

UNIVERSIDAD DE OVIEDO



Universidad de Oviedo

# ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETRA DE ACCESO AL BARRIO ISUSKITZA DESDE LA BI-2704, PLENTZIA, BIZKAIA

---

Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica

**SARA GOROSTIZA SAMPEDRO**

**Julio 2022**

TRABAJO FIN DE MÁSTER

## **AGRADECIMIENTOS**

Me gustaría expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que han facilitado y me han ayudado a poder llevar a cabo este trabajo:

- En primer lugar, agradecer a mi tutor Carlos López Fernández y cotutor Jose Batiz Gangoiti, por haberme dado la facilidad y autonomía para llevar a cabo este trabajo y por todas las recomendaciones dadas en el proceso.
  - También agradecer a Luis Pedro Fernández González, por toda la ayuda ofrecida en cualquier momento. Mil gracias de nuevo.
  - Por último, que no menos importante, agradecer a la empresa Técnica y Proyectos S.A. (TYPESA) por facilitarme llevar a cabo este trabajo con total autonomía y por haberme dado la oportunidad de iniciarme como geóloga junior en proyectos y obra.
-

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
<b>2. EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN</b>	<b>2</b>
2.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO	2
2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO	3
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>6</b>
3.1. REVISIÓN DOCUMENTAL	6
3.2. TRABAJO DE CAMPO	7
3.3. TRABAJO DE GABINETE	7
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>9</b>
4.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	9
4.1.1. Litología	9
4.1.2. Estructura	13
4.2. UNIDADES GEOTÉCNICAS	14
4.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	15
4.4. INVENTARIO DE TALUDES	15
4.5. INESTABILIDADES	16
4.6. PATOLOGÍAS DEL FIRME	18
4.7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	20
4.7.1. Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos	20
4.7.2. Análisis de estabilidad frente a roturas planares	24
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>27</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>28</b>

## ANEXOS

### **ANEXO I. Mapa geológico-geotécnico**

#### **Apéndice 1. Mapas generales 1:1000**

#### **Apéndice 2. Mapas de detalle de taludes**

### **ANEXO II. Datos estructurales**

### **ANEXO III. Inventario de taludes**

### **ANEXO IV. Fichas de afloramientos en ladera**

### **ANEXO V. Cálculos de estabilidad**

#### **Apéndice 1. Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos**

#### **Apéndice 2. Análisis de estabilidad frente a roturas planares**

---

## RESUMEN

La urbanización de Isuskitzza, en Plentzia, sufre de recurrentes inestabilidades y patologías en su carretera de acceso, así como en las estructuras de la propia urbanización. Situada en el meandro de la desembocadura de la ría de Plentzia con el mar Cantábrico, la carretera cuenta con un trazado sinuoso a media ladera, generando sucesivos taludes que interceptan materiales del Complejo Supraurgoniano de la cuenca Vasco-Cantábrica, así como varios depósitos superficiales del cuaternario. Algunas de las patologías observadas durante la investigación atienden al escaso mantenimiento de las estructuras, mientras que la mayoría son derivadas de las inestabilidades de la laderas y de los taludes de la carretera. Dada la recurrencia y gravedad de los daños originados, se pretende llevar a cabo un estudio geotécnico inicial a fin de concretar el estado actual de la carretera de acceso, a fin de tomar las medidas de estabilidad apropiadas.

## ABSTRACT

The urbanization of Isuskitzza, in Plentzia, suffers from recurring instabilities and pathologies in its access road, as well as in the structures of the urbanization itself. Located in the meander of the mouth of the Plentzia estuary with the Cantabrian Sea, the road has a sinuous layout halfway up the hillside, generating successive slopes that intercept materials from the Supraurgonian Complex of the Basque-Cantabrian basin, as well as various surface deposits from the quaternary. Some of the pathologies observed during the investigation attend to the poor maintenance of the structures, while the majority are derived from the instabilities of the landscape and the slopes of the road. Due to the recurrence and severity of the damage caused, it is intended to carry out an initial geotechnical study to specify the current state of the access road, in order to take the appropriate stability measures.

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este informe presenta un Trabajo de Fin de Máster del Máster Universitario en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica impartido en la Facultad de Geología de la Universidad de Oviedo, por el que se lleva a cabo un estudio geotécnico de la carretera de acceso al barrio Isuskitzza desde la BI-2704 (Plentzia, Bizkaia).

