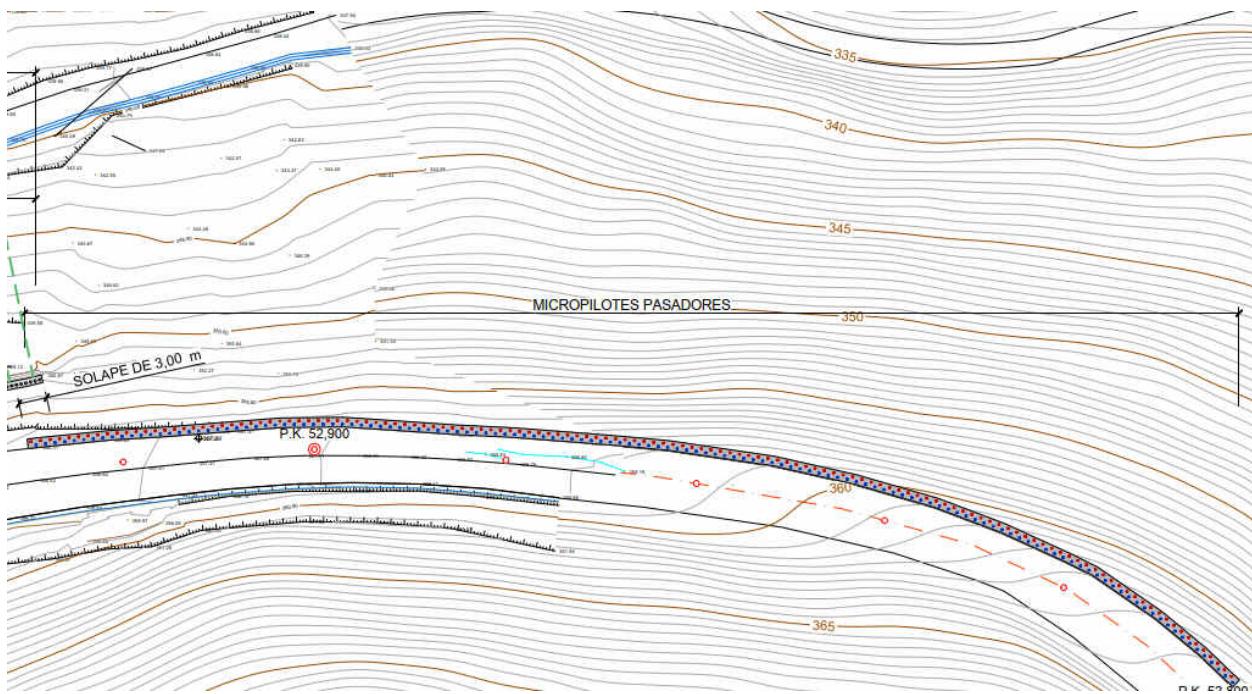


Figura 48. Vista en planta de la pantalla de micropilotes

### 8.2.3. NORMATIVA UTILIZADA

En la definición de las estructuras de este informe se han tenido en cuenta las normas, instrucciones y documentación de referencia que se relacionan a continuación:

- Código Estructural R.D. 470/2021.
- IAP-11: Instrucción de Acciones a considerar en el proyecto de Puentes de carretera.
- Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera

### 8.2.4. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES

- Clase general de exposición con corrosión de origen diferente de los cloruros y humedad alta (Tipo IIa)

#### 8.2.4.1. HORMIGONES

ELEMENTO ESTRUCTURAL	CALIDAD	RESISTENCIA CARÁCTERISITICA $F_{ck}$ (Mpa)	COEFICIENTE DE SEGURIDAD $\gamma_c$
HORMIGÓN DE LIMPIEZA	HL-150/P/20/IIa	15	1,5
VIGA DE ATADO	HA-25/P/20/IIa	25	1,5
LECHADA ANCLAJES		20	

#### 8.2.4.2. ACERO

ELEMENTO ESTRUCTURAL	CALIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD $\gamma_s$	RECUBRIMIENTO NOMINAL $r_{nom}$ (mm)
PASIVO	B 500 S	1,15	35
ACTIVO (ANCLAJES)	B 500 S		

#### 8.2.4.3. MICROPILOTE

Se ha efectuado el cálculo con un micropilote de armadura tubular con las siguientes características:

- Geometría de perforación: Ø220 mm
- Tipo armadura tubular: N-80;  $\gamma_a = 1,10$
- Dimensiones armadura tubular: Ø139,7 mm y espesor de 9 mm

Lechada de cemento

- Resistencia característica  $f_{ck}=25\text{ MPa}$ ;  $\gamma_c=1,50$

#### 8.2.5. NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD

- Toda la obra Nivel de control INTENSO

#### Control de materiales

- Hormigón Nivel de control ESTADÍSTICO
- Acero en armaduras pasivas Nivel de control NORMAL

#### 8.2.6. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

##### 8.2.6.1. SEGÚN EHE-08

Se siguen las prescripciones de la EHE-08 asumiendo los niveles de control señalados en el punto anterior. De acuerdo con ella, se señalan a continuación los coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación que se utilizan en los cálculos y comprobaciones estructurales.

##### 8.2.6.2. ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (ELU)

Los estados límites últimos se comprueban con los siguientes coeficientes de seguridad:

Coeficientes de seguridad de los materiales (situación persistente o transitoria):

- Hormigón:  $\gamma_c = 1,50$
- Acero en armaduras pasivas  $\gamma_s = 1,15$

Coeficiente de seguridad de los materiales (situación accidental)

- Hormigón:  $\gamma_c = 1,30$
- Acero en armaduras pasivas  $\gamma_s = 1,00$

Coeficientes de seguridad de las acciones (situación persistente o transitoria):

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$

Coeficientes de seguridad de las acciones (situación accidental):

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

#### 8.2.6.3. ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (ELS)

Los estados límites de servicio se comprueban con los siguientes coeficientes de seguridad:

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

#### 8.2.6.4. COEFICIENTES DE COMBINACIÓN ( $\Psi$ )

Para la determinación de los valores de combinación de las acciones se adoptan los siguientes coeficientes según la IAP-11.

TABLA 6.1-a FACTORES DE SIMULTANEIDAD  $\psi$ 

ACCIÓN		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga de uso	Vehículos pesados	0,75	0,75	0
	gr 1, Cargas verticales	Sobrecarga uniforme	0,4	0,4
		Carga en aceras	0,4	0,4
	gr 2, Fuerzas horizontales		0	0
	gr 3, Peatones		0	0
	gr 4, Aglomeraciones		0	0
Sobrecarga de uso en pasarelas		0,4	0,4	0
Viento	$F_{wk}$	En situación persistente	0,6	0,2
		En construcción	0,8	0
		En pasarelas	0,3	0,2
Acción térmica	$T_k$		0,6	0,6
Nieve	$Q_{Sn,k}$	En construcción	0,8	0
Acción del agua	$W_k$	Empuje hidrostático	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	$Q_c$		1,0	0
				1,0

(1) El factor de simultaneidad  $\psi_2$  correspondiente a la sobrecarga uniforme se tomará igual a 0, salvo en el caso de la combinación de acciones en situación sismica (apartado 6.3.1.3), para la cual se tomará igual a 0,2.

Figura 49. Factores de simultaneidad registrados en IAP-11.

## 8.2.7. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

### 8.2.7.1. INTRODUCCIÓN

Como cálculo justificativo a la solución planteada se ha usado un software de elementos finitos que permite tanto el cálculo de tensiones y deformaciones como de factores de seguridad frente a cualquier tipo de inestabilidad. Se ha utilizado el software PLAXIS 2D V20 de Bentley que permite el cálculo mediante elementos finitos asimilando el continuo suelo-estructura como una malla de triángulos y elementos lineales aplicando en cada uno de ellos ecuaciones diferenciales constitutivas para el cálculo de deformaciones y tensiones.

Se han utilizado modelos en estado de deformación plana y simétricos, con elementos de 15 nodos y 12 puntos de Gauss. En los primeros el programa calcula los desplazamientos y en los segundos, las tensiones y deformaciones. En estos últimos se resuelven las integrales a partir de las cuales se obtiene la matriz de rigidez. El programa PLAXIS 2D permite el estudio de las sucesivas fases simulando el proceso constructivo completo.

A la hora de evaluar la estabilidad global de las soluciones propuestas se ha utilizado la opción de reducción de  $\phi$ - $c$  que implementa el programa para el cálculo del factor de seguridad. Esta opción reduce progresivamente los parámetros resistentes  $\tan\phi$  y  $c$  del suelo hasta que se produce la rotura.

El factor de seguridad es, por tanto:

$$\Sigma Msf = \frac{\tan\phi_{input}}{\tan\phi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}$$

#### 8.2.7.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CALCULO

Para los materiales tipo suelo se ha utilizado el modelo constitutivo Mohr-Coulomb, es decir, elástico perfectamente plástico mientras que para el sustrato rocoso sano se ha utilizado el modelo constitutivo de Hoek-Brown basado en un criterio de rotura no lineal, criterio ampliamente empleado en el campo de la mecánica de rocas, especialmente en obra subterránea. Como se ha apuntado, el objetivo de dibujar el sustrato rocoso sano (sin que haya sido detectado) no es otro que el de darle una coherencia al perfil geotécnico en el modelado.

Por lo tanto, los parámetros característicos de entrada son los mismo que se han indicado en el capítulo 7.5.3.

#### 8.2.7.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En cuanto a los elementos estructurales al existir varios elementos tanto existentes (que se han introducido en el modelo) como de diseño, se han detallado de la siguiente manera:

- Los micropilotes pasadores se han simulado con elementos tipo PLATE considerando las siguientes rigideces:

$$E = 8500 * \sqrt[3]{Fck + 8}$$

$$EI = E * \frac{1}{64} \pi * (Dext^4 - Dint^4)$$

$$EA = E * \pi * \left( \frac{Dext^2 - Dint^2}{4} \right)$$

$$d = \pi * \left( \frac{d}{2} \right)$$

En el caso de los micropilotes es necesario indicar que solo se ha considerado la rigidez de la camisa de acero, despreciando la lechada tanto interior como exterior. Esto se debe a que a largo plazo la lechada se fisurará y por lo tanto es habitual despreciar su contribución a la rigidez del micropilote.

Property	Unit	Value
<b>Material set</b>		
Identification		Pantalla Micropilotes, $s=0.5m$
Comments		$\varnothing$ micro = 0,225 m $e=9mm$
Colour		 RGB 55, 121, 242
Material type		Elastic
<b>Properties</b>		
Isotropic		<input type="checkbox"/>
EA <sub>1</sub>	kN/m	1,450E6
EA <sub>2</sub>	kN/m	1,450E6
EI	kN m <sup>2</sup> /m	3280
d	m	0,1648
w	kN/m/m	1,832
v (nu)		0,000
Rayleigh $\alpha$		0,000
Rayleigh $\beta$		0,000
Prevent punching		<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 50. Datos de entrada para los micropilotes simulados como elementos "Plate"

#### 8.2.7.4. SECCIÓN DE CÁLCULO

Para la sección de cálculo se han seleccionado la más desfavorable desde el punto de vista geotécnico, donde se ha detectado el mayor espesor de masa deslizada.

La SECCIÓN 1 responde a la zona central del deslizamiento donde en la investigación SI-3 se detectó la masa de suelo movilizada con un espesor total de 9,2m. El perfil geotécnico típico estaría formado por:

- Relleno antrópico. 0,0 a 4,0m.
- Masa de suelo movilizada de 4,0 a 9,2m
- Roca sana (GM III) de 9,2 hasta el final del modelo.

Este perfil típico se puede ver en la siguiente imagen (a partir del modelo de elementos finitos):

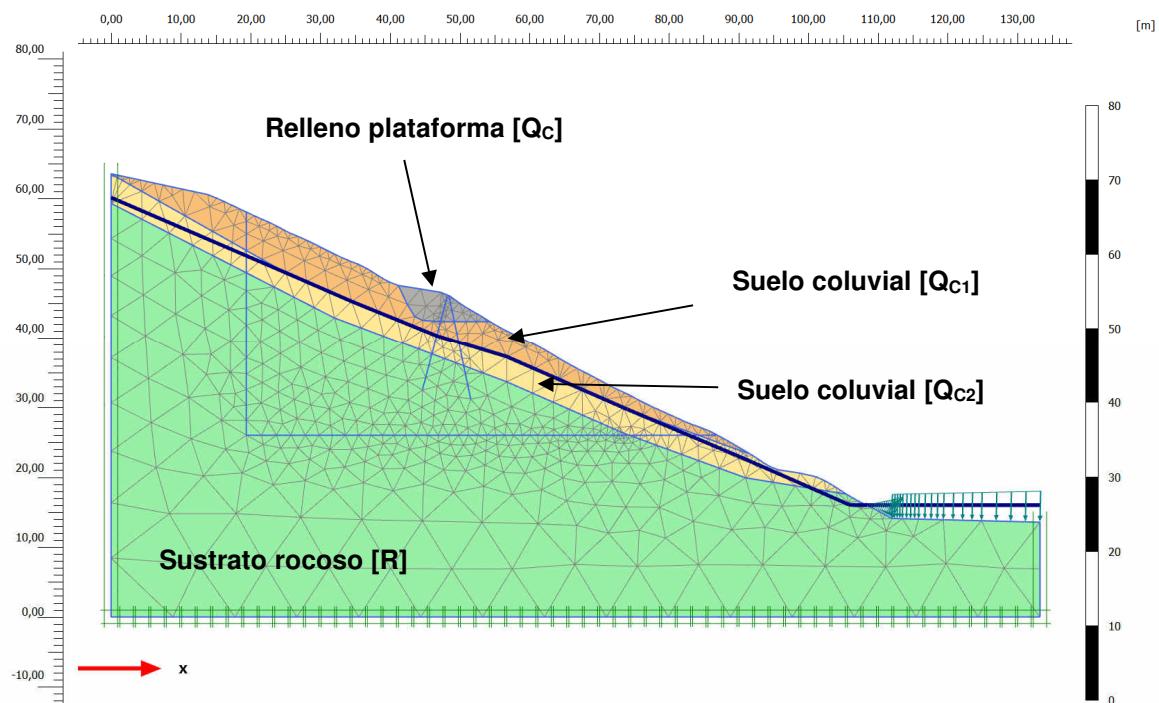


Figura 51. Sección 1 analizada mediante elementos finitos

Esta sección de cálculo se puede ver en la siguiente imagen:

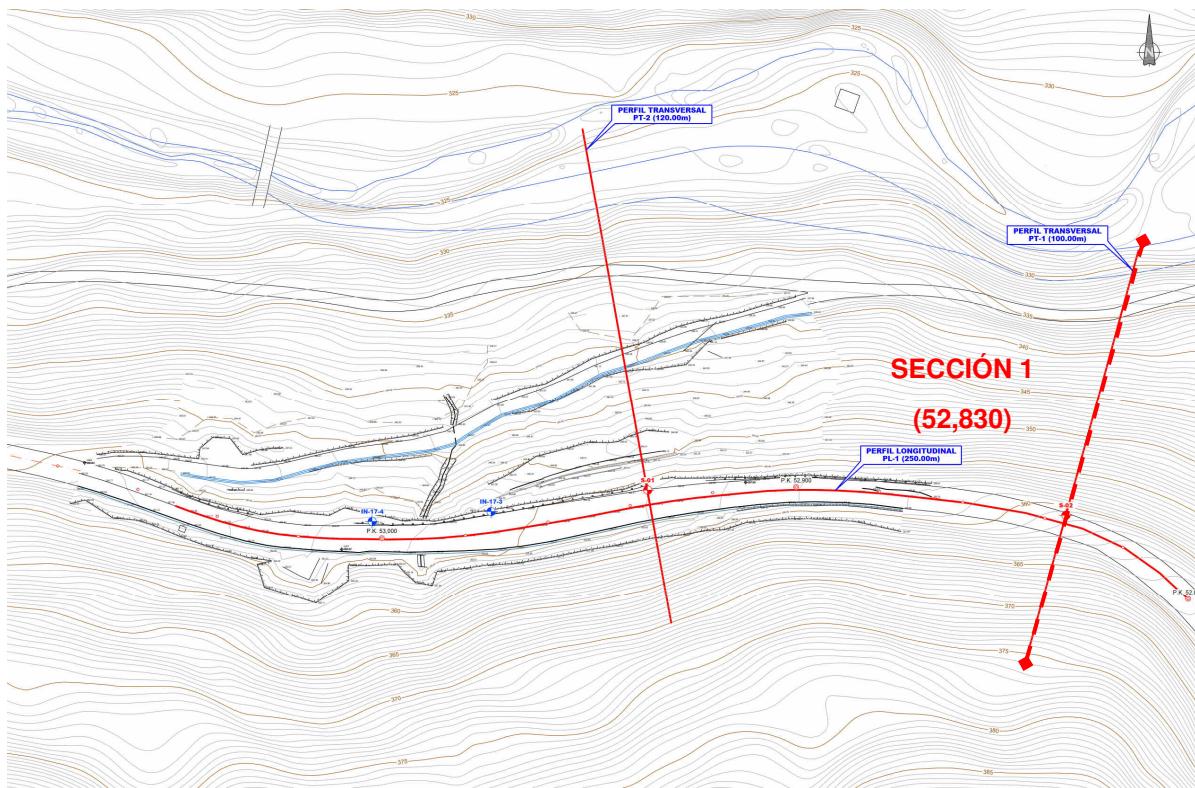


Figura 52. Sección 1 analizada mediante elementos finitos

Las fases de cálculo representan la situación inicial del muro anclado existente y las fases posteriores de ejecución del muro de micropilotes con anclajes de barra. Estas fases se resumen de manera esquemática en la siguiente tabla:

FASE	DESCRIPCIÓN DEL MODELO
1	Estado actual: Modelización del relleno del vial y la masa de suelo deslizada sobre el sustrato rocoso.
2	Fase plástica con el reseteo de los desplazamientos a cero. Los desplazamientos ocurridos durante la fase de vida del muro no se tendrán en cuenta en la siguiente fase de cálculo.
3	Cálculo del factor de seguridad bajo condiciones actuales.
3	Pantalla: Ejecución de las dos filas de pasadores (micropilotes) en la zona superior del relleno y subida del nivel freático simulando la saturación parcial de la masa deslizada
4	Cálculo del factor de seguridad con las condiciones de diseño (elementos tipo micropilotes).

En cada una de las fases de cálculo se ha llevado a cabo una comprobación del factor de seguridad (reducción de  $c$  y  $\phi$ ) para comprobar la rotura pésima. Las siguientes imágenes muestran la salida gráfica de las fases [1] y [3] de cada una de las secciones:

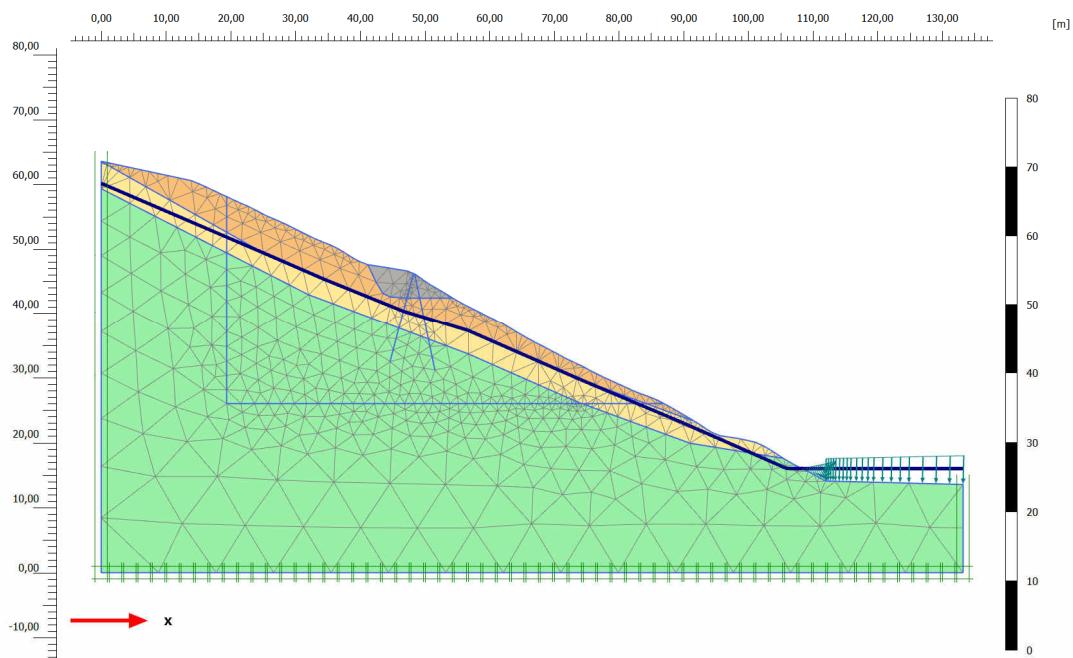


Figura 53. Salida grafica de la fase [1] SECCION 1.

#### 8.2.7.4.1 DEFORMACIONES

El estado actual muestra un  $FS=1,054$  lo que indica que el equilibrio es estricto. Como puede apreciarse la rotura se desarrolla por el relleno del vial:

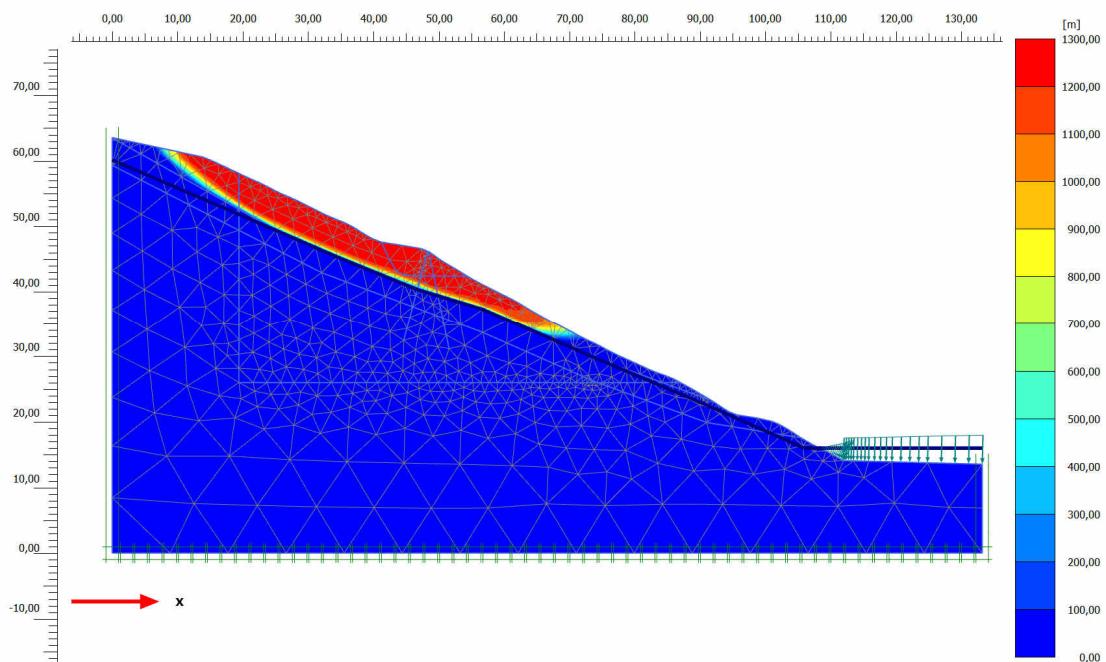


Figura 54. Círculo de rotura pésimo en condiciones actuales SECCION 1.

La malla deformada en la situación actual es la siguiente:

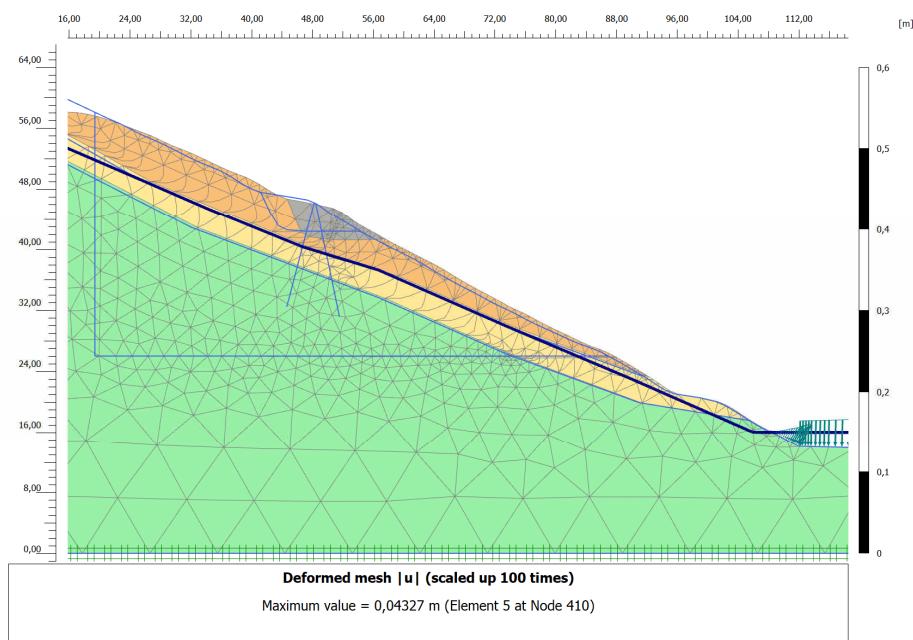


Figura 55. Malla deformada, estado actual. SECCION 1.

Una vez ejecutados los micropilotes, la malla deformada se ve a continuación:

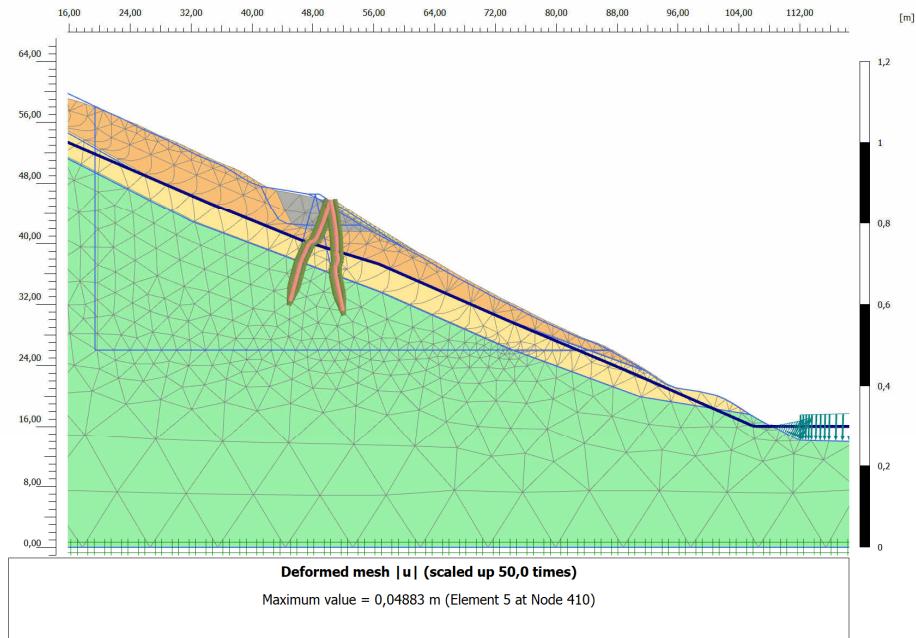


Figura 56. Deformaciones totales en la fase de ejecución de los micropilotes SECCION 1.

La siguiente imagen muestra el detalle en sombreado coloreado donde el color rojo indica donde se producen los máximos desplazamientos.

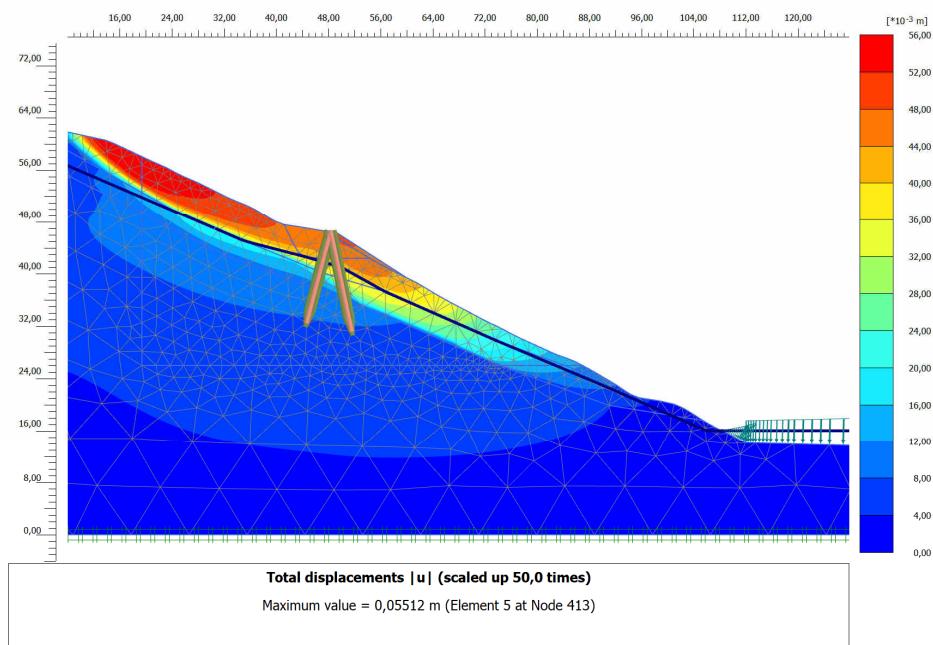


Figura 57. Deformaciones totales en la fase de ejecución de los micropilotes SECCION 1.

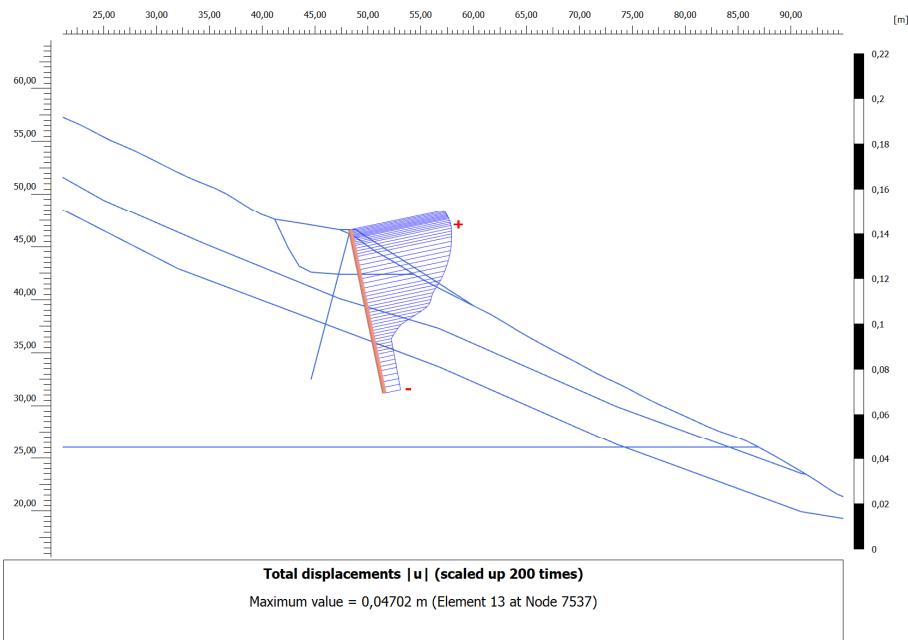


Figura 58. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase de subida de nivel freático SECCION 1.

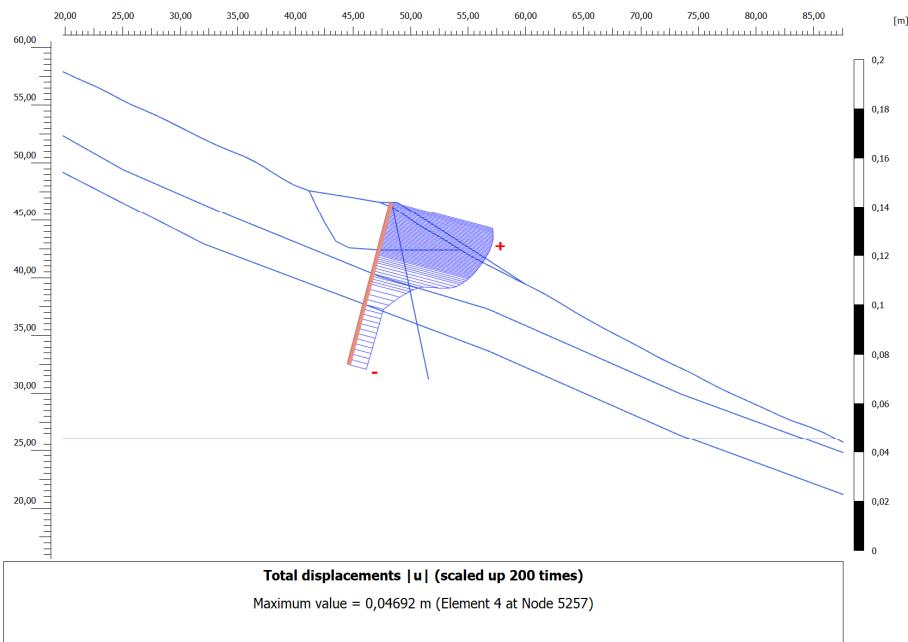


Figura 59. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase de subida de nivel freático SECCION 1.

#### 8.2.7.4.2 ESFUERZOS

Como se ha comentado, los esfuerzos en los micropilotes estarán condicionados principalmente por el empuje hidrostático.

En la pantalla de micropilotes la envolvente de esfuerzos es la siguiente:

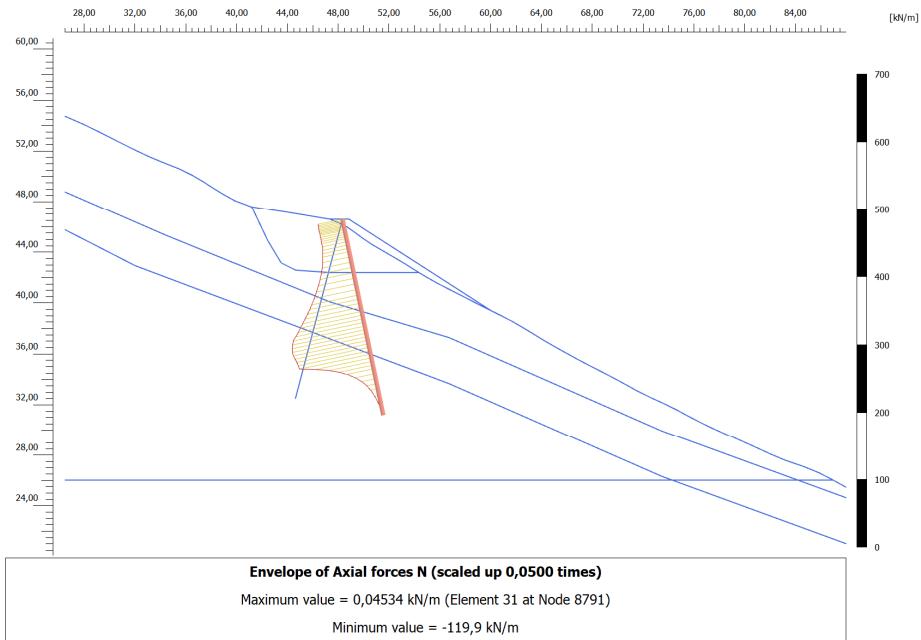


Figura 60. Envolvente de axiles máximos. Fila 1. SECCION 1.

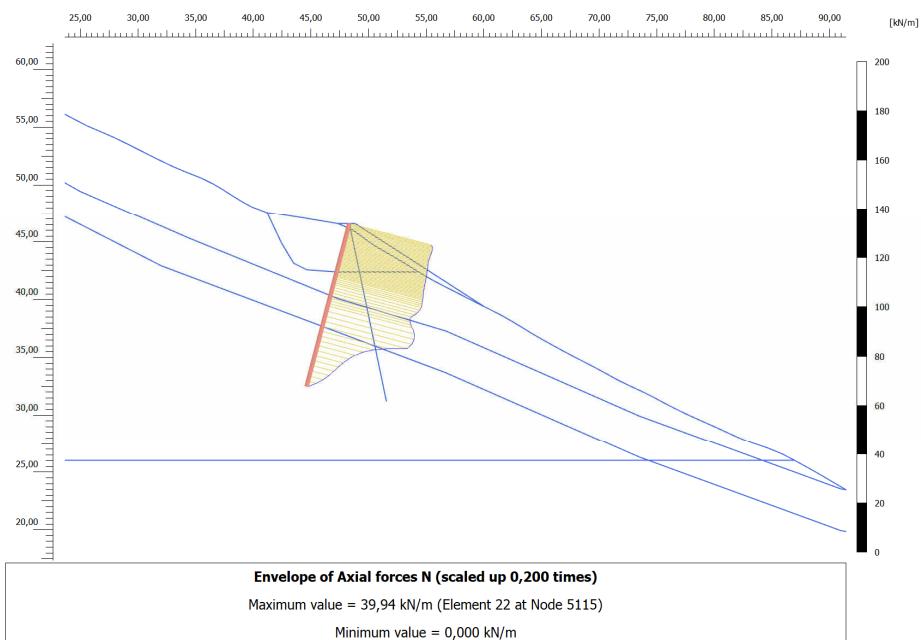


Figura 61. Envolvente de axiles máximos. Fila 2. SECCION 1.

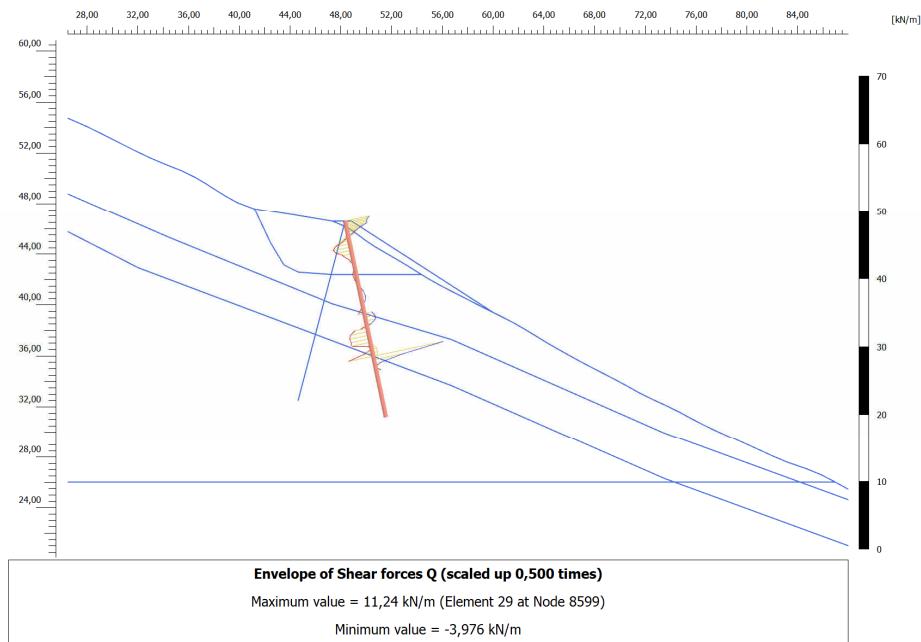


Figura 62. Envolvente de cortantes máximos. Fila 1. SECCION 1.