La urbanización situada en el barrio de Isuskitzza ha sido objeto de estudios previos debido a diversos problemas de índole geotécnico sucedidos a lo largo del tiempo, tanto en la propia urbanización como en las carreteras de acceso. Sin embargo, las medidas adoptadas se han centrado en el enclave de la propia urbanización dejando de lado las sucesivas problemáticas de los accesos. Por lo tanto, se da que el área de estudio engloba un trazado que carece de información desde un punto de vista geotécnico y la investigación geológica recopilada corresponde a mapas de escala media, máximo de 1/25.000, que aportan un conocimiento inicial como punto de partida.

En este trabajo se busca realizar un estudio más detallado de la zona en lo referido a aspectos geológicos y geotécnicos del trazado. Para ellos, se realiza un inventario de los taludes que facilite el manejo de la información obtenida, en el que se engloben características geométricas, geológicas y las diversas inestabilidades y patologías en estructuras adyacentes que se observen. De igual forma, se realiza una cartografía geológico-geotécnica del trazado. También, se busca realizar un estudio más detallado en aquellos casos críticos que lo precisen y se propondrán medidas estabilizadoras provisionales.

El conocimiento del estado actual de la carretera de acceso desde un punto de vista geotécnico podría ser de gran utilidad para futuras actuaciones, parciales en los puntos más problemáticos o globales de todo el trazado.

## 2. CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

### 2.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO

La urbanización de Isuskitza, o también conocida como urbanización del Abanico de Plentzia, se encuentra en el municipio de Plentzia, al norte de Bizkaia (Fig. 2.1)

El término “abanico” se lo otorga la disposición de la urbanización, ya que ésta ocupa un relieve alargado de eje principal N-S, en una zona de meandro de la ría de Plentzia, en la desembocadura del río Butrón hacia el Mar Cantábrico. La toponimia viene dada por el monte Isuskitza, de 216 m de altura situado al S-SW de la urbanización.

La urbanización cuenta con dos accesos principales por carretera, que se ramifican desde la carretera BI-2704. Cabe destacar que también es posible el acceso a algunas propiedades privadas desde pistas forestales del monte. El acceso por carretera a la zona sur de la urbanización comienza aproximadamente en el PK 21+440, mientras que el acceso para la zona norte comienza en el PK 22+600.

El acceso norte, objeto de estudio en este trabajo, cuenta con 1610 m de longitud y se encuentra en la parte baja a media de la ladera NW a NE del monte. El trazado de la carretera es paralelo en su inicio al río Kukutza y posteriormente paralelo al trazado de la ría hacia aguas arriba.

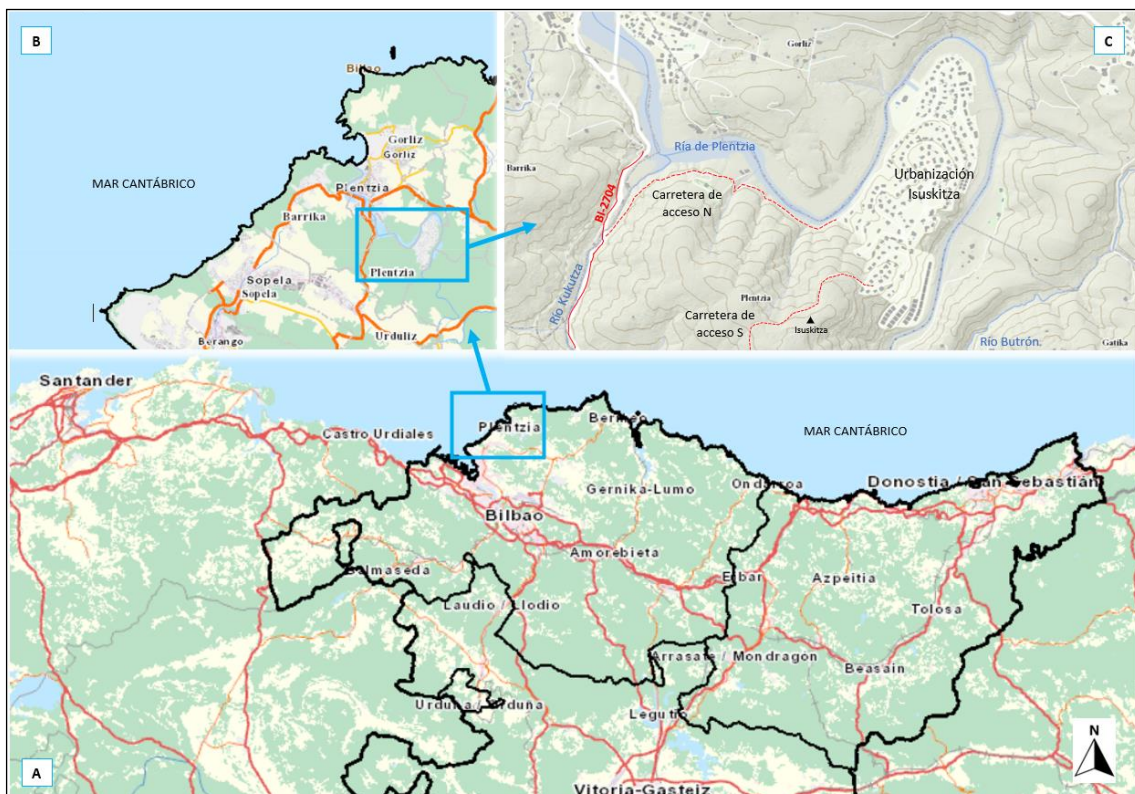


Figura 2.1. Situación geográfica de la urbanización Isuskitza, mostrada en polígono azul. Las imágenes se obtienen desde el portal visor web GeoEuskadi. A: emplazamiento del municipio de Plentzia en el País vasco, en cartografía básica. B: detalle anterior del municipio de Plentzia. C: Detalle de la urbanización Isuskitza y la carretera de acceso, en cartografía y relieve.

## 2.2. CONTEXTO GEOLÓGICO

La urbanización de Isuskizta se sitúa geológicamente en las estribaciones occidentales de los Pirineos, dentro de la Cuenca Vasco-Cantábrica, en el denominado Arco Vasco, al norte del Sinclinatorio de Bizkaia, concretamente en el flanco norte (Fig. 2.2).