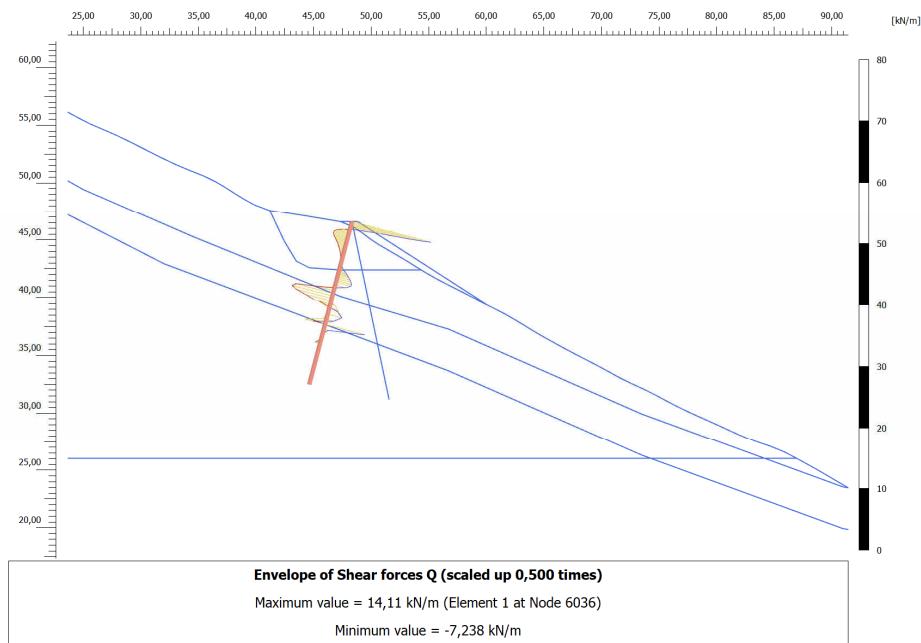


Figura 63. Envolvente de cortantes máximos. Fila 2. SECCION 2.

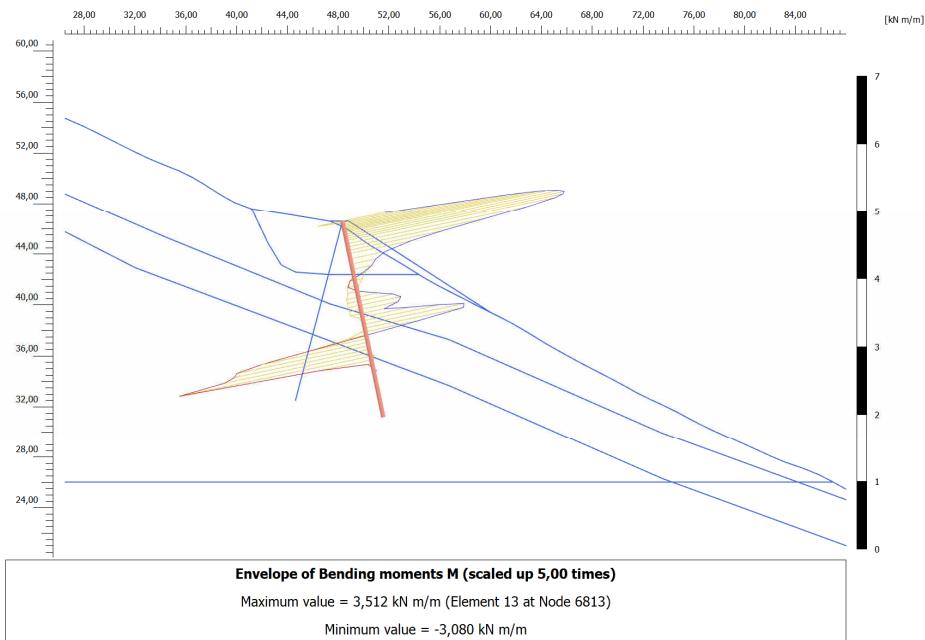


Figura 64. Envolvente de momentos máximos. Fila 1. SECCION 1.

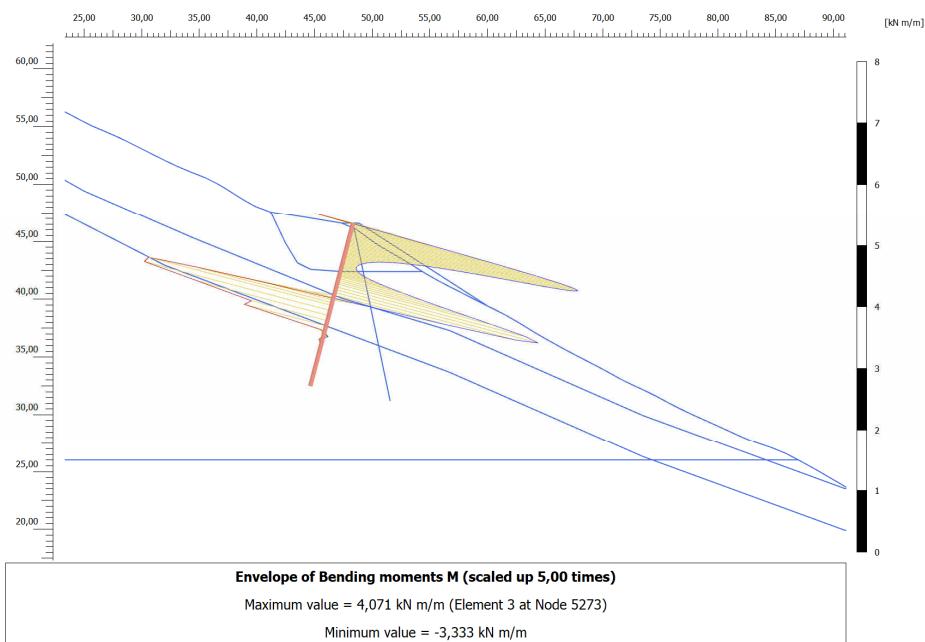


Figura 65. Envolvente de momentos máximos. Fila 2. SECCION 1.

#### 8.2.7.4.3 ESTABILIDAD

En la fase final la rotura queda dibujada en la zona inferior de los micropilotes con un  $FS=1,022$ , lo que indica las condiciones previas a la ejecución de la pantalla. Esto es debido a que la pantalla corta las roturas actuales que atraviesa el relleno del vial sugiriendo un factor de seguridad mayor que 1,0.

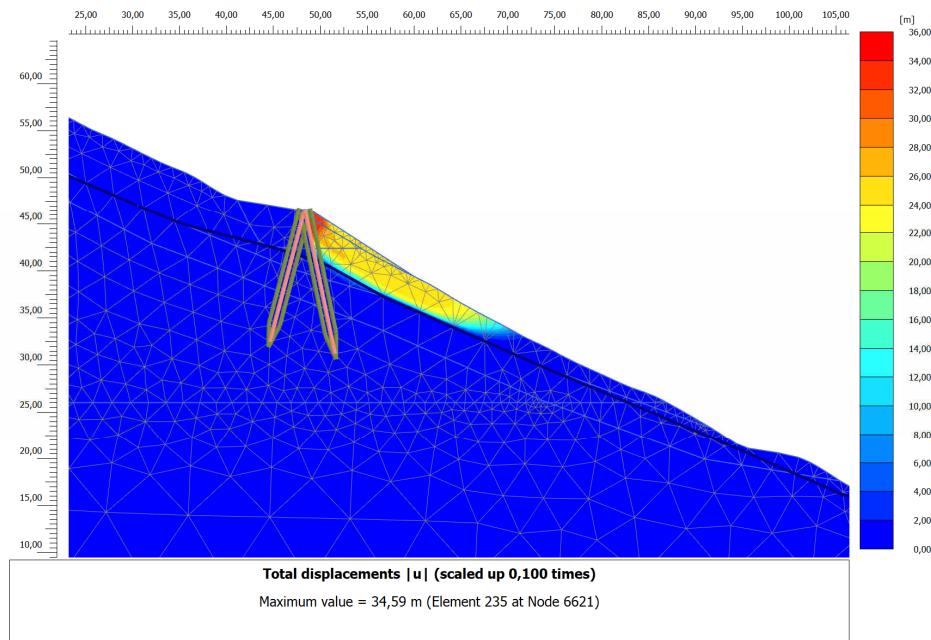


Figura 66. Fase final factor de seguridad mínimo FS=1,022 SECCION 1.

#### 8.2.7.4.4 RESUMEN DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS

La siguiente tabla muestra un resumen de las deformaciones de la pantalla de micropilotes y esfuerzos obtenidos en estado límite de servicio (ELS)

Sección	Pantalla de micropilotes <sup>a)</sup>				Factor de seguridad
	Esfuerzos axiles [kN/m]	Esfuerzos cortantes [kN/m]	Momentos flectores [kN/m/m]	Desplazamientos [mm] <sup>b)</sup>	
SECCION 1	39,9 / -119,9 <sup>c)</sup>	14,1	4,07	47,0	1,054 / 1,022 <sup>d)</sup>

<sup>a)</sup> Esfuerzos máximos según el análisis de elementos finitos en estado límite de servicio (ELS)  
<sup>b)</sup> En fase final  
<sup>c)</sup> Esfuerzos axiles negativos de compresión y positivos de tracción.  
<sup>d)</sup> Factor de seguridad global / local

## 8.3. SOLUCIÓN MEDIANTE PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA.

### 8.3.1. PROCESO CONSTRUCTIVO

Con el conocimiento de la zona, las medidas y actuaciones se diseñan para micropilotar el muro de hormigón en masa existente. Además, esta solución se utilizará para el tramo final de la actuación donde no existe el muro.

La pantalla de micropilote tendrá una doble función. Por una parte la de contener el deslizamiento que se encuentra activo en el trasdós del muro y por otra, recalzar el muro existente que se encuentra poyado con toda probabilidad sobre la masa de suelo coluvial.

Esta solución se puede subdividir en dos tramos que se detallan a continuación:

- Muro de micropilotes con una fila de anclajes en muro de hormigón en masa existente. PK inicio 52+930 Pk final 52+967.
- Pantalla de micropilotes anclada. PK inicio 52+967 Pk final 53+000.

Tal y como se observa la principal diferencia es la existencia de un muro de hormigón en masa que contribuye en cierta manera a la estabilización de la masa inestable, aunque se encuentra cimentado con posiblemente en el suelo coluvial. Por ello se realizará un recalce del muro con los micropilotes y se anclará mediante una fila de anclajes.

Este muro estaría formado por un diámetro de perforación de Ø225mm y empotrado en roca sana (GM II) un mínimo de 3m. La separación entre ejes de estos elementos es de 0,5m y la tubería metálica tendrá un diámetro de 139,7mm con un espesor de 9mm. El acero previsto es tipo N-80 /  $f_{yK} = 560$  MPa y la resistencia característica del mortero será de  $f_{ck}=30$  MPa.

Es importante indicar que no se conoce con exactitud el estado del muro si bien se considera que está trabajando como elemento estabilizador. Una vez ejecutados los micropilotes a modo de recalce se ejecutará la fila de anclajes desde la propia plataforma de trabajo existente.

La fila de anclajes será de barras macizas de Ø32mm y una longitud mínima de bulbo en roca de 4m y libre variable (aunque se ha estima en 16,5m). Estos anclajes se han espaciado 2,5m en horizontal con un ángulo de perforación  $\approx 30^\circ$  y el diámetro de perforación será de  $\varnothing_p=105$  mm. Se plantea un tesado de 150kN. Las filas de anclaje se instalarán en unas vigas de reparto formadas por hormigón armado.

En el capítulo de planos del presente informe, se incluyen planos constructivos de detalle con toda la alternativa descrita. Se incluye una planta general, sección transversal tipo y el plano con los detalles de los micropilotes.

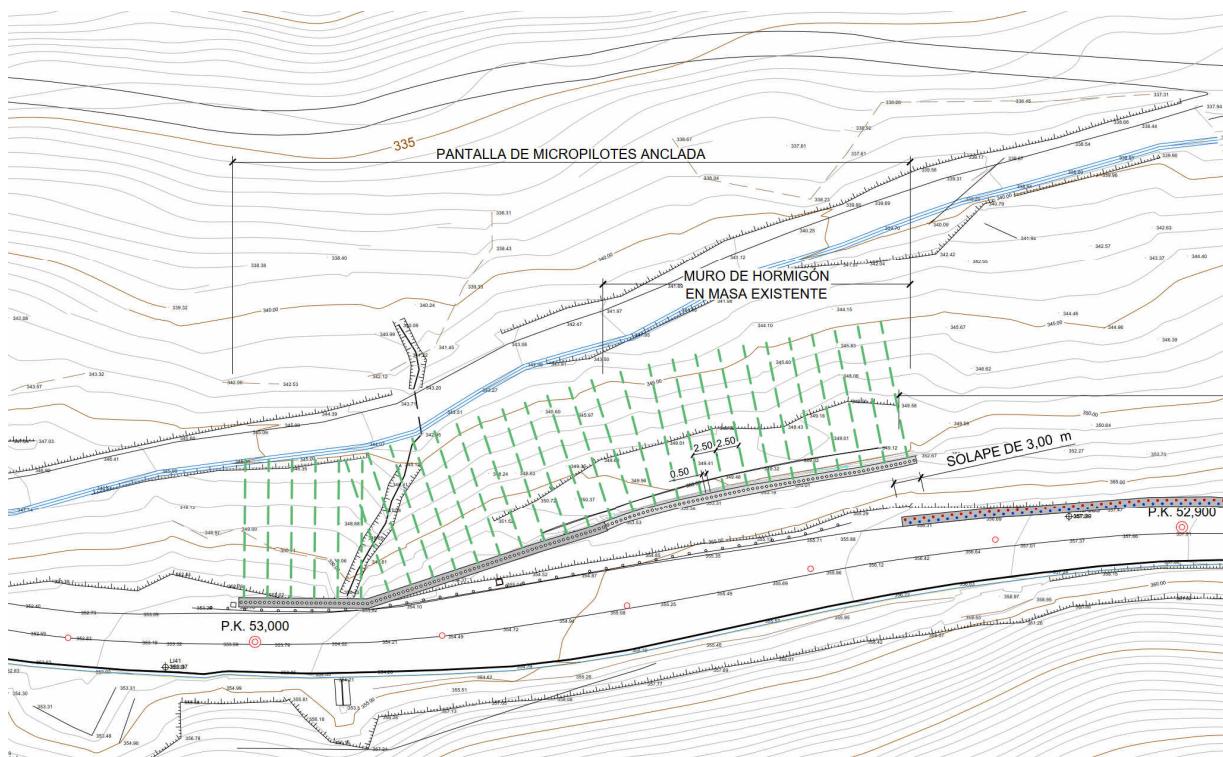


Figura 67. Vista en planta de la pantalla de micropilotes.

### 8.3.2. MODELO DE ELEMENTOS FINITOS

#### 8.3.2.1. INTRODUCCIÓN

Como calculo justificativo a la solución planteada se ha usado un software de elementos finitos que permite tanto el cálculo de tensiones y deformaciones como de factores de seguridad frente a cualquier tipo de inestabilidad. Se ha utilizado el software PLAXIS 2D V20 de Bentley que permite el cálculo mediante elementos finitos asimilando el continuo suelo-estructura como una malla de triángulos y elementos lineales aplicando en cada uno de ellos ecuaciones diferenciales constitutivas para el cálculo de deformaciones y tensiones.

Se han utilizado modelos en estado de deformación plana y simétricos, con elementos de 15 nodos y 12 puntos de Gauss. En los primeros el programa calcula los desplazamientos y en los segundos, las tensiones y deformaciones. En estos últimos se resuelven las integrales a partir de las cuales se obtiene la matriz de rigidez. El programa PLAXIS 2D permite el estudio de las sucesivas fases simulando el proceso constructivo completo.

A la hora de evaluar la estabilidad global de las soluciones propuestas se ha utilizado la opción de reducción de  $\phi$ -c que implementa el programa para el cálculo del factor de seguridad. Esta opción reduce progresivamente los parámetros resistentes  $\tan\phi$  y c del suelo hasta que se produce la rotura.

El factor de seguridad es, por tanto:

$$\Sigma M s f = \frac{\tan\phi_{input}}{\tan\phi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}$$

### 8.3.2.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE CALCULO

Para los materiales tipo suelo se ha utilizado el modelo constitutivo Mohr-Coulomb, es decir, elástico perfectamente plástico mientras que para el sustrato rocoso sano se ha utilizado el modelo constitutivo de Hoek-Brown basado en un criterio de rotura no lineal, criterio ampliamente empleado en el campo de la mecánica de rocas, especialmente en obra subterránea.

Por lo tanto, los parámetros característicos de entrada son los mismo que se han indicado en las tablas del capítulo 7.5.4.

### 8.3.2.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En cuanto a los elementos estructurales al existir varios elementos tanto existentes (que se han introducido en el modelo) como de diseño, se han detallado de la siguiente manera:

- Muro de hormigón en masa existente. Se ha simulado como un elemento tipo sólido lineal-elástico no poroso (con el objeto de que no se generen presiones de poro en el interior del elemento). Sus parámetros de cálculo son los siguientes:
  - $\gamma_{unsat} = 25 \text{ kN/m}^3$
  - $E' = 27 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$
  - $\nu' = 0,2$
- Muro de micropilotes. Se ha simulado con elementos tipo PLATE considerando las siguientes rigideces:

$$E = 8500 * \sqrt[3]{Fck + 8}$$

$$EI = E * \frac{1}{64} \pi * (Dext^4 - Dint^4)$$

$$EA = E * \pi * \left( \frac{Dext^2 - Dint^2}{4} \right)$$

$$d = \pi * \left( \frac{d}{2} \right)$$

En el caso de los micropilotes es necesario indicar que solo se ha considerado la rigidez de la camisa de acero, despreciando la lechada tanto interior como exterior. Esto se debe a que a largo plazo la lechada se fisurará y por lo tanto es habitual despreciar su contribución a la rigidez del micropilote.

Property	Unit	Value
<b>Material set</b>		
Identification		Pantalla Micropilotes, s=0.5m
Comments		Ø micro = 0,225 m e=9mm
Colour		RGB 55, 121, 242
Material type		Elastic
<b>Properties</b>		
Isotropic		<input checked="" type="checkbox"/>
EA <sub>1</sub>	kN/m	1,450E6
EA <sub>2</sub>	kN/m	1,450E6
EI	kN m <sup>2</sup> /m	3280
d	m	0,1648
w	kN/m/m	1,832
v (nu)		0,2000
Rayleigh α		0,000
Rayleigh β		0,000
Prevent punching		<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 68. Datos de entrada muro de micropilotes.

Siendo  $D_{ext}$  el diámetro externo de los micropilotes (0,139mm) y  $D_{int}$  el diámetro interno (139mm-9mm=130m). Para obtener la rigidez equivalente por la separación entre ejes de los micropilotes se debe considerar el espaciado de la siguiente manera:

$$EI_{equi} = EI/s$$

$$EA_{equi} = EA/s$$

En este caso el espaciado es 0,5m entre ejes.

- Anclajes existentes. Los anclajes tanto existentes como los de diseño se han modelado con elementos tipo NODE TO NODE en su longitud libre y EMBEDDED BEAM ROWS en su longitud anclada. Para la longitud libre, la rigidez se obtiene de la siguiente manera:

$$EA = E (acero) * Area(torones o barra)$$

Property	Unit	Value
<b>Material set</b>		
Identification		Andaje barra 32mm
Comments		
Colour		RGB 0, 0, 0
Material type		Elastic
<b>Properties</b>		
EA	kN	168,9E3
L <sub>spacing</sub>	m	2,500

Figura 69. Datos de entrada longitud libre anclajes de barra

Para simular el bulbo se requiere como parámetro de entrada la resistencia al arrancamiento, es decir la resistencia en kN por metro lineal.

$$\tau = adh * \pi * D_p$$

Siendo  $adh$  (adherencia terreno-lechada) y  $D_p$  el diámetro de perforación.

Property	Unit	Value
<b>Material set</b>		
Identification		Bulbo anclajes nuevos (barras GEWI B500s)
Comments	$\text{Ø} 0,225 \text{ m}$	$\text{Tau}=700 \text{kN/m}^2$
Colour	 RGB 179, 72, 133	
Material type	Elastic	
<b>Properties</b>		
E	$\text{kN/m}^2$	19,50E6
Y	$\text{kN/m}^3$	25,00
Beam type	Predefined	
Predefined beam type	Massive circular beam	
Diameter	m	0,1050
A	$\text{m}^2$	8,659E-3
I	$\text{m}^4$	5,967E-6
L_spacing	m	2,500
Rayleigh $\alpha$		0,000
Rayleigh $\beta$		0,000
<b>Axial skin resistance</b>		
Axial skin resistance	Linear	
$T_{\text{skin, start, max}}$	$\text{kN/m}$	230,0
$T_{\text{skin, end, max}}$	$\text{kN/m}$	230,0
<b>Lateral resistance</b>		
Lateral resistance	Unlimited	
<b>Base resistance</b>		
$F_{\text{max}}$	kN	0,000
<b>Interface stiffness factor</b>		
Default values		<input checked="" type="checkbox"/>
Axial stiffness factor		0,2319
Lateral stiffness factor		0,2319
Base stiffness factor		2,319

Figura 70. Datos de entrada bulbo anclajes de torones (izquierda) y anclajes de barra (derecha)

El cálculo del valor de adherencia se ha realizado considerando la guía de anclajes del Ministerio de Fomento (Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno). Para la obtener la resistencia frente al arrancamiento del bulbo se hace la siguiente comprobación

$$a_{\text{adm}} = \frac{a_{\text{lim}}}{3}$$

Siendo  $a_{\text{lim}}$  la adherencia límite obtenida a través de los métodos empíricos. En el caso de rocas en grado de meteorización ≤III (según ISMR) para el sustrato rocoso presente se puede usar un valor entre el rango de 0,7MPa y 2,5MPa. Se ha optado por un valor  $a_{\text{lim}} = 0,7 \text{MPa}$ , por lo tanto,  $a_{\text{adm}} = 233,3 \text{ kN/m}^2$ . Para la verificación de la longitud de bulbo se comprueba lo siguiente:

$$L_{\text{min}} = \frac{P_N * F_1}{a_{\text{adm}} * \pi * D_p}$$

Siendo

$P_N$ = Carga nominal sin mayorar (203kN obtenida por medio del modelo de elementos finitos)

- $F_1=1,50$  (anclajes permanentes)

- $a_{adm} = 233 \text{kN/m}^2$
- $D_p = \text{Diámetro de perforación, } 0,150\text{m}$

$$L_{min} \approx 4.0\text{m}$$

En este caso se ha optado por un bulbo de 4,0m por lo tanto cumple las exigencias requeridas.

#### 8.3.2.4. SECCIÓN DE CÁLCULO

A lo largo del muro de micropilotes la sección típica está formada por una longitud de micropilotes aproximada de 13,6m siempre que existan 3m empotrados en roca sana. La fila de anclajes estará dispuesta a 1,0m respecto al encepado del muro de micropilotes. La ubicación de la sección estudiada se muestra en la planta siguiente.

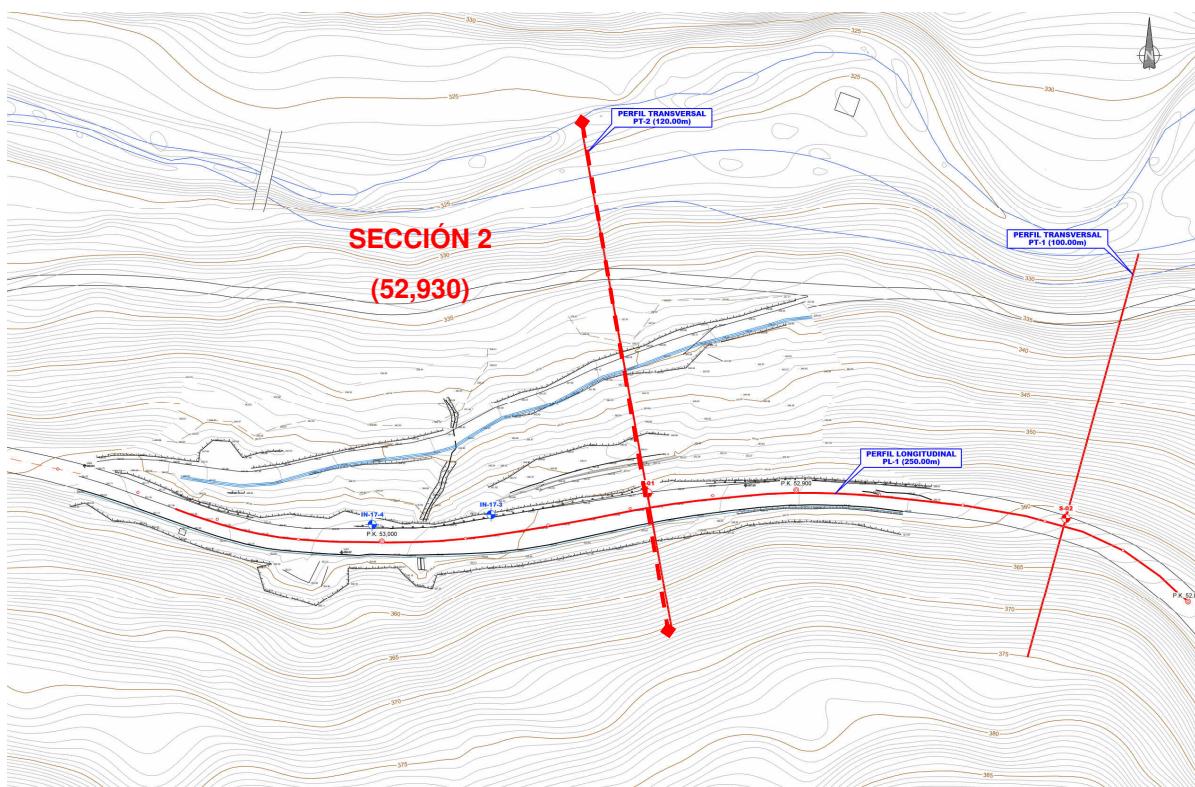


Figura 71. Sección 2 analizada mediante elementos finitos

Las fases de cálculo representan la situación inicial del muro en masa existente y las fases posteriores de ejecución del muro de micropilotes con anclajes de barra. Estas fases se resumen de manera esquemática en la siguiente tabla:

FASE	DESCRIPCIÓN DEL MODELO
1	Estado actual: Muro de hormigón en masa existente.
2	Pantalla: Ejecución pantalla de micropilotes a modo de recalce.
3	Fila de anclajes: Ejecución y tesado (150kN) de la fila de anclajes
4	Subida de nivel freático como consecuencia de precipitaciones intensas.
5	Ejecución del factor de seguridad considerando la subida del nivel freático.

En cada una de las fases de cálculo se ha llevado a cabo una comprobación del factor de seguridad (reducción de  $c$  y  $\phi'$ ) para comprobar la rotura pésima. Las siguientes imágenes muestran la salida gráfica de las fases [1] y [4].

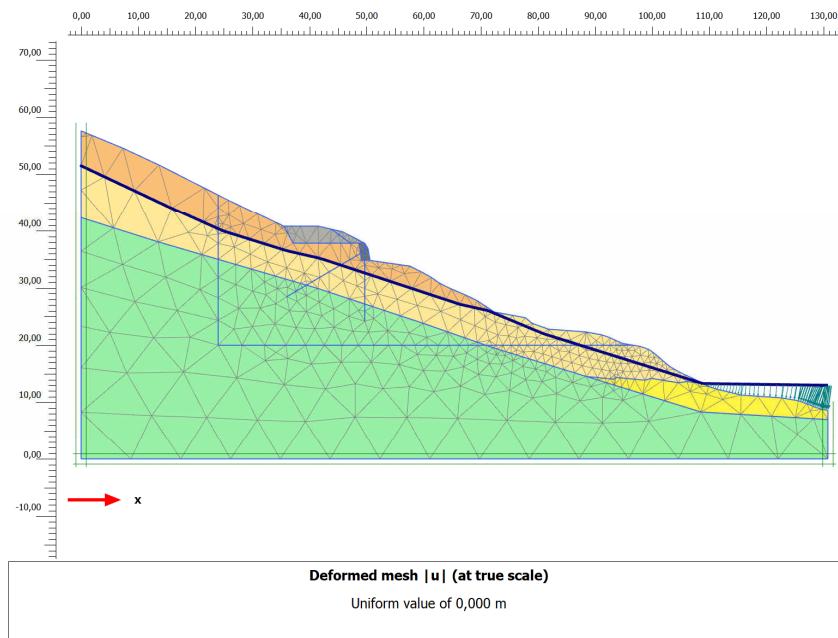


Figura 72. Salida grafica de la fase [1]

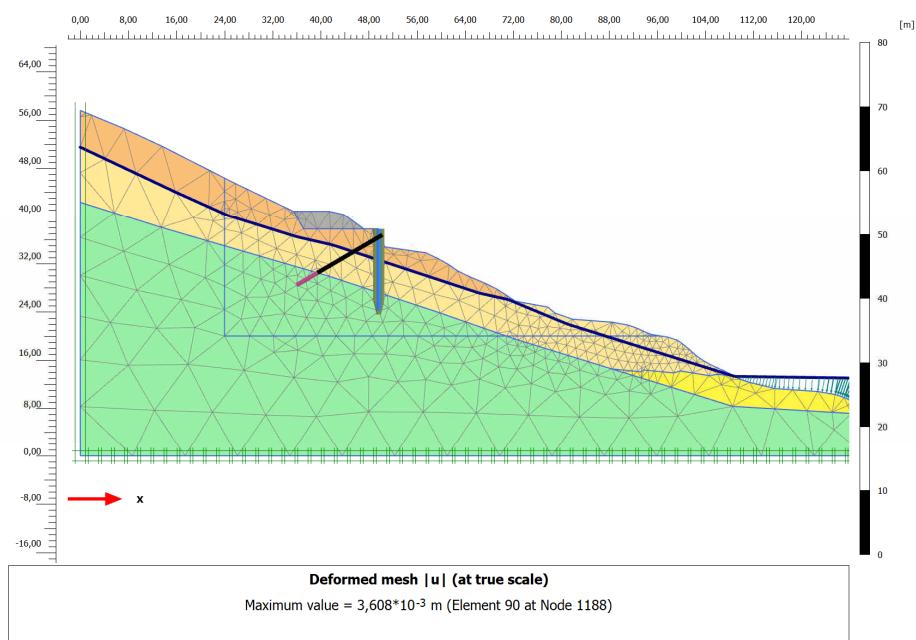


Figura 73. Salida grafica de la fase [4]

### 8.3.2.4.1 DEFORMACIONES

El estado actual muestra un  $FS=1,061$  lo que indica que el equilibrio es estricto. Como puede apreciarse la rotura se desarrolla por el relleno de la plataforma y por el pie del muro de hormigón en masa.

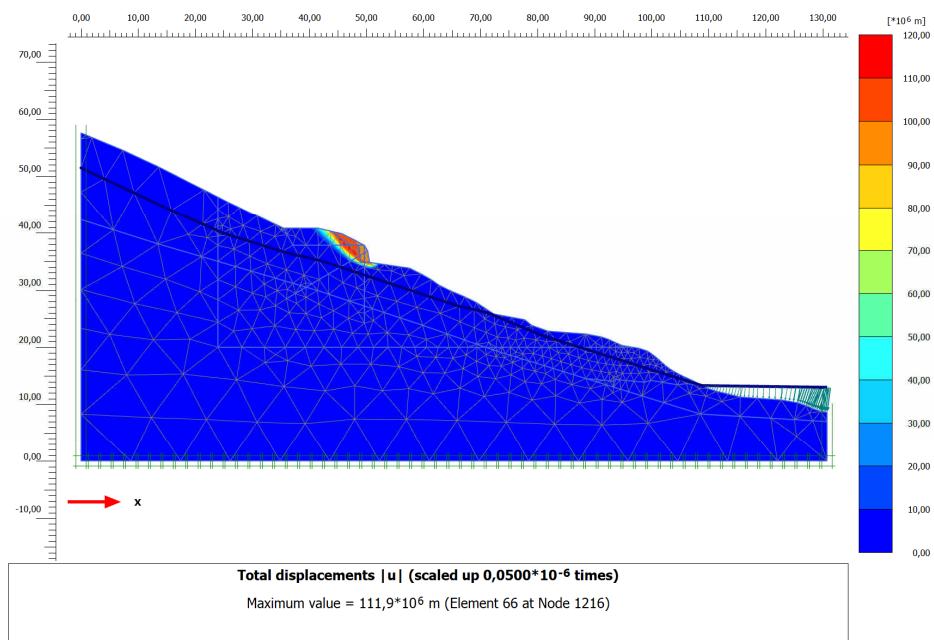


Figura 74. Rotura del muro en condiciones actuales

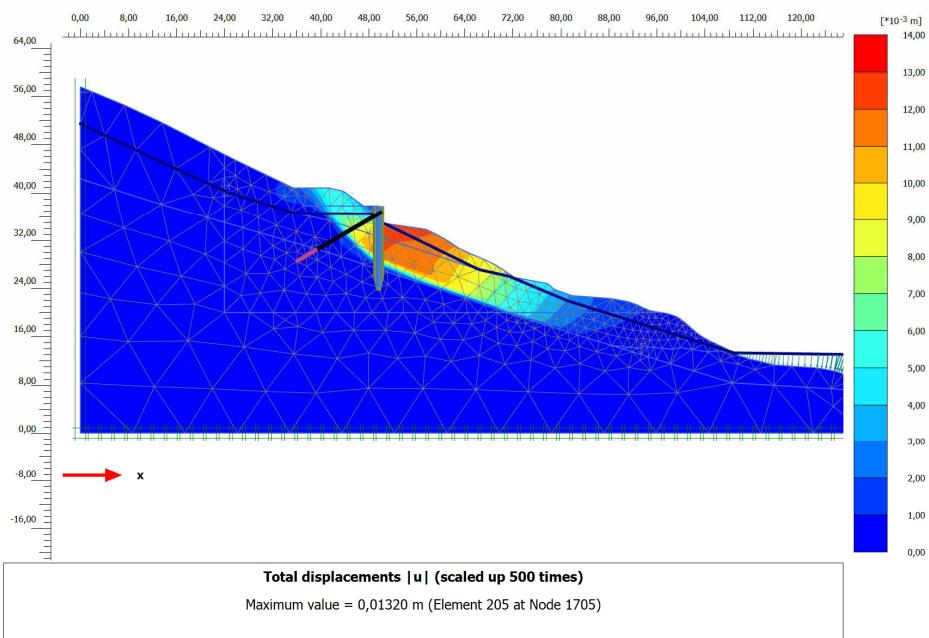


Figura 75. Deformaciones totales en la fase de fase [4]

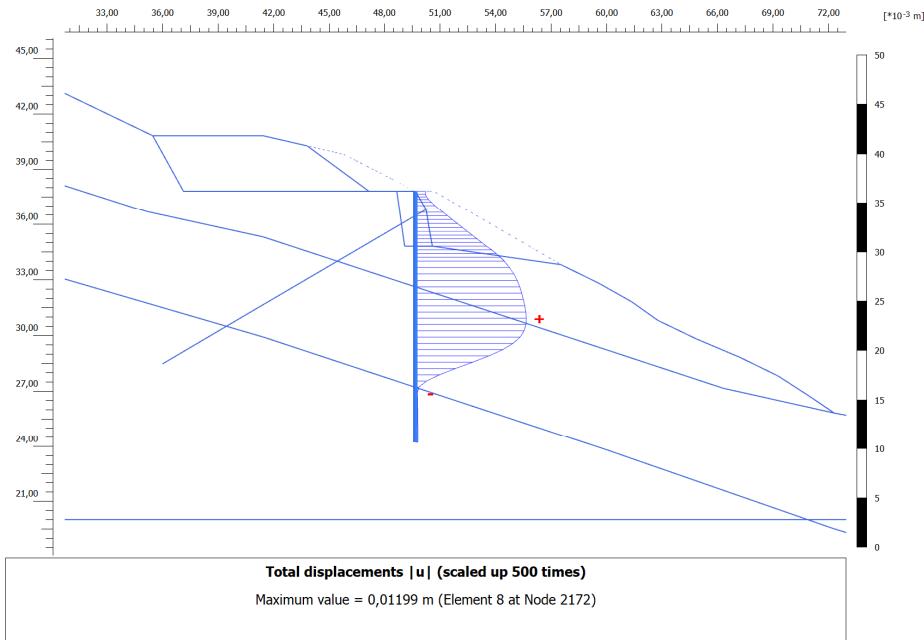


Figura 76. Desplazamientos pantalla de micropilotes fase [4]

#### 8.3.2.4.2 ESFUERZOS

En la pantalla de micropilotes la envolvente de esfuerzos es la siguiente:

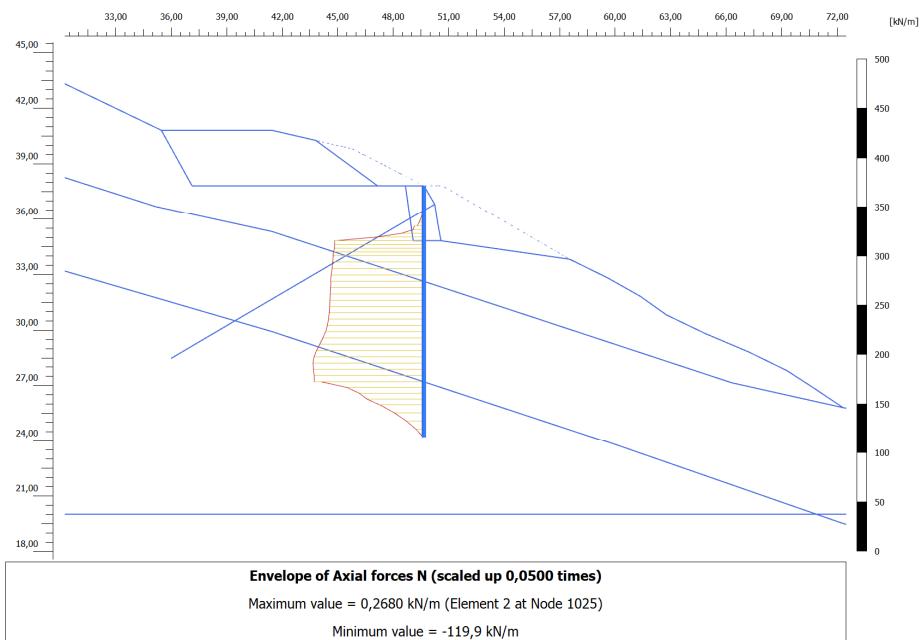


Figura 77. Envolvente de axiles máximos fase [4]

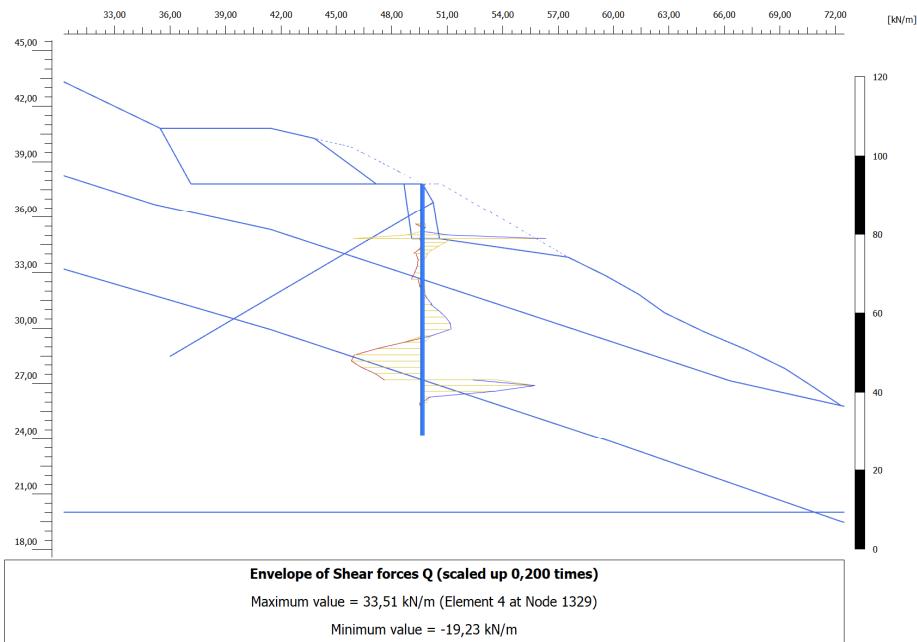


Figura 78. Envolvente de cortantes máximos fase [4]

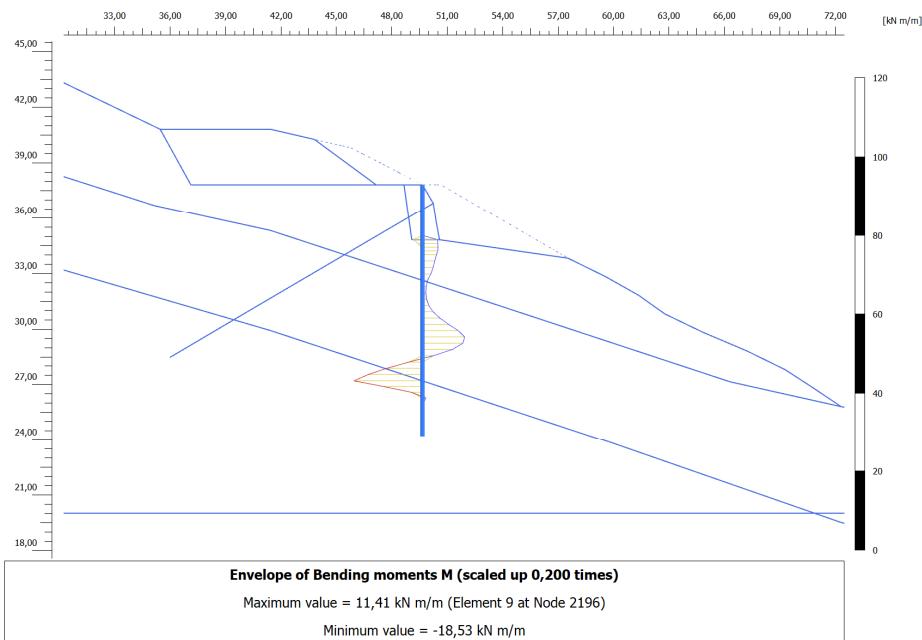


Figura 79. Envolvente de momentos máximos fase [4]

Los anclajes de barra se tesan a 150kN y la máxima carga axial que cogen es la siguiente:

Structural element	Node	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	1107	1	50,262	36,803	210,816	0,000	210,816
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	7197	2	39,461	30,486	210,816	0,000	210,816

Figura 80. Máximos esfuerzos en anclajes.

Por ultimo las leyes de empuje en cada pantalla de micropilotes una vez que se ha completado la excavación total se muestran a continuación:

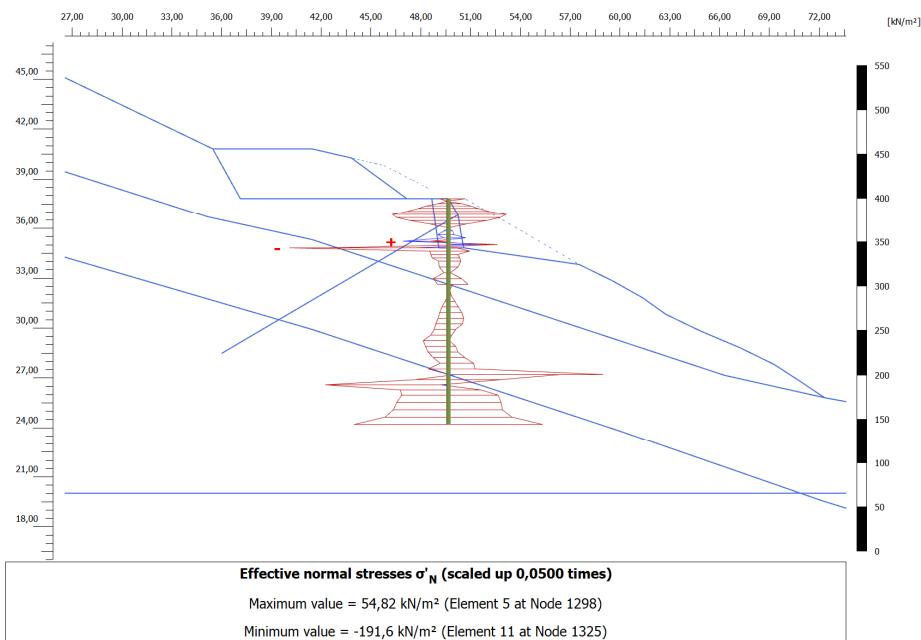


Figura 81. Tensiones efectivas horizontales

#### 8.3.2.4.3 ESTABILIDAD

En la fase final la rotura queda dibujada en la zona superior del desmonte (talud de la carretera actual) con un  $FS=1,142$  lo que indica las condiciones previas a la ejecución de la pantalla. Esto es debido a que la pantalla corta las roturas actuales que atraviesa el relleno del vial sugiriendo un factor de seguridad mayor que 1,0.

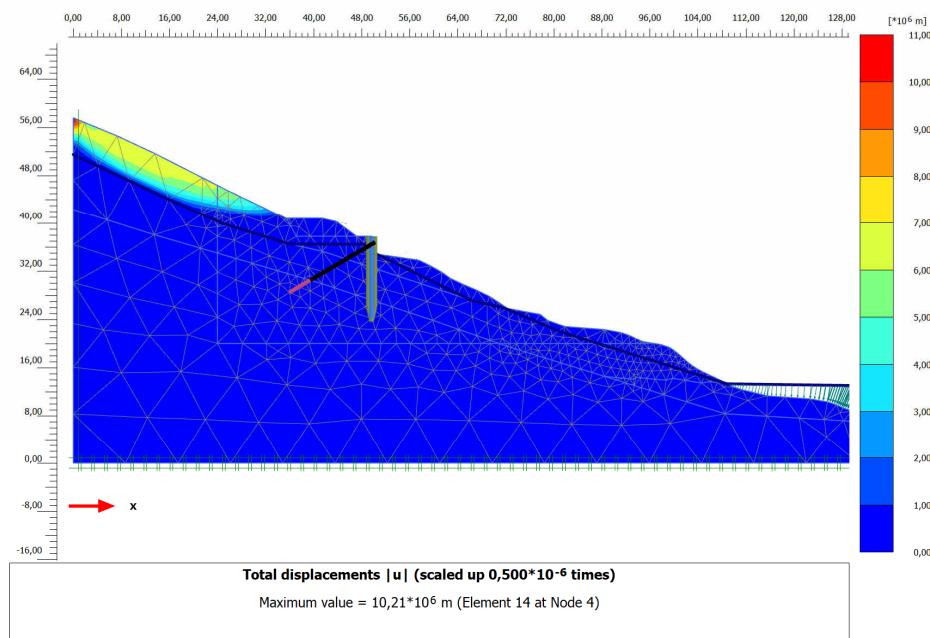


Figura 82. Fase final de excavación factor de seguridad mínimo FS=1,142

#### 8.3.2.4.4 RESUMEN DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS

La siguiente tabla muestra un resumen de las deformaciones de la pantalla de micropilotes y esfuerzos obtenidos en estado límite de servicio (ELS)

Sección	Pantalla de micropilotes <sup>a)</sup>				Anclajes de barra	Factor de seguridad
	Esfuerzos axiles [kN/m]	Esfuerzos cortantes [kN/m]	Momentos flectores [kN/m/m]	Desplazamientos [mm] <sup>b)</sup>		
Sección 1	119,9	33,5	18,53	12,0	210	1,142

<sup>a)</sup> Esfuerzos máximos según el análisis de elementos finitos en estado límite de servicio (ELS)

<sup>b)</sup> En fase final

<sup>c)</sup> Fuerzas máximas en anclajes

## 8.4. COMPROBACIÓN ESTRUCTURAL

### 8.4.1. NORMATIVA UTILIZADA

En la definición de las estructuras de este informe se han tenido en cuenta las normas, instrucciones y documentación de referencia que se relacionan a continuación:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), R.D. 1247/2008, de 18 de julio.
- IAP-11: Instrucción de Acciones a considerar en el proyecto de Puentes de carretera.
- Guía para el proyecto y ejecución de micropilotes en obras de carretera
- Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera

### 8.4.2. CARACTERÍSTICA DE LOS MATERIALES

- Clase general de exposición con corrosión de origen diferente de los cloruros y humedad alta (Tipo IIa)

#### 8.4.2.1. HORMIGONES

ELEMENTO ESTRUCTURAL	CALIDAD	RESISTENCIA CARÁCTERISITICA $F_{ck}$ (Mpa)	COEFICIENTE DE SEGURIDAD $\gamma_c$
HORMIGÓN DE LIMPIEZA	HL-150/P/20/IIa	15	1,5
VIGA DE ATADO	HA-25/P/20/IIa	25	1,5
LECHADA ANCLAJES		20	

#### 8.4.2.2. ACERO

ELEMENTO ESTRUCTURAL	CALIDAD	COEFICIENTE DE SEGURIDAD $\gamma_s$	RECUBRIMIENTO NOMINAL $r_{nom}$ (mm)
PASIVO	B 500 S	1,15	35
ACTIVO (ANCLAJES)	B 500 S		

#### 8.4.2.3. MICROPILOTE

Se ha efectuado el cálculo con un micropilote de armadura tubular con las siguientes características:

- Geometría de perforación: Ø225 mm
- Tipo armadura tubular: N-80;  $\gamma_a=1,10$
- Dimensiones armadura tubular: Ø139,7 mm y espesor de 9 mm

Barras corrugadas de acero

- B 500 S;  $\gamma_s=1,15$

Lechada de cemento

- Resistencia característica  $f_{ck}=25MPa$ ;  $\gamma_c=1,50$

#### 8.4.3. NIVELES DE CONTROL DE CALIDAD

- Toda la obra Nivel de control INTENSO

#### Control de materiales

- Hormigón Nivel de control ESTADÍSTICO
- Acero en armaduras pasivas Nivel de control NORMAL
- Acero en anclajes

#### 8.4.4. COEFICIENTES DE SEGURIDAD

##### 8.4.4.1. SEGÚN EHE-08

Se siguen las prescripciones de la EHE-08 asumiendo los niveles de control señalados en el punto anterior. De acuerdo con ella, se señalan a continuación los coeficientes de seguridad y coeficientes de combinación que se utilizan en los cálculos y comprobaciones estructurales.

##### 8.4.4.2. ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS (ELU)

Los estados límites últimos se comprueban con los siguientes coeficientes de seguridad:

Coeficientes de seguridad de los materiales (situación persistente o transitoria):

- f) Hormigón:  $\gamma_c = 1,50$
- g) Acero en armaduras pasivas  $\gamma_s = 1,15$
- h) Acero en anclajes

Coeficiente de seguridad de los materiales (situación accidental)

- i) Hormigón:  $\gamma_c = 1,30$
- j) Acero en armaduras pasivas  $\gamma_s = 1,00$
- k) Acero en anclajes

Coeficientes de seguridad de las acciones (situación persistente o transitoria):

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$

Coeficientes de seguridad de las acciones (situación accidental):

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

#### 8.4.4.3. ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO (ELS)

Los estados límites de servicio se comprueban con los siguientes coeficientes de seguridad:

	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

#### 8.4.4.4. COEFICIENTES DE COMBINACIÓN ( $\psi$ )

Para la determinación de los valores de combinación de las acciones se adoptan los siguientes coeficientes según la IAP-11.

TABLA 6.1-a FACTORES DE SIMULTANEIDAD  $\psi$

ACCIÓN		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
	Vehículos pesados	0,75	0,75	0
Sobrecarga de uso	gr 1, Cargas verticales	0,4	0,4	0 / 0,2 <sup>(1)</sup>
	Carga en aceras	0,4	0,4	0
	gr 2, Fuerzas horizontales	0	0	0
	gr 3, Peatones	0	0	0
	gr 4, Aglomeraciones	0	0	0
	Sobrecarga de uso en pasarelas	0,4	0,4	0
Viento		En situación persistente	0,6	0,2
	$F_{wk}$	En construcción	0,8	0
		En pasarelas	0,3	0,2
Acción térmica	$T_k$		0,6	0,6
Nieve	$Q_{Sn,k}$	En construcción	0,8	0
Acción del agua	$W_k$	Empuje hidrostático	1,0	1,0
		Empuje hidrodinámico	1,0	1,0
Sobrecargas de construcción	$Q_c$		1,0	0
				1,0

(1) El factor de simultaneidad  $\psi_2$  correspondiente a la sobrecarga uniforme se tomará igual a 0, salvo en el caso de la combinación de acciones en situación sísmica (apartado 6.3.1.3), para la cual se tomará igual a 0,2.

Figura 83. Factores de simultaneidad registrados en IAP-11.

#### 8.4.4.5. SECCIÓN 1: SOLUCIÓN PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA

##### 8.4.4.5.1 INTRODUCCIÓN

Se procede a realizar la comprobación estructural de los siguientes elementos que conforman la pantalla:

- Micropilotes
- Anclajes
- Viga de atado

Para ello, se realiza una comprobación de los esfuerzos obtenidos en el modelo tenso-deformacional, para pasar a una comprobación de las secciones adoptadas haciendo uso de hojas de cálculo desarrolladas por TYPSON.

##### 8.4.4.5.2 ACCIONES CONSIDERADAS

Las acciones consideradas han sido las resultantes del modelo tenso-deformacional, las cuales se adjuntan a continuación:

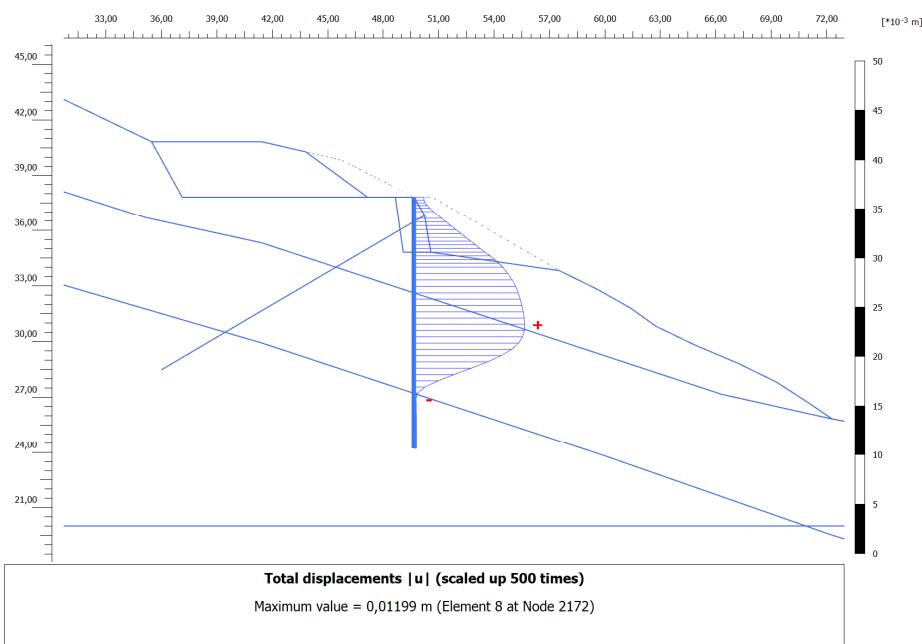


Figura 84. Desplazamiento máximo (12 mm).

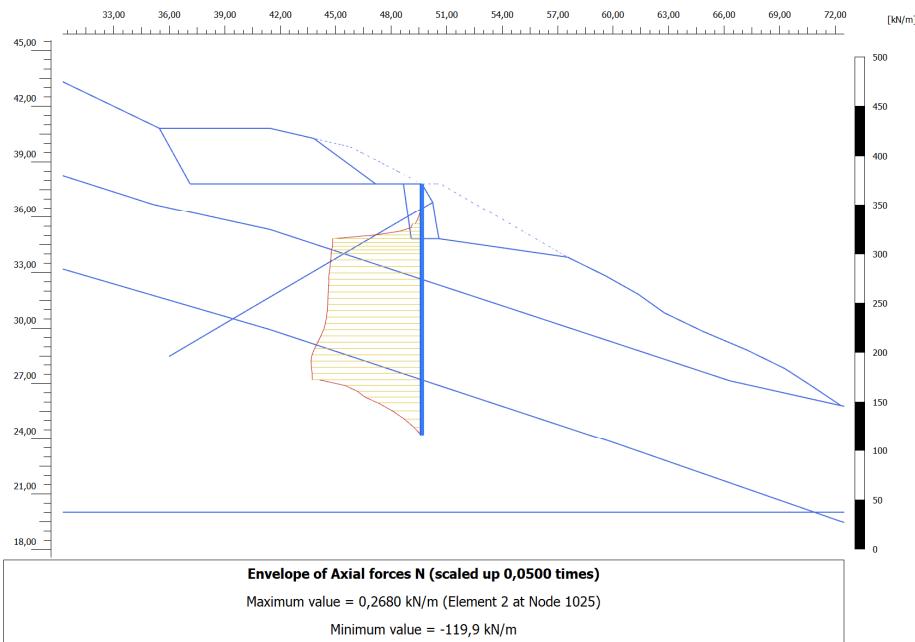


Figura 85. Compresión máxima (119,9 kN/m).

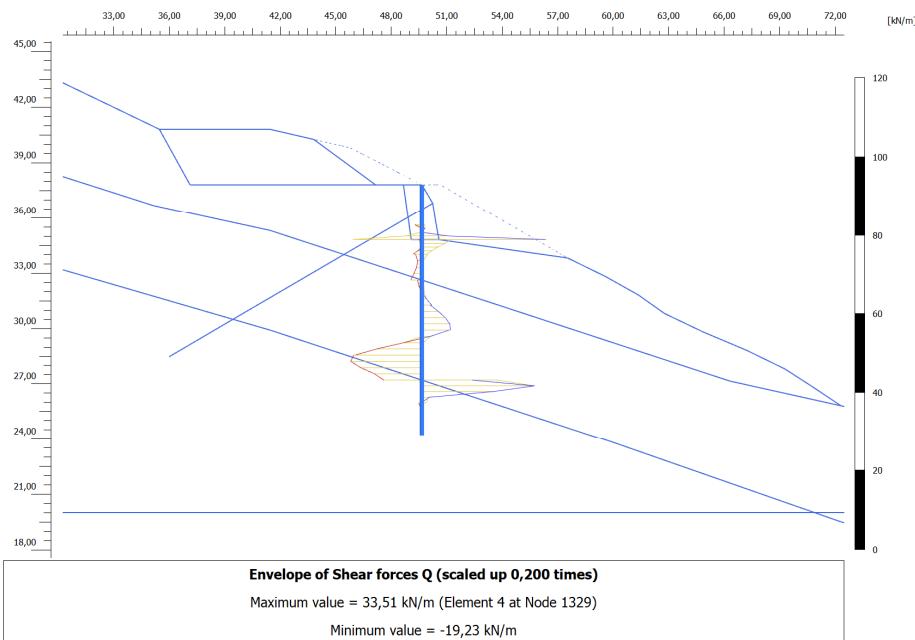


Figura 86. Cortante máximo (33,51 kN/m).

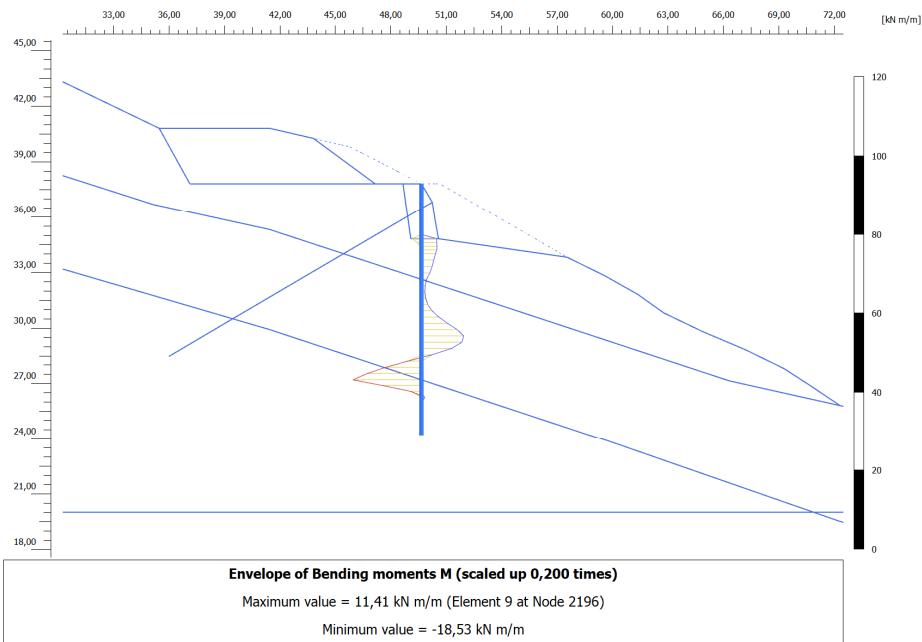


Figura 87. Flexión máxima (18,53 kN/m)

Estos esfuerzos son nominales y por metro lineal, por lo que los esfuerzos en Estado Límite Último, por micropilote, y dado que los esfuerzos sobre la pantalla tienen una naturaleza permanente y de valor constante, serían los mostrados a continuación:

Elemento	MELS (kNm)	MELU (kNm)	NELS (kN)	NELU (kN)	QELU (kN)
Micropilote	9,27	12,51	60,00	80,93	22,62

Así mismo, la solicitudación máxima nominal de los anclajes es 210 kN

#### 8.4.4.5.3 MICROPILOTES

Para el correcto dimensionamiento y comprobación de los micropilotes, éstos deben cumplir las siguientes comprobaciones:

- Resistencia estructural frente a esfuerzos solicitantes
- Comprobaciones de estabilidad en ELU
  - Arrancamiento (frente a tracciones)
  - Hundimiento (frente a compresiones)

## 8.4.4.5.3.1. RESISTENCIA ESTRUCTURAL

CÁLCULO DE MICROPILOTES MD COMPRESIÓN																							
<b>MATERIALES Y PRODUCTOS</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">ARMADURAS TUBULARES</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">N80</td> <td style="width: 10%; text-align: right;"><math>\gamma_a</math>=</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">1,10</td> </tr> <tr> <td>BARRAS CORRUGADAS DE ACERO</td> <td style="text-align: right;">B-500-S</td> <td style="text-align: right;"><math>f_{yd}</math>=</td> <td style="text-align: right;">500,0 MPa</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><math>\gamma_s</math>=</td> <td style="text-align: right;">1,15</td> <td style="text-align: right;"><math>f_{sd}</math>=</td> <td style="text-align: right;">435 MPa</td> </tr> <tr> <td>LECHADA DE CEMENTO</td> <td style="text-align: right;"><math>f_{ck}</math>=</td> <td style="text-align: right;">30</td> <td style="text-align: right;">Mpa</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><math>\gamma_c</math>=</td> <td style="text-align: right;">1,50</td> <td style="text-align: right;"><math>f_{cd}</math>=</td> <td style="text-align: right;">20,00 MPa</td> </tr> </table>				ARMADURAS TUBULARES	N80	$\gamma_a$ =	1,10	BARRAS CORRUGADAS DE ACERO	B-500-S	$f_{yd}$ =	500,0 MPa	$\gamma_s$ =	1,15	$f_{sd}$ =	435 MPa	LECHADA DE CEMENTO	$f_{ck}$ =	30	Mpa	$\gamma_c$ =	1,50	$f_{cd}$ =	20,00 MPa
ARMADURAS TUBULARES	N80	$\gamma_a$ =	1,10																				
BARRAS CORRUGADAS DE ACERO	B-500-S	$f_{yd}$ =	500,0 MPa																				
$\gamma_s$ =	1,15	$f_{sd}$ =	435 MPa																				
LECHADA DE CEMENTO	$f_{ck}$ =	30	Mpa																				
$\gamma_c$ =	1,50	$f_{cd}$ =	20,00 MPa																				
<b>REDUCCIÓN DE ESPESOR</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">VIDA ÚTIL REQUERIDA AL PILOTE</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">100</td> <td style="width: 10%; text-align: right;">años</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> <tr> <td>TIPO DE TERRENO</td> <td colspan="3" style="text-align: left;"><input type="text" value="Suelo natural, sin alterar"/></td> </tr> </table> <p>Reducción del espesor: 1,2 mm.</p>				VIDA ÚTIL REQUERIDA AL PILOTE	100	años		TIPO DE TERRENO	<input type="text" value="Suelo natural, sin alterar"/>														
VIDA ÚTIL REQUERIDA AL PILOTE	100	años																					
TIPO DE TERRENO	<input type="text" value="Suelo natural, sin alterar"/>																						
<b>GEOMETRÍA DEL MICROPILOTE</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Diámetro del micropilote (mm)=</td> <td style="text-align: right;">225</td> </tr> <tr> <td>Diámetro de la camisa (mm)=</td> <td style="text-align: right;">139</td> </tr> <tr> <td>Espesor de la camisa (mm)=</td> <td style="text-align: right;">9</td> </tr> <tr> <td>Diámetro de la armadura interior (mm)=</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> <tr> <td>Diámetro vaina protección (mm)=</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> <tr> <td>Número de armaduras interiores=</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> <tr> <td>Diámetro de la armadura equivalente (mm)</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> <tr> <td>Diámetro equivalente vaina protección (mm)</td> <td style="text-align: right;">0</td> </tr> </table>				Diámetro del micropilote (mm)=	225	Diámetro de la camisa (mm)=	139	Espesor de la camisa (mm)=	9	Diámetro de la armadura interior (mm)=	0	Diámetro vaina protección (mm)=	0	Número de armaduras interiores=	0	Diámetro de la armadura equivalente (mm)	0	Diámetro equivalente vaina protección (mm)	0				
Diámetro del micropilote (mm)=	225																						
Diámetro de la camisa (mm)=	139																						
Espesor de la camisa (mm)=	9																						
Diámetro de la armadura interior (mm)=	0																						
Diámetro vaina protección (mm)=	0																						
Número de armaduras interiores=	0																						
Diámetro de la armadura equivalente (mm)	0																						
Diámetro equivalente vaina protección (mm)	0																						
<b>ESFUERZOS DE DISEÑO</b> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Axil (compresión)=</td> <td style="text-align: right;">8,1 ton</td> </tr> <tr> <td>Axil (tracción)=</td> <td style="text-align: right;">0,0 ton</td> </tr> <tr> <td>Momento flector=</td> <td style="text-align: right;">1,3 t*m</td> </tr> <tr> <td>Cortante=</td> <td style="text-align: right;">2,3 t</td> </tr> </table>				Axil (compresión)=	8,1 ton	Axil (tracción)=	0,0 ton	Momento flector=	1,3 t*m	Cortante=	2,3 t												
Axil (compresión)=	8,1 ton																						
Axil (tracción)=	0,0 ton																						
Momento flector=	1,3 t*m																						
Cortante=	2,3 t																						
<b>FALLO ESTRUCTURAL</b> <p><b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">TIPO DE UNIÓN</td> <td style="width: 70%; text-align: left;"><input type="text" value="De rosca machihembrada sin sección ensanchada y contacto a tope"/></td> </tr> <tr> <td><math>F_{u,c}</math>=</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> </table> <p><b>TIPO DE TERRENO Y PERFORACIÓN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">TIPO DE TERRENO</td> <td style="width: 70%; text-align: left;"><input type="text" value="Terreno con NF por encima de la punta del micropilote, sin revestimiento de perf. Y sin lodos"/></td> </tr> </table> <p><math>F_e</math>= 1,5</p>				TIPO DE UNIÓN	<input type="text" value="De rosca machihembrada sin sección ensanchada y contacto a tope"/>	$F_{u,c}$ =	1	TIPO DE TERRENO	<input type="text" value="Terreno con NF por encima de la punta del micropilote, sin revestimiento de perf. Y sin lodos"/>														
TIPO DE UNIÓN	<input type="text" value="De rosca machihembrada sin sección ensanchada y contacto a tope"/>																						
$F_{u,c}$ =	1																						
TIPO DE TERRENO	<input type="text" value="Terreno con NF por encima de la punta del micropilote, sin revestimiento de perf. Y sin lodos"/>																						
<p><b>TIPO DE COACCIÓN LATERAL</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">TIPO DE COACCIÓN LATERAL</td> <td style="width: 70%; text-align: left;"><input type="text" value="Arcillas y limos blandos con 15 kPa &lt; su &lt; 25 kPa"/></td> </tr> </table> <p><math>C_R</math>= 12-8</p>				TIPO DE COACCIÓN LATERAL	<input type="text" value="Arcillas y limos blandos con 15 kPa &lt; su &lt; 25 kPa"/>																		
TIPO DE COACCIÓN LATERAL	<input type="text" value="Arcillas y limos blandos con 15 kPa &lt; su &lt; 25 kPa"/>																						
<p><math>C_R</math> adoptado= 12,00</p> <p>R= 0,746</p>																							
<p><math>N_{c,Rd}</math>= 89,369 ton <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Micropilote adecuado</span></p>																							
<p><b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A TRACCIÓN</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A TRACCIÓN</td> <td style="width: 70%; text-align: left;"><input type="text" value="140,593 ton"/></td> </tr> </table> <p><math>N_{t,Rd}</math>= 140,593 ton <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Micropilote adecuado</span></p>				RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A TRACCIÓN	<input type="text" value="140,593 ton"/>																		
RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A TRACCIÓN	<input type="text" value="140,593 ton"/>																						

Figura 88. Comprobación estructural micropilotes (I).

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A FLEXIÓN**

$F_{u,i}$ : Coeficiente de minoración del módulo resistente de la armadura tubular en función del tipo de unión. Si no existen ensayos, se tomará 0,5

$F_{u,i} =$	1,00
$M_{c,Rd} =$	6,348 t*m

Micropilote adecuado

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A CORTANTE**

$V_{pl,Rd} =$	56,843 ton
---------------	------------

Micropilote adecuado

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL FRENTE A ESFUERZOS COMBINADOS: FLEXIÓN Y CORTANTE**

Cortante de cálculo  $V_{ed} =$  2,26 ton  
Resistencia de cálculo de la sección a flexión, teniendo en cuenta el esfuerzo cortante

$M_{v,Rd} =$	6,348 ton
--------------	-----------

Micropilote adecuado

Figura 89. Comprobación estructural micropilotes (II).

#### 8.4.4.5.4 ARRANQUE

Dado que el empotramiento no está sometido a tracciones, no aplica esta comprobación.

#### 8.4.4.5.5 HUNDIMIENTO

Para que cumpla el micropilote frente a hundimiento es necesario garantizar que frente a la acción que supone comprimirlo no se posibilita el hundimiento del mismo, es decir, que el esfuerzo de compresión que soporta el micropilote sea inferior a la resistencia admisible del terreno  $R_{c,ed}$ .

Una vez considerada la longitud de empotramiento de 3 metros y una resistencia por fuste de 0,25MPa, se procede a realizar la comprobación frente a carga de hundimiento:

$$R_{c,ed} = \pi \cdot \emptyset \cdot \left( \sum_i (L_e \cdot fed_i) \right)$$

Donde:

- $\emptyset = 225\text{mm}$  (diámetro de perforación de micropilote)
- $L_e = 3000\text{mm}$
- $fed_i = 0,25\text{MPa}$

$$R_{c,ed} = 530.143,76N \cong 53,14t$$

El axil de compresión de hundimiento es igual a 8,10t

$$N_{c,ed} \leq R_{c,ed}$$

#### 8.4.4.5.6 ANCLAJES

El esfuerzo máximo nominal al que están sometidos los anclajes es de 21 t.

Se realiza la comprobación de los mismos mediante hojas de cálculo desarrolladas por TYPSA, para las siguientes características:

- Anclaje permanente
- Barra GEWI Ø32 mm
- Inclinación anclaje 30º
- Longitud de bulbo: 4 m
- Longitud libre: 12,5 m
- Ø perforación: 105 mm
- Inyección única con cemento y resistencia característica de 25 MPa

##### DISEÑO DE ANCLAJES (TABLA 4.2)

REF. GUÍA PARA EL DISEÑO Y LA EJECUCIÓN DE ANCLAJES AL TERRENO EN OBRAS DE CARRETERAS

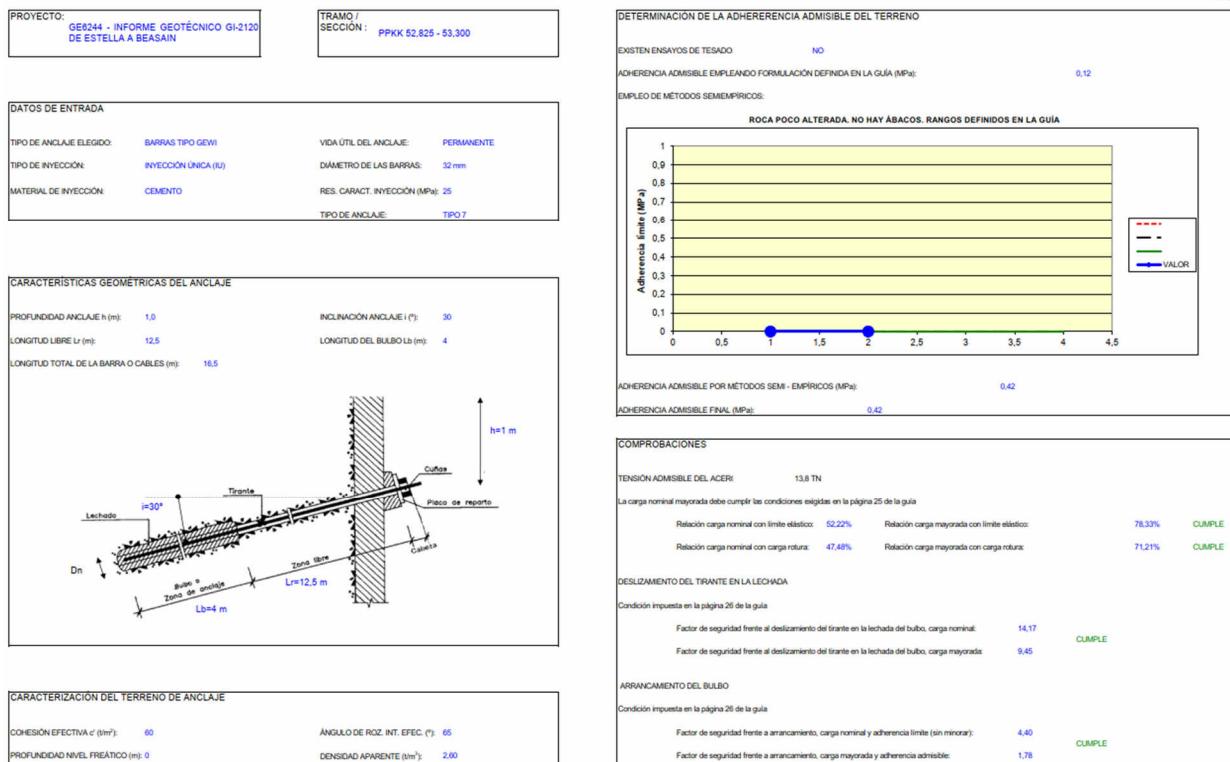


Figura 90. Comprobación anclajes.

#### 8.4.4.5.7 VIGA DE ATADO

La viga de atado recibe la carga de los anclajes, sometidos a una carga nominal máxima de 21 t cada 2,50 m. Se procede a realizar la comprobación estructural de las vigas de atado, tanto para su armado horizontal como vertical, mediante hoja de cálculo desarrollada por TYP SA en la que se simula una viga Winkler con sus muelles de reacción, utilizando como valor de rigidez de los muelles el valor del módulo de balasto.

Para la comprobación de la armadura horizontal y vertical, se realiza la descomposición de los esfuerzos del anclaje, debido a su inclinación, para las comprobaciones de armado frente a flexiones y cortantes según las direcciones establecidas por las formas de la viga de atado, esto es, horizontal (paralelo al suelo) y vertical (perpendicular a la dirección anterior).

##### 8.4.4.5.7.1. ESFUERZOS HORIZONTALES

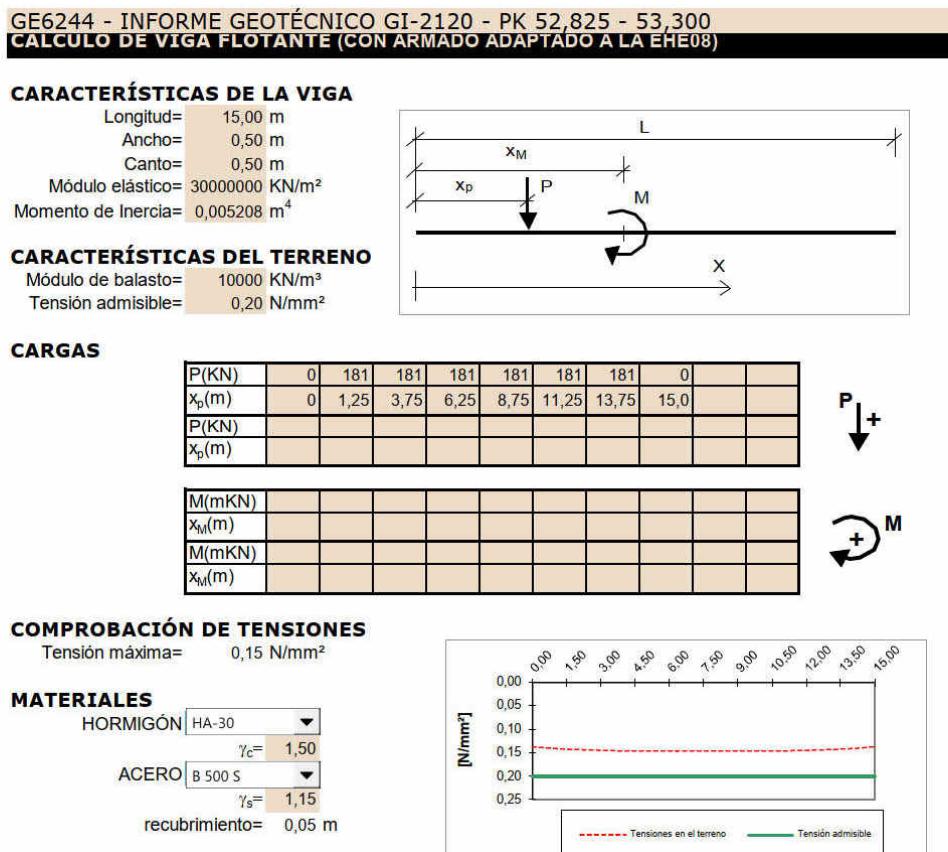


Figura 91. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (I).

**CÁLCULO A FLEXIÓN**
 $\gamma_f = 1,50$ 

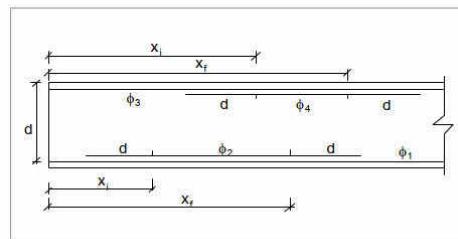
 Cuantía mín. en cara de tracción  $0,90\% = 2,3 \text{ cm}^2$ 
 $0,04A_{cf,0}/f_{yd} = 4,6 \text{ cm}^2$ 

 Para  $M_{\max}$   $A_{nec} = 4,0 \text{ cm}^2$  en cara inferior

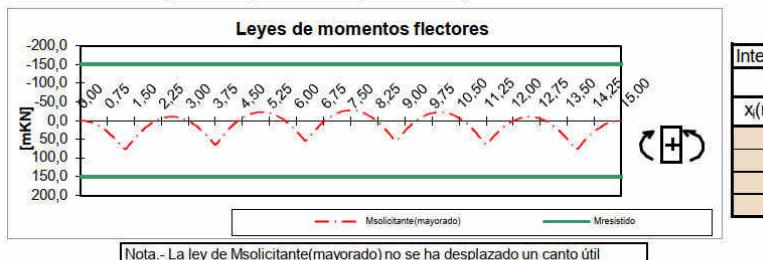
 Para  $M_{\min}$   $A_{nec} = 1,4 \text{ cm}^2$  en cara superior

 $M_{\max} = 77,2 \text{ mKN}$ 
 $M_{\min} = -27,1 \text{ mKN}$ 

Familia	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$
$\phi(\text{mm})$	16 ▼	0 ▼	16 ▼	0 ▼
sep(m)	0,13	0,00	0,13	0,00



Familia	$A_{disp}(\text{cm}^2)$	$M_{\text{resist}}(\text{mKN})$
Armadura inferior	$\phi_1$	8,0 151,2
	$\phi_1 + \phi_2$	8,0 151,2
Armadura superior	$\phi_3$	8,0 -151,2
	$\phi_3 + \phi_4$	8,0 -151,2



$\phi_2$	$\phi_4$
$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

Ambiente tipo Ila ▼

 $x = 10,00 \text{ m}$ 
 $M = -15,0 \text{ mKN}$ 
 $W_{\text{adm}} = 0,30 \text{ mm}$ 

 En cara superior  $W_{\max} = \text{mm}$  No hay fisuración

**CÁLCULO A CORTANTE**

 Cuantía mín.  $(1/7,5)f_{ct,m} * b_w / f_{y0,d} = 4,6 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$ 
 $V_{\max} = 124,5 \text{ KN}$ 
 $V_{\min} = -124,5 \text{ KN}$ 
 $V_{\text{resist}} = 389,1 \text{ KN}$ 

Familia	cercos $\phi_5$	horquillas $\phi_6$	cercos $\phi_7$	horquillas $\phi_8$
$\phi(\text{mm})$	12 ▼	0 ▼	0 ▼	0 ▼
sep(m)	0,15	0,00	0,00	0,00
número	1	0	0	0
	15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$		15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$	
		15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$		

$x_i(\text{m})$	$x_f(\text{m})$
0,00	15,00

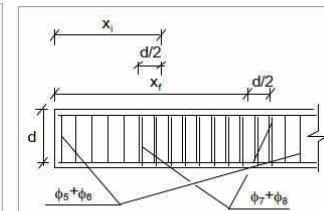
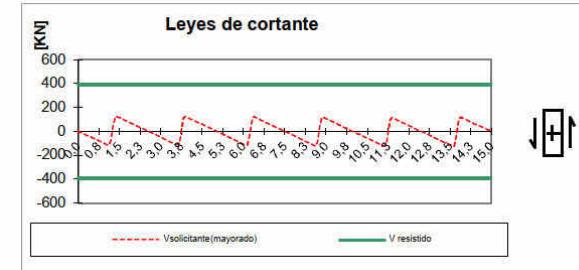


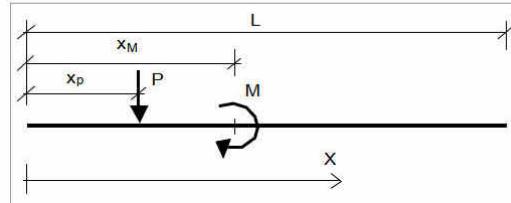
Figura 92. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (II).