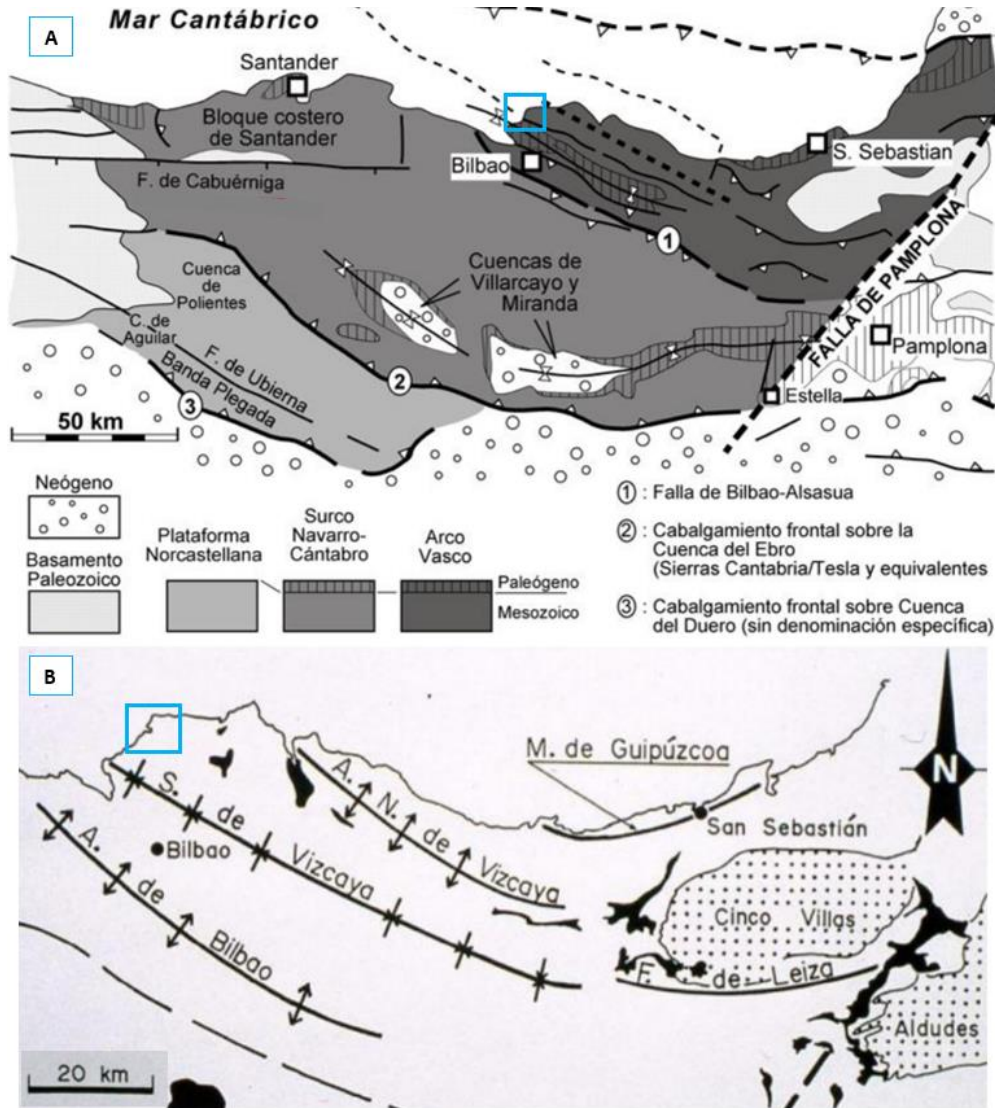


Figura 2.2. Encuadre geológico estructural de la zona de estudio, mostrada en polígono azul. A: división de la Cuenca Vasco-Cantábrica en sus estructuras principales, editado de Vera 2004. B: detalle del Arco Vasco con sus estructuras principales, editado de Cuevas et al. 1999.

Los materiales rocosos aflorantes en esta zona son del Cretácico y del Terciario, y están estructurados según directrices generales NW-SE, concordantes con las estructuras regionales más importantes de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Según la cartografía geológica consultada de la zona correspondiente a la Hoja 37-IV de Getxo (Garrote et al., 1993), estos materiales forman parte del Sector Gernika dentro de la unidad de Oiz y corresponden al Complejo Supraurgoniano del Albiense Superior y se conforman por areniscas y limolitas sobre los que se depositan suelos de diverso origen (Fig. 2.3).