#### 8.4.4.5.7.2. ESFUERZOS VERTICALES

GE6244 - INFORME GEOTÉCNICO GI-2120 - PK 52,825 - 53,300 - VTC  
CALCULO DE VIGA FLOTANTE (CON ARMADO ADAPTADO A LA EHE08)

**CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA**

Longitud= 15,00 m  
Ancho= 0,50 m  
Canto= 0,50 m  
Módulo elástico= 30000000 KN/m<sup>2</sup>  
Momento de Inercia= 0,005208 m<sup>4</sup>



**CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

Módulo de balasto= 10000 KN/m<sup>3</sup>  
Tensión admisible= 0,20 N/mm<sup>2</sup>

**CARGAS**

P(KN)	0	105	105	105	105	105	105	0	
x <sub>p</sub> (m)	0	1,25	3,75	6,25	8,75	11,25	13,75	15,0	
P(KN)									
x <sub>p</sub> (m)									

M(mKN)									
x <sub>M</sub> (m)									
M(mKN)									
x <sub>M</sub> (m)									

**COMPROBACIÓN DE TENSIONES**

Tensión máxima= 0,09 N/mm<sup>2</sup>

**MATERIALES**

HORMIGÓN HA-30  
 $\gamma_c = 1,50$   
ACERO B 500 S  
 $\gamma_s = 1,15$   
recubrimiento= 0,05 m

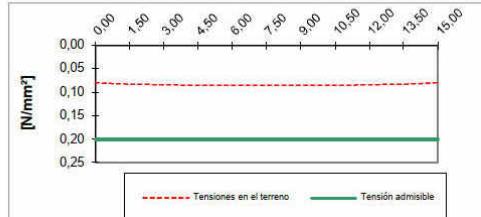


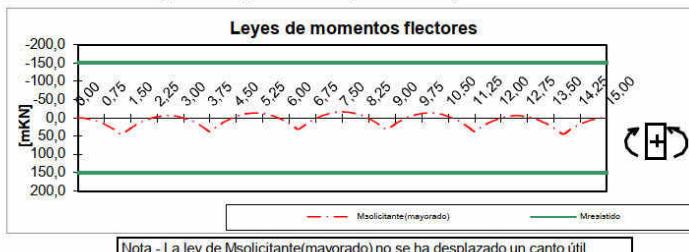
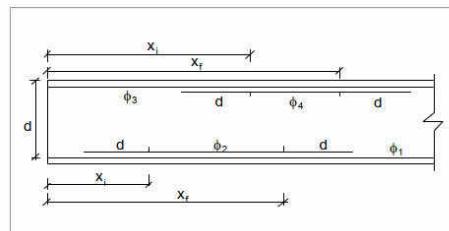
Figura 93. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (I).

**CÁLCULO A FLEXIÓN**
 $\gamma_f = 1,50$ 

Cuantía mín. en cara de tracción  $0,90\% = 2,3 \text{ cm}^2$   
 $0,04A_{\text{c},d}/f_{y,d} = 4,6 \text{ cm}^2$   
 Para  $M_{\text{máx}}$   $A_{\text{nec}} = 2,3 \text{ cm}^2$  en cara inferior  
 Para  $M_{\text{min}}$   $A_{\text{nec}} = 0,8 \text{ cm}^2$  en cara superior

Familia	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$
$\phi(\text{mm})$	16 ▼	0 ▼	16 ▼	0 ▼
sep(m)	0,13	0,00	0,13	0,00

Familia	$A_{\text{disp}}(\text{cm}^2)$	$M_{\text{resist}}(\text{mKN})$
Armadura inferior	$\phi_1$	8,0
	$\phi_1 + \phi_2$	151,2
Armadura superior	$\phi_3$	-151,2
	$\phi_3 + \phi_4$	-151,2



Intervalos de refuerzo		
$\phi_2$	$\phi_4$	
$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**  
 Ambiente tipo 

$x = 10,00 \text{ m}$   $w_{\text{adm}} = 0,30 \text{ mm}$   
 $M = -8,7 \text{ mKN}$  En cara superior  $w_{\text{máx}} = \text{mm}$  No hay fisuración

**CÁLCULO A CORTANTE**

Cuantía mín.  $(1/7,5)f_{ct,m}^*b_w/f_{y,d} = 4,6 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$

$V_{\text{máx}} = 72,2 \text{ KN}$   $V_{\text{resist}} = 389,1 \text{ KN}$   
 $V_{\text{min}} = -72,2 \text{ KN}$

Familia	cercos $\phi_5$	horquillas $\phi_6$	cercos $\phi_7$	horquillas $\phi_8$
$\phi(\text{mm})$	12 ▼	0 ▼	0 ▼	0 ▼
sep(m)	0,15	0,00	0,00	0,00
número	1	0	0	0
$15,1 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$				
$15,1 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$				

$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$
0,00	15,00

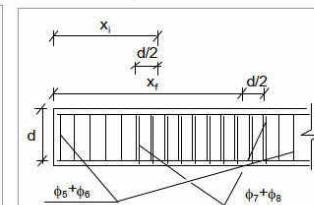
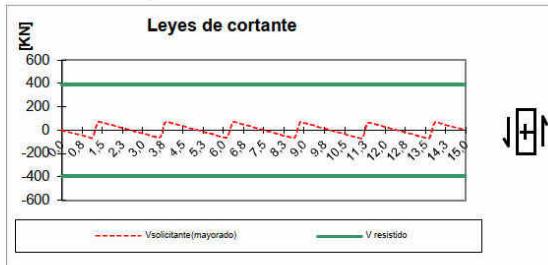


Figura 94. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (II).

**8.4.4.6. SECCIÓN 2: SOLUCIÓN MEDIANTE PASADORES**

A la hora de realizar la comprobación estructural de los elementos destinados a la contención de tierras, es preciso destacar una serie de comprobaciones locales a partir de los esfuerzos obtenidos a partir del modelo de elementos finitos. Dado que la distancia entre micropilotes de la misma alineación es de 1m,

los esfuerzos obtenidos por metro lineal del programa son los que recibe cada micropilote. Estos esfuerzos mayorados son los siguientes:

Elemento	MELS (kNm)	MELU (kNm)	NELS (kN)	NELU (kN)	QELU (kN)
Micropilote +15º	3,51	4,74	119,90	161,87	15,17
Micropilote -15º	4,07	5,50	-39,94	-53,92	19,05

*\*El signo positivo indica compresión y el negativo, tracción*

Por ello se procede a realizar los cálculos/comprobaciones oportunas de cada elemento estructural, tanto para micropilotes, como para la viga de atado.

Para la comprobación de las secciones y cimentaciones adoptadas se hace uso de las hojas de cálculo desarrolladas por TYPSA, que permite realizar un predimensionamiento de la armadura de la viga de atado diseñada a partir de los esfuerzos cortantes procedentes de los micropilotes.

#### 8.4.4.6.1 MICROPILOTES

Para el correcto dimensionamiento y comprobación de los micropilotes, éstos deben ser capaces de soportar los esfuerzos que les llegan, así como cumplir las condiciones impuestas frente a arranque y hundimiento.

## 8.4.4.6.1.1. RESISTENCIA ESTRUCTURAL

CÁLCULO DE MICROPILOTES MD COMPRESIÓN	
<b>MATERIALES Y PRODUCTOS</b>	
ARMADURAS TUBULARES	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="N80"/>
$\gamma_a =$	1,10
$f_{yd} =$	500,0 MPa
BARRAS CORRUGADAS DE ACERO	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="B-500-S"/>
$\gamma_s =$	1,15
$f_{sd} =$	435 MPa
LECHADA DE CEMENTO	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="30"/> Mpa
$\gamma_c =$	1,50
$f_{cd} =$	20,00 MPa
<b>REDUCCIÓN DE ESPESOR</b>	
VIDA ÚTIL REQUERIDA AL PILOTE	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="100"/> años
TIPO DE TERRENO	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="Suelo natural, sin alterar"/>
Reducción del espesor: 1,2 mm.	
<b>GEOMETRÍA DEL MICROPILOTE</b>	
Diámetro del micropilote (mm)=	225
Diámetro de la camisa (mm)=	139
Espesor de la camisa (mm)=	9
Diámetro de la armadura interior (mm)=	0
Diámetro vaina protección (mm)=	0
Número de armaduras interiores=	0
Diámetro de la armadura equivalente (mm)	0
Diámetro equivalente vaina protección (mm)	0
<b>ESFUERZOS DE DISEÑO</b>	
Axil (compresión)=	16,2 ton
Axil (tracción)=	5,4 ton
Momento fletor=	5,5 t*m
Cortante=	1,9 t
<b>FALLO ESTRUCTURAL</b>	
<b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN</b>	
TIPO DE UNIÓN	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="De rosca machihembrada sin sección ensanchada y contacto a tope"/>
$F_{u,c} =$	1
TIPO DE TERRENO Y PERFORACIÓN	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="Terreno con NF por encima de la punta del micropilote, sin revestimiento de perf. Y sin lodos"/>
$F_e =$	1,5
TIPO DE COACCIÓN LATERAL	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="Arcillas y limos blandos con 15 kPa &lt; su &lt; 25 kPa"/>
$C_R =$	12-8
$C_R$ adoptado=	12,00
$R =$	0,746
$N_{c,Rd} =$	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="89,369 ton"/> Micropilote adecuado
<b>RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A TRACCIÓN</b>	
$N_{t,Rd} =$	<input style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-right: 10px;" type="button" value="140,593 ton"/> Micropilote adecuado

Figura 95. Comprobación estructural micropilotes (I).

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A FLEXIÓN**

$F_{u,i}$ : Coeficiente de minoración del módulo resistente de la armadura tubular en función del tipo de unión. Si no existen ensayos, se tomará 0,5

$F_{u,i} =$	1,00
$M_{c,Rd} =$	6,348 t*m

Micropilote adecuado

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A CORTANTE**

$V_{pl,Rd} =$	56,843 ton
---------------	------------

Micropilote adecuado

**RESISTENCIA ESTRUCTURAL FRENTE A ESFUERZOS COMBINADOS: FLEXIÓN Y CORTANTE**

Cortante de cálculo  $V_{ed} =$  1,9 ton  
Resistencia de cálculo de la sección a flexión, teniendo en cuenta el esfuerzo cortante

$M_{v,Rd} =$	6,348 ton
--------------	-----------

Micropilote adecuado

Figura 96. Comprobación estructural micropilotes (II).

#### 8.4.4.6.1 ARRANQUE

Para que se cumpla esta condición es necesario garantizar que en el micropilote, frente a la acción que supone traccionarlo, no posibilita el arranque del mismo, es decir, que el esfuerzo de tracción que soporta el micropilote sea inferior a la resistencia admisible del terreno  $R_{t,ed}$ .

$$N_t, ed \leq R_{t, ed}$$

El fuste unitario, al ser micropilotes sometidos alternativamente a cargas de compresión y tracción, corresponde a  $0,25 \text{ MPa} * 0.60 = 0.15 \text{ MPa}$

**CÁLCULO DE LA CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO**

Máxima carga que es capaz de transmitir el micropilote al terreno sin que se produzca la rotura de éste

$$Q_{adm}^t = A_L \cdot r_{f,adm}^t + \frac{W}{1,20}$$

**Datos generales**

Geometría del micropilote

Diámetro nominal $\Phi$ (mm)	225 mm
Diámetro exterior de la armadura tubular $\phi_{ext}$ (mm)	139,7 mm
Espesor de la armadura tubular (mm)	9,0 mm
Longitud de empotramiento L	5,00 m
Longitud total L	15,60 m
Inclinación con respecto a la vertical	15 °

Características del terreno

Rozamiento unitario admisible por fuste frente a esfuerzos de tracción $r_{f,adm}$	0,15 MPa
--	----------

**Resultados**

Área lateral del micropilote $A_L$	3,53 m <sup>2</sup>
Resistencia por fuste $R_{f,adm}$	53,01 t
Sección neta de acero	37,0 cm <sup>2</sup>
Sección neta de lechada o mortero de inyección	360,7 cm <sup>2</sup>
Componente del peso propio del micropilote en dirección longitudinal	1,79 t
CARGA ADMISIBLE DEL TERRENO	54,51 t

Dado que la fuerza de tracción es de 5,39t, el dimensionamiento es correcto.

#### 8.4.4.6.2 HUNDIMIENTO

Para que cumpla el micropilote frente a hundimiento es necesario garantizar que frente a la acción que supone comprimirlo no se posibilita el hundimiento del mismo, es decir, que el esfuerzo de compresión que soporta el micropilote sea inferior a la resistencia admisible del terreno  $R_{c,ed}$ .

Una vez considerada la longitud de empotramiento de 5 metros y una resistencia por fuste de 0,25MPa, se procede a realizar la comprobación frente a carga de hundimiento:

$$R_{c,ed} = \pi \cdot \phi \cdot \left( \sum_i (L_e \cdot f_{ed_i}) \right)$$

Donde:

- $\phi=225\text{mm}$  (diámetro de perforación de micropilote)
- $L_e=5000\text{mm}$
- $f_{ed_i}=0,25\text{MPa}$

$$R_{c,ed} = 883,57N \cong 88,36t$$

El axil de compresión de hundimiento es igual a 16,19t

$$\mathbf{N_{c,ed} \leq R_{c,ed}}$$

#### 8.4.4.6.3 VIGA DE ATADO

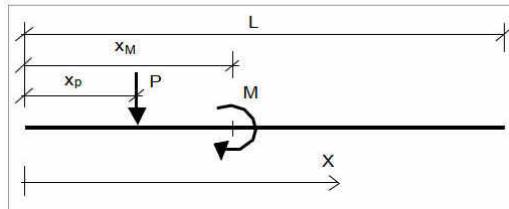
Debido a que no se prevé la disposición de unos anclajes, la armadura de la viga de atado se desarrolla a partir del cortante que llega desde los micropilotes. Para la resolución de lo que se plantea, se adjunta la hoja Excel desarrollada por TYP SA donde se recoge lo comentado, ya que permite disponer la armadura adecuada en función de las solicitudes que llegan a este elemento estructural.

##### 8.4.4.6.3.1. ARMADURA HORIZONTAL

GE6244 - INFORME GEOTÉCNICO GI-2120 - PK 52,825 - 53,300 -S2 - HTL  
CALCULO DE VIGA FLOTANTE (CON ARMADO ADAPTADO A LA EHE08)

**CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA**

Longitud= 3,50 m  
Ancho= 0,60 m  
Canto= 0,70 m  
Módulo elástico= 30000000 KN/m<sup>2</sup>  
Momento de Inercia= 0,01715 m<sup>4</sup>



**CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

Módulo de balasto= 10000 KN/m<sup>3</sup>  
Tensión admisible= 0,20 N/mm<sup>2</sup>

**CARGAS**

P(KN)	0	20	20	20	20	20	20	20	0
x <sub>p</sub> (m)	0	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,3	3,50
P(KN)									
x <sub>p</sub> (m)									

M(mKN)									
x <sub>M</sub> (m)									
M(mKN)									
x <sub>M</sub> (m)									



**COMPROBACIÓN DE TENSIONES**

Tensión máxima= 0,07 N/mm<sup>2</sup>

**MATERIALES**

HORMIGÓN HA-30  
 $\gamma_c = 1,50$   
ACERO B 500 S  
 $\gamma_s = 1,15$   
recubrimiento= 0,05 m

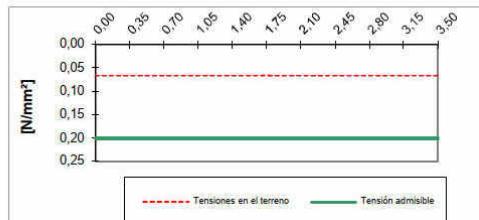


Figura 97. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (I).

**CÁLCULO A FLEXIÓN**
 $\gamma_f = 1,50$ 

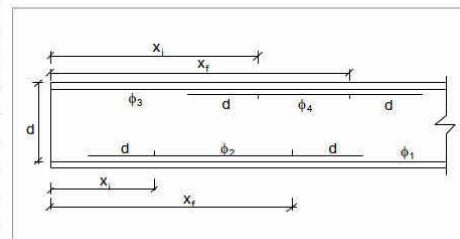
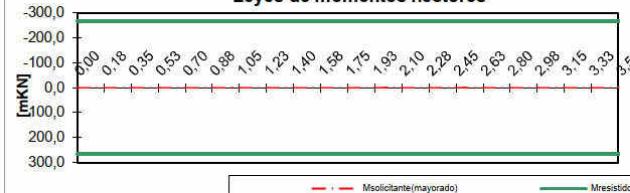
 Cuantía mín. en cara de tracción  $0,90\% = 3,8 \text{ cm}^2$ 
 $0,04A_{cf,0}/f_{yd} = 7,7 \text{ cm}^2$ 

 Para  $M_{\max}$   $A_{nec} = 0,1 \text{ cm}^2$  en cara inferior

 Para  $M_{\min}$   $A_{nec} = 0,0 \text{ cm}^2$  en cara superior

 $M_{\max} = 1,8 \text{ mKN}$ 
 $M_{\min} = 0,0 \text{ mKN}$ 

Familia	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$
$\phi(\text{mm})$	16 ▼	0 ▼	16 ▼	0 ▼
sep(m)	0,13	0,00	0,13	0,00


**Leyes de momentos flectores**


Intervalos de refuerzo	
$\phi_2$	$\phi_4$
$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$

Nota.- La ley de Msolicitante(mayorado) no se ha desplazado un canto útil

**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

Ambiente tipo Ila ▼

 $x = 10,00 \text{ m}$ 
 $M = 0,0 \text{ mKN}$ 
 $w_{\text{adm}} = 0,30 \text{ mm}$ 
 $w_{\max} = \text{mm}$  No hay fisuración

**CÁLCULO A CORTANTE**

 Cuantía mín.  $(1/7,5)f_{ct,m} * b_w / f_{yo,d} = 5,5 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$ 
 $V_{\max} = 13,2 \text{ KN}$ 
 $V_{\min} = -13,2 \text{ KN}$ 
 $V_{\text{resist}} = 577,6 \text{ KN}$ 

Familia	cercos $\phi_5$	horquillas $\phi_6$	cercos $\phi_7$	horquillas $\phi_8$
$\phi(\text{mm})$	12 ▼	0 ▼	0 ▼	0 ▼
sep(m)	0,15	0,00	0,00	0,00
número	1	0	0	0
	15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$		15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$	
	15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$		15,1 $\text{cm}^2/\text{m.l.}$	

Intervalos de refuerzo $\phi_7 + \phi_8$	
$x_i(\text{m})$	$x_f(\text{m})$
0,00	15,00

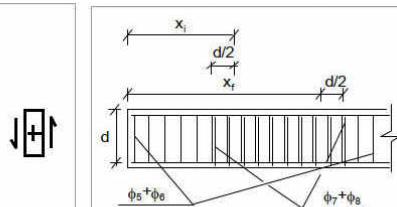
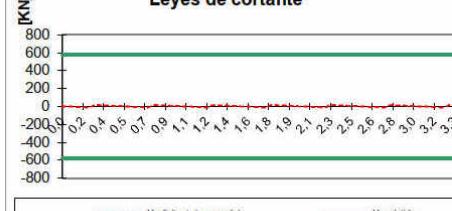
**Leyes de cortante**


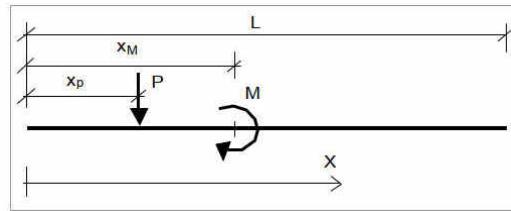
Figura 98. Comprobación esfuerzos horizontales viga atado (II).

#### 8.4.4.6.3.2. ARMADURA VERTICAL

GE6244 - INFORME GEOTÉCNICO GI-2120 - PK 52,825 - 53,300 -S2 - VTC  
CALCULO DE VIGA FLOTANTE (CON ARMADO ADAPTADO A LA EHE08)

**CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA**

Longitud= 3,50 m  
Ancho= 0,70 m  
Canto= 0,60 m  
Módulo elástico= 30000000 KN/m<sup>2</sup>  
Momento de Inercia= 0,0126 m<sup>4</sup>



**CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

Módulo de balasto= 10000 KN/m<sup>3</sup>  
Tensión admisible= 0,20 N/mm<sup>2</sup>

**CARGAS**

P(KN)	0	162	-54	162	-54	162	-54	162	0
x <sub>p</sub> (m)	0	0,25	0,75	1,25	1,75	2,25	2,75	3,3	3,50
P(KN)									
x <sub>p</sub> (m)									

M(mKN)									
x <sub>M</sub> (m)									
M(mKN)									



**COMPROBACIÓN DE TENSIONES**

Tensión máxima= 0,20 N/mm<sup>2</sup>

**MATERIALES**

HORMIGÓN HA-30  
 $\gamma_c = 1,50$   
ACERO B 500 S  
 $\gamma_s = 1,15$   
recubrimiento= 0,05 m

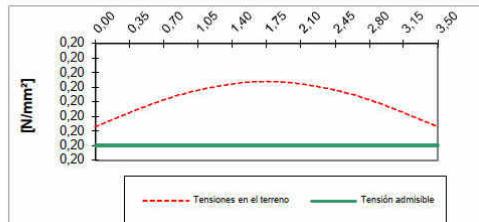


Figura 99. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (I).

**CÁLCULO A FLEXIÓN**

$$\gamma = 1,50$$

Cuantía mín. en cara de tracción  $0,90\% = 3,8 \text{ cm}^2$

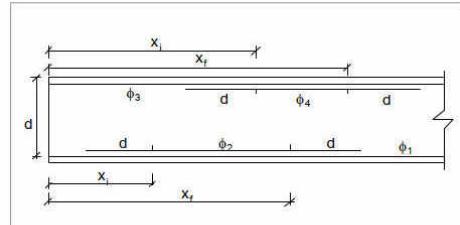
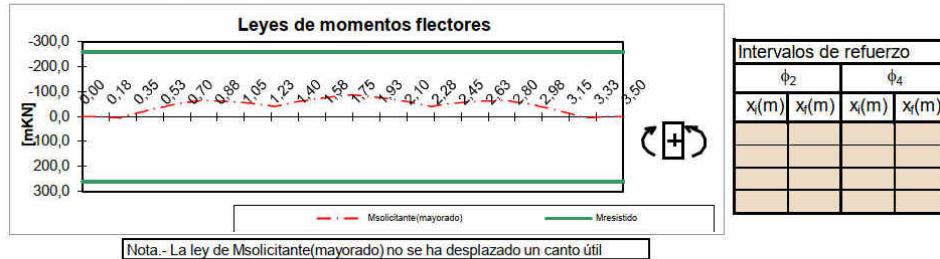
$$0,04A_cf_{ct}/f_{yd} = 7,7 \text{ cm}^2$$

Para  $M_{\max}$   $A_{nec} = 0,3 \text{ cm}^2$  en cara inferior  
Para  $M_{\min}$   $A_{nec} = 3,6 \text{ cm}^2$  en cara superior

Familia	$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$
$\phi(\text{mm})$	16 ▼	0 ▼	16 ▼	0 ▼
sep(m)	0,13	0,00	0,13	0,00

Familia	$A_{disp}(\text{cm}^2)$	$M_{resist}(\text{mKN})$
Armadura inferior	$\phi_1$ 11,3	260,7
	$\phi_1 + \phi_2$ 11,3	260,7
Armadura superior	$\phi_3$ 11,3	-260,7
	$\phi_3 + \phi_4$ 11,3	-260,7



**COMPROBACIÓN A FISURACIÓN**

Ambiente tipo IIA ▼

$$x = 10,00 \text{ m}$$

$$W_{\text{adim}} = 0,30 \text{ mm}$$

$$W_{\max} = \text{mm}$$

$$\text{No hay fisuración}$$

$$M = 0,0 \text{ mKN}$$

**CÁLCULO A CORTANTE**

$$\text{Cuantía mín. } (1/7,5)f_{ct,m} * b_w f_{yo,d} = 6,4 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$$

$$V_{\max} = 184,0 \text{ KN}$$

$$V_{\min} = -184,0 \text{ KN}$$

$$V_{\text{resist}} = 527,5 \text{ KN}$$

Familia	cercos $\phi_5$	horquillas $\phi_6$	cercos $\phi_7$	horquillas $\phi_8$
$\phi(\text{mm})$	12 ▼	0 ▼	0 ▼	0 ▼
sep(m)	0,15	0,00	0,00	0,00
número	1	0	0	0
	15,1 cm <sup>2</sup> /m.l.			
	15,1 cm <sup>2</sup> /m.l.			

$\phi_2$	$\phi_4$
$x_i(\text{m})$	$x_i(\text{m})$
0,00	15,00

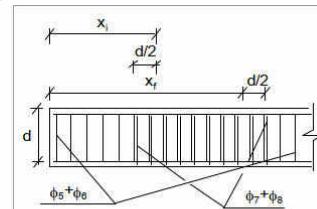
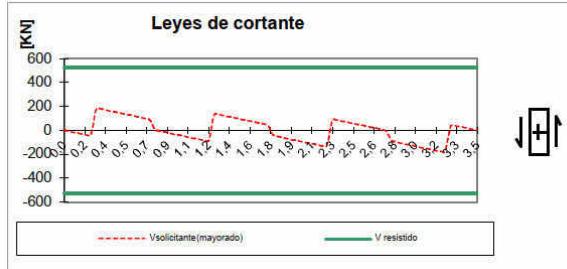


Figura 100. Comprobación esfuerzos verticales viga atado (II).

#### 8.4.4.6.3.3. CORTANTE

GE6244 - INFORME GEOTÉCNICO GI-2120 - PK 52,825 - 53,300 -S2  
**COMPROBACIÓN A CORTANTE SECCIÓN RECTANGULAR SEGÚN NORMA EHE 08**

##### MATERIALES

$f_{ck}$ =	25 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$ =	1,50
$f_{ct,k}$ =	1,80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cv}$ =	25 N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$ =	500 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$ =	1,15
$f_{y90,d}$ =	400 N/mm <sup>2</sup>

Control indirecto del hormigón

##### GEOMETRÍA

$b_0$ =	0,70 m
$h$ =	0,60 m
recubrimiento=	0,04 m
$d$ =	0,57 m

##### ESFUERZOS

$N_d$ =	0,0 kN	( $N_d > 0$ compresión)
armadura longitudinal en tracción $A_{sl}$ =	0,0 cm <sup>2</sup>	
$V_d$ =	162,0 kN	

##### CORTANTE DE AGOTAMIENTO POR COMPRESIÓN OBLICUA DEL ALMA

$f_{1cd}$ =	10,00 N/mm <sup>2</sup>
armadura longitudinal en compresión $A_{sc}$ =	0,0 cm <sup>2</sup>
$\sigma'_{cd}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>
$K$ =	1,00
$\theta$ =	45 °
$\alpha$ =	90 °
$V_{u1}$ =	1977,5 kN

Se cumple que  $V_d < V_{u1}$

##### CORTANTE DE AGOTAMIENTO POR TRACCIÓN EN EL ALMA

$\xi$ =	1,59
$\rho_1$ =	0,0000

PIEZAS SIN ARMADURA DE CORTANTE EN REGIONES NO FISURADAS ( $M_d < M_{fis,d}$ )

$S$ =	0,03 m <sup>3</sup>
$I$ =	0,01 m <sup>4</sup>
$\alpha_l$ =	1,00
$\sigma'_{cd}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>
$V_{u2}$ =	335,2 kN

Se cumple que  $V_d < V_{u2}$

PIEZAS SIN ARMADURA DE CORTANTE EN REGIONES FISURADAS A FLEXIÓN ( $M_d > M_{fis,d}$ )

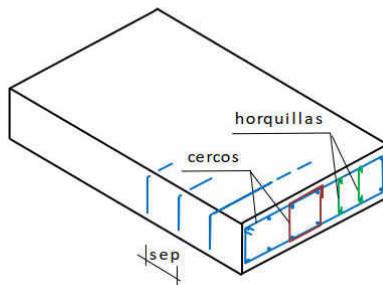
$\sigma'_{cd}$ =	0,00 N/mm <sup>2</sup>
$V_{u2}$ =	199,2 kN

Se cumple que  $V_d < V_{u2}$

Figura 101. Comprobación cortante viga atado (I).

● PIEZAS CON ARMADURA DE CORTANTE (SITUADA EN UN PLANO PERPENDICULAR A LA DIRECTRIZ DE LA PIEZA)

$$\begin{aligned}\theta_e &= 45^\circ \\ \beta &= 1 \\ \sigma'_{cd} &= 0,00 \text{ N/mm}^2 \\ V_{cu} &= 199,2 \text{ kN} \\ A_{sv,nec} &= 0,0 \text{ cm}^2/\text{m.l.}\end{aligned}$$



	cercos	horquillas
$\phi(\text{mm})$	12	0
sep(m)	0,25	0,20
número	2	10
$A_{sv,disp}$	18,1	$\text{cm}^2/\text{m.l.}$

Figura 102. Comprobación cortante viga atado (II).

## 9. ANÁLISIS INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA EXISTENTE EN LA GI-2120

### 9.1. P.K. 52+970: INCLINÓMETRO IN-17-3

Se implementa un primer inclinómetro en noviembre de 2012 con una lectura L0 el 25 de enero de 2013. La primera lectura es de febrero de 2013 con un desplazamiento máximo en cabeza a origen de 0,44mm. Se ha detectado un salto entre la lectura de octubre de 2013 (3,2mm de acumulado) y diciembre de 2014 (17,3mm de acumulado). Posteriormente el movimiento es constante, siendo la última lectura en abril de 2021 con un acumulado en el eje  $A_{180}$  [-]  $A_0$  [+] de 33,48mm. La superficie de deslizamiento se ha detectado a una profundidad de 6,0m lo que provoca una cizalladura evidente en el registro inclinométrico.

La superficie de deslizamiento tiene una orientación hacia A+, es decir, siguiendo la línea de máxima pendiente.

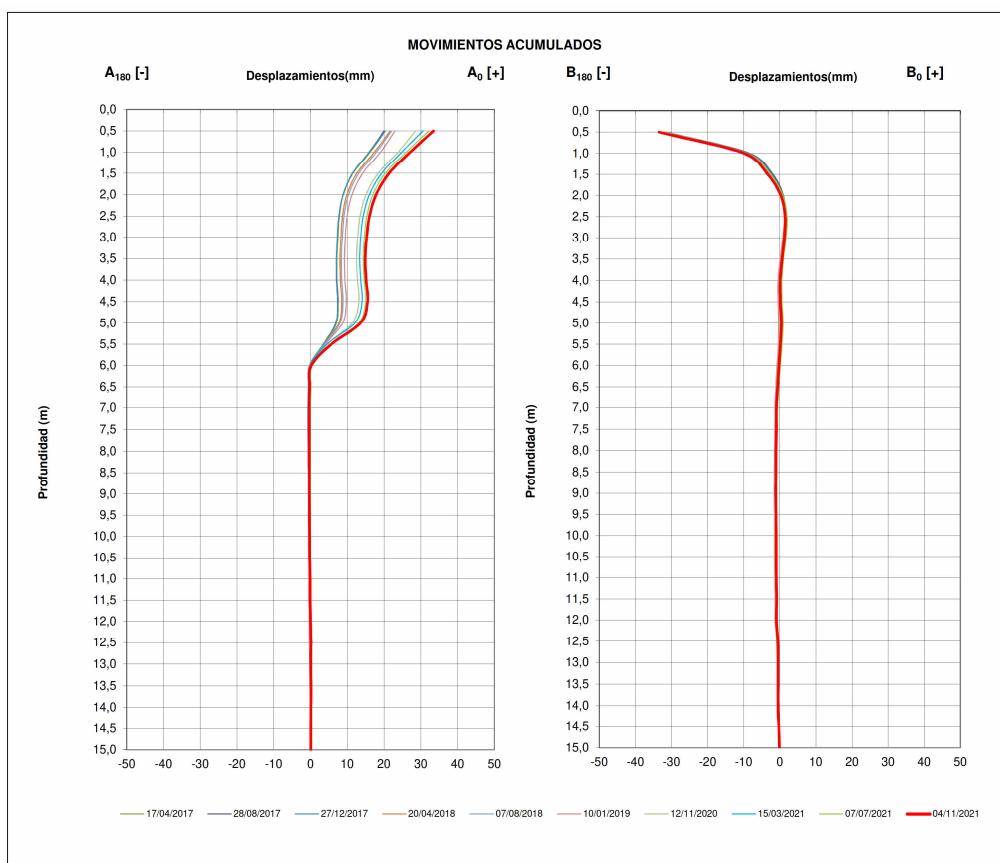


Figura 103. Desplazamientos horizontales acumulativos en los ejes A y B del inclinómetro IN-17-3 entre abril de 2017 y noviembre de 2021.

## 9.2. P.K. 53+000: INCLINÓMETRO IN-17-4

## 9.2.1. INCLINÓMETRO IN-17-4

Se implementa un primer inclinómetro en noviembre de 2012 con una lectura L0 el 25 de enero de 2013. La primera lectura es de febrero de 2013 con un desplazamiento máximo en cabeza a origen de 0,78mm. Se ha detectado un salto entre la lectura de enero de 2019 (5,53mm de acumulado) y diciembre de 2020 (12,65mm de acumulado). Posteriormente el movimiento es constante, siendo la última lectura en abril de 2021 con un acumulado en el eje A<sub>180</sub> [-] A<sub>0</sub> [+] de 15,21mm. La superficie de deslizamiento se ha detectado a una profundidad de 5,5m lo que provoca una cizalladura evidente en el registro inclinométrico.

La superficie de deslizamiento tiene una orientación hacia A+, es decir, siguiendo la línea de máxima pendiente.

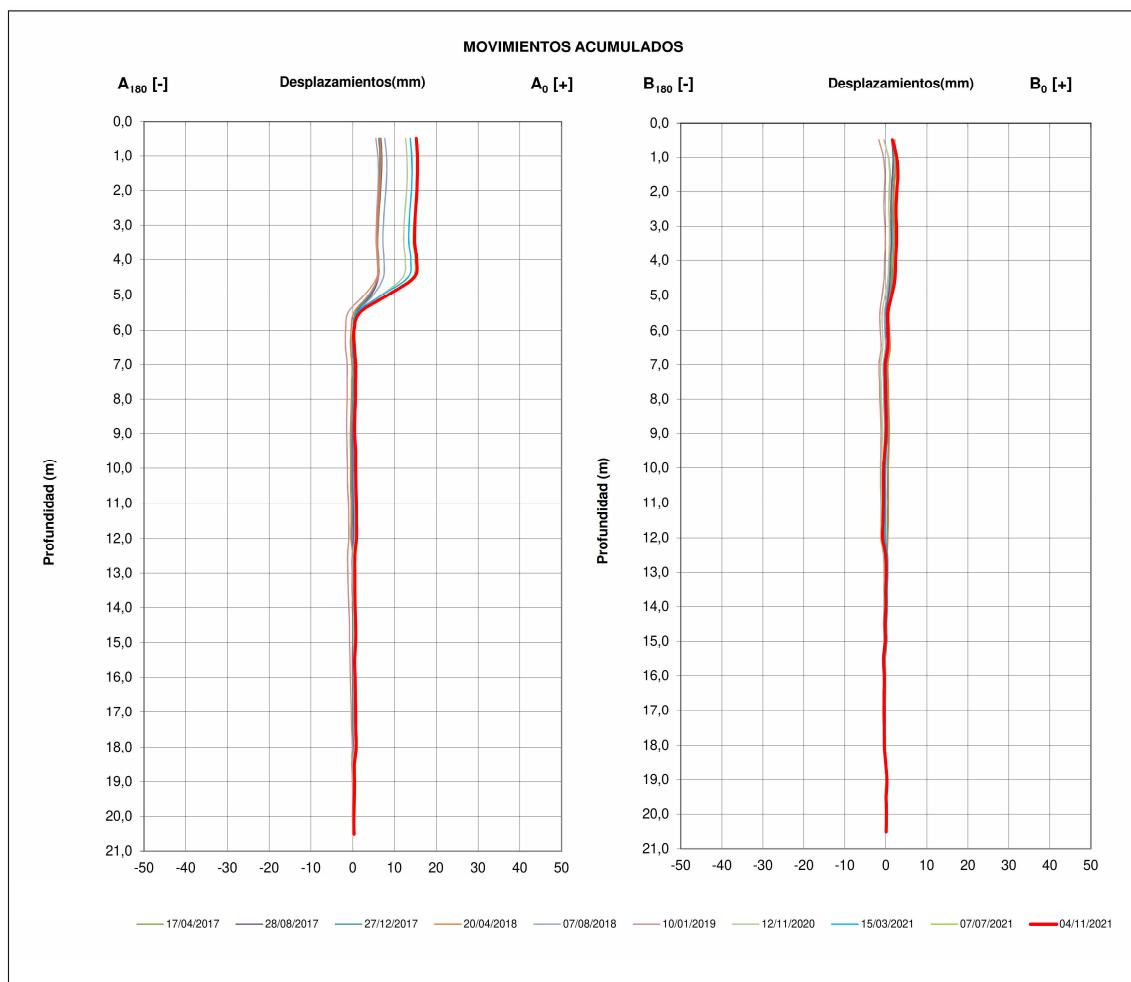


Figura 104. Desplazamientos horizontales acumulativos en los ejes A y B del inclinómetro IN-17-3 entre abril de 2017 y noviembre de 2021.

## 10. PROPUESTA DE AUSCULTACIÓN PARA LA ACTUACIÓN DISEÑADA EN EL TRAMO ESTUDIADO (PK 52,825 – 53,000)

Para el control posterior tras la ejecución de la pantalla de micropilotes, se propone por una parte la implementación de **1 inclinómetro embebido en uno de los micropilotes**; en la medida de lo posible, dicho inclinómetro habrá de ubicarse en alguno de los micropilotes centrales, por considerarse que es en esa zona donde podrían producirse los desplazamientos horizontales en profundidad máximos. El área de trabajo deberá ser protegida para que el personal técnico pueda acceder y llevar a cabo el registro de datos mediante sonda lectora portátil. Así mismo, en caso de que la tubería inclinométrica tenga que ser recrocida una vez realizada ya la lectura inicial, se buscarán múltiplos de 0,5 m con el fin de no tener que establecer una nueva lectura 0.