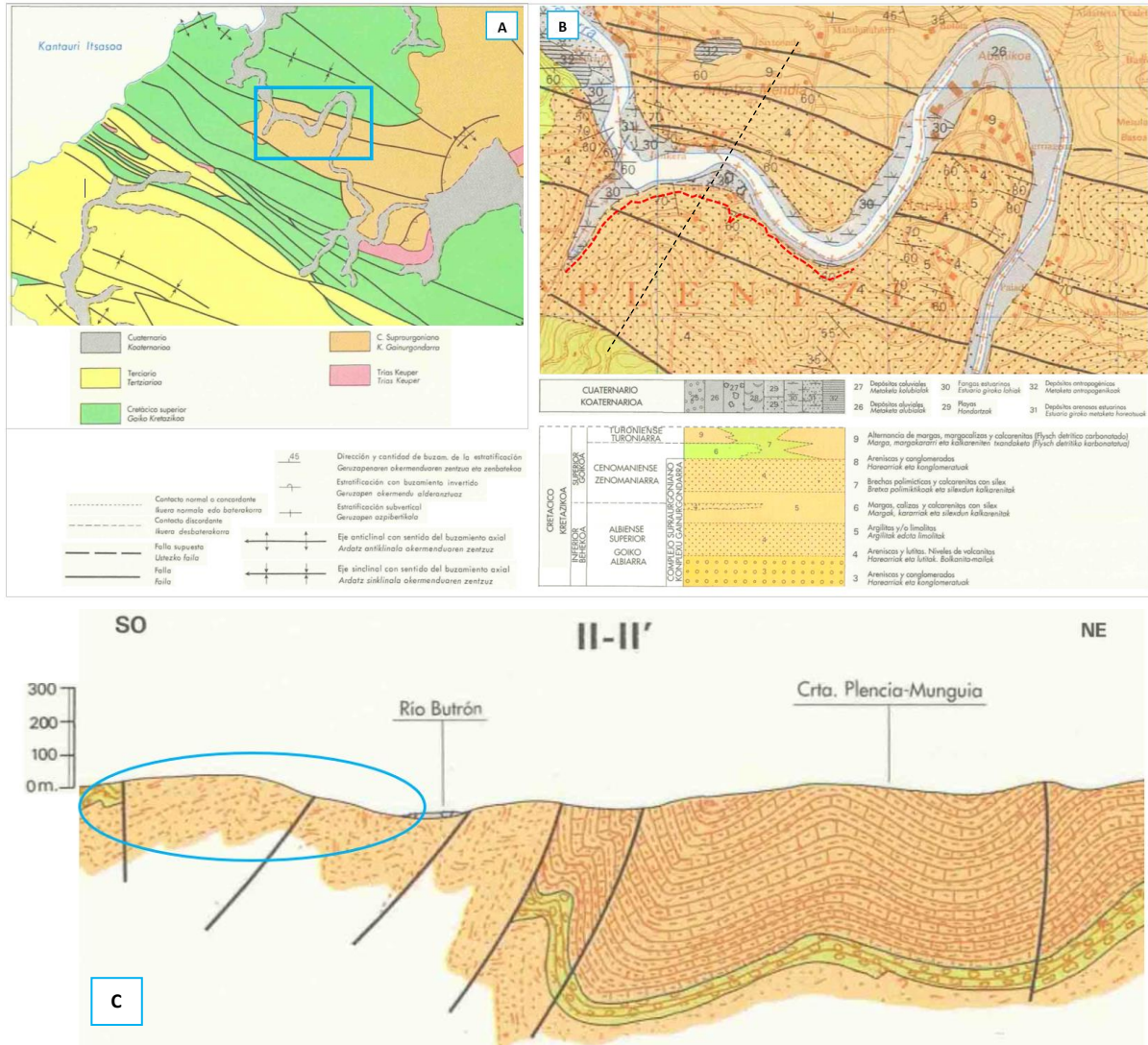


Figura 2.3. Encuadre geológico, editado de la Hoja 37-IV de Getxo (Garrote et al., 1993). A: esquema geológico general del NE de Bizkaia donde se resumen los materiales principales. La zona de estudio se muestra en polígono azul. B: esquema geológico local del área de estudio. El trazado de la carretera se muestra en línea discontinua roja. C: corte geológico del perfil II-II' que atraviesa el área de estudio, señalada en círculo azul.

A continuación se describen los materiales aflorantes en la zona de estudio:

- Areniscas y lutitas con niveles volcánicos: se trata de una alternancia en general en porcentaje similares de niveles de lutita y arenisca, estructurados en centimétricos a decimétricos alternantes, asociados a aseries turbidíticas.

Las areniscas forman cuerpos lenticulares con desarrollo lateral de decenas de metros, aflorando aparentemente en estratos tabulares. Su composición principal se basa en granos subredondeados de cuarzo en tamaño arena fina a media, aunque puntualmente también se puedan observar niveles de microconglomerados, con cemento silíceo a carbonatado y abundante mica blanca y granos de feldespato dispersos. En muestra no alterada se observan en coloraciones grises y blancas, aunque el aspecto general dada la oxidación y alteración muestra tonos amarillentos y beis.

Las lutitas están compuestas por materiales detrítico de grano fino en tamaño limo o arcilla. Contienen abundante materia orgánica dispersa aunque puntualmente puedan observarse niveles



milimétricos a centimétricos de aspecto carbonoso. También abundan los sulfuros dispersos y puntualmente concentrados en nódulos. En general se muestran en colores oscuros aunque los niveles más potentes presentan tonalidades más claras entre grises y pardo-amarillentas. Asociadas a estos materiales aparecen niveles milimétricos de tobas finas.

Este complejo muestra frecuentemente niveles de intrusiones volcánicas básicas del Santoniense a modo de sils y asociados otras veces a zonas de fallas que se estructuran frecuentemente de forma subparalela a la estratificación.

En base a los datos consultados se espera encontrar estos materiales casi en la totalidad de los afloramientos del trazado.

- Argilitas y/o limolitas: conforman esta litofacies aquellos tramos con un claro predominio de los materiales lutíticos. En estos tramos se alternan estratos milimétricos de areniscas y algunos horizontes ferruginosos. También se alternan rocas volcánicas interestratificadas.

En base a la cartografía consultada se espera encontrar afloramientos de estos materiales en el tramo final del trazado.

- Depósitos eluviales: dada la evolutividad de los materiales rocosos citados antes, especialmente en el caso de las limolitas o los tramos de areniscas y lutitas asociadas a fallas, es posible encontrar espesores relevantes de estos materiales, en torno a 1 a 2 m de espesor, a lo largo de toda la superficie.
- Depósitos coluviales: se agrupan materiales diversos aunque se generalizan dos grupos, coladas de barro y acumulaciones de bloques silíceos subredondeados con abundante matriz arcillosa. Las patologías que se observan a lo largo del vial, así como las sucesivas inestabilidades que se conocen en las inmediaciones, hacen prever la aparición de coluviales en aquellas laderas prolongadas con problemáticas recurrentes.
- Depósitos aluviales: acumulaciones de materiales subredondeados a redondeados, de granulometría heterométrica y amplia variabilidad lateral y vertical de los depósitos. Cuando estos materiales afloran en terrazas, presentan abundantes gravas redondeadas, parcialmente cementadas y con menos proporción de finos. Estos depósitos, son comunes en la zona, por lo que cabe esperar afloramientos en los tramos de topografía llana situados en laderas.
- Depósitos antropogénicos: se trata de acumulaciones de materiales heterogéneos y heterométricos, comúnmente correspondientes a escombreras o vertederos, incluyéndose también rellenos para obras civiles. Por ende, cabe esperar estos materiales en las inmediaciones de las construcciones de la propia urbanización y viales de acceso.