Por otro lado, con el objeto de controlar las tensiones de los anclajes de la pantalla, se propone instrumentar un 10 % del total, es decir, implementar un total de **3 células de carga**. Dadas las posibles dificultades para poder visualizar los manómetros de unas células hidráulicas, se recomienda que las células a colocar fuesen en todo caso de cuerda vibrante, con lectura centralizada en un armario de protección. Podrían colocarse dos células a cada lado del inclinómetro anteriormente citado. Tratándose de anclajes de barra Ø 32 mm, el rango óptimo de las células sería de 50 toneladas.

## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo del presente Informe Geotécnico es estudiar la estabilidad de un tramo en la carretera GI-2120 (puerto de Lizarrusti), así como proponer medidas de remediación correspondientes. Existen patologías evidentes de inestabilidades en este tramo, visibles tanto en el firme actual (con numerosas fisuras, grietas y hundimientos) como en las lecturas de los dos inclinómetros instalados. Adicionalmente existe un muro de hormigón en masa en un tramo concreto de apenas 35 m de longitud.

El deslizamiento causante de esta inestabilidad afecta específicamente a los materiales coluviales que se han detectado debajo de la plataforma viaria, que es donde se apoya el vial.

Geomorfológicamente se trata de una vaguada rellena de materiales coluviales, procedentes de la meteorización del sustrato rocoso y transportados por la acción de la gravedad.

Se llevo a cabo una campaña por medio de dos sondeos donde se instalaron sendos inclinómetros en cada uno de ellos. Los inclinómetros muestran lecturas desde el año 2013 hasta el 2021 siendo visibles los movimientos ladera abajo en ambos, con unos valores acumulados máximos de 33,5mm. Las lecturas claramente indican que el movimiento se produce a 6m de profundidad, justo en un tramo donde se ha detectado una capa saturada y reblandecida que podría suponer la superficie de despegue de la inestabilidad.

En campo no se ha podido detectar la presencia del muro de hormigón masa debido a la intensa vegetación presente en la zona de estudio.

La actual campaña de investigación geotécnica ha consistido en la ejecución de dos (2) sondeos mecánicos a rotación con extracción continua de testigo, con sus correspondientes ensayos de laboratorio. Con estos reconocimientos, se ha detectado la capa de materiales coluviales formados por un material heterogéneo formado localmente por unas gravas angulosas con arena y por arcillas con una proporción variable de gravas. Estos materiales deslizan sobre el sustrato rocoso formado por margocalizas poco fracturadas con grado de meteorización II-III. El plano de deslizamiento se ha interpretado en el contacto entre los suelos coluviales saturados y no saturados, tal y como dibujan las lecturas de los inclinómetros.

El espesor máximo comprobado de los suelos coluviales es del orden de 12m en la investigación S-1, mientras que en el S-2 su espesor es de 5,0m. En la zona de la plataforma viaria se detectó un espesor importante de rellenos de origen antrópico, estos rellenos formados por gravas arenosas y arcillas con

arenas y tienen una potencia máxima de unos 4,2m. El sustrato rocoso sano se ha detectado a 10,9m de profundidad en el caso del S-1 y 9,4m de profundidad en el S-2.

Para analizar las estudiar las condiciones en las que se produce el deslizamiento se ha realizado un back-analysis reproduciendo este modelo, con el que se han podido determinar los parámetros geotécnicos de los distintos niveles implicados en el proceso, así como sus condiciones hidrogeológicas.

Se han planteado dos soluciones distintas en función de los condicionantes existentes. Por un lado, en el tramo inicial donde apenas existe sobreancho en la plataforma viaria, se deberá realizar un relleno de al menos 1,0 m de ancho y ejecutar una pantalla de micropilotes pasadores (en V) para sostener el deslizamiento, empotrando estos micropilotes un mínimo de 5,0m en el sustrato rocoso sano. Por otro lado, en el muro de hormigón en masa existente se realizará una pantalla de micropilotes anclada. Dado que el muro está actualmente trabajando como un peso estabilizador frente al movimiento de ladera, se plantea recalzar este muro con micropilotes y ejecutar una fila de anclajes en cabeza. La longitud total de los micropilotes será de 13,6m aproximadamente siempre que se empotren 3,0m en roca sana. Por su parte los anclajes serán barras macizas de diámetro 32mm ancladas un mínimo de 4,0m en roca sana. Esta última solución se prolongará hasta el final del tramo de actuación. Se recomienda un solape mínimo entre las dos soluciones de 3,0m para evitar posibles derrames de tierras entre ambas secciones.

Los PKs de aplicación de ambas soluciones se detallan a continuación:

- Pantalla de micropilotes a modo de pasadores. PK inicio 52+800 Pk final 52+933
- Muro de micropilotes con una fila de anclajes. PK inicio 52+930 Pk final 53+000

Para el control posterior tras la ejecución de la pantalla de micropilotes, se propone por una parte la implementación de 1 inclinómetro embebido en uno de los micropilotes; Por otro lado, con el objeto de controlar las tensiones de los anclajes de la pantalla, se propone instrumentar un 10 % del total, es decir, implementar un total de 3 células de carga.

Leioa, a 16 de mayo de 2022.



Fdo: Pablo Juaristi Larrea  
Geólogo (Col N°. 5995)  
Máster en Ingeniería Geológica



Fdo: Josu Etxeberria Urkaregi  
Geólogo  
Máster en Ingeniería Geológica





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



**Gipuzkoako  
Foru Aldundia**  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa

## PLANOS



---

PLANO 1. SITUACIÓN SOBRE ORTOFOTO. ESCALA 1:2.500 (A1)





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



Gipuzkoako  
Foru Aldundia  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 2. PLANTA GENERAL (MDT). ESCALA 1:2.000 (A1)



---

PLANO 3. MARCO GEOLÓGICO EVE. ESCALA 1:10.000 (A1)





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



Gipuzkoako  
Foru Aldundia

Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 4. TAQUIMÉTRICO. ESCALA 1:400 (A1)



PLANO 5. SITUACIÓN SONDEOS SOBRE ORTOFOTO. ESCALA 1:400 (A1)



PLANO 6. SITUACIÓN SONDEOS. ESCALA 1:400 (A1)





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



**Gipuzkoako  
Foru Aldundia**  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 7. PLANTA GEOLÓGICA DE DETALLE. ESCALA 1:400 (A1).





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



Gipuzkoako  
Foru Aldundia

Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 8. PERFILES GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS. PLANTA. ESCALA 1:400 (A1)





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



Gipuzkoako  
Foru Aldundia  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 9. PERFILES GEOLÓGICOS – GEOTÉCNICOS. ESCALA 1:400 Y 1:200 (A1). 3 HOJAS





REDACCIÓN DE INFORMES GEOTÉCNICOS EN LA RED DE  
CARRETERAS DE LA DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA

Carretera GI-2120 "De Estella a Beasain por Lizarrusti  
Tramo: p.k. 52,825 - 53,000



Gipuzkoako  
Foru Aldundia  
Diputación Foral  
de Gipuzkoa

PLANO 10. ACTUACION PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA Y MICROPILOTES PASADORES.  
DIFERENTES ESCALAS (A1). 5 HOJAS



## APÉNDICES



---

## APÉNDICE 1. REGISTROS DE LOS SONDEOS



## APÉNDICE 2. ENSAYOS DE LABORATORIO



---

## APÉNDICE 2.1. RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO



---

## APÉNDICE 2.2. RESULTADOS ACTAS ENSAYOS DE LABORATORIO



---

### APÉNDICE 3. SALIDAS GRÁFICAS CÁLCULOS (OUTPUTS)



---

### APÉNDICE 3.1 ELEMENTOS FINITOS (PLAXIS 2D)



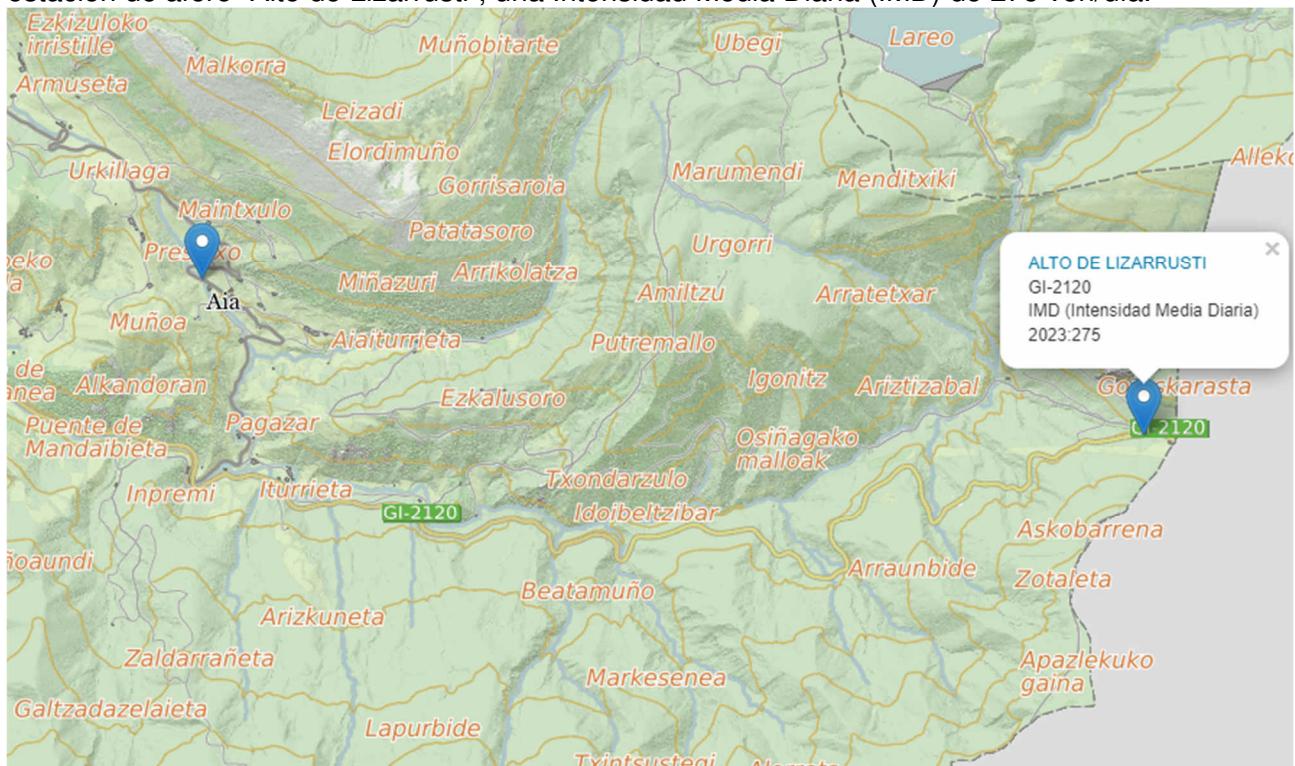
## APÉNDICE 3.2 COMPROBACIONES ESTRUCTURALES



## **ANEJO Nº 2.– AFECCIONES AL TRÁFICO**

De acuerdo con las instrucciones de la Dirección General de Carreteras, en los tramos donde la IMD por calzada sea superior a 10.000, los trabajos que necesariamente impliquen el corte de un carril y la consiguiente regulación del tráfico por el otro carril de dicha calzada, solamente se podrán desarrollar en horario nocturno o en fin de semana, con el fin de mantener abiertos los dos carriles de circulación de día en jornada no festiva.

La estación de aforo más cercana a la zona de actuación de la carretera GI-2120 es la estación de aforo “Alto de Lizarrusti”, una Intensidad Media Diaria (IMD) de 275 veh/día.



Stn nº	Descripción	Carretera	PK Inicial	PK Final	PK Ubicación	Sentido 1	Sentido 2	AFIN	TI*	RED ALTA*	C*
52	PPIO. PUERTO ARLABAN	GI-627	19,30	27,20	27,1	ARABA	EIBAR	0	P	1987	2
54	ALTO DE KANPANZAR	N-636	34,00	35,00	35	BERGARA	BIZKAIA	87	C	1987	2
55	ZUMAIA, NARRONDO	N-634	29,80	31,00	30,4	SAN SEBASTIÁN	SANTANDER	0	P	1987	2
56	CRUCE SAN PRUDENTZIO	GI-2630	20,20	23,50	21,9	URRETXU	BERGARA	89	C	1987	2
57	ZUMAIA,ENTRE ROTONDAS	N-634	29,30	29,80	29,6	SANTANDER	SAN SEBASTIÁN	55	C	1987	2
58	ZESTOA - ZUMAIA A AZPEITIA	GI-631	8,20	13,50	12	ZUMARRAGA	ZUMAIA	0	P	1987	2
59	AZKOITIA, A URRETXU	GI-631	26,00	35,00	32,4	ZUMARRAGA	ZUMAIA	158	C	1987	2
60	CRUCE DE BEIZAMA	GI-2634	0,00	8,10	6	TOLOSA	ELGOIBAR	132	C	1987	2
61	ERREZIL	GI-2634	8,10	14,50	14,3	TOLOSA	ELGOIBAR	93	C	1987	2
62	ALTO DE AZKARATE	GI-3321	0,00	5,40	1,2	ALTO DE AZKARATE	ELGOIBAR	0	I	1987	2
63	ELGETA	GI-2632	33,70	34,90	34,9	BEASAIN	BIZKAIA	87	C	1987	2
64	ALTO DE LIZARRUSTI	GI-2120	47,70	60,90	47,9	BEASAIN	NAVARRA	30	C	1987	2
65	IDIAZABAL	GI-2637	0,20	4,00	1,7	IDIAZABAL	NAVARRA	158	C	1987	2
66	ENTRADA A ZEGAMA	GI-2637	4,00	9,00	8,3	IDIAZABAL	NAVARRA	158	C	1987	2
67	ALTO DE OTZAUERTE	GI-2637	9,00	19,40	19,4	IDIAZABAL	NAVARRA	158	C	1987	2
68	ANDOAIN-URNIETA	GI-3722	2,50	5,80	2,5	ANDOAIN	SAN SEBASTIÁN	259	C	1987	2
69	ERGOBIA, AUTOPISTA	A-15	167,00	169,30	167,8	SAN SEBASTIÁN	ANDOAIN	0	S	1987	6
70	SAN SEBASTIÁN, HOSPITALES	GI-3401	0,00	1,10	1,1	GALARRETA	SAN SEBASTIÁN	259	C	1987	2
71	ERREKALDE / GALARRETA	GI-2132	1,00	2,50	2,3	LASARTE - ORIA	ASTIGARRAGA	0	P	1987	2
72	HERNANIA, GOIZUETA	GI-3410	0,30	5,60	1,7	HERNANI	NAVARRA	259	C	1987	2
73	CASILLA DE CAMINEROS	GI-3410	5,60	10,10	6,1	HERNANI	NAVARRA	259	C	1987	2
74	CRUCE MARINEINTZ-GATZAGA	GI-3310	0,20	6,90	3,8	ESKORIATZA	LEINTZ-GATZAGA	158	C	1987	2
75	SALIDA DE ELDUAIN	GI-2130	8,00	11,70	9,7	TOLOSA	NAVARRA	93	C	1987	2
76	HONDARRIBIA, FARO	GI-3361	1,10	3,40	1,2	HONDARRIBIA	FARO DE HIGER	158	C	1987	2
77	JAIZKIBEL, A HONDARRIBIA	GI-3440	0,00	19,10	16,8	LEZO	HONDARRIBIA	0	P	1987	2
82	OÑATI, A UDANA	GI-2630	13,80	20,20	14,5	URRETXU	BERGARA	0	S	1987	2
83	ELGOIBAR, CTRA MARKINA	GI-2636	0,30	6,40	1,6	BIZKAIA	ELGOIBAR	62	C	1987	2
84	IRUN/CRUCE-HOSPITAL	GI-636	9,50	12,50	12,2	IRUN	PASAIA	0	S	1987	4
87	TRAVESIA EZKIO-ITSASO	GI-2632	5,90	9,70	8,8	BIZKAIA	BEASAIN	0	I	1987	2

CARRETERA	ESTACIÓN	DESCRIPCIÓN	PK INICIAL	PK FINAL	P.K. UBICACIÓN	LONGITUD	SENTIDO 1	SENTIDO 2	TIPO
GI-2120	64	ALTO DE LIZARRUSTI	47,700	60,900	47,900	13,20	BEASAIN	NAVARRA	C
GI-2120	97	PUENTE NUEVO (ATAUN)	60,900	63,400	62,000	2,50	NAVARRA	BEASAIN	P
GI-2120	9.314	VARIANTE DE LAZKAO	63,400	65,600	63,700	2,20	NAVARRA	BEASAIN	C
					TOTAL	17,90			

En consecuencia, resulta que la IMD es inferior a la que obliga a realizar las actuaciones en horario nocturno o en fin de semana, por lo que las actuaciones que implican el corte de uno de los carriles, que tendrán lugar cuando se realicen los trabajos de estabilización de los deslizamientos y elementos de contención, **se ejecutarán en jornada laboral normal**.

El tramo objeto de intervención es una vía de doble sentido de circulación, con calzada única con dos carriles de circulación, por lo que dichas actuaciones dispondrán de una señalización que se ajuste al caso A 6/4 de la Norma. 8.3 – IC “Señalización de obras”; es decir, **deberá mantenerse permanentemente abierto a la circulación uno de los carriles de la calzada**, cuya continuidad se asegurará por tramos continuos de longitud no inferior a 100,00 m.

Para su implantación, se deberán disponer como mínimo, de la señalización siguiente en cada uno de los dos sentidos de circulación:

- Señalización de aviso (TP-18)
- Limitación de velocidad (TR-301)
- Prohibición de adelantamiento (TR-305)
- Peligro por estrechamiento (TP-17, TP-17a o TP-17b)

- Paneles direccionales estrechos (TB-2)
- Conos para delimitación de la zona de obras (TB-6)

La ordenación en sentido único alternativo *deberá limitarse a la longitud estrictamente indispensable* y podrá realizarse manualmente mediante señales TM-2 y TM-3, o bien mediante semáforos. En cualquier caso, para su regulación se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- La longitud de la zona de obras, que estará delimitada por una valla de limitación y protección, colocada en el carril afectado por la construcción de las obras de estabilización, que deberán permanecer en su posición mientras se ejecutan las obras de estabilización en cada tramo, al objeto de impedir la entrada de vehículos extraño en la zona de obras.
- La velocidad media en dicha zona, incluyendo el arranque, que estará relacionada con la velocidad limitada VL y definida por el número de vehículos pesados que atraviesan la misma.
- La intensidad de la circulación.

Las señales serán de tamaño grande y, al menos de nivel II de retrorreflexión. Se dispondrán en ambas márgenes de la carretera a 1,00 m de altura de la calzada y previamente, al inicio de las obras, se presentará un plan de señalización de las obras y se realizará un acopio de señales para su comprobación.

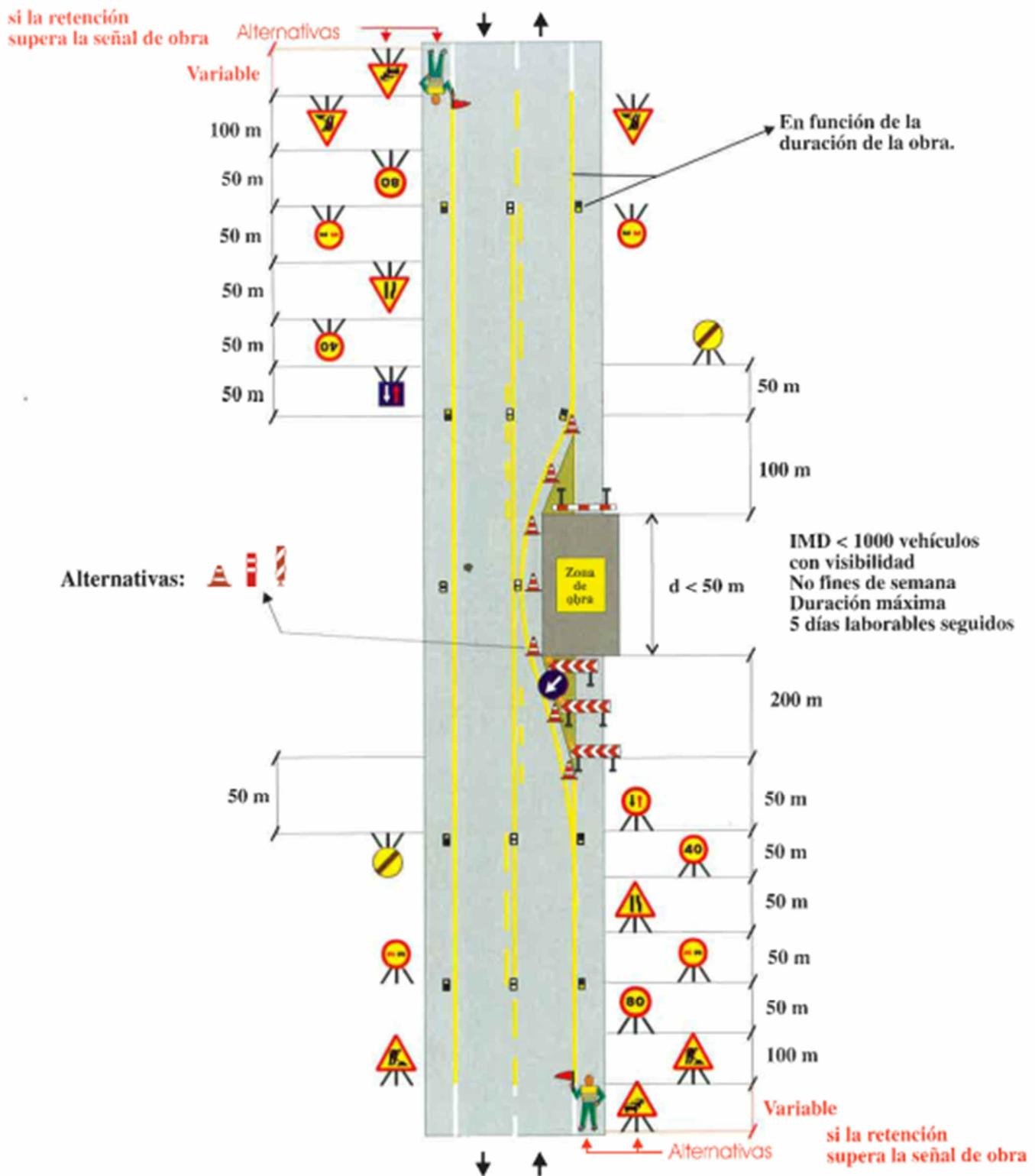
Deberá tenerse en cuenta, sobre todo, con intensidades elevadas de circulación, la progresión hacia atrás de la cola formada por los vehículos detenidos, cuya longitud puede rebasar incluso la señal TP-18 y alcanzar zonas de visibilidad restringida, con el consiguiente peligro de accidentes por alcance. Donde se considere necesario, en función de la visibilidad disponible, de la intensidad y velocidad previsibles de la circulación:

- Deberá ajustarse la posición de la señal TP-18 o aumentar su número para tener en cuenta la presencia de la cola.
- De día, deberá disponerse por cada lado un agente, dotado de chaleco luminiscente, provisto de una señal TM-1, quien deberá moverse en correspondencia con el final de la cola, para advertir de su presencia.
- De noche, deberá avisarse la presencia de los semáforos (TL-1) mediante señales TP-3 provistas de luces destellantes (TL-2, TL-3 o TL-4).



**Anexo N°1 Señalización de obras fijas**





**ANEJO Nº 3.– PLAN DE OBRA**

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
<b>ACTUACIONES PREVIAS</b>				
ACTUACIONES PREVIAS	12.961,00			
ESTABILIZACIÓN DEL RELLENO	54.512,18	54.512,18	54.512,18	54.512,18
PUESTA EN MARCHA				1.099,99
<b>PANTALLA DE MICROPILOTES</b>				
ELEMENTOS DE CONTENCIÓN				37.538,43
REPOSICIÓN DEL AFIRMADO				10.322,46
SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO				3.676,88
<b>FIRMES, CONTENCIÓN Y SEÑALIZACIÓN</b>				
AUSCULTACIÓN				8.011,48
<b>AMBIENTAL</b>				
REVEGETACIÓN				49.717,61
MEDIDAS CORRECTORAS AMBIENTALES	1.345,25	1.345,25	1.345,25	1.345,25
<b>GDR Y SyS</b>				
GESTIÓN DE RESIDUOS	2.324,64	2.324,64	2.324,64	2.324,64
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	1.638,87	1.638,87	1.638,87	1.638,87
COSTE PREVISTO EN PERÍODO (€)	72.781,93	59.820,93	59.820,93	59.820,93
COSTE MENSUAL PREVISTO (€)	132.604,71		119.643,71	
COSTE ACUMULADO (€)	<b>132.602,86</b>		<b>252.244,72</b>	
			<b>371.886,57</b>	
			<b>601.895,28</b>	

## **ANEJO Nº 4.- GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

### **1.- JUSTIFICACIÓN Y ALCANCE**

El presente Plan de Gestión de Residuos, en adelante PGR, se redacta en base al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto de “ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL RELLENO SITUADO ENTRE LOS P.K. 52,780 Y 53,050 DE LA CARRETERA GI-2120 EN LIZARRUSTI (ATAUN)”. (9-ME-44/2024). de acuerdo con el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de la construcción y demolición, y el Decreto 112/2012 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición a nivel en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El objetivo del mismo es definir la sistemática establecida para la gestión adecuada de los residuos generados durante la ejecución de los trabajos contemplados en el proyecto de “ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL RELLENO SITUADO ENTRE LOS P.K. 52,780 Y 53,050 DE LA CARRETERA GI-2120 EN LIZARRUSTI (ATAUN)”. (9-ME-44/2024) El presente PGR será de aplicación a todas las actividades desarrolladas durante la ejecución del Contrato, de manera que se garantice una correcta gestión de los residuos generados y siendo de obligado cumplimiento tanto para todas las empresas participantes del Contrato.

En caso de que los trabajos no sean ejecutados directamente por el Contratista Adjudicatario de las obras, sino por una empresa subcontratista, la gestión de los residuos generados se realizará bien mediante la aplicación del PGR de la empresa subcontratista, en caso de disponer ésta del mismo, o bien mediante la adhesión de la empresa subcontratista al presente PGR.

En ningún caso, los PGR propios de los subcontratistas podrán contravenir lo establecido en el presente PRG, ni la legislación vigente.

### **2.- MARCO NORMATIVO**

#### **2.1.- Normativa Estatal**

- Ley 7/2022 de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Ley 5/2013 de 11 de junio, por la que se modifican la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 11/2012, de 19 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 1055/2022, de 27 de diciembre, de envases y residuos de envases.
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 110/2015, de 20 de febrero, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

- Real Decreto 815/2013, de 18 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por las actividades mineras.
- Real Decreto 943/2010, de 23 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 717/2010, de 28 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y el Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- Real Decreto 367/2010, de 26 de marzo, de modificación de diversos reglamentos del área de medio ambiente para su adaptación a la Ley 17/2009, de 23 de noviembre, sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio, y a la Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley de libre acceso a actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
- Real Decreto 1304/2009, de 31 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto 243/2009, de 27 de febrero, por el que se regula la vigilancia y control de residuos radioactivos y combustible nuclear gastado entre Estados miembros procedentes o con destino al exterior de la comunidad.
- Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre de Responsabilidad Medioambiental.
- Real Decreto 1802/2008, de 3 de noviembre, por el que se modifica el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas, aprobado por el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, con la finalidad de adaptar sus disposiciones al Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo (Reglamento REACH).
- Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas.
- Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, que regula la gestión de los aceites industriales usados.

- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997 y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución.
- Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero, por el que se modifica el RD 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan.
- Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre gestión de neumáticos fuera de uso.
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Real Decreto 1378/1999 por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los PCB, PCT y aparatos que lo contengan, y Real Decreto 228/06 que lo modifica.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Real Decreto 363/1995 de aprobación del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Orden AAA/1783/2013, de 1 de octubre, por la que se modifica el anexo 1 del Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y residuos de Envases, aprobado por Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
- Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Orden ARM/795/2011, de 31 de marzo, por la que se modifica el Anexo III del Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- Orden de 25 de octubre de 2000, por la que se modifican el anexo 1 del Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, y el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.
- Toda aquella normativa de Prevención y Seguridad y Salud que resulte de aplicación debido a la fabricación, distribución o utilización de residuos peligrosos o sus derivados.

## 2.2.- Normativa Autonómica

- Ley 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi.
- Ley 4/2015, de 25 de junio, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo.
- Ley 1/2005, de 4 febrero, para la corrección y protección de la contaminación del suelo.
- Decreto 64/2019, de 9 de abril, del régimen jurídico aplicable a las actividades de valorización de escorias negras procedentes de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico.
- Decreto 407/2013, de 10 de septiembre, de suspensión temporal del Decreto 212/2012, de 16 de octubre, por el que se regulan las entidades de colaboración ambiental y se

crea el Registro de Entidades de Colaboración Ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

- Decreto 212/2012, de 16 de octubre, por el que se regulan las entidades de colaboración ambiental y se crea el Registro de Entidades de Colaboración Ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco.
- Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Decreto 49/2009, de 24 de febrero, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.
- Decreto 199/2006 de 10 de octubre, por el que se establece el sistema de acreditación de entidades de investigación y recuperación de la calidad del suelo y se determina el contenido y alcance de las investigaciones de la calidad del suelo a realizar por dichas entidades.
- Decreto 46/2001 de 13 de marzo, por el que se regula la gestión de los neumáticos fuera de uso en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

### 3.- DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

#### **3.1. Descripción de las actuaciones a realizar durante la ejecución del Contrato**

El objeto de las actuaciones definidas en el Proyecto de “ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL RELLENO SITUADO ENTRE LOS P.K. 52,780 Y 53,050 DE LA CARRETERA GI-2120 EN LIZARRUSTI (ATAUN)”. (3-ME-44/2024).

Consiste, por tanto, en la realización de los trabajos y servicios necesarios para conseguir una ayuda a la vialidad y explotación y un estado de los elementos constitutivos de la carretera que aseguren las condiciones normales de vialidad y seguridad que correspondan a las características del Proyecto.

#### **3.2.- Identificación de los residuos generados durante la ejecución del Contrato**

Con objeto de asegurar una adecuada gestión de los residuos que se generen durante la ejecución del Contrato, el primer aspecto a considerar será una correcta identificación de los mismos, para aplicarles posteriormente el tratamiento más adecuado.

Debido a la diferente tipología de residuos que se generaran durante los trabajos objeto del presente contrato es necesario distinguir entre los diferentes tipos atendiendo a las definiciones contenidas en el Artículo 2 de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, el Artículo 2 apartado e) del Decreto 112/2012 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición a nivel en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, y el artículo 2 del Real Decreto 646/2020 Así tenemos:

- **Residuo:** Según la ley 7/2022 se define residuo a cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o que tenga la intención o la obligación de desechar.
- **Residuo peligroso:** Residuo que presenta una o varias de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I de la Ley 7/2022 y aquél que sea calificado como residuo peligroso por el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte. También se comprenden en esta definición los recipientes y envases que contengan restos de sustancias o preparados peligrosos o estén contaminados por ellos, a no ser que se

demuestre que no presentan ninguna de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I de la Ley 7/2022.

- **Residuos no peligrosos:** Residuo que no está cubierto por la definición anterior
- **Residuo de construcción y demolición:** Residuos generados por las actividades de construcción y demolición.
- **Residuos inertes:** Aquellos residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles, ni combustibles, ni biodegradables; ni reaccionan con los materiales con los que entran en contacto ni física, ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a la contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana. Los residuos inertes deben presentar un contenido de contaminantes insignificante y, del mismo modo, el potencial de lixiviación de estos contaminantes, así como el carácter ecotóxico de los lixiviados debe ser igualmente insignificante. Los residuos inertes y sus lixiviados no deben suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas.
- **Código LER:** Código de 6 dígitos para identificar un residuo según la Decisión de la Comisión 2014/955/UE de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- **NIMA:** Número de Identificación Medio Ambiental
- **Productor de residuos:** Cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. En el caso de las mercancías retiradas por los servicios de control e inspección en las instalaciones fronterizas, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía o bien al importador de la misma según se define en la legislación aduanera. En el caso de las mercancías retiradas por las autoridades policiales en actos de decomisos o incautaciones efectuadas bajo mandato judicial, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía.
- **Poseedor de residuos de construcción y demolición:** La persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestora de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.
- **Volumen aparente:** volumen total de la masa de residuos en obra, espacio que ocupan acumulados sin compactar con los espacios vacíos que quedan incluidos entre medio. En última instancia, es el volumen que realmente ocupan en obra.
- **Volumen real:** Volumen de la masa de los residuos sin contar espacios vacíos, es decir, entendiendo una teórica masa compactada de los mismos.
- **Gestor de residuos:** La persona física o jurídica, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de los mismos,
- **Destino final:** Cualquiera de las operaciones de valorización y eliminación de residuos enumeradas en la "Orden MAM/304/2002" por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos".

- **Reutilización:** Cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad que fueron concebidos.
- **Reciclado:** Toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.
- **Valorización:** Cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir esa función particular o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general.
- **Eliminación:** Cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o materiales, siempre que estos no superen el 50% en peso del residuo tratado, o el aprovechamiento de energía.

### 3.3.- Obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición

Además de las obligaciones previstas en la normativa que resulte de aplicación, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la dirección de las obras un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a generar en la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado u otras formas de valorización.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en un documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia con su clave correspondiente, la cantidad expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Decisión de la Comisión 2014/955/UE de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos. En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en la Ley 7/2022.

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra o cualquier otra circunstancia, no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones y posterior tratamiento a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida.

### 3.4.- Identificación y estimación de los residuos generados

La estimación de los distintos residuos generados en el presente proyecto es la siguiente:

Código MAM	Descripción de residuo	Unidad de obra	Volumen m <sup>3</sup>
17 01 01	Hormigón	Muros de sostenimiento	80,00
17 03 02	Mezclas bituminosas	Demolición firme	24,00
17 03 02		Fresado superficial	33,00
17 04 05	Hierro y acero	Retirada elementos metálicos	10,00
17 05 04	Tierra y piedras	Excavación en zanja	117,00
17 05 04		Desmonte tierra	140,00
17 05 04		Tala de árboles	30,00
17 05 04		Desbroce	200,00

### 4.- MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Bajo el concepto de prevención de residuos, se incluyen todas aquellas medidas que consigan reducir la cantidad de residuos que sin su aplicación se producirían, o bien que consigan reducir la cantidad de sustancias peligrosas contenidas en los residuos que se generen, disminuyendo el carácter de peligrosidad de los mismos, mejorando de esta forma su posterior gestión tanto desde el punto de vista medioambiental como económico.

También, se incluyen dentro del concepto de prevención todas las medidas que mejoren la reciclabilidad de los productos que con el tiempo se convertirán en residuos, en particular disminuyendo su contenido en sustancias peligrosas. Todas las medidas deben apuntar a la reducción en origen de la generación de residuos.

La gestión correcta en la preparación de los residuos en la obra sirve para evitar que se produzcan pérdidas debidas a derrames o contaminación de los materiales, para lo cual se trata de implantar sistemas y procedimientos adecuados que garanticen la correcta manipulación de las materias primas y los productos, para que no se conviertan en residuos, es decir, para minimizar el volumen de residuos generados.

En este sentido, reviste una gran importancia el análisis de los diferentes residuos que se generan para poder determinar con precisión sus características, conocer las posibilidades de reciclaje o recuperación y definir los procedimientos de gestión idóneos.

En primer lugar, se procederá a la segregación en origen para evitar que la mezcla de diferentes tipos de residuos distorsione la recuperación posterior, limitando las operaciones posteriores de su tratamiento. Es la práctica de minimización más simple y económica, y la que evidentemente se va a utilizar de modo generalizado en la obra, ya que puede emplearse con la mayor parte de los residuos generados y normalmente requiere cambios mínimos en los procesos.

Esta obra, como productora de este tipo de residuos está obligada a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración que incluya estas operaciones:

- Como productor o poseedor de escombros, sufragará los costes de gestión de los residuos generados.
- Hasta su retirada, se adquiere el compromiso de mantener los residuos en condiciones de higiene y seguridad mientras éstos se encuentren en la misma.
- Los productos de un residuo susceptible de ser reciclado o de valorización deberá destinarlo a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos que sea posible.
- En la obra está prohibido el abandono, vertido o eliminación incontrolada de residuos y toda mezcla o dilución de éstos que dificulte su gestión.
- Por último, se adquiere el compromiso de segregar todos los residuos que sea posible, con el fin de no generar más residuos de los necesarios o convertir en peligrosos los residuos que no lo son al mezclarlos.

Una alternativa óptima de gestión consisten aprovechar los residuos generados, por ejemplo, las tierras excavadas de la obra, reciclando las en la misma, ejecutando rellenos, explanaciones o pactos en préstamo o, bien en otra obra. Esta técnica aplicada en la obra reduce los costes de eliminación, reduce las materias primas y proporciona ingresos por la venta de este tipo de residuos. Su eficacia dependerá de la capacidad de segregación de los residuos recuperables de otros residuos del proceso, lo que asegurará que el residuo no esté contaminado y que la concentración del material recuperable sea máxima.

## 5.- OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN Y ELIMINACIÓN

Tal como se establece en el Anexo II “Operaciones de valorización” y en el Anexo III “Operaciones de eliminación” de la Ley 7/2022, se establecen las siguientes operaciones de eliminación en obra, con su estudio relativo a las acciones decididas:

<b>Código LER</b>	<b>Almacenamiento</b>	<b>Operaciones de eliminación en obra</b>
17 01 01	Contenedor Depósito: D 05	Retirada de la obra mediante camiones. Materiales inertes o asimilables a inertes. Impacto ambiental alto por el gran volumen que ocupan y el escaso control ambiental ejercido sobre los terrenos que se eligen para su depósito.
17 03 02	Acopio Depósito: R 05	Retirada de la obra mediante camiones para su reciclado en planta asfáltica. Materiales inertes o asimilables a inertes. Impacto ambiental bajo.
17 04 05	Contenedor Depósito: R 04	Retirada de la obra mediante camiones. Materiales inertes o asimilables a inertes. Impacto ambiental bajo.
17 05 04	Acopio Depósito: R 10	Retirada de la obra mediante camiones. Materiales inertes o asimilables a inertes. Impacto ambiental bajo.

Operación de valorización R 04: Reciclado o recuperación de metales y de compuestos metálicos.

R 05: Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas.

R 10: Tratamiento de suelos, produciendo un beneficio a la agricultura o a una mejora ecológica de los mismos.

Operación de eliminación D 05: Vertido en lugares especialmente diseñados.

## 6.- MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y DE SEGREGACIÓN IN SITU DE LOS RESIDUOS EN OBRA

Tomando como base el artículo 5.5 del Real Decreto 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de las fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Residuo	Cantidad límite (T)	Total residuo en obra		Separación “in situ”
		(M <sup>3</sup> )	(T)	
Hormigón	80,00	80,00	192,00	Obligatoria
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00	0,00	0,00	No obligatoria
Metales	2,00	10,00	27,00	Obligatoria
Madera	1,00	30,00	30,00	Obligatoria
Vidrio	1,00	0,00	0,00	No obligatoria
Plásticos	0,50	0,00	0,00	No obligatoria
Papel y cartón	0,50	0,00	0,00	No obligatoria

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el Contratista podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación, documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el artículo 5 del Real Decreto 105/2008.

#### • Fracciones de hormigón

Cuando por las características de la obra, sea de prever la generación de una cantidad de residuos de hormigón que supere la señalada en la tabla anterior, se adoptarán las siguientes medidas específicas para su separación del resto de residuos de la obra:

- Eliminación previa a cualquier operación de aquellos elementos desmontables y/o peligrosos de hormigón.
- Segregación en obra nueva.
- Derribo separativo.
- Los residuos, a medida que son generados en obra se acopiarán a montón o acopiadados en contenedores en los puntos establecidos, hasta ser retirados de la obra.

#### • Fracciones de ladrillos, tejas y cerámicos

Cuando por las características de la obra, sea de prever la generación de una cantidad de residuos de ladrillos, tejas y/o cerámicos que supere la señalada en la tabla anterior, se adoptarán las siguientes medidas específicas para su separación del resto de residuos de la obra:

- Eliminación previa a cualquier operación de aquellos elementos desmontables y/o peligrosos de ladrillos, tejas y/o productos cerámicos.
- Segregación en obra nueva.
- Derribo separativo.

- Los residuos, a medida que son generados en obra se acopiarán a montón o acopiados en contenedores en los puntos establecidos, hasta ser retirados de la obra.

- Fracciones de metal

Cuando por las características de la obra, sea de prever la generación de una cantidad de residuos de metálicos que supere la señalada en la tabla anterior, se adoptarán las siguientes medidas específicas para su separación del resto de residuos de la obra:

- Eliminación previa a cualquier operación de aquellos elementos desmontables y/o peligrosos de ladrillos, tejas y/o productos cerámicos.
- Segregación en obra nueva.
- Derribo separativo.
- Los residuos, a medida que son generados en obra se acopiarán a montón o acopiados en contenedores en los puntos establecidos, hasta ser retirados de la obra.

- Fracciones de madera

Cuando por las características de la obra, sea de prever la generación de una cantidad de residuos de madera que supere la señalada en la tabla anterior, se adoptarán las siguientes medidas específicas para su separación del resto de residuos de la obra:

- Eliminación previa a cualquier operación de aquellos elementos desmontables y/o peligrosos de ladrillos, tejas y/o productos cerámicos.
- Segregación en obra nueva.
- Derribo separativo.
- Los residuos, a medida que son generados en obra se acopiarán a montón o acopiados en contenedores en los puntos establecidos, hasta ser retirados de la obra.

- Escapes y fugas en los depósitos de almacenamiento

No son de prever escapes ni fugas en los acopios, depósitos o contenedores de almacenamiento de los residuos generados en la obra; no obstante, y dada la naturaleza de los mismos (escombros de cerámica, hormigón o cemento, restos de madera y acero, vidrios, etc...) en el suceso de que por cualquier circunstancia lluvia, viento, rotura de contenedores, incidente, etc...) se provocase un derrame o vertido de los mismos, no son de temer ningún tipo de consecuencias medioambientales, ya que la recogida de los mismos evitaría cualquier tipo de acción agresiva.

## 7.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

- En relación con el almacenamiento de los RCD

La separación prevista se realizará de acuerdo con lo indicado en la tabla adjunta:

Código LER	Almacenamiento
17 01 01 Hormigón	Contenedor mezclados
17 01 02 Ladrillos	Contenedor mezclados
17 01 03 Tejas y mat. cerámicos	Contenedor mezclados
17 02 01 Madera	Acopio

17 02 03 Plástico	Contenedor mezclados
17 03 02 Mezclas bituminosas	Contenedor reciclado
17 04 05 Hierro y acero	Contenedor mezclados
17 05 04 Tierra y piedras	Acopio

Es obligación del Contratista mantener limpias tanto el interior de las obras (en especial, las zonas de almacenamiento y acopio de RCD) como de sus alrededores. Esta limpieza incluye tanto escombros, vertidos, residuos, materiales sobrantes, etc.... Igualmente deberá retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

El acondicionamiento exterior permitirá que las obras realizadas sean respetuosas con el medio ambiente, con el hábitat, evitando la contaminación, el abandono de residuos y la restitución de las especies vegetales y plantaciones, de modo que garanticen la integración en el medio ambiente de las obras realizadas.

Las operaciones de entrega de la obra llevan consigo determinadas operaciones de retirada de residuos y escombros, ordenación de espacios, retirada de medios auxiliares y limpieza general. Para la limpieza se deben usar las herramientas, máquinas y equipos adecuados a lo que se va a limpiar y que no generen más residuos. Las operaciones de limpieza no provocarán ninguna degradación del medio ambiente por el uso de grasa, disolventes, pinturas o productos que puedan ser contaminantes. Se deben retirar todos los restos de materiales, áridos, palets, escombros, etc... del mismo modo que los envases de los productos de limpieza utilizados. La eliminación de estos residuos se hará siguiendo las mismas especificaciones de recogida de materiales y productos químicos tratados, de manera que el impacto final sobre el medio ambiente sea mínimo.

- En relación con el almacenamiento de los RCD

Para el manejo de los RCD en la obra, se tomarán las siguientes acciones y medidas que tratarán de influir en la seguridad y salud de los trabajadores y en la protección del medio ambiente:

- Se revisará el estado del material cuando se reciba un pedido, esto evitará problemas de devoluciones y pérdidas por roturas de envases o derrames, materias fuera de especificación, etc.
- Se reutilizarán bidones en usos internos, es más barato que comprar bidones nuevos y además se generan menos residuos.
- Se seguirán las especificaciones de almacenamiento, tratamiento y uso de los materiales y siguiendo las instrucciones del proveedor y fabricante, para evitar deterioros en el almacenamiento.
- Se mantendrán las zonas de transporte limpias, iluminadas y sin obstáculos para evitar derrames accidentales.
- Se mantendrán cerrados los contenedores de materias para evitar derrames en el transporte.
- En caso de fugas se realizarán informes en los que se analicen las causas, al objeto de tomar medidas preventivas.
- Se evitarán y en su defecto se recogerán los derrames de productos químicos y aceites con ayuda de absorbentes en lugar de diluir en agua, a fin de evitar vertidos.

- No se almacenarán sustancias incompatibles entre sí, para ello se exigirán a los productos que disponga de las fichas de seguridad de al objeto de ser consultadas las incompatibilidades.

- Se establecerá en el Plan de Emergencia de la obra las actuaciones y las normas de seguridad y cómo actuar en caso de emergencia, además se colocará en lugar visible.

- Se colocarán sistemas de contención para derrames en tanques de almacenamiento, contenedores, etc., situándolos en áreas cerradas y de acceso restringido.

- Se controlarán constantemente los almacenes de sustancias peligrosas y se colocarán detectores necesarios, con el objeto de evitar fugas y derrames.

• En relación con la separación de los RCD

La gestión correcta de residuos en la obra sirve para evitar que se produzcan pérdidas debidas a derrames o contaminación de los materiales, para lo cual se trata de implantar sistemas y procedimientos adecuados que garanticen la correcta manipulación de las materias primas y los productos, para que no se conviertan en residuos, es decir para minimizar el volumen de residuos generados.

En este sentido, reviste una gran importancia el análisis frecuente de los diferentes residuos que se generan para poder determinar con precisión sus características, conocer las posibilidades de reciclaje o recuperación, y definir los procedimientos de gestión idóneos. La buena gestión se reflejará por la:

- Implantación de un registro de los residuos generados.

- Habilitación de una zona o zonas de almacenamiento limpia y ordenadas, con los sistemas precisos de recogida de derrames; todo ello según establece la legislación en materia de residuos.

Segregación en el origen

Es la práctica de minimización más simple y económica, y la que evidentemente se va a utilizar de modo generalizado en la obra, ya que puede emplearse con la mayor parte de los residuos generados y normalmente requiere cambios mínimos en los procesos.

Hay que considerar que la mezcla de dos tipos de residuos, uno de ellos peligroso, obliga a gestionar el volumen total como residuo peligroso. En consecuencia, la mezcla de diferentes tipos de residuos dificulta y encarece cualquier intento de reciclaje o recuperación de los residuos y limita las opciones posteriores de su tratamiento.

Esta obra, como productora de este tipo de residuos está obligada, a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración que incluya estas operaciones:

- Como productor o poseedor de escombros sufragará los costes de gestión de los residuos generados.

- Hasta su retirada, se adquiere el compromiso de mantener los residuos en condiciones de higiene y seguridad mientras éstos se encuentren en la misma.

- Los productos de un residuo susceptible de ser reciclado o de valorización deberá destinarlo a estos fines, evitando su eliminación en todos los casos que sea posible.

- En la obra está prohibido el abandono, vertido o eliminación incontrolada de residuos y toda mezcla o dilución de estos que dificulte su gestión.

- Por último se adquiere el compromiso de segregar todos los residuos que sea posible, con el fin de no generar más residuos de los necesarios o convertir en peligrosos los residuos que no lo son al mezclarlos.

### Reciclado y recuperación

Una alternativa óptima de gestión consiste en aprovechar los residuos generados (por ejemplo, las tierras excavadas de la obra), reciclando las en la misma obra (rellenos, explanaciones o pactos en préstamo) o en otra obra.

Esta técnica en la obra reduce los costes de eliminación, reduce las materias primas y proporciona ingresos por la venta de este tipo de residuos. La eficacia dependerá de la capacidad de segregación de los residuos recuperables de otros residuos del proceso, lo que asegurará que el residuo no esté contaminado y que la concentración del material recuperable sea máxima.

Los residuos de construcción y demolición que posteriormente vayan a ser reutilizados se someterán a un proceso de machaqueo, cribado y eliminación de contaminantes, de manera que se cumplan los requerimientos del Pliego de Prescripciones Técnicas. Este proceso se realizará en instalaciones debidamente acondicionadas en las que se señale el origen de los residuos con clasificación de los residuos en distintos depósitos debidamente compartimentados.

Los procedimientos de tratamiento separarán, en primer lugar, los residuos generados por su origen: hormigón, tierra y piedras y mezclas bituminosas, adecuando el control de producción para la posterior reutilización de éstos. Los residuos procedentes de las demoliciones de hormigones se utilizarán con carácter preferente para la fabricación de árido reciclado de RCD tipo AR-H, mientras que los demás se emplearán para la fabricación de árido reciclado de RCD tipo AR-M, cumpliendo los requerimientos técnicos especificados en el Pliego de Prescripciones Técnicas y las proporciones de cada uno de sus elementos constituyentes.

Concretamente, los materiales reciclados procedentes de capas de mezcla bituminosa de firmes de carretera o de demoliciones de hormigones se podrán utilizar como zahorras siempre que el material combinado cumpla las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y las del correspondiente artículo 510 del Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras y Puentes PG-3 en lo que no sean modificadas por éste.

Se define como árido reciclado de RCD (Residuo de Construcción y Demolición) el resultante del tratamiento de material inorgánico previamente utilizado en la construcción, dando lugar a dos tipos de áridos reciclados, áridos reciclados de hormigón (AR-H) o áridos reciclados mixtos (AR-M), formados por combinaciones de estos con áridos naturales, materiales bituminosos y otros componentes, en función de la proporción relativa de los posibles componentes de los áridos gruesos, determinados éstos según las normas UNE-EN 13242 y UNE-EN 933-11.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de "empresas homologadas", almacenando los mismos mediante contenedores o sacos industriales que cumplan las especificaciones normativas vigentes. Será obligación del contratista proporcionar a la dirección de las obras los "certificados de los contenedores empleados", así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas.

- Otras operaciones de gestión de los RCD dentro de la obra

Con relación a la demolición:

- Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o que son valiosos (tejas, defensas, mármoles, etc.).

- Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan.

Con relación a los depósitos y envases de RCD:

- El depósito temporal de los escombros, se realizará (según requerimientos de la obra) en sacos industriales iguales o inferiores a 1,00 m<sup>3</sup>, y/o en contenedores metálicos específicos conforme a las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

- El depósito temporal para RCD valorizables (maderas, plásticos, metales, etc.) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalizar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

- Los contenedores de los RCD en general, deberán estar pintados en colores visibles, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15 cm a lo largo de todo su perímetro.

- En los contenedores y envases de RCD deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y cualquier otra identificación exigida por la normativa. Esta información también se extiende a los sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.

Con relación a los residuos:

- Los residuos de amianto (aislamientos, placas, bajantes, pinturas, etc.) deberán tener el tratamiento especificado por el RD 396/2006 y demás normativa que le sea de aplicación.

- Los residuos químicos deberán hacerse en envases debidamente etiquetados y protegidos para evitar su vertido o derrame incontrolado.

- Los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases, etc.) serán gestionados acorde con la legislación y autoridad municipal correspondiente.

- Los restos del lavado de canaletas y/o cubas de hormigón serán tratadas como escombros de obra.

- Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

- Se adoptarán las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra. Para ello los contadores estarán localizados en el interior de la obra siendo solo accesible al personal de la misma, o en su defecto si no permanecen en el interior de la obra deberán permanecer cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo.

- Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2,00 m. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.

Con relación a la gestión documental:

- En general la gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en la obra (pararrayos radiactivos, depósitos de productos químicos, etc.) se regirán

conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales.

- Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCD que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora, etc.) son centros con la autorización correspondiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados. para ello se deberá justificar documentalmente y disponer de dicha documentación en obra.

- Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.

Con relación al personal de obra:

El personal de la obra dispondrá de recursos, medios técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD, y serán informados debidamente para actuar en consecuencia.

## 8.- VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RCD

### • Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados

Dadas las características de la obra/derribo, su naturaleza, materiales a manipular y tipo de residuos generados, se establece la relación de operaciones previstas de valoración "in situ" de los residuos generados y el destino previsto inicialmente para los mismos:

X	No se ha previsto reutilización de los RCD generados, ni en la misma obra ni en emplazamientos externos, simplemente los residuos serán transportados a gestor autorizado para su reutilización.
X	Previsión de reutilización de tierras procedentes de la excavación en la misma obra, transportándola hasta los nuevos emplazamientos.
	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas (abono para plantaciones por ejemplo).
	Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos.
	Reciclado o recuperación de otras materias orgánicas.
	Acumulación de residuos para su tratamiento según el Anexo II. B de la Comisión 96/350/CE.

### • Valoración del coste previsto de la gestión correcta de los residuos

A continuación, se muestra desglosado por apartados y niveles, el capítulo presupuestario correspondiente a la Gestión de los Residuos de la Obra, repartido en función del volumen en m<sup>3</sup> de cada material. Los precios que figuran con el valor 0,00 € es debido a que ya se han contemplado en el presupuesto y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto para las unidades correspondientes:

- Excavación de la explanación y préstamos

Según se indica en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto quedan incluidas en el alcance de esta unidad, entre otras, "las operaciones de carga, transporte y descarga en las zonas de empleo o almacenamiento provisional, así como la carga, transporte y descarga hasta el lugar de empleo o vertedero (en caso de materiales no aprovechables) y la extensión, compactación de estos últimos materiales en gestor autorizado de residuos, sin que ello dé derecho a abono independiente".

- Demoliciones

En el Pliego de Prescripciones Técnicas se detalla lo siguiente: "la unidad incluye la demolición de obras de fábrica o de mampostería" y su precio incluye el transporte a gestor autorizado de residuos, así como los costes que se originen como consecuencia de las precauciones necesarias a tomar para garantizar la seguridad.

- Fresado del firme existente

En el Pliego de Prescripciones se detalla lo siguiente: "en el precio se incluyen las bajas de rendimiento que puedan producirse por tener que mantener el paso de vehículos y el transporte a gestor de residuos autorizado para su reutilización. También incluye el precio la demolición de aceras, isletas, bordillos y toda clase de piezas especiales de pavimentación".

Tipología de RCD	Estimación (m <sup>3</sup> )	Precio Gestión	Importe (€)
<b>1.- Residuos de naturaleza no pétrea procedentes de construcción o demolición</b>			
Depósito en centro de reciclaje de residuos de mezclas bituminosas.	57,00	5,84	332,88
Depósito en centro de reciclaje de residuos de metales mezclados inertes.	10,00	29,14	291,40
Depósito en centro de reciclaje de otros residuos de naturaleza no pétrea.	30,00	5,60	168,00
<b>2.-Residuos de naturaleza pétrea procedentes de construcción o demolición</b>			
Depósito en centro de reciclaje de residuos de arenas, gravas y otros áridos.	457,00	5,09	2.326,13
Depósito en centro de reciclaje de residuos de hormigón inertes.	80,00	7,82	625,60
<b>3.-Residuos potencialmente peligrosos y otros procedentes de construcción o demolición</b>			
Depósito en centro de reciclaje, de residuos de basuras.	1,00	1.747,63	1.747,63
<b>4.- Clasificación, carga y transporte de RCD: Nivel II</b>			
Clasificación de residuos de construcción y demolición en la obra	634,00	2,93	1.857,62
Carga y transporte de residuos de excavación o demolición a un gestor de residuos o a una instalación autorizada de residuos.	594,00	13,94	8.274,42
Carga y transporte de residuos de naturaleza no pétrea a un gestor de residuos o a una instalación autorizada de residuos.	40,00	16,08	643,20
<b>5.- Costo de gestión de tratamiento de los RCD</b>			
Costes de gestión, tramitación, documental, alquileres, etc...	1,00	2.330,23	2.330,23
<b>TOTAL PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN</b>			<b>18.597,11</b>



## **ANEJO Nº 5.- ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **ÍNDICE**

#### **1.- MEMORIA**

##### **1.1.- OBJETO DE ESTE ESTUDIO**

##### **1.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA**

- 1.2.1.- Descripción de la obra
- 1.2.2.- Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra
- 1.2.3.- Interferencias y servicios afectados
- 1.2.4.- Unidades constructivas que componen la obra
- 1.2.5.- Procedimientos. Dimensionamiento de equipos

##### **1.3.- RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

- 1.3.1.- Riesgos profesionales
- 1.3.2.- Riesgos de daños a terceros

##### **1.4.- PREVENCIÓN DE RIESGOS**

- 1.4.1.- Normas de seguridad
- 1.4.2.- Protecciones individuales
- 1.4.3.- Protecciones colectivas

##### **1.5.- ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA**

- 1.5.1.- Personas y servicios responsables
- 1.5.2.- Libro de incidencias
- 1.5.3.- Medicina preventiva y primeros auxilios
- 1.5.4.- Formación de personal
- 1.5.5.- Prevención de riesgos a terceros

#### **2.- PLANOS**

#### **3.- PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS**

DISPOSICIONES GENERALES DE SEGURIDAD Y SALUD  
PROTECCIONES INDIVIDUALES  
PROTECCIONES COLECTIVAS  
INSTALACIONES DE HIGIENE Y BIENESTAR  
SERVICIOS DE PREVENCIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS  
FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO

#### **4.- MEDICIONES**

#### **5.- PRESUPUESTO**



## **1.- MEMORIA**

### **1.1.- OBJETO DE ESTE ESTUDIO**

Este Estudio de Seguridad y salud establece, durante la ejecución de esta obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.

### **1.2.- CARACTERÍSTICA DE LA OBRA**

#### **1.2.1.- Descripción de la obra**

La obra consiste en la “ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL RELLENO SITUADO ENTRE LOS P.K. 52,780 Y 53,050 DE LA CARRETERA GI-2120 EN LIZARRUSTI (ATAUN)” (9-ME-44/2024)”.

#### **1.2.2.- Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra**

El presupuesto de ejecución material del capítulo de seguridad y salud asciende a 16.511,20€.

El plazo de ejecución de las obras del tramo es de TRES (3) MESES

Se ha previsto un número máximo de obreros de 12 por actuación.

#### **1.2.3.- Interferencias y servicios afectados**

Las mayores interferencias que se pueden ocasionar a lo largo de la obra se deben a la presencia de vehículos por lo que se deberán señalizar todos los tajos de acuerdo a la instrucción 8.3-IC y siguiendo lo establecido en el anexo nº 2 del proyecto.

En cuanto a los servicios afectados, las actuaciones previstas no suponen ninguna unidad de obra que pudiera afectar a canalizaciones.

#### **1.2.4.- Unidades constructivas que componen la obra**

- 1.- Ejecución de pantalla de micropilotes.
- 2.- Ejecución de anclajes
- 3.- Ejecución de la viga de atado
- 4.- Afirmado
- 5.- Mejora de la red de drenaje



### **1.2.5.- Procedimientos. Dimensionamiento de equipos**

- Equipo de perforación:
  - Máquina perforadora.
  - Bomba de inyección.
  - Grúa sobre camión.
- Equipo de hormigonado:
  - Camión hormigonera.
  - Guía sobre camión.
  - Compresor.
  - Retroexcavadora.
  - Compactadores.
- Equipo de riegos y mezclas bituminosas:
  - Barredora autopropulsada.
  - Camión distribuidor de riego.
  - Extendedora.
  - Compactadores.
- Equipo de obras complementarias:
  - Retroexcavadora.
  - Grúa sobre camión.
- Equipo de señalización horizontal:
  - Maquina pintadora de marcas viales.

### **1.3.- RIESGOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

#### **1.3.1.- Riesgos profesionales**

Los riesgos profesionales que se citan a continuación engloban los propios de la ejecución de los tajos y los riesgos por atropellos de vehículos ajenos a la obra o de terceros.

El contratista adjudicatario de la obra analizará en el Plan de Seguridad, los riesgos que conllevan la ejecución de las distintas unidades de obra definiendo las medidas de protección que va a emplear para evitarlos y, si esto no es posible, minimizarlos. Deberá incluir, asimismo, un listado de la maquinaria que va a utilizar determinando los riesgos, normas de seguridad y protecciones individuales y colectivas necesarias para su manejo.

Con carácter general, los riesgos que aparecen en el sistema constructivo son los siguientes:

#### **• Instalación y retirada de señalización**

Esta obra se va a efectuar manteniendo el tráfico viario por lo que dentro de los riesgos existentes, se considera el riesgo de atropello como un factor muy importante a tener en cuenta. Por este



motivo, se enuncian a continuación una serie de medidas que serán de aplicación general para todos los trabajos de señalización, distinguiéndose entre señalización de obras fija y señalización móvil.

### • Cimentación semiprofunda y estabilizaciones

En la ejecución de las actividades de cimentación semiprofunda se producen los siguientes riesgos:

- Atropello de personas por maquinaria.
- Atropello de personas por camiones con material de obra.
- Golpes con maquinaria o materiales.
- Atrapamientos por maquinaria y vehículos.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Colisiones y vuelcos.
- Vuelco de maquinaria.
- Interferencias con conducciones de distinto tipo.
- Pisadas sobre objetos punzantes.

### • Afirmado

#### - Específicos de los trabajos:

- Atropellos de personas por maquinaria.
- Atropellos de personas por camiones de vertido.
- Atrapamientos por maquinaria y vehículos.
- Atrapamiento de personas por material de relleno.
- Colisiones y vuelcos.
- Vuelco de maquinaria.
- Interferencia con líneas eléctricas aéreas o subterráneas.
- Interferencia con conducciones de otro tipo.
- Caídas al mismo nivel.

#### - Específicos de la maquinaria:

En extendedora de aglomerado:

- Los derivados de los trabajos realizados a altas temperaturas.
- Los derivados de la inhalación de vapores de betún asfáltico.
- Atropello de personas.
- Atrapamientos.

En compactadora de neumáticos:

- Los derivados de los trabajos realizados a altas temperaturas.
- Los derivados de la inhalación de vapores de betún asfáltico.
- Atropello de personas.
- Derivados de las operaciones de mantenimiento.
- Vuelco de la máquina.
- Choque con otros vehículos.

En rodillos vibrantes autopropulsados:

- Caídas a distinto nivel al subir y bajar de la máquina.
- Atropello de personas.



- Derivados de las operaciones de mantenimiento.
- Vuelco de la máquina.
- Choque con otros vehículos.

#### • **Micropilotes y anclajes**

Entre las condiciones de riesgo habitualmente presentes en la ejecución de esta actividad se encuentran:

- La máquina pilotadora y los equipos de elevación de cargas para la colocación de la armadura en el interior de la perforación.
- El hueco generado en la excavación.
- La jaula de armadura del pilote, frecuentemente montada en obra.
- La puesta en obra del hormigón.
- Los camiones para el vertido del hormigón.
- En caso de pilotes entubados de grandes dimensiones habría que añadir los equipos de penetración y extracción de la armadura (morsas y central hidráulica)
- En la excavación, por la necesidad de aproximarse al hueco de la excavación para medir la profundidad del pilote y para limpiar los restos de tierra en el borde de la excavación.
- Durante la colocación de la armadura, debido a que es necesario aproximarse al hueco para embocar la armadura y posteriormente introducir las vigas o barras horizontales apoyadas en el terreno sobre las que cuelga la armadura del pilote.
- Durante el hormigonado, debido a que es necesario aproximarse al borde de la excavación para dirigir la canaleta de hormigonado. Adicionalmente, en ocasiones ocurre que una vez iniciada la excavación de un pilote no encamisado se producen desprendimientos en la zona superficial que aumentan el perímetro alrededor del pilote en el que existe riesgo de caída al interior. Dependiendo de la altura a la que queden las armaduras una vez colocadas, al riesgo de caída al interior del pilote puede añadirse el riesgo de pinchazos con las puntas de la ferralla.

Eliminación del riesgo de caída al interior del pilote en las fases de colocación de armadura y hormigonado del pilote.

El riesgo de caída al interior del pilote se reduce de manera relevante quedando, en este caso, limitado a la fase inicial de la excavación la cual se ha de realizar sin camisa para que el maquinista ajuste exactamente la excavación en planta y en verticalidad.

Una vez excavados el primer o los dos primeros metros se puede colocar la camisa.

En los pilotes encamisados puede ser necesario excavar algo más de profundidad, dependiendo de la longitud de los tramos de camisa de chapa.

Una vez introducido el primer tramo, si la entubación es continua, el resto de tramos se conectan siempre con el último colocado sobresaliendo un metro

En determinados equipos de pilotaje y con determinados útiles de perforación, puede ocurrir que la parte inferior del elemento de excavación no sobrepase 1 metro sobre el terreno, con lo que no podría sobrepasar el borde de la camisa. En este caso habría que reducir la altura de la camisa y adoptar medidas de protección complementarias.

#### • **Obras de drenaje**

En la ejecución de las obras de drenaje, se producen los siguientes riesgos:

- Golpes con maquinaria o materiales.
- Atropellos o atrapamientos por materiales en manipulación.



- Sobreesfuerzos.
- Caída de personas al mismo o distinto nivel.
- Caída de objetos durante su manipulación.
- Dermatosis por contactos con el hormigón o salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Erosiones y contusiones en su manipulación.

#### • Elementos de seguridad

Para la retirada y colocación de barreras de seguridad, los riesgos son los siguientes:

- Atrapamientos por maquinaria y vehículos.
- Atropellos y colisiones por maquinaria y vehículos.

#### • Señalización horizontal

Los riesgos que conllevan los trabajos de pintura de la señalización horizontal son los siguientes:

- Inhalaciones de pinturas y disolventes.
- Salpicaduras.
- Contacto en cara y manos con productos químicos.
- Atropellos por falta de visibilidad durante las maniobras.

#### • Otros riesgos

Además de la serie de riesgos profesionales derivados del propio trabajo, así como del paso y movimientos en la propia obra, hay que agregar los riesgos producidos por los agentes atmosféricos, los riesgos eléctricos y los riesgos de incendios.

#### 1.3.2.- Riesgos de daños a terceros

Los riesgos a terceros pueden ser producidos por el desvío de tráfico que se va a realizar. Para prevenir estos riesgos se colocará la señalización y balizamientos necesarios de acuerdo con la siguiente normativa:

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización (B.O.E. 23/04/97).

Norma 8.3-I.C. "Señalización de obras en las carreteras" (O.M. 31-8-97).

Norma UNE-EN 471. Ropas de señalización de alta visibilidad.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma. Se colocarán los cerramientos necesarios en las zonas peligrosas, estableciéndose la vigilancia necesaria a lo largo de las distintas unidades de actuación.

Los diversos tajos que se vayan ejecutando a lo largo de la obra estarán totalmente estancos a las personas y a los vehículos que no fueran de la propia obra.

#### 1.4.- PREVENCIÓN DE RIESGOS



#### **1.4.1.- Normas de seguridad**

##### **• Señalización de obras fijas**

Se cumplirá estrictamente lo establecido en la Ley de Seguridad Vial, el Reglamento General de Circulación, la Norma de Carreteras 8.3-IC “Señalización de obras” y disposiciones complementarias y el Catálogo de Señales de Circulación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Será obligatorio el uso de prendas de alta visibilidad y dotadas de bandas retrorreflectantes. El material de señalización y balizamiento se descargará y se colocará en el mismo orden en que se lo va a encontrar el usuario de la carretera.

En el caso de que toda la señalización no se pueda repartir en un solo viaje, se irán depositando las señales fuera de la calzada y de espaldas al tráfico.

Todas las señales y balizas deberán quedar visibles y colocadas en el orden y a las distancias indicadas en la Norma de Carreteras 8.3-IC “Señalización de obras”.

En el caso de que se mantenga la vigencia de las señales o se realicen trabajos en horarios nocturnos, se instalará la señalización luminosa preceptiva, de acuerdo a las características indicadas en la Norma 8.3-IC.

Una vez instalada la señalización, se procederá al tapado de las señales existentes que no sean coherentes con las señales de las obras. Los trabajos de retirada de la señalización, se realizarán en orden inverso al de su colocación y, siempre que sea posible, desde la zona vedada al tráfico o desde el arcén. Una vez retirada la señalización de obra, se restablecerá la señalización permanente que corresponda.

##### **• Señalización móvil de obras**

Se cumplirá estrictamente lo establecido en la Ley de Seguridad Vial, el Reglamento General de Circulación, la Norma de Carreteras 8.3-IC “Señalización de obras” y disposiciones complementarias y el Catálogo de Señales de Circulación del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Será obligatorio el uso de prendas de alta visibilidad y dotadas de bandas retrorreflectantes.

La protección de los operarios sobre la calzada vendrá dada por uno de los vehículos que intervenga en los trabajos, de manera que quede situado con antelación a los trabajadores en el sentido de la marcha.

Todos los vehículos y maquinaria de obra móvil que intervengan en la ejecución de los trabajos deberán disponer, al menos, de una luz ámbar giratoria intermitente situada en la parte superior o en el lateral correspondiente a la calzada, de manera que sea visible por los conductores que llegan hacia la zona de obras. La luz tendrá una potencia mínima de 55 w.

Los vehículos estarán pintados en color blanco, amarillo, naranja o en colores que sean visibles a distancia. Los vehículos de transporte de personal, material, etc., quedarán estacionados en el exterior de la plataforma de la calzada. En condiciones de escasa visibilidad (nieblas, nieve, etc.) se deberán suspender los trabajos.

##### **• Afirmado**



Los vehículos y maquinaria utilizados serán revisados antes del comienzo de la obra y durante el desarrollo de esta se llevarán a cabo revisiones periódicas a fin de garantizar su buen estado de funcionamiento y seguridad.

No se sobrepasará la carga especificada para cada vehículo.

Se regarán los tajos convenientemente y con la frecuencia necesaria para evitar la formación de ambiente pulvígeno.

En cuanto a los riesgos derivados de la utilización de maquinaria, serán de aplicación las directrices establecidas en los apartados correspondientes a movimiento de tierras y excavaciones.

Si en esta fase de obra aún hubiera interferencias con líneas eléctricas aéreas, se tomarán las precauciones necesarias, cumpliendo al respecto lo especificado en el apartado 1.

Se mantendrá en todo momento la señalización viaria establecida para el desvío de carreteras. Durante la ejecución de esta fase de obra será obligatorio el mantenimiento de las protecciones precisas en cuantos desniveles o zonas de riesgo existan.

No se permitirá la presencia sobre la extendedora de asfalto a otra persona que no sea el conductor, para evitar accidentes por caída.

Las maniobras de aproximación y vertido de productos asfálticos estará dirigida por un especialista en previsión de riesgos por impericia.

Para el extendido de aglomerado el personal auxiliar de estas maniobras utilizará única y exclusivamente las plataformas que dicha máquina dispone, y se mantendrán en perfecto estado las barandillas y protecciones que impiden el contacto con el tornillo sin fin de reparto de aglomerado.

Los bordes laterales de la extendedora, en prevención de atrapamientos, estarán señalizados con bandas pintadas en colores negro y amarillo alternativamente.

Sobre la maquinaria, junto a los lugares de paso y en aquellos con riesgo específico se adherirán las siguientes señales:

- "Peligro, sustancias calientes".
- "No tocar, alta temperatura".

Se vigilará permanentemente la existencia de extintores de incendios adecuados a bordo de la máquina, así como el estado de estos, de forma que su funcionamiento quede garantizado.

Todas las arquetas, pozos, registros, etc., existentes, se han de mantener con su tapa puesta y, en su defecto, con tapas provisionales, barandillas o cuando menos delimitadas las zonas de riesgo con cordón de balizamiento.

- Aplicables a Maquinaria

-En extendedora de aglomerado:



No se permitirá la permanencia en la extendedora en marcha a otra persona que no sea el conductor. Los bordes de la extendedora estarán señalizados a bandas negras y amarillas. Está prohibido el acceso a la regla vibrante a operarios durante el extendido.

-En compactadora de neumáticos:

La máquina estará en perfecto estado de funcionamiento. El acceso y circulación interna se efectuará por los lugares indicados, con mención especial al cumplimiento de las Normas de Circulación y la señalización dispuesta.

Antes de empezar a trabajar se comprobarán el estado y la presión de los neumáticos. Está prohibido fumar al cargar combustible y al comprobar el nivel de batería. El ascenso y descenso de las cajas de la máquina se efectuará mediante escalera metálica.

Se utilizarán señales acústicas de marcha atrás y se controlará el buen funcionamiento de las luces.

- En rodillos vibrantes autopropulsados:

La máquina estará en perfecto estado de funcionamiento.

El acceso y circulación interna se efectuará por los lugares indicados, con mención especial al cumplimiento de las Normas de Circulación y la señalización dispuesta.

El ascenso y descenso de las cajas de la máquina se efectuará mediante escalera metálica.

Está terminantemente prohibido transportar personas en la máquina.

Está prohibido permanecer o realizar trabajos dentro del radio de acción de la máquina.

Se utilizarán señales acústicas de marcha atrás y se controlará el buen funcionamiento de las luces.

#### • Elementos de seguridad

El personal que realice estos trabajos será especializado y habrá recibido formación específica de seguridad para la ejecución de trabajos en vías con tráfico.

Los movimientos de vehículos y máquinas serán regulados, si fuese preciso, por personal auxiliar que ayudará a conductores y maquinistas en la correcta ejecución de maniobras, e impedirá la proximidad de personas ajenas a los trabajos.

Todos los vehículos y maquinaria deberán disponer de un mecanismo que automáticamente haga sonar la bocina al iniciar la marcha atrás.

#### • Señalización horizontal

Las medidas preventivas para controlar y reducir el resto de los riesgos de los trabajos de señalización son:

Se mantendrán las zonas de trabajo ordenadas, limpias y libres de obstáculos. Los trabajadores usarán calzado antideslizante.



Todas las señales y paneles serán manipuladas conjuntamente por dos operarios empleándose guantes adecuados.

Las herramientas se guardarán en cajas o cinturones portaherramientas mientras no se estén usando. Se usarán únicamente las herramientas para el tipo de trabajo que estén diseñadas. Los mangos de las herramientas deberán ajustar perfectamente y no estar rajados.

Los trabajadores no manejarán cargas superiores a 25 kg. Los trabajos en los que la posición sea incómoda o inadecuada se realizarán por rotación entre trabajadores.

#### **1.4.2.- Protecciones individuales**

El presente apartado se aplicará a los equipos de protección individual (EPI), al objeto de fijar las exigencias esenciales de sanidad y seguridad que deben cumplir para preservar la salud y garantizar la seguridad de los usuarios en la obra. Sólo podrán disponerse en obra y ponerse en servicio los EPI que garanticen la salud y seguridad de los usuarios sin poner en peligro ni la salud ni la seguridad de las demás personas o bienes, cuando su mantenimiento sea adecuado y cuando se utilicen de acuerdo con su finalidad.

Dichos equipos contarán con una serie de exigencias esenciales de sanidad y seguridad, así como exigencias complementarias comunes a varios tipos o clases de EPI y específicas de riesgos a prevenir:

- Casco para la descarga de materiales.
- Guantes de uso general para manejo de materiales agresivos mecánicamente (carga y descargas, manipulación, etc.)
- Guantes de neopreno para la puesta en obra de hormigón, trabajos de albañilería, etc.
- Botas de agua, para puesta en obra de hormigón y trabajos en zonas húmedas o mojadas.
- Botas de seguridad para los trabajos de carga y descarga, manejo de materiales, tubo, etc.
- Botas resistentes a altas temperaturas para trabajos de aglomerado.
- Impermeables.
- Gafas antipolvo.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla para pinturas.
- Protectores acústicos para trabajadores con martillos neumáticos, próximos a compresores, etc.)
- Cinturón antivibratorio para trabajadores con martillos neumáticos y maquinistas.
- Ropa reflectante para todos los trabajadores.

En las obras del presente proyecto no se utilizará ningún equipo de protección individual especial que sea necesario utilizar por las características de la misma y que no sean habituales en obras de este tipo. Por tanto, todos los equipos que se consideran mínimos exigibles para la correcta ejecución de las distintas unidades de obra están incluidos como costes indirectos de la obra, según apdo. 2 de las Recomendaciones y art. 5 del Real Decreto 1627/1997.

#### **1.4.3.- Protecciones colectivas**

En la memoria de este Estudio de Seguridad y Salud se han definido los medios de protección colectiva que se van a utilizar para la prevención de los riesgos detectados, que cumplirán con las siguientes condiciones generales:



- Las protecciones colectivas de esta obra, estarán en acopio disponible para uso inmediato, según lo previsto en el plan de ejecución de obra y serán instaladas previamente antes de iniciar cualquier trabajo que requiera su montaje.
- Serán nuevas, a estrenar, si sus componentes tienen caducidad de uso reconocida y antes de ser necesario su uso estarán en acopio, con las condiciones idóneas almacenamiento para su buena conservación. Estarán a disposición del Coordinador durante la ejecución de la obra, para comprobar si su calidad se corresponde con la definida.
- Se desmontará de inmediato toda protección colectiva en uso en la que se aprecien deterioros con merma efectiva de su calidad real, sustituyendo el componente deteriorado y se volverá a montar dicha protección una vez resuelto el problema.
- Las protecciones colectivas proyectadas están destinadas a la protección de los riesgos de los trabajadores y visitantes de la obra, es decir, trabajadores de la empresa principal, empresas subcontratistas, colaboradoras, trabajadores autónomos y visitas de los técnicos de la dirección de obra, inspecciones de organismos oficiales.
- Las personas destinadas a Jefe y Encargado de obra quedan obligados a conservar en la posición de uso prevista y montada, las protecciones colectivas que fallen por cualquier causa, hasta que se realice la investigación de su fallo, con la asistencia expresa del Coordinador, durante la ejecución de la obra.

Las unidades que se contemplan en el presente capítulo y cuya colocación resulta necesaria para garantizar las protecciones colectivas son las siguientes:

- Señalización fija y móvil de obras, de acuerdo con la Norma 8.3-IC
- Vallas de limitación y protección, compuestas por barreras de hormigón prefabricadas.
- Carteles informativos.
- Cintas de señalización y balizamiento compuestas por franjas rojas / blancas o amarillas / negras.
- Balizas luminosas reflectantes de destellos.
- Extintores para almacenes, locales, zonas con combustibles, túneles, etc.
- Línea horizontal para anclaje y desplazamiento de cinturones de seguridad, con cuerda de poliamida y dispositivo antiácidado para sujetar el cinturón de seguridad.
- Cable fiador para el cinturón de seguridad fijado en anclajes en servicio
- Mantenimiento, reposición y revisión de las protecciones implantadas y de la señalización existente, así como de las zonas donde los trabajos generen polvo, suciedad, etc...

## **1.5.- ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA**

### **1.5.1.- Personas y servicios responsables**

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas vigentes. En el caso que nos ocupa y por hallarse un número de trabajadores inferior a 50, será preceptiva la existencia de un único Delegado de prevención.

Se constituirá el Comité de Seguridad y Salud en aquellos casos en el que el número de trabajadores supere los 50, lo cual no es el caso, no siendo por tanto necesario.



### **1.5.2.- Libro de incidencias**

En el centro de trabajo existirá un libro de incidencias con el fin del control y seguimiento del plan de seguridad, el cual constará con hojas por duplicado.

### **1.5.3.- Medicina preventiva y primeros auxilios**

Se realizarán los reconocimientos médicos reglamentarios, así como psicotécnicos para los que manejan maquinaria móvil. Todo el personal que empiece a trabajar en la obra, deberá pasar un reconocimiento médico previo al trabajo que será repetido periódicamente todos los años.

Se realizarán las mediciones de gases, ruidos, polvos, etc., necesarios.

La obra dispondrá de un botiquín provisto de todos los elementos necesarios para realizar una cura de urgencia, conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo. Estará en un sitio determinado y en perfectas condiciones de orden y limpieza.

Se expondrá en carteles colocados en las cassetas de personal, la dirección y el teléfono del centro o centros asignados para urgencias, ambulancias, medios, etc., para garantizar un rápido transporte y atención a los posibles accidentados.