### 3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se plantean tres etapas, resumidas en el siguiente esquema (Fig. 3.1).

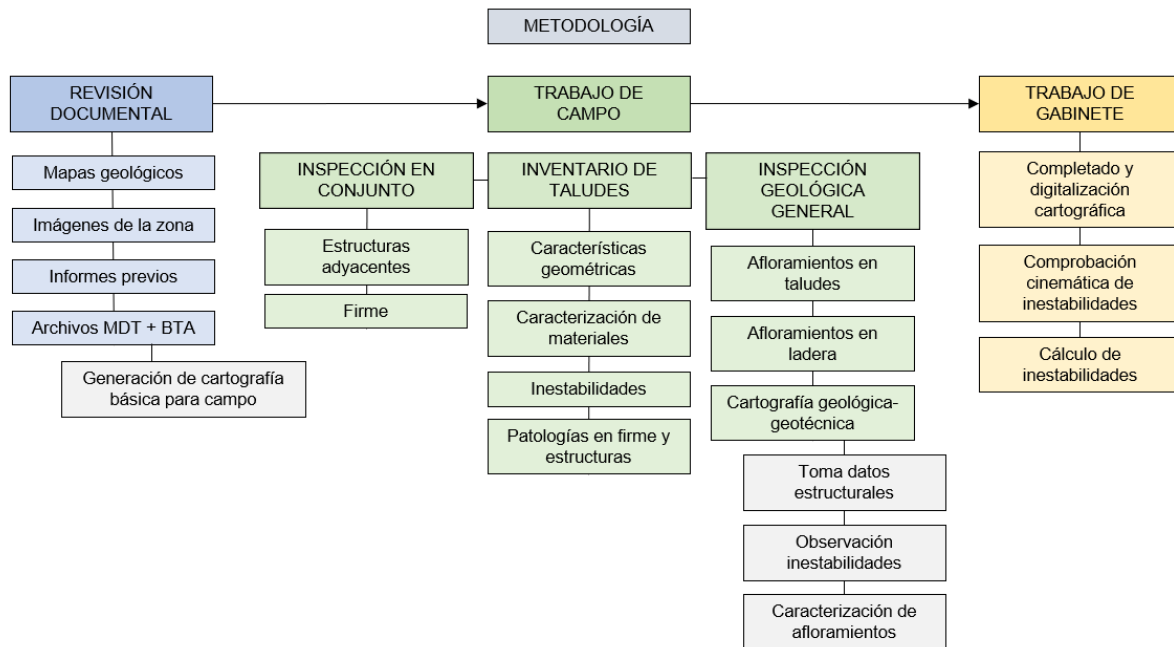


Figura 3.1 – Esquema de la metodología planteada.

A continuación se describen las tres fases principales.

#### 3.1. REVISIÓN DOCUMENTAL

Se lleva a cabo una localización general de la zona de estudio. Para ello se consulta la Hoja 37-IV (Getxo) a escala 1:25.000 del EVE.

- Mapa Geológico del País vasco a escala 1:25.000 del EVE
- Mapas geológicos en formato Gis del Geovisor del portal web de Geoeuskadi

Posteriormente se hace una visualización de la zona mediante ortofotos y comparador de ortofotos de GeoEuskadi a fin de encontrar variaciones significativas en el trazado que pudiesen indicar inestabilidades relevantes, así como búsqueda de imagen actual mediante Street View de Google Maps. Cabe destacar que mediante la comparación de ortofotos las conclusiones obtenidas pueden resultar deficientes dada la baja calidad y resolución de las imágenes más antiguas.

También se realiza una consulta de trabajos previos realizados en la zona. Algunos de estos informes previos son parciales, de los que solo se han obtenido las testificaciones de catas y sondeos. Los trabajos consultados son los siguientes:

- Estudio, control y seguimiento geológico-geotécnico de los deslizamientos de la ladera en el abanico de Plentzia (Bizkaia). TYPESA, 2017.
- Estudio de estabilidad del vial. Larrea, 2021.

- Estudio de las causas y soluciones para el deslizamiento de la carretera de la urbanización El Abanico de Plencia del 11 de febrero de 2004. Lurgintza, 2004.