### **1.5.4.- Formación del personal**

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una formación sobre los métodos de trabajo y sus riesgos, así como las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrista y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

La peligrosidad de los trabajos que deben efectuarse ocasiona que todo el personal esté correctamente formado en materia de seguridad y salud para evitar riesgos por impericia.

### **1.5.5.- Prevención de riesgos de daños a terceros**

Se señalizarán de acuerdo con la normativa de Instrucción 8.3-IC. Las señales serán de nivel mínimo II de retroreflexión y se colocarán empezando por las señales que los vehículos se van encontrando y avanzando en el sentido del tráfico para conseguir una protección de los trabajadores. La retirada de la señalización se efectuará en sentido contrario.

Toda la señalización será ratificada por la dirección de obra.



San Sebastián, enero 2025.

**AUTOR DEL PROYECTO**  
**TYPSA**

**LA DIRECTORA DEL PROYECTO**  
**DIPUTACIÓN FORAL DE GIPUZKOA**

**ALESANDER GALLSTEGI URIARTE**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

**SUSANA LUZURIAGA MOCOROA**  
Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos



## **ANEJO N.º 6.– ESTUDIO AMBIENTAL**

### **ÍNDICE**

<b>ANEJO N.º 6.– ESTUDIO AMBIENTAL</b>	1
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....	3
2. LOCALIZACIÓN .....	3
3. NECESIDAD DE LA ACTUACIÓN.....	3
4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES.....	3
5. ACCESOS EXISTENTES .....	4
6. INVENTARIO AMBIENTAL.....	5
6.1. CLIMA .....	5
6.2. SUELOS Y VEGETACIÓN NATURAL.....	5
6.3. HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO.....	6
6.4. HIDROLOGÍA Y CALIDAD DE LA RED HIDROLÓGICA .....	6
6.5. FAUNA .....	7
6.6. ESPACIOS PROTEGIDOS.....	8
6.7. ATMÓSFERA .....	8
6.8. PATRIMONIO CULTURAL .....	9
6.9. PERMEABILIDAD TERRITORIAL .....	9
7. CUMPLIMENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL DE APLICACIÓN .....	9
7.1. LEGISLACIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL .....	9
8. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000 .....	10
8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED NATURA 2000 EN EL ENTORNO DEL PROYECTO .....	11
8.1.1. HÁBITATS NATURALES Y FLORA .....	12
8.1.2. FAUNA.....	12
8.2. ANÁLISIS DE LAS INCIDENCIAS Y MEDIDAS PROPUESTAS.....	12
8.2.1. CONCLUSIONES RESPECTO A LA AFECCIÓN .....	14
9. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PROTECTORAS .....	14
9.1. FASE PREOPERACIONAL .....	14
9.1.1. PLAN DE OBRA.....	14
9.1.2. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS .....	14
9.1.3. UBICACIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES.....	15
9.1.4. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL ENTORNO DE OBRAS .....	15
9.2. FASE DE OBRAS .....	15
9.2.1. CAMPAÑA DE FORMACIÓN.....	15
9.2.2. MEDIDAS PARA EL DESARROLLO DE LAS OBRAS.....	15
9.2.3. MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE LA AFECCIÓN DE SUELOS .....	16
9.2.4. MEDIDAS PROTECTORAS DE LA VEGETACIÓN .....	16
9.2.5. MEDIDAS CONTRA LA DIFUSIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS.....	16

9.2.6.	MEDIDAS PROTECTORAS DE LA BIODIVERSIDAD .....	17
9.2.7.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO .....	17
9.2.8.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y ACÚSTICA ....	17
9.2.9.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS .....	17
9.2.10.	GESTIÓN DE RESIDUOS .....	18
9.2.11.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL HÁBITAT HUMANO CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS AFECTADOS.....	19
9.2.12.	LIMPIEZA DE LOS VIALES .....	19
9.2.13.	LIMPIEZA DE LA OBRA .....	19
9.2.14.	RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y PAISAJÍSTICA.....	20
10.	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	20
10.1.	FASE PREOPERACIONAL.....	20
10.1.1.	CONTROL DE REPLANTEO .....	20
10.1.2.	CUMPLIMIENTO DEL MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS.....	20
10.2.	FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	20
10.2.1.	CONTROL DEL JALONADO.....	20
10.2.2.	CONTROL DE LA GESTIÓN DE LA TIERRA VEGETAL .....	20
10.2.3.	CONTROL DEL DESBROCE.....	21
10.2.4.	SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LA OBRA .....	21
10.2.5.	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS .....	21
10.2.6.	CONTROL DE ESTADO DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS.....	21
10.3.	FASE DE EXPLOTACIÓN.....	22
10.3.1.	CONTROL DEL ÉXITO DE LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA .....	22
10.3.2.	CONTROL DE LA DIFUSIÓN DE ESPECIES ALÓCTONAS INVASORAS EN PERÍODO DE GARANTÍA .....	22
10.4.	REMISIÓN DE RESULTADOS DEL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL .....	22
11.	CONCLUSIÓN .....	22

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En el presente anexo se realiza el estudio ambiental para el Proyecto ESTABILIZACIÓN ENTRE LOS P.K. 52,825 Y 53,000 DE LA CARRETERA GI-2120 DE ESTELLA A BEASAIN POR LIZARRUSTI para conocer las características del entorno y el impacto ambiental de las actuaciones, así como las medidas correctoras aplicadas.

## 2. LOCALIZACIÓN

La zona objeto de estudio se ubica al Oeste de la localidad de Ataun, en la GI-2120, que discurre por la ladera de la margen derecha cerca del arroyo de Agauntza, entre los P.K. 52+825 y 53+000.

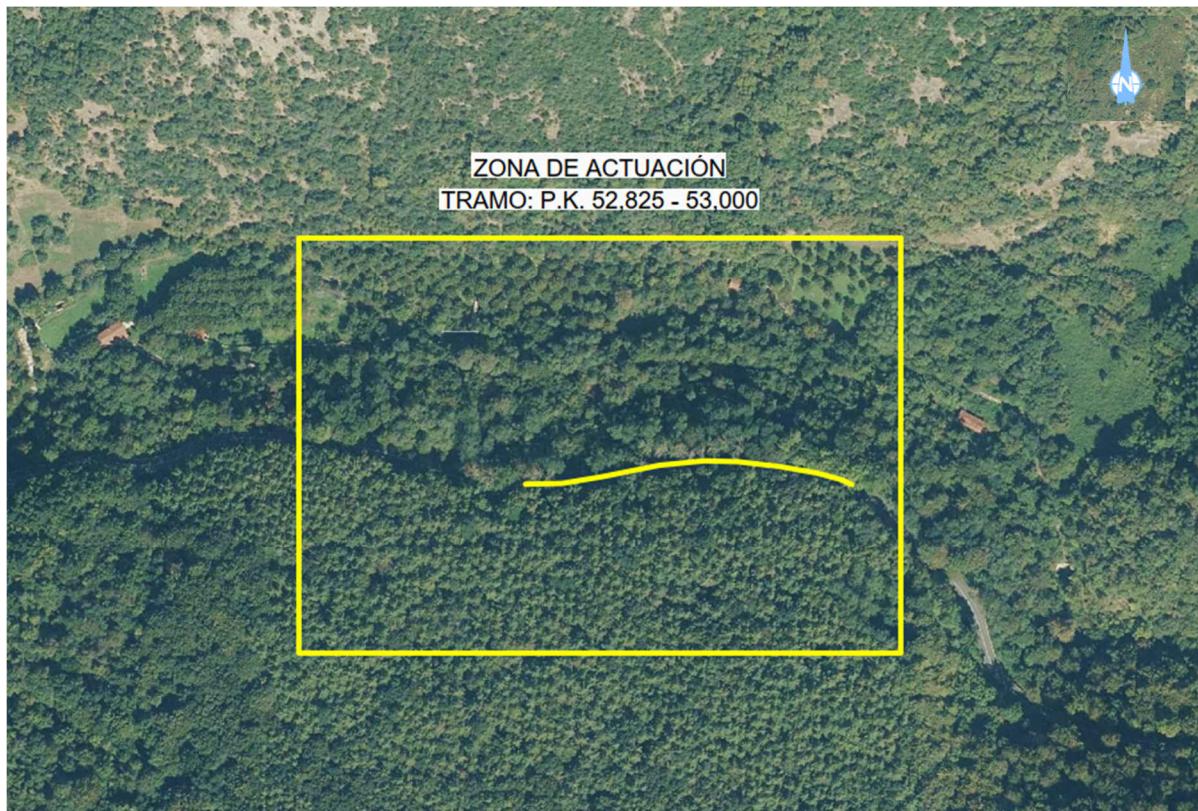


Figura 1. Vista general de la zona de actuación.

## 3. NECESIDAD DE LA ACTUACIÓN

Entre los p.k. 52,825 y 53,000 se han detectado varios indicios de inestabilidad y deformaciones como fisuras en la capa de rodadura y hundimiento del vial en todo el tramo de estudio y deformaciones en los muros existentes.

Estas evidencias se asocian al movimiento de tipo rotacional en suelos de origen coluvial por debajo del relleno antrópico de la carretera actual. Estos suelos deslizados se apoyan sobre un sustrato de roca ligeramente meteorizado y localmente fracturado.

Se trata de un deslizamiento en una zona de complejidad estructural, que afecta a gran parte de la ladera, discurriendo la carretera por la parte baja del deslizamiento.

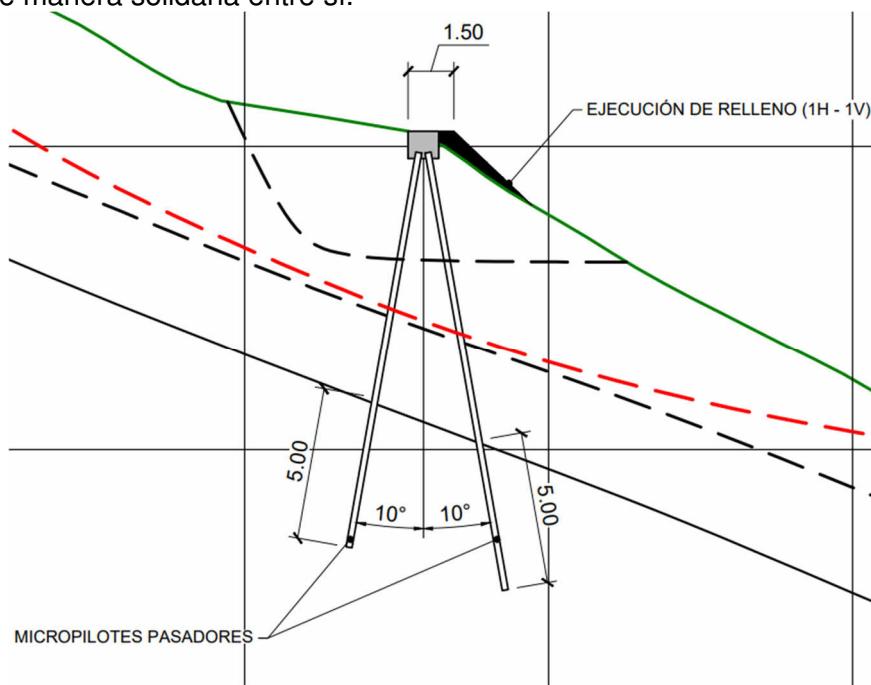
## 4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES

Se proponen dos soluciones para asegurar la estabilidad de la ladera afectada. Por un lado, la zona de deslizamiento profundo mediante pasadores estructurales. Estos cosen o solidarizan la masa potencialmente deslizante al sustrato estable profundo. Este pasador estará conformado por micropilotes debido al escaso espacio existente en la zona, y se ubicarían al borde de la calzada.

Se propone una solución de pasadores mediante dos alineaciones de micropilotes con inclinaciones distintas, ejecutados cada una con 15º de inclinación respecto a la vertical. Estos micropilotes

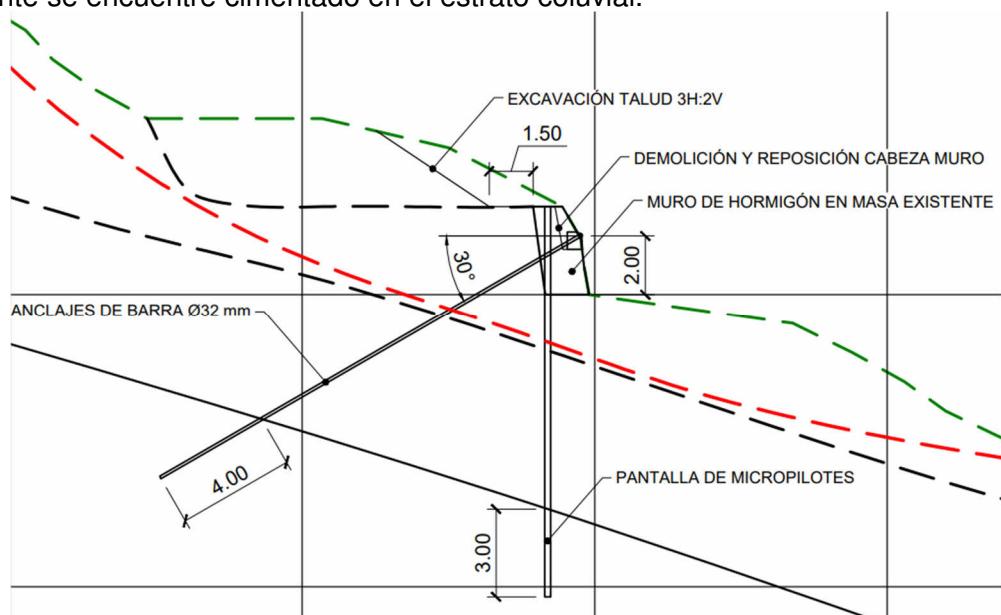
estarán separados 1,0m entre una misma alineación y por lo tanto la separación será de 0,5m entre dos elementos contiguos. La longitud total de los micropilotes será de 15,6m.

Esta solución deberá tener en cabeza una viga de atado o encepado de hormigón armado que los haga trabajar de manera solidaria entre sí.



La segunda estructura a ejecutar para garantizar la estructura del tramo consistiría en la ejecución de una pantalla de micropilotes anclada a lo largo de 70 metros, con dos subtramos diferenciados, un muro de micropilotes con una fila de anclajes en el muro de hormigón existente y una pantalla de micropilotes anclada. Este muro estaría formado por un diámetro de perforación de Ø225mm y empotrado en roca sana un mínimo de 3m.

En el muro de hormigón en masa existente se realizará un recalce mediante micropilotes ya que se posiblemente se encuentre cimentado en el estrato coluvial.



## 5. ACCESOS EXISTENTES

Como se ha detallado anteriormente las obras se llevan a cabo en un tramo de la carretera GI-2120, que se sitúa en la ladera de la margen derecha. Al tratarse de una zona de difícil acceso, la maquinaria se colocará mediante una grúa ubicada en la carretera, que la situará en una

explanación existente. En la siguiente imagen puede verse la planta de actuación y la explanada referida marcada en rojo.



Figura 2. Ubicación de la explanada donde se colocará la maquinaria.

## 6. INVENTARIO AMBIENTAL

### 6.1. CLIMA

Según la clasificación de los territorios climáticos de la Agencia Vasca de Meteorología, el ámbito de actuación se enmarca en la zona climática “vertiente atlántica”, que incluye a la totalidad de las provincias de Bizkaia, de Gipuzkoa y del norte de Álava/Araba.

Presenta un tipo de clima mesotérmico, moderado en cuanto a las temperaturas, y muy lluvioso denominado clima templado húmedo sin estación seca, o clima atlántico. La temperatura media anual oscila en torno a los 11º, con un mínimo cercano a los 7 ºC en enero y máximos ligeramente inferior a 15ºC en agosto. Estas cifras ilustran la oscilación térmica anual moderada de la zona, aunque son posibles episodios cortos de fuerte calor ligados a las masas de aire continental africano, con subidas de temperatura por encima de los 30ºC, y episodios fríos con mínimas absolutas invernales por debajo de los 0ºC y con permanencia de nieve ligados a masas de aire del norte continental.

Los valores pluviométricos son elevados, en torno a los 1.400 mm de media anual. No existe estación seca, aunque si aparecen un mínimo estival acusado (junio, julio y agosto), mientras que los máximos mensuales ocurren en invierno (noviembre a febrero) y primavera (marzo a mayo).

### 6.2. SUELOS Y VEGETACIÓN NATURAL

Según el mapa de series de vegetación de la CAPV a 1:50.000 (Fuente: GeoEuskadi), la vegetación potencial del lugar se corresponde con el bosque mixto atlántico dominado por roble pedunculado (*Quercus robur*) y acompañado de fresno (*Fraxinus excelsior*), arces (*Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*) y tilos (*Tilia platyphyllos*).



Figura 3. Vista general de la vegetación en el PK 53+000.

#### 6.3. HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO

Según la cartografía de Gobierno Vasco, la totalidad de la zona afectada por el Proyecto no coincide con ningún tipo de hábitat de interés comunitario.

#### 6.4. HIDROLOGÍA Y CALIDAD DE LA RED HIDROLÓGICA

Desde un punto de vista hidrogeológico, el ámbito de estudio se ubica el límite de dos masas de aguas subterráneas:

- Masa Sierra de Aralar
- Masa Beasain

Las margas que constituyen los materiales aflorantes de la zona presentan una permeabilidad baja por fisuración, contrastando con la permeabilidad muy alta de las calizas masivas urgonianas que constituyen los materiales aflorantes de las zonas topográficamente más elevadas, fuera de la zona de actuación del proyecto. Pese a su baja permeabilidad, toda la zona está cartografiada como de alta vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos (Fuente: Geoeuskadi). No obstante, el ámbito de actuación no coincide con ninguna zona de recarga de acuífero y tampoco está incluido en los emplazamientos de interés hidrogeológico de la cartografía de URA (Fuente: Geoeuskadi).

Por ello, el ámbito de estudio no coincide con ningún sector de recarga de los acuíferos de la zona y predomina un drenaje por escorrentía superficial con morfología dendrítica o pinnada. Existe también un drenaje subterráneo por infiltración que se manifiesta en los diferentes puntos de surgencia detectados en el área, dado que las calizas masivas constituyen un importante nivel con comportamiento acuífero. El contacto entre las calizas masivas y los niveles suprayacentes más margosos e impermeables, correspondiente precisamente con el ámbito afectado por el proyecto, constituye los puntos de afloramiento para dichas surgencias.

Según el estudio “Mantenimiento de la red de control de aguas subterráneas de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Informe 2019)” (URA, 2020), la masa de agua subterránea Aralar se ha mantenido en buen estado químico entre los años 2012 y 2019. La masa Beasain no está incluida en la red de control de aguas subterráneas de la CAPV, por lo que se desconoce su estado químico. En cuanto a la hidrología superficial, el ámbito afectado por el proyecto se enmarca en la Unidad Hidrológica Oria (demarcación del Cantábrico Oriental) de superficie de 781 km<sup>2</sup> y en la cuenca

hidrológica del río Agauntza. El río Agauntza nace en la sierra de Aralar y tras pasar por Ataun y Lazkao, desemboca en el río Oria en Beasain. Tiene una cuenca de 84 km<sup>2</sup> y un caudal medio de aproximadamente 2.000 m<sup>3</sup>/s. El río queda alejado de las obras de actuación, por lo que no se vería afectado.

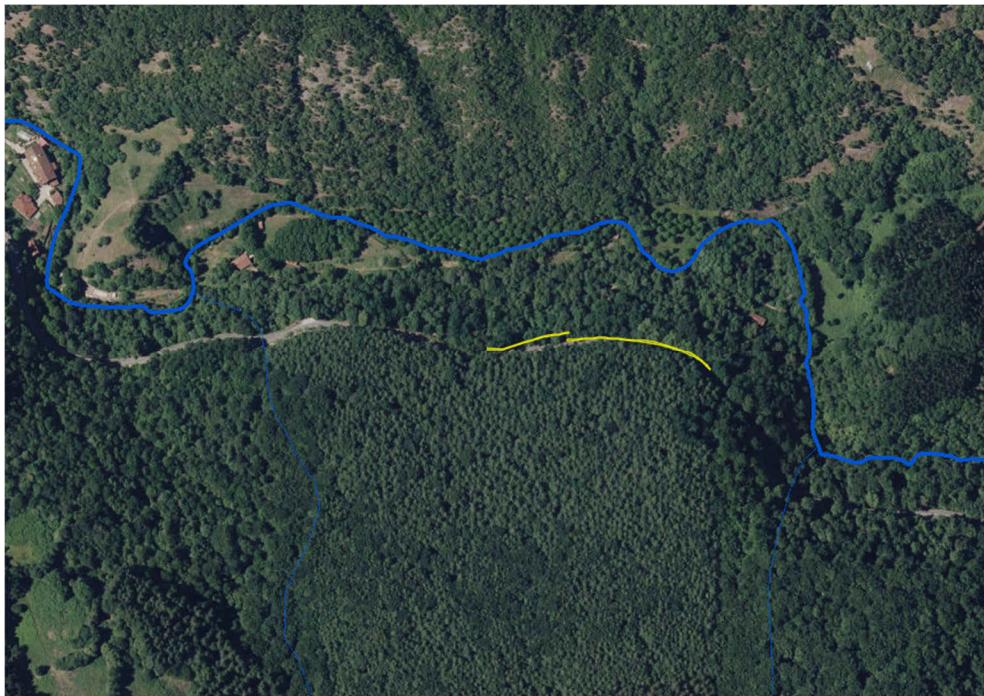


Figura 4. Actuación prevista (amarillo) sobre la red hidrológica.

## 6.5. FAUNA

La fauna del entorno de Aralar es principalmente de origen eurosiberiano, con especies características sobre todo de hábitats montanos (tanto forestales como de roquedo y pastizales); también podemos encontrar especies de carácter mediterráneo en las zonas más soleadas.

Entre las especies características de esta comunidad faunística, en el área de estudio podemos citar las siguientes: entre las aves, golondrina común (*Hirundo rustica*), jilguero (*Carduelis carduelis*), verderón común (*Carduelis chloris*), verdecillo (*Serinus serinus*), mirlo común (*Turdus merula*), petirrojo (*Erithacus rubecula*), curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*), alcaudón dorsirrojo (*Lanius collurio*), gorrión común (*Passer domesticus*), estornino pinto (*Sturnus vulgaris*), vencejo común (*Apus apus*) y corneja negra (*Corvus corone*); entre las invernantes y de paso la alondra común (*Alauda arvensis*), zorzal común (*Turdus philomelos*), zorzal alirrojo (*Turdus iliacus*), pardillo común (*Carduelis cannabina*) o bisbita común (*Anthus pratensis*).

El medio forestal próximo aporta diversidad al área de estudio, ya que proporciona lugares para la reproducción y refugio a diversas especies en las cavidades naturales de troncos y ramas, además de aportar una variada y abundante oferta trófica. Destacan especies de pícidos - pito real (*Picus viridis*), pico picapinos (*Dendrocopos major*), pico menor (*Dendrocopos minor*)-, rapaces forestales como busardo ratonero (*Buteo buteo*), así como paseriformes como el pinzón vulgar (*Fringilla coelebs*), aves trogloditas -carbonero común (*Parus major*), herrerillo común (*Parus caeruleus*), agateador común (*Certhia brachyactyla*) o trepador azul (*Sitta europaea*).

Entre los mamíferos podemos encontrar especies de amplia distribución como: corzo (*Capreolus capreolus*), jabalí (*Sus scrofa*), erizo común (*Erinaceus europaeus*), garduña (*Martes foina*), tejón (*Meles meles*) y zorro rojo (*Vulpes vulpes*).

En la zona de afección se sitúa un tramo del área de interés especial para el desmán del Pirineo (*Galemys pyrenaicus*) que compone el ámbito de aplicación del Plan de Gestión de esta especie (ORDEN FORAL de 12 de mayo de 2004 por la que se aprueba el Plan de Gestión del Desmán del Pirineo *Galemys pyrenaicus* (E. Geoffroy, 1811) en el Territorio Histórico de Gipuzkoa. BOG 28-05-2004): zonas de dominio público hidráulico y policía de los tramos fluviales (ver imagen adjunta).

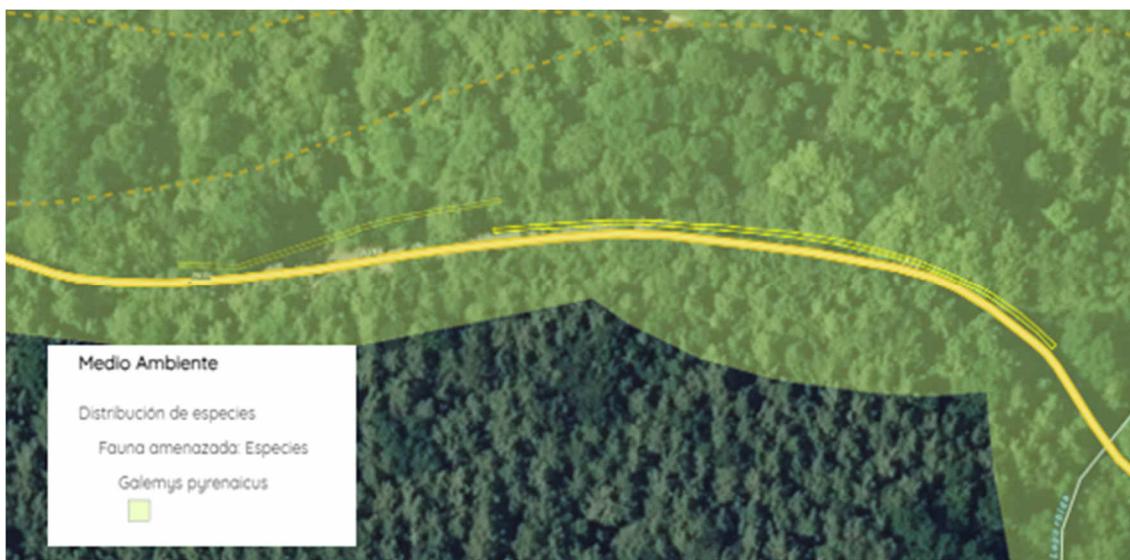


Figura 5. Área de interés especial para el desmán del Pirineo (*Galemys pyrenaicus*). GeoEuskadi.

Se trata de una especie endémica de la Península Ibérica, acuática y catalogada “en peligro de extinción” en el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas. En cumplimiento del Plan de Gestión del Desmán del Pirineo, cualquier actuación en el cauce deberá atender al informe preceptivo del órgano competente en la materia (Departamento de Promoción Económica, Turismo y Medio Rural de la Diputación Foral de Gipuzkoa). Como norma general, se limita el periodo de obras de la actuación en estiaje, entre los meses de agosto y septiembre, con objeto minimizar la afección a la calidad de las aguas por aumento de sólidos en suspensión y evitar la afección en periodo reproductor del desmán del Pirineo (15 febrero- 31 julio).

Por otra parte, el área en que se desarrolla el proyecto, al igual que todo el espacio natural protegido de Aralar, se encuentra incluido en el Plan de Gestión de aves necrófagas, concretamente como Área de interés especial y Zona de Protección para la Alimentación (Plan Conjunto de Gestión de las aves necrófagas de interés comunitario de la Comunidad Autónoma del País Vasco); este Plan se refiere específicamente a las siguientes especies: Quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), Alimoche (*Neophron percnopterus*) y Buitre leonado (*Gyps fulvus*). Ninguna de las acciones del Proyecto incide sobre estas especies ni sobre las medidas de protección que contempla el Plan.

## 6.6. ESPACIOS PROTEGIDOS

Los Planes Hidrológicos incluyen un registro de zonas relacionadas con el medio acuático que son objeto de protección legal. El ámbito afectado por el proyecto coincide con varios elementos pertenecientes a este registro:

- Zonas designadas para la protección de hábitats o especies relacionadas con el medio acuático:
  - Aralar (Zona de Especial Conservación perteneciente a la Red Natura 2000)
- Otras figuras de protección:
  - Parque Natura Aralar (Red de Espacios Naturales Protegidos de la CAPV)

## 6.7. ATMÓSFERA

De acuerdo con la zonificación del Sistema de Información de la Calidad del Aire en la CAPV, el ámbito de la modificación de planeamiento se enmarca en la zona “Goierrri”.

Según el último informe anual de la calidad del aire de la CAPV (Gobierno Vasco, 2019), el ámbito de estudio no pertenece a las zonas de la CAPV en las que se observa superación de los límites establecidos en la normativa para todos los contaminantes incluidos en el seguimiento. La Estaciones de calidad del aire más próxima se sitúa en el casco urbano de Beasain.

## 6.8. PATRIMONIO CULTURAL

En el ámbito de estudio no se halla ningún elemento patrimonial catalogado o propuesto para su catalogación.

## 6.9. PERMEABILIDAD TERRITORIAL

La Red de Corredores Ecológicos de la CAPV ha sido diseñada para dar respuesta al Artículo 10 de la Directiva Hábitat 92/43/CEE, que insta a fomentar la gestión de los elementos del paisaje que revistan primordial importancia para la migración, la distribución geográfica y el intercambio genético de las especies de fauna y flora silvestres, y para garantizar la conectividad ecológica entre los lugares incluidos en la Red Natura 2000.

La Red se integra en el ordenamiento territorial de la CAPV como condicionante superpuesto del Plan Territorial Sectorial Agroforestal.

El ámbito de estudio coincide en su totalidad con el Espacio Natural Aralar, que constituye un espacio núcleo dentro de los elementos estructurales de la Red de Corredores Ecológicos de la CAPV.

## 7. CUMPLIMENTO DE LA NORMATIVA AMBIENTAL DE APLICACIÓN

Se incluye en este apartado la normativa vigente que sea de aplicación al proyecto.

### 7.1. LEGISLACIÓN DE EVALUACIÓN AMBIENTAL

El presente proyecto no se encuentra incluido en el Anexo 1.- Proyectos sometidos a la evaluación ambiental ordinaria, y Anexo 2.- Proyectos sometidos a la evaluación ambiental simplificada, del Real Decreto 445/2023, de 13 de junio, por el que se modifican los anexos I, II y III de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Si bien, según el Artículo 7.2. de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, “serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni en el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000”.

En el apartado 6 se justifica que la afección a Red Natura es No Significativa por lo que no es de aplicación iniciar un procedimiento de tramitación ambiental.

Dentro de este mismo Artículo 7 de la Ley 21/2013, se contempla lo siguiente:

*Artículo 7.2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada: ... c) Cualquier modificación de las características de un proyecto del anexo I o del anexo II, distinta de las modificaciones descritas en el artículo 7.1.c) ya autorizados, ejecutados o en proceso de ejecución, que pueda tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. Se entenderá que esta modificación puede tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente cuando suponga:*

#### 1.º Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera

La ejecución de las contenciones planteadas en el proyecto no conlleva cambios en su uso o en la frecuencia de paso de vehículos. Los cambios en fase de explotación y mantenimiento serán positivas de cara a las emisiones atmosféricas, ya que evitará mediante una solución de raíz los trabajos de reparación del pavimento que vienen realizándose periódicamente cada lustro.

Las emisiones atmosféricas en fase de obras, teniendo en cuenta que se trata de una intervención moderada y que no se alargará en el tiempo, no son significativas.

#### 2.º Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.

La zona de obras se encuentra lo suficientemente alejada del cauce del río Agauntza como para no tener influencia sobre él. Sin embargo, se instalará preventivamente una barrera para retención de sedimento para evitar vertidos accidentales, por lo que está previsto que no se produzcan vertidos ni generar ninguno tras las obras.

#### 3.º Incremento significativo de la generación de residuos.

Al no modificarse la explotación de la infraestructura, su operativa o su uso tras la reparación, este proyecto no supone incremento alguno en lo que a generación de residuos se refiere.

Durante las obras se generarán los residuos habituales en una intervención de este tipo, si bien al no ser necesarios movimientos de tierra ni demoliciones de envergadura, el volumen será muy moderado.

Por tanto, este proyecto no supone incremento significativo de la generación de residuos.

#### *4.º Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales*

La reparación del vial consumirá recursos naturales durante la ejecución de las obras, concretamente piedra, árido y agua para la fabricación del hormigón empleado para el relleno y consolidación los muros de micropilotes, y combustibles para el funcionamiento de la maquinaria, todo ello en cantidades que no pueden considerarse significativas, y que en cualquier caso se consumirán únicamente de forma puntual en esa fase.

Debido a que se reducirá la periodicidad en la que se repara la carretera, existirá una disminución en la utilización de recursos naturales en fase de explotación. No hay tampoco una ocupación significativa permanente de suelos. Por tanto, no se considera de aplicación este punto.

#### *5.º Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.*

En el apartado 6 se justifica que la afección sobre los espacios Red Natura 2000 afectados es No Significativa, tanto en lo que a posibles daños directos se refiere, como posibles efectos indirectos.

#### *6.º Una afección significativa al patrimonio cultural.*

No existe en el entorno patrimonio cultural protegido, por tanto, no se considera de aplicación este punto

### **8. EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE ESPACIOS DE LA RED NATURA 2000**

Natura 2000 es una red ecológica europea de espacios naturales, destinada a preservar las especies y los hábitats más amenazados del continente. Está conformada por Zonas de Especial Conservación (ZEC), designados de acuerdo a la Directiva 92/43/CEE "Hábitat", y por Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), designadas de acuerdo a la Directiva 2009/147/CE "Aves".

El proyecto coincide con parte de la Zona de Especial Conservación (ZEC) ES2120011 Aralar designado mediante DECRETO 84/2016, de 31 de mayo.

Ante la posibilidad de que el proyecto pueda afectar directa o indirectamente al citado espacio perteneciente a la Red Natura 2000, se incluye el presente apartado específico para la evaluación de las repercusiones del presente proyecto, teniendo en cuenta los objetivos de conservación del Espacio.

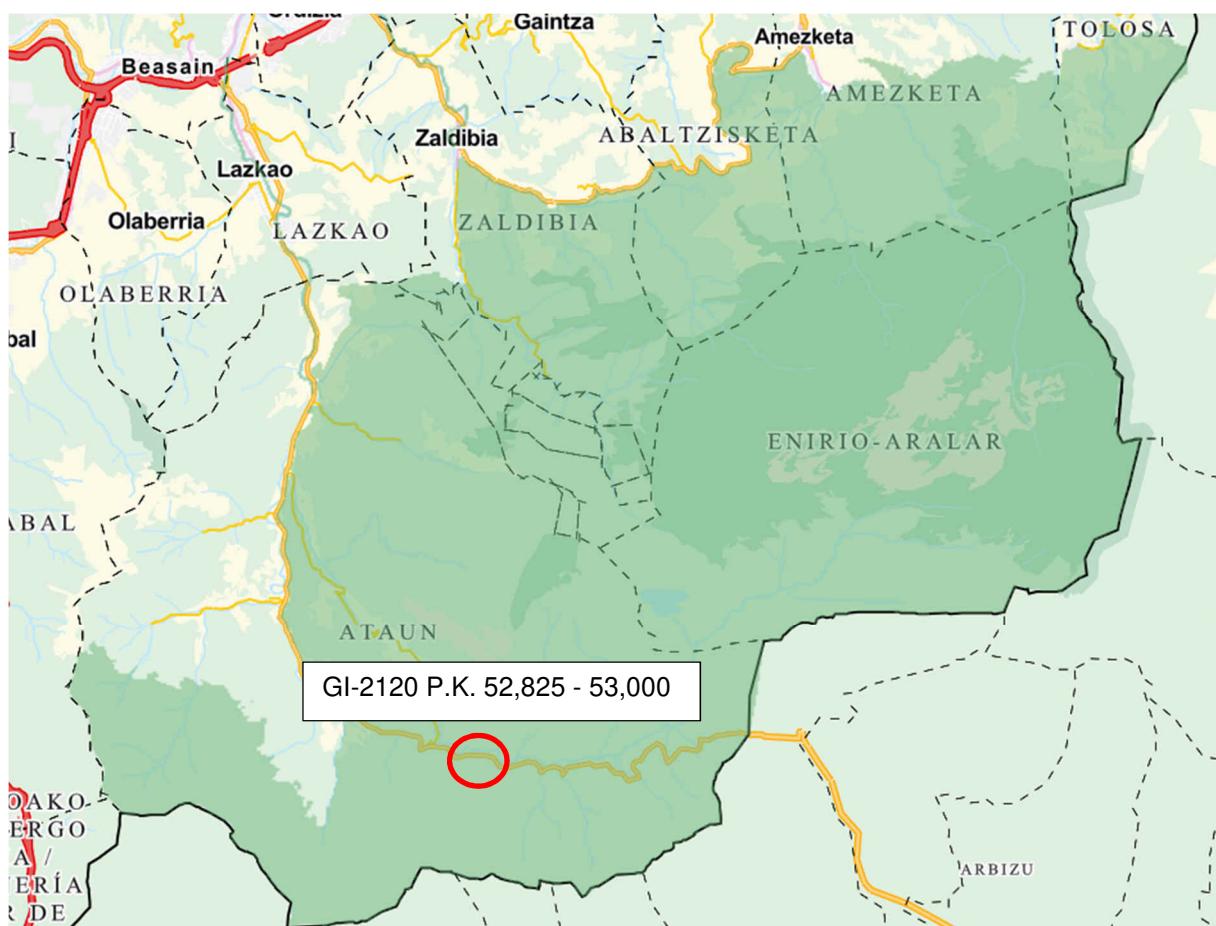


Figura 6. ZEC ES2120011 Aralar y ubicación del proyecto.

#### 8.1. CARACTERÍSTICAS DE LA RED NATURA 2000 EN EL ENTORNO DEL PROYECTO

Aralar es una de las áreas montañosas más importantes del territorio de la Comunidad Autónoma del País Vasco, a causa de su extensión, altitudes, valores naturalísticos e incidencia paisajística. El núcleo del macizo, casi todo dedicado a pastos, supera los 1.200 metros en una extensa superficie. El paisaje interior de Aralar está marcado por intensas manifestaciones kársticas y posee todos los elementos propios de un paraje propio de montaña: importantes bosques, extensas praderas montañosas y pastos petranos, crestas, roquedos y barrancos, arroyos y manantiales, y aspectos geológicos sobresalientes.

En la zona central y oriental del espacio, la más elevada, los pastos dominan el paisaje, siendo prácticamente inexistentes los bosques. En el sur se encuentran extensos hayedos y una masa encinar cantábrico que tiene notable interés fitogeográfico.

Los hayedos son el bosque más extenso de Aralar. En general, son formaciones jóvenes, poco diversas y con una estructura muy simplificada por el modelo de aprovechamientos al que han estado sometidos. Los encinares cantábricos son formaciones viejas, que no maduras, dada la escasa regeneración forestal y a la procedencia de cepa de gran parte del arbolado.

Las laderas forman pendientes acusadas, con vaguadas paralelas de dirección N / S y drenadas por pequeños arroyos. Las fuertes pendientes favorecen la aparición de fenómenos erosivos.

En Aralar están presentes algunas especies propias de alta montaña que se localizan exclusivamente en algunos sistemas montañosos del País Vasco, testimoniando su carácter como refugio biogeográfico, eje de conexión entre las montañas cantábricas y pirenaicas o zona de dispersión para especies propias de éstas. Sus roquedos, bosques, grandes espacios abiertos de pastos y landas y algún enclave húmedo, componen un complejo de hábitats de gran valor faunístico.

Así mismo, se ha constatado al menos la presencia de 18 tipos de hábitats de interés comunitario, de los que cinco de ellos son prioritarios. El lugar acoge, al menos, dos especies de flora incluidas en el anexo II de la Directiva Hábitats (92/43/CEE), 13 especies de fauna incluidas en los anexos II y IV de dicha Directiva, así como seis especies más incluidas únicamente en el anexo II y 13 en el anexo IV. Es destacable la presencia de, al menos, 19 especies de aves incluidas en el anexo I de la Directiva Aves (2009/147/CE).

#### 8.1.1. HÁBITATS NATURALES Y FLORA

Como se ha citado anteriormente en el apartado “Suelos y vegetación natural” la vegetación potencial del lugar se corresponde con el bosque mixto atlántico dominado por roble pedunculado (*Quercus robur*) y acompañado de fresno (*Fraxinus excelsior*), arces (*Acer campestre*, *A. pseudoplatanus*) y tilos (*Tilia platyphyllos*).

Siguiendo los criterios de la publicación “Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España” que constituye la principal herramienta de identificación de los hábitats de interés comunitario en la actualidad, la zona boscosa afectada por el proyecto no pertenece a algún tipo de hábitat de interés comunitario.

Respecto a las comunidades rupícolas, la zona de estudio no incluye roquedos, por lo que este elemento clave no es especialmente relevante en la zona potencialmente afectada por el proyecto.

#### 8.1.2. FAUNA

La fauna que compone la Zona de Especial Conservación (ZEC) ES2120011 Aralar está previamente citada en el apartado “Inventario ambiental”. Cabe destacar que en la zona de afección se sitúa un tramo del área de interés especial para el desmán del Pirineo (*Galemys pyrenaicus*) que compone el ámbito de aplicación del Plan de Gestión de esta especie, por lo que se deben llevar a cabo las medidas necesarias para la protección de dicha especie en el período de las obras. Además, Aralar también está considerado como Área de Interés Especial para las Aves Necrófagas y Zona de Protección para la Alimentación de Especies Necrófagas de Interés Comunitario en el Plan Conjunto de Gestión de las aves necrófagas de la CAPV.

### 8.2. ANÁLISIS DE LAS INCIDENCIAS Y MEDIDAS PROPUESTAS

Se proponen dos soluciones para asegurar la estabilidad de la ladera afectada. Por un lado, la zona de deslizamiento profundo mediante pasadores estructurales. La segunda estructura a ejecutar para garantizar la estructura del tramo consistiría en la ejecución de una pantalla de micropilotes anclada a lo largo de 70 metros.

La ejecución de ambos trabajos tiene un impacto negativo temporal, al ser necesario realizar una zona de implantación temporal durante las obras que supondría el desbroce y tala del entorno para la instalación de la maquinaria, a pesar de que se trataría de un área muy limitada. En la medida de lo posible los trabajos se realizarán desde el carril derecho de la GI-2120, un espacio totalmente antropizado.

#### Durante la fase de obra pueden darse tres tipos de impactos más significativos:

- Destrucción y/o deterioro de hábitats propicios a la fauna (impacto directo),
- Perturbaciones de especies (impacto directo)
- Deterioro de hábitats por contaminación de las aguas (impacto indirecto).
- Destrucción y/o deterioro de la flora (impacto directo).

Habida cuenta de la localización de las principales zonas sensibles respecto al proyecto y de la naturaleza de las obras a realizar, los riesgos de destrucción y/o degradación de hábitats propicios a la fauna son de pequeña magnitud. El riesgo de perturbación de las especies (impacto directo) en relación con el ruido y el paso de vehículos durante las obras, existe, pero ha de ser relativizado considerando la importante actividad humana del sector, debido a que se encuentra anexo a la GI-2120.

Por fin, el último riesgo potencial de las obras reside en la degradación de los hábitats anteriormente identificados por la contaminación de las aguas. Se trata de un impacto accidental en caso de fuga

de hidrocarburos o de productos químicos que pudieran derramarse ladera abajo hasta el arroyo Agauntza, a pesar de su lejanía. Existen dos tipos de medidas en cuanto a la contaminación accidental: las medidas de evitación y las medidas de reducción.

Por último, en cuanto al deterioro de la flora autóctona existente en el entorno, se plantea una afección mínima debido a que el acceso se realizará mediante una grúa desde la GI-2120. Será necesaria la tala y desbroce de unidades puntuales que serán replantadas tras la finalización de los trabajos, sustituyendo especies alóctonas por autóctonas en los casos necesarios.

### Medidas de evitación y de reducción

De manera general, cara al riesgo de contaminación accidental de las aguas, se han elaborado las siguientes medidas:

- Las eventuales materias peligrosas o contaminantes necesarias para llevar a cabo la obra (carburantes y demás productos contaminantes utilizados en superficie) serán almacenadas en mínima cantidad en una zona fuera de agua y asociada con una capacidad de retención estanca adecuada (el 100% de la capacidad del mayor depósito, o el 50% de la capacidad total de los depósitos asociados), o irán equipadas con una doble envoltura con detección de fuga (medidas de evitación).
- Se colocará una barrera para retención de sedimento para que el agua de lluvia no arrastre la materia fuera del ámbito de actuación.
- Desde un punto de vista cualitativo, se tratará principalmente evitar:
  - Almacenar materias a proximidad del arroyo, (especialmente respecto al lavado de materias en suspensión) quedando estas colocados preferentemente en zonas específicas de almacenamiento, equipadas con dispositivos provisionales de tratamiento de aguas pluviales.
  - Aparcar vehículos de obra a proximidad inmediata al arroyo; al respecto, el llenado de los vehículos, su mantenimiento y su reparación no se llevarán a cabo en el ámbito de la obra.
- Se instalará un punto de limpieza de canaletas de hormigón para gestionar el residuo generado correctamente.
- Se instalará una balsa de decantación que se limpiará cada 15 días para separar y eliminar sólidos suspendidos y contaminantes presentes en las aguas residuales.
- Se dispondrá de la presencia de un camión de riego para mantener limpios los viales.
- Las instalaciones de la obra no verterán a la red de drenaje ni a los arroyos debiendo ser correctamente gestionadas.
- Los residuos serán recogidos, seleccionados, almacenados en zonas estancas y evacuados en unos centros de tratamiento específicos con un control de su eliminación (Albarán de Seguimiento de Residuos)
- Existirán kits anti-contaminación en el lugar (medida de reducción),
- Las Fichas de Datos de Seguridad de los productos presentes en el lugar serán disponibles de manera permanente a la vez que se elaborarán determinados procedimientos de actuación en caso de accidente,

En cuanto a la afección a la flora, se plantean las siguientes medidas:

- Los trabajos de integración paisajística de la obra se llevarán a cabo para la totalidad de las áreas afectadas por la obra, incluidas áreas de instalación del contratista u otras áreas que no figurando en el documento ambiental resulten alteradas al término de la misma. La restauración ambiental incluirá la revegetación de los espacios susceptibles de mantener una cubierta vegetal para el caso de afecciones en zonas no urbanizadas y la reposición de elementos de jardinería en las zonas urbanas.
- Durante las labores de restauración edáfica se llevarán a cabo acciones que dificulten la propagación de plantas alóctonas. En este sentido se deberá controlar, en particular, el origen de las tierras utilizadas en las labores de restauración de la cubierta vegetal, evitando el empleo de tierras que pudieran estar contaminadas con las citadas especies. Asimismo,

y siempre que sea posible, se erradicará la presencia de estas especies invasoras en las zonas de actuación.

### **Durante la fase de explotación**

El impacto producido sobre los espacios Red Natura 2000 por las obras en el periodo de explotación puede considerarse nulo, ya que las contenciones que se construyen son parte de una infraestructura ya existente y estos no supondrán un aumento del tráfico rodado.

#### **8.2.1. CONCLUSIONES RESPECTO A LA AFECCIÓN**

A la vista de la evaluación de las repercusiones del Proyecto de estabilización de los deslizamientos situados en los P.K. 52,825 y 53,000 de la carretera GI-2120 en Ataun en la Red Natura 2000, puede concluirse de manera objetiva que el Proyecto **no causará perjuicio** en la integridad de la ZEC ES2120011 Aralar, ya sea individualmente o en combinación con otros proyectos o planes.

El proyecto se sitúa alejado de las zonas las más sensibles y no perturbará las especies mencionadas en el anexo I de la Directiva Aves, por lo que no cabe prever ninguna incidencia notable en ninguna de las zonas Red Natura 2000.

Frente al riesgo accidental de contaminación de las aguas y de impacto indirecto sobre los hábitats favorables a la avifauna, se tomarán medidas de reducción y evitación.

Para complementar las medidas de reducción de los impactos anteriormente propuestas, el director de obra implementará determinadas medidas preventivas, destinadas a mejorar la mejora medioambiental del proyecto.

Se adoptarán las siguientes medidas de preventivas:

- Antes de iniciarse las obras, sensibilización del personal de la obra al respeto del medio ambiente y a los retos ecológicos,
- Seguimiento de las obras por un técnico ambiental.

### **9. ACTUACIONES PREVENTIVAS Y PROTECTORAS**

A continuación, se establece una serie de medidas protectoras y correctoras destinadas a eliminar o mitigar los efectos ambientales negativos de los impactos identificados, tanto en fase de obras como en fase de explotación.

Las medidas preventivas y correctoras, al igual que el Plan de Vigilancia Ambiental, están destinadas principalmente a evitar las afecciones a los hábitats de interés y a las especies de flora y fauna silvestre asociadas. Es especialmente relevante tener en cuenta que Aralar es un Parque Natural y una Zona de Especial Conservación, ya que la actuación necesitará autorización previa del órgano gestor del espacio.

#### **9.1. FASE PREOPERACIONAL**

##### **9.1.1. PLAN DE OBRA**

La obra deberá contar con un Plan de Obra, en el que se especificarán las fases y la sincronización de las distintas unidades. Este Plan de Obra se redactará de tal forma que transcurra el menor tiempo posible entre los movimientos de tierra y la revegetación de las nuevas superficies generadas, de forma que se minimice el riesgo de sufrir procesos erosivos y de inestabilidad.

##### **9.1.2. MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS**

El contratista, antes del inicio de las obras presentará el manual de buenas prácticas que deberá implantar en las obras para su utilización por el personal de obra. En este manual se tratarán aspectos como la superficie máxima a afectar, la producción del polvo y ruido y la manera de corregirlo, la conservación de la tierra vegetal, el mantenimiento de condiciones de sosiego para la fauna, la mínima ocupación del terreno y la prohibición de vertidos al mismo, la gestión de residuos, etc.

### 9.1.3. UBICACIÓN DE ELEMENTOS AUXILIARES

#### MAQUINARIA

La maquinaria empleada para realizar los pasadores y la pantalla de micropilotes se colocará mediante una grúa desde la carretera GI-2120 a una explanada existente ladera abajo. Para poder llevar a cabo los trabajos, será necesario adecuar dicha explanada, zona que está incluida en las superficies a restaurar posteriormente.

#### ACOPIOS

El suministro de acopios se realizará en la zona acotada del carril derecho de la GI-2120, destinado a albergar las instalaciones auxiliares y las medidas de protección pertinentes del entorno (balsa de decantación y punto de limpieza de canaletas de hormigón).

#### LIMPIEZA DE VEHÍCULOS

No se prevé colocar una instalación específica para la limpieza de vehículos. En cambio, la obra dispondrá de la presencia de un camión de riego para mantener limpios los viales.

#### INSTALACIONES AUXILIARES

En cuanto a las instalaciones auxiliares, se adecuará una zona en el carril derecho de la carretera GI-2120, sin perturbar el área de actuación de la maquinaria. El contratista colocará las casetas (almacén, punto limpio, aseos...) y una vez finalizadas las obras, tendrá que retirarlas y limpiar la zona.

### 9.1.4. MEDIDAS DE PROTECCIÓN EN EL ENTORNO DE OBRAS

Durante la obra no se afectará más superficie de la estrictamente necesaria para el desarrollo del proyecto, por lo que se delimitará el área máxima de superficie a ocupar por las obras. Además, las instalaciones auxiliares de obra, el área de acopio de materiales, el punto limpio, etc. se ubicarán siempre dentro de la zona de afección. Así mismo, se restringirá al máximo la circulación de maquinaria y vehículos fuera de las pistas y caminos habilitados para tal fin.

Además, en el momento del replanteo de las obras y antes del inicio de los trabajos constructivos deberá realizarse un balizamiento específico consistente y de difícil desplazamiento que delimite de forma precisa todas aquellas zonas de trabajo que se sitúen adyacentes a formaciones vegetales de interés.

## 9.2. FASE DE OBRAS

### 9.2.1. CAMPAÑA DE FORMACIÓN

Al comienzo de las obras, se realizará una sencilla charla de formación del personal implicado en las mismas, en la que se informará de los siguientes puntos:

- Necesidad de respetar los límites de afección del proyecto,
- Necesidad de conservar el buen estado de la tierra vegetal,
- Prohibición de tránsito de la maquinaria pesada fuera del área de afección,
- Plan de actuación en caso de que se produjese alguna situación de emergencia medioambiental (vertido de sustancias contaminantes, incendio en una máquina, etc.),
- Especies de flora y fauna a proteger.
- Red Natura 2000.

### 9.2.2. MEDIDAS PARA EL DESARROLLO DE LAS OBRAS

Durante la ejecución del proyecto las zonas propias de las obras, así como el entorno afectado (parque de maquinaria, zonas de paso de maquinaria, áreas de acceso), se mantendrán en las mejores condiciones de limpieza posibles. Una vez finalizadas las obras, se llevará a cabo una rigurosa campaña de limpieza, debiendo quedar el área de influencia del proyecto totalmente limpia de restos de obra y habiéndose desmantelado todas las instalaciones temporales.

No se afectará a más superficie de la necesaria durante el desarrollo de las obras, por lo que se delimitará la superficie a ocupar tanto por la obra propiamente dicha como por los acopios temporales de tierras inertes y vegetales, las instalaciones y edificaciones de obra, los almacenes

de materiales, aceites y combustibles y las áreas destinadas a limpieza de vehículos u otro tipo de estructuras.

Los procedimientos de expropiación y deslinde de los terrenos necesarios para la ejecución del proyecto se efectuarán bajo el criterio general de limitar la ocupación de los mismos a los estrictamente necesarios para poder asegurar la ejecución y funcionalidad del proyecto.

#### 9.2.3. MEDIDAS CORRECTORAS SOBRE LA AFECCIÓN DE SUELOS

Como actuación previa a la realización de cualquier movimiento de tierras con intervención de maquinaria pesada, se llevará a cabo la retirada selectiva de la capa de tierra vegetal de toda la superficie de afección del proyecto, incluidas en su caso, las áreas de ubicación de instalaciones temporales de obra, caminos auxiliares o zonas de acopio temporal de materiales.

La tierra vegetal se reutilizará en las labores de restauración de las superficies afectadas. Se mantendrá en condiciones adecuadas hasta el momento de su reutilización, en acopios que no superen los 1,5 m de altura. Si su empleo se demora, deberán ser protegidos mediante una siembra manual, con semillas de las mismas especies que se vayan a utilizar en la restauración posterior, para evitar su erosión o la pérdida de materia orgánica.

La tierra vegetal acopiada debe protegerse de la compactación y de la contaminación. Se prohíbe la circulación de maquinaria sobre los acopios de tierra vegetal. Si se detectase algún riesgo de afección, la zona de acopio se marcará mediante vallado o jalón, para su protección. En caso de detectarse compactaciones, las tierras compactadas, que han perdido su estructura y aireación, no serán utilizadas para la revegetación.

Además, para minimizar el efecto negativo de la ejecución del proyecto sobre la calidad del suelo, entendido como suelo vivo o productivo, se aplicarán las siguientes medidas:

- Se evitará el tránsito de maquinaria de obra fuera de las áreas de ocupación permanente y temporal del proyecto.
- Todas las superficies fuera del área de ocupación definitiva y temporal del proyecto quedan excluidas de cualquier actuación o alteración.
- Se pondrán las condiciones de seguridad necesarias para evitar vertidos accidentales.
- Como medida de complementaria frente a la posibilidad de que a pesar de las precauciones se produjese un vertido accidental de cualquier tipo de aceite, hidrocarburo, combustible, etc., en obra se dispondrá siempre de sepiolita, arena de diatomeas, mantas de polipropileno, o cualquier otro absorbente de hidrocarburos para facilitar la absorción de las sustancias contaminantes.
- Los materiales necesarios para las obras se acopiarán exclusivamente en lugares predestinados para ello, donde no crezca vegetación natural y en zonas libres de pendiente.

#### 9.2.4. MEDIDAS PROTECTORAS DE LA VEGETACIÓN

Durante la fase de obras y con el fin de minimizar afecciones sobre la vegetación de interés, se aplicarán las siguientes medidas:

- Se evitará la afección a la vegetación ubicada en zonas contiguas a las zonas de afección temporal y permanente del proyecto.
- Se adoptarán medidas para el control de especies invasoras alóctonas, en caso de que se desarrollen en la zona de actuación. En el estudio sobre el terreno no se ha detectado la presencia de estas especies y no se utilizarán tierras de préstamo, por lo que se estima que no hay riesgo de presencia de especies invasoras alóctonas como consecuencia del desarrollo de las obras.
- Se procederá a la revegetación de todas las superficies afectadas por la obra, incluidas las que se puedan generar para acceder a los lugares de actuación.

#### 9.2.5. MEDIDAS CONTRA LA DIFUSIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

El ámbito de actuación se ubica en una zona sensible (Parque Natural y Zona de Especial Conservación Aralar), por lo que se considera necesario establecer pautas para evitar la colonización de la zona por especies exóticas invasoras (*Robinia pseudoacacia*, *Cortaderia selloana*, *Buddleja davidii*, *Paspalum dilatatum*, etc.) que poseen una gran capacidad colonizadora, son de difícil erradicación y se difunden a través de las zonas alteradas por las obras:

- Puesto que estas especies proliferan en entornos alterados, es especialmente importante evitar afecciones a más superficie de la estrictamente necesaria. Para evitar la importación de propágulos desde obras externas, se procederá a la limpieza previa de la maquinaria pesada utilizada en obras externas y se controlará igualmente el uso de maquinaria de mano.
- La tierra vegetal procedente de zonas en la que se haya detectado la presencia de una especie exótica invasora, en ningún caso se podrá utilizar para labores de restauración fuera de su lugar de origen. No obstante, esta tierra sí podrá utilizarse como material de relleno.
- Los restos de los desbroces de zonas afectadas por especies invasoras se almacenarán en contenedores específicos para evitar la dispersión de propágulos. Estos restos deberán ser quemados, para lo cual deberán obtenerse los correspondientes permisos o, en su defecto, deberán ser trasladados a vertederos autorizados.
- En ningún caso se realizarán tratamientos a base de glifosato u otro herbicida químico en pulverización debido a la alta vulnerabilidad de los ecosistemas fluviales a la contaminación química.
- En las zonas afectadas por el proyecto, la restauración debe producirse sin demora para favorecer la competición de plantas autóctonas con las posibles invasoras.
- En el periodo de garantía se vigilarán los lugares tratados y, en caso de invasión, se procederá a su evaluación, mediante la identificación de especies y la valoración de impactos, y posteriormente se elaborará un programa de control y/o erradicación, en las etapas tempranas de la invasión.

#### 9.2.6. MEDIDAS PROTECTORAS DE LA BIODIVERSIDAD

Las medidas de protección de la vegetación (jalonado), de protección de la calidad de las aguas (barreras longitudinales de sedimentación y filtrado, zanjas para el lavado de hormigón, y colocación de barreras de retención de sólidos) y las medidas de restauración constituyen asimismo medidas de protección para la fauna.

#### 9.2.7. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO

Ante la posibilidad de que aparezcan restos arqueológicos todavía no descubiertos en la zona de actuación, si en el transcurso de las labores de desmonte y remoción de terrenos se produjera algún hallazgo que suponga un indicio de carácter arqueológico, se informará inmediatamente al Departamento de Cultura, Turismo, Juventud y Deporte de la Diputación Foral de Gipuzkoa, que determinará la forma de actuar más conveniente, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley 7/1990, de 3 de julio, de Patrimonio Cultural Vasco.

#### 9.2.8. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA Y ACÚSTICA

Como medida de protección de la calidad del aire, se realizarán riegos periódicos de las zonas por las que estén transitando camiones o maquinaria de obra. Se cubrirá la carga de los camiones susceptible de generar polvo. La frecuencia de estos riegos variará en función de la climatología y de la intensidad de la actividad de obra, y deberán aumentarse en la estación más cálida y seca, o en días de fuerte viento.

En cuanto a los ruidos, como medida preventiva se asegurará que toda la maquinaria de obra presente se encuentra al día en lo que a Inspección Técnica de Vehículos se refiere y cumpla lo estipulado en el Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos, y de que la maquinaria cumpla los límites que marcan los certificados CE correspondientes. Así mismo, los trabajos se desarrollarán en horario diurno.

Se asegurará que la maquinaria empleada cumple el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre, el Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, el cual modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero.

#### 9.2.9. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS

El ámbito de actuación no afecta directamente al cauce del río Agauntza debido a la distancia entre ambos. Sin embargo, existe la posibilidad de que los elementos en suspensión sean arrastrados

por las aguas de lluvia hasta el mismo mediante una pequeña regata del drenaje de la carretera, por lo que se tomarán medidas colocando una barrera de sedimentos.

#### 9.2.10. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los residuos generados durante el transcurso de las obras se gestionarán de acuerdo con lo previsto en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados y el Decreto 112/2012, de 26 de julio, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, y para los residuos peligrosos y de los aceites usados según su normativa correspondiente (R.D. 833/1988 y R.D. 679/2006, respectivamente).

Los materiales resultantes de demoliciones, cimentaciones, encofrados, etc., serán desalojados de la zona y enviados a depósitos o vertederos autorizados, y al finalizar las obras se llevará a cabo una rigurosa campaña de limpieza, debiendo quedar el área de influencia del proyecto totalmente limpia de restos de obras.

Antes de que comiencen las obras, el contratista deberá presentar a la Dirección de las obras un Programa de Gestión de Residuos, que incluya las pautas de gestión tanto internas (localización del Punto Limpio, medidas de recogida y almacenamiento en obra de cada tipo de residuo, responsabilidades, etc.), como externas (destino final de cada residuo producido, Gestor Autorizado, registros de retirada, etc.) de acuerdo a las directrices que se señalan a continuación y en cumplimiento de la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

a) "Residuos peligrosos"- En todo lo referente a los residuos peligrosos se actuará en cumplimiento de la Ley 22/2011, de junio, de residuos y suelos contaminados, y el Decreto 112/2012, de 26 de julio, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición. Los trabajos de gestión de materiales y residuos se iniciarán con los RPs, mediante la recogida, separación y acondicionamiento en obra, y la posterior retirada por un gestor de residuos peligrosos autorizado, el cual propondrá el correcto acondicionamiento de los mismos para su traslado.

Para la correcta recogida en obra de los residuos peligrosos se dispondrá de contenedores adecuados en los que se puedan almacenar los diferentes tipos de residuos selectivamente, sin mezclar, y en condiciones de seguridad frente a vertidos. Estos contenedores se localizarán en una zona concreta o "Punto Limpio", y estarán correctamente rotulados, incluyendo al menos tipo de residuo, código, fecha de inicio de almacenamiento, y Gestor Autorizado al que se destinan. Se contará con un contenedor para cada uno de los tipos de residuos peligrosos que se estén generando: aceites, filtros de aceite usados, tierras y trapos contaminados, envases vacíos contaminados, baterías... Los contenedores que permanezcan a la intemperie serán cubiertos y dicho espacio no será accesible a personas ajenas a la obra.

Para evitar derrames y posibles incidentes, los residuos se colocarán en un cubeto, arqueta o cualquier otro sistema que garantice la seguridad frente a vertidos o escapes accidentales hasta su retirada por los correspondientes gestores autorizados. Los residuos peligrosos que presenten riesgo de derrames deberán acondicionarse en contenedores o bañeras estancas para evitar la contaminación del suelo.

En caso de existir alguna sustancia peligrosa en el interior de envases metálicos-plásticos contaminados, depósitos o conducciones, debe ser succionada hasta un envase adecuado, de forma previa a realizar cualquier desplazamiento de los mismos, para evitar que durante los traslados y el resto de las operaciones se puedan producir roturas accidentales, fugas o derrames.

b) "Reducción, reutilización y reciclaje"- Parte de los materiales y residuos que se encuentran se consideran Residuos No Peligrosos, con un alto potencial de reciclaje. Por lo tanto, con objeto de minimizar la deposición de residuos en vertedero, se estima conveniente proponer un plan de reutilización de los mismos.

Además, se intentará reducir los residuos, no consumiendo aquello que no sea necesario, evitando embalajes innecesarios, utilizando productos que puedan ser usados más de una vez, y aquellos que generen el mínimo de residuos. De igual modo se utilizarán productos reutilizables o retornables y productos que sean recargables. Se escogerán los productos que puedan recogerse selectivamente, y en medida de lo posible, fabricados con materiales reciclados.

- c) "Vertido accidental"- En caso de producirse algún vertido accidental de sustancias tóxicas o peligrosas, el vertido se recogerá junto con las tierras impregnadas en el menor tiempo posible, evitando filtraciones. Las tierras contaminadas serán gestionadas por Gestor Autorizado.
- d) "Residuos sólidos urbanos" - Se colocarán tantos contendores de basura para el uso de los trabajadores como sea necesario para conseguir mantener el entorno de las obras libre de residuos.
- e) "Residuos inertes"- La recogida y retirada de los eventuales residuos inertes resultantes a lo largo del proceso de ejecución del proyecto ha de ser realizada y gestionada de manera controlada y razonada. En este sentido se atenderá la legislación vigente.

En relación con el depósito de sobrantes, cabe señalar que además de estar sometido al Decreto de 26 de junio, está sometido a lo dispuesto en el Decreto 49/2009, de 24 de febrero, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los /rellenos, por lo que se ha solicitado a los órganos competentes en materia de aguas (URA) y protección de la biodiversidad (Dirección de Patrimonio Natural de Gobierno Vasco) la emisión de los informes preceptivos y vinculantes, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 26, apartado 3, del citado Decreto; asimismo, se han desarrollado los apartados de Idoneidad del emplazamiento y recuperación paisajística de la zona y destino de los terrenos, una vez finalizado el relleno, atendiendo al Anexo V del Decreto.

#### **9.2.11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL HÁBITAT HUMANO CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS AFECTADOS**

Con el objetivo de garantizar la continuidad de los servicios y accesibilidad se realizará una campaña informativa con suficiente antelación referente a los correspondientes cortes y/o desvíos temporales, y duración de los mismos que puedan afectar a servicios y viales.

Se señalará convenientemente cualquier modificación y ruta alternativa.

Se cumplirá el que se respete la continuidad de todos los servicios y conducciones que se puedan ver afectados. Se establecerá un plan de trabajo para lograr la menor afección posible.

Además, se asegurará la continuidad de los caminos y viales, tanto peatonales como rodados, y la accesibilidad a todas las viviendas y parcelas. La señalización de los desvíos temporales del tráfico rodado y peatonal será adecuada y suficiente, para evitar accidentes.

Las obras se mantendrán valladas o cerradas, de forma que se asegure que no existen riesgos de caídas u otros accidentes para los paseantes.

#### **9.2.12. LIMPIEZA DE LOS VIALES**

Se deberá prestar especial atención a posibles afecciones por embarramiento de las vías, para lo cual se tendrá disponible en obra un camión de riego y un rodillo de limpieza de carreteras, que se utilizará siempre que sea necesario para garantizar la limpieza y la seguridad vial. En caso necesario se procederá a la limpieza manual o al uso de manguera.

#### **9.2.13. LIMPIEZA DE LA OBRA**

En la zona de actuación, todo el ámbito afectado por las obras se mantendrá en las mejores condiciones de limpieza, sin que se deba abandonar ningún residuo durante la ejecución de la obra. Las alteraciones producidas serán recuperadas y restituidas con criterios ecológicos. Al finalizar la obra, se llevará a cabo una campaña exhaustiva de limpieza, retirando los restos de obra y desmantelando todas las instalaciones temporales.

Los materiales resultantes de las obras del Proyecto serán desalojados de la zona y enviados al vertedero autorizado de residuos inertes.

#### 9.2.14. RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y PAISAJÍSTICA

El objetivo general de la restauración ecológica y paisajística es la recuperación de la cubierta vegetal y la integración en el paisaje de los terrenos afectados por las obras de estabilización y por el depósito de sobrantes.

Las actuaciones propuestas en los terrenos afectados por el Proyecto son los siguientes:

- Siembra mecanizada de semillas en toda el área de actuación.
- Plantación de planta arbustiva en el área.
- Plantación de roble común, acorde a la tipología de arbolado existente.
- Extensión de tierra vegetal en todo el área, abonado, despedregado, laboreo y riego del terreno.

Las labores de revegetación se realizan en base a especies correspondientes a las comunidades climáticas de la zona, utilizando en la medida que sea posible semillas y ejemplares de especies y ecotipos propios del entorno y de la zona biogeográfica, de manera que se favorezca la creación de hábitats naturalizados. La restauración se ejecutará, en la medida de lo posible, de forma simultánea a la realización del resto de las actuaciones y se han previsto las labores de mantenimiento de necesarios para garantizar el éxito final de la restauración, (abonados, riegos, reposición de marras, etc.).

### 10. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El presente Programa de Vigilancia Ambiental se estructura en función de las diferentes fases del proyecto. Para cada uno de los factores a controlar se ha especificado una metodología de control, así como unos valores límite o valores umbral, que en caso de superarse implicarían la puesta en marcha de las medidas correctoras complementarias que se especifican.

#### 10.1. FASE PREOPERACIONAL

##### 10.1.1. CONTROL DE REPLANTEO

**Parámetro de control:** Se comprobará el replanteo sobre el terreno para controlar que no se afectan elementos de interés injustificadamente. Se comprobará el cumplimiento de la zonificación establecida en este proyecto.

**Metodología y periodicidad del control:** Control antes del comienzo de las obras. Deberá emitirse un visto bueno del replanteo.

**Valor umbral:** Afección a elementos de interés injustificadamente.

**Medidas aplicables:** Se estudiarán las posibles medidas en cada caso.

##### 10.1.2. CUMPLIMIENTO DEL MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS

**Parámetro de control:** Garantizar el cumplimiento del Manual de Buenas prácticas

**Metodología y periodicidad del control:** Antes del inicio de las obras, se comprobará que el personal de la obra conoce el Manual de Buenas Prácticas. Se comprobará implementación.

**Valor umbral:** Ausencia del Manual de Buenas prácticas, desconocimiento por parte del personal ó incumplimiento del mismo.

**Medidas aplicables:** Redacción, divulgar y/o cumplimiento del Manual de Buenas prácticas.

#### 10.2. FASE DE CONSTRUCCIÓN

##### 10.2.1. CONTROL DEL JALONADO

**Parámetro de control:** Se comprobará el jalonado de la zona de ocupación.

**Metodología y periodicidad del control:** Control visual antes del comienzo de las obras y de manera periódica mensualmente de buen estado y permanencia del jalonado inicial.

**Valor umbral:** Afección a elementos de interés injustificadamente.

**Medidas aplicables:** Se estudiarán las posibles medidas en cada caso.

##### 10.2.2. CONTROL DE LA GESTIÓN DE LA TIERRA VEGETAL

**Parámetro de control:** Se comprobará la correcta gestión (estado y mantenimiento) de la tierra vegetal que será reutilizada en los trabajos de restauración.

**Metodología y periodicidad del control:** Comprobar que el acopio de tierra vegetal se hace en lugares adecuados, es decir, en lugares afectados por la obra y en general, en áreas de poca pendiente y sin vegetación. Controlar que el acopio se hace en montones de altura no superior a los 1,5 m para evitar la compactación y facilitar la aireación del material. Para favorecer los procesos de colonización y garantizar las propiedades de las tierras, los acopios serán sembrados con las mismas especies que se determinan para la siembra manual en la revegetación.

**Valor umbral:** Acopio de tierras en lugares indebidos. Acopio en montones superando los 1,5m de altura. Ausencia de siembra o siembra con otras especies distintas a las utilizadas en la revegetación.

**Medidas aplicables:** Se estudiarán las posibles medidas en cada caso.

#### 10.2.3. CONTROL DEL DESBROCE

**Parámetro de control:** Se comprobará el desbroce de la vegetación a eliminar.

**Metodología y periodicidad del control:** Control visual durante el desbroce.

**Valor umbral:** Afección a vegetación injustificadamente.

**Medidas aplicables:** Se procederá de inmediato a la revegetación de la misma superficie afectada injustificadamente.

#### 10.2.4. SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LA OBRA

**Parámetro de control:** Control de la realización de las obras con el mayor cuidado posible.

**Metodología y periodicidad del control:** Se observará que se mantienen limpias las zonas de actuación, y que se utilizan los puntos adecuados para acopiar materiales, nunca fuera de las áreas habilitadas para ello. Se comprobará que no se aparca maquinaria fuera de las zonas previstas, y que no se transita fuera de las zonas de obra. Se observará que no se realizará mantenimiento de maquinaria, ni repostaje de combustible fuera de las zonas habilitadas para ello en la zona de instalaciones auxiliares y parque de maquinaria, sobre superficie impermeabilizada con una solera de hormigón con sistema de recogida de aguas. Se garantizará el correcto almacenamiento de los residuos peligrosos, en condiciones de seguridad.

**Valor umbral:** Detección de malas prácticas en cualquiera de estos puntos. Detección de almacenaje incorrecto de residuos peligrosos. No disponer de cubetos de retención de seguridad para el almacenado de los residuos peligrosos.

**Medidas aplicables:** Se tomarán las medidas oportunas en cada caso. Limpieza, descontaminación o restauración de las zonas que se hayan visto afectadas, según los casos.

#### 10.2.5. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

**Parámetro de control:** Control de la correcta gestión de los residuos peligrosos, y del cumplimiento de la legislación vigente.

**Metodología y periodicidad del control:** Supervisión para garantizar que no se generan situaciones de riesgo de vertidos, y que se cumple la legislación vigente en lo relativo a residuos. Supervisión del estado del Punto Limpio.

**Valor umbral:** Incumplimiento de la legislación. Situaciones de riesgo frente a vertidos. Cualquier otro tipo de situación que suponga un riesgo de contaminación de los suelos o las aguas.

**Medidas aplicables:** Las oportunas en cada caso.

#### 10.2.6. CONTROL DE ESTADO DE MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS

**Parámetro de control:** Control de los registros de mantenimiento periódico de la maquinaria, grupos electrógenos, compresores, etc. de cara a minimizar o evitar posibles desajustes futuros que puedan provocar un incremento de la emisión de ruido y vibraciones.

**Metodología y periodicidad del control:** Previamente al traslado de cualquier máquina a la obra, se comprobarán todos sus registros de mantenimiento, que deben encontrarse al día, garantizando que no hay precariedades que puedan comprometer su adecuado funcionamiento, dentro de los límites de emisiones acústicas y atmosféricas. Se comprobará que todos los vehículos presentan su ITV al día.

**Valor umbral:** Se considera superado el valor umbral siempre que se detecten máquinas, vehículos o herramientas en estado de deterioro, o que no presenten sus registros de mantenimiento y/o ITV al día.

**Medidas aplicables:** Se sustituirá inmediatamente la máquina, vehículo o herramienta por otra en condiciones óptimas.

### 10.3. FASE DE EXPLOTACIÓN

#### 10.3.1. CONTROL DEL ÉXITO DE LA RESTAURACIÓN AMBIENTAL Y PAISAJÍSTICA

**Parámetro de control:** Restauración ambiental y paisajística.

**Metodología y periodicidad del control:** Con posterioridad a la ejecución de la restauración ambiental y paisajística, se realizará sobre la misma un seguimiento y control durante el período de garantía. De esta forma se determinará su evolución (conteo de marras, porcentajes de éxito, aspecto de la planta, etc.), control de la erosión, recuperación paisajística, y aplicación de un correcto mantenimiento de las áreas revegetadas.

**Valor umbral:** Incumplimiento de las labores de mantenimiento de la revegetación proyectadas.

Detección de marras.

**Medidas aplicables:** Se tomarán las medidas oportunas en cada caso.

#### 10.3.2. CONTROL DE LA DIFUSIÓN DE ESPECIES ALÓCTONAS INVASORAS EN PERÍODO DE GARANTÍA

**Parámetro de control:** Presencia de invasoras exóticas en la zona intervenida.

**Metodología y periodicidad del control:** En el período de garantía se vigilarán los lugares tratados y en caso de invasión por especies invasoras como Robinia pseudoacacia, Cortaderia selloana, Buddleja davidii, Paspalum dilatatum, etc., se procederá a su evaluación, mediante la identificación de especies y la valoración de impactos, y posteriormente se elaborará un programa de control y/o erradicación, en las etapas tempranas de la invasión.

**Valor umbral:** Detección de ejemplares de especies invasoras exóticas.

**Medidas aplicables:** Evaluación, valoración de impactos y elaboración de un programa de control y/o erradicación, en las etapas tempranas de la invasión.

### 10.4. REMISIÓN DE RESULTADOS DEL PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL

No se ha encontrado ninguna dificultad merecedora de ser mencionada en el presente apartado.

## 11. CONCLUSIÓN

Las acciones impactantes sobre el medio, esencialmente sobre el suelo, la vegetación y los espacios naturales, se producen principalmente en la fase de ejecución, provocando una serie de impactos de poca intensidad y reversibles una vez que cesa la acción que los provoca. Por ello, estos impactos se consideren de poca incidencia, siempre y cuando se apliquen las medidas preventivas y correctoras definidas.

En fase de explotación, la mayor parte de estos impactos desaparece y los que se mantienen, relacionados con la presencia de la parte superficial de la pantalla de micropilotes, son de magnitud muy reducida gracias a las medidas de restauración ecológica y paisajística. Por otra parte, además de la estabilización de la ladera, producirá efectos ambientales positivos sobre los suelos y sobre la calidad del hábitat humano.

Atendiendo a las características del medio y los impactos que se pueden generar, se concluye que el proyecto analizado es viable, siempre y cuando se lleven a cabo las medidas correctoras propuestas y se desarrolle correctamente el control y seguimiento de las mismas.

**ANEJO Nº 7.- OCUPACIÓN DE TERRENOS**

Proiektuko lur-zatiaren zk.	Egoera	Izen-abizenak	Helbidea / Udalerrria	Atxikitako azalera Superficies Afectadas		Aprobetxamendua	Atxikitako ondasuna	Katastroko datuak Datos Catastrales		
				Desjabetuta Expropiación	Aldi baterako okupazioa Ocupación temporal			Izaera Naturaleza	Poligonoa Polígono	Lur-zatia Parcela
1	-	Almudena de Arteaga y de Alcazar	Avda. del Comandante Franco, 19 – Madrid, Comunidad de Madrid	2730,00 m <sup>2</sup>	-	Frondosas	-	Landalurra / Rústica	8	078



# RESUMEN DE PRESUPUESTO

ESTABILIZACIÓN DEL DESLIZAMIENTO DEL RELLENO SITUADO ENTRE LOS P.K. 52,780 Y 53,050 DE LA CARRETERA GI-2120 EN  
LIZARRUSTI, ATAUN

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	ACTUACIONES PREVIAS .....	12.961,00	2,15
02	ESTABILIZACIÓN - PANTALLA DE MICROPILOTES ANCLADA.....	437.197,43	72,64
03	REPOSICIONES.....	51.537,77	8,56
03.01	FIRME .....	37.538,43	
03.02	ELEMENTOS DE CONTENCIÓN .....	10.322,46	
03.03	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y PLANTACIONES .....	3.676,88	
04	AUSCULTACIÓN .....	8.011,48	1,33
05	INTEGRACIÓN AMBIENTAL.....	60.479,57	10,05
05.01	MEDIDAS CORRECTORAS.....	7.126,16	
05.02	REVEGETACION.....	49.717,61	
05.03	PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	3.635,80	
06	GESTION DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION .....	18.597,11	3,09
07	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	13.110,92	2,18
07.01	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	260,60	
07.02	EQUIPOS DE PROTECCIONES COLECTIVAS.....	832,50	
07.03	DELIMITACIÓN FÍSICA Y DEFENSAS.....	4.664,00	
07.04	SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO.....	5.274,11	
07.05	SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES.....	445,02	
07.06	EXTINCIÓN DE INCENDIOS .....	116,60	
07.07	MANO DE OBRA DE SEGURIDAD Y SALUD.....	1.518,09	
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>			<b>601.895,28</b>
13,00 % Gastos generales.....			78.246,39
6,00 % Beneficio industrial .....			36.113,72
Suma.....			114.360,11
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>			<b>716.255,39</b>
21% IVA.....			150.413,63
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>			<b>866.669,02</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y SEIS MIL SEISCIENTOS SESENTA Y NUEVE con DOS CÉNTIMOS

San Sebastián, enero de 2025.

Ing. Caminos, Canales y Puertos

Ing. Caminos, Canales y Puertos

FDO.:SUSANA LUZURIAGA MOCOROA

FDO.:ALEXANDER GALLASTEGI URIARTE