Por último, se realiza una cartografía de curvas de nivel partiendo de modelos digitales del terreno y base topográfica armonizada mediante el software ArcMap. Sobre esta cartografía imprimida se levantará la cartografía geológico-geotécnica en campo y posteriormente servirá como base a la cartografía digitalizada.

### 3.2. TRABAJO DE CAMPO

Se lleva a cabo una primera inspección en conjunto con un grupo interdisciplinar para la observación de patologías en estructuras o edificaciones y viales, con el fin de determinar previamente si el origen de las patologías observadas en la carretera pudiese ser por inestabilidades en el terreno y/o errores en la construcción de la explanada y/o firme y estructuras adyacentes.

Posteriormente, se realiza una visita individual a fin de llevar a cabo una inspección detallada de los afloramientos en los taludes de la propia carretera así como de pistas forestales adyacentes.

Se levantará una cartografía geológica-geotécnica en base a los afloramientos de la propia carretera así como de pistas forestales adyacentes, que se analizarán mediante caracterización de los materiales y toma de datos estructurales con la brújula silva, así como caracterización geomorfológica del terreno.

Para obtener los parámetros geotécnicos in situ se propone utilizar el martillo de geólogo para los afloramientos rocosos en base a las tablas de índices de campo según la ISMR y el manual de campo del IGME (Ferrer, M. y González de Vallejo, L.I., 1999).

Además, se realiza un inventario de taludes del trazado de la carretera. Se inspeccionará la propia cara del talud, coronación y laderas naturales adyacentes en busca de inestabilidades y deformaciones, así como indicios de inestabilidades previas. Para facilitar el posterior manejo de datos, se realizan fichas de inspección para cada talud.

### 3.3. TRABAJO DE GABINETE

En este punto se completa la cartografía geológica en base al margo geológico regional, interpretando aquellas zonas donde no haya sido posible caracterizar in situ los materiales y estructuras, para posteriormente digitalizar la cartografía geológica-geotécnica mediante el software ArcMap.

También, se realizará un análisis de estabilidad en los taludes más críticos que se hayan observado durante a inspección, en base al cual se propondrán medidas estabilizadoras. Para el análisis de estabilidad se empleará el método de equilibrio límite. Mediante este método se analiza el equilibrio de una masa potencialmente inestable, y consiste en comparar fuerzas tendentes al movimiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura. Se basa en:

- La sección de una superficie teórica de rotura en el talud.
- El criterio de rotura de Mohr Coulomb.
- La definición de coeficientes de seguridad.

Para los análisis de estabilidad en laderas con suelos se empleará el programa Slide v.5.0 de la casa RocScience, que analiza las superficies de deslizamientos circulares más desfavorables, considerando que el equilibrio límite tiene un coeficiente de Factor de Seguridad (F.S.) igual a 1 y mostrando la superficie de rotura con el menor F.S. Se han escogido los siguientes métodos de cálculo:

- Bishop Simplificado.
- Jambu Simplificado.
- Morgenstern-Price.

Para los análisis de estabilidad en taludes en roca se emplearán los siguientes programas de la casa RocScience, en base a la tipología de rotura que se identifique:

- Dips v.7.0: para realizar un análisis cinemático de las posibles inestabilidades.
- RocPlane v.2.0: para la simulación de roturas planares.

## 4. RESULTADOS

La carretera de acceso de acceso a la Urbanización Isuskiza parte desde el PK 22+600 de la carretera nacional BI-2704. Cuenta con 1610 m de longitud hasta el acceso principal y privado de la urbanización de dicho barrio. A lo largo del trazado también se observan varios puntos donde se inician accesos secundarios a pistas forestales (PK 0+240) y propiedades privadas (PK 0.240, PK 0+700 y PK 0+875).

El trazado discurre con curvaturas variables, aunque por lo general de radios pequeños, que se amoldan a la topografía de la ladera. La pendiente observada es suave a lo largo del recorrido con una máxima del 3.5%. Comienza a cota de 12 m.s.n.m y alcanza el punto más elevado en el PK 0+500 a 31 m s.n.m para mantenerse horizontal hasta el PK 0+800 donde comienza a disminuir hasta el acceso general situado a 10 m.s.n.m.

La anchura general del vial se encuentra en los 5 m y varía entre una mínima de 4,35 m en el PK 0+950 hasta un máximo de 8,25 m de un sobreebanco en torno al PK 0+150.

De forma generalizada, la carretera fue construida con la ejecución de desmontes en el lateral derecho y con rellenos en el lateral izquierdo, aunque no se descarta que algunas zonas se ejecutasen únicamente con desmontes. También se observan puntos de rellenos en las vaguadas, las cuales se han canalizado mediante drenajes transversales. Se desconoce la tipología y origen de los materiales utilizados para ejecutar los rellenos.

### 4.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

#### 4.1.1. Litología

A partir de datos obtenidos en los afloramientos se ha podido establecer una composición más detallada de la geología local, que se muestra en los mapas geológico-geotécnicos adjuntos como anexos (Anexo I).

Prácticamente la totalidad del vial se asienta sobre una alternancia de areniscas silíceas y limolitas. De forma general en esta alternancia predomina una proporción similar de areniscas, en potencias que oscilan entre los 3 a 15 cm y geometría tabular, y las limolitas que aparecen intercaladas en espesores de milimétricos a centimétricos por lo general intensamente alteradas. En la siguiente imagen (Fig. 4.1) se muestra un ejemplo de este tipo de afloramientos.



*Figura 4.1. Detalle de afloramientos con alternancia de areniscas tableadas y limolitas en alternancia centimétrica.*

Puntualmente se observan tramos donde la intercalación de ambas litologías se muestra milimétrica y la estructura general aparece laminada, ondulada y con una mayor fracturación (Fig. 4.2), así como mayor alteración generalizada. En estas zonas los estratos de areniscas se observan discontinuos y fracturados.



*Figura 4.2. Detalle de intercalación milimétrica de areniscas y limolitas laminadas y onduladas.*

También se observan tramos con predominio de niveles limolíticos. En las siguientes imágenes (Fig. 4.3) se observa esta litología ligeramente alterada en tonalidades gris oscura e intensamente alterada, prácticamente equivalente a suelos arcillosos muy húmedos con abundante materia orgánica, en colores violáceos oscuros a marrón.



*Figura 4.3. Detalle de tramos limolíticos ligeramente alterados (izquierda) e intensamente alterados (derecha).*

En dos zonas del trazado afloran tramos con predominio de areniscas en estratos de potencia centimétrica a decimétrica, que aparecen sanas a ligeramente alteradas (Fig. 4.4). Se trata de estructuras de varios metros de grosor en geometría lenticular asociados a lóbulos del sistema turbidítico que forma toda la serie. Estos afloramientos forman mayores relieves debido a la mayor competencia de los paquetes de arenisca respecto a los materiales adyacentes.



*Figura 4.4. Detalle de estratos de arenisca sanas a ligeramente alteradas que forman cuerpos lenticulares.*

Todas estas litologías muestran en mayor o menor medida suelos eluviales asociados al macizo rocoso del que provienen. De esta forma se diferencian dos suelos de origen eluvial principales. Por un lado, se observan afloramientos de suelos arcilloso a arenoso, con partículas de micas y consistencia dura y firme en colores ocres y marrón claro. Estos suelos corresponden a la alteración de la alternancia de areniscas y limolitas (Fig. 4.5).



*Figura 4.5. Detalle de suelos arcillo-arenosos firme en colores ocres a marrón claro.*

También se observan suelos arcillosos blandos y muy húmedos con abundante materia orgánica, en colores violáceos oscuros a marrón oscuros, asociados a la alteración de los tramos principalmente limolíticos (Fig. 4.6).



*Figura 4.6. Detalle de suelos arcillosos blandos con abundante materia orgánica y humedad.*

En los afloramientos de los taludes del inicio del trazado, así como los que se encuentran en las pistas forestales, se observan coluviales formados por suelos arcillosos blandos a duros, color marrón claro y humedad variable. Intercala clastos centimétricos de areniscas tableadas marrón-ocre con pátinas negruzcas y bloques subangulosos decimétricos de calcarenitas gris claros (Fig. 4.7). Aquellos tramos con mayor humedad presentan inestabilidades a modo de caídas de bloques y abombamientos en la cara del afloramiento.

La limitación de las masas del coluvial se realiza mediante afloramientos en los taludes de la carretera y en afloramientos encontrados en las pistas forestales. De igual manera se han intentado reconocer deformaciones en la propia ladera con el fin de identificar aquellas zonas con movimientos recientes que se hayan podido reactivar. Todos los afloramientos de coluviales abarcan la totalidad de la altura del talud. Por ello, se estima que tienen un grosor mínimo de 4 m, aunque teniendo en cuenta



la continuidad que muestran en la ladera y la superficie que abarcan, este grosor podría superarse en varios metros.



Figura 4.7. Afloramientos de la masa de coluvial en taludes de la carretera (izquierdo) y de la pista forestal (derecho).

#### 4.1.2. Estructura

Se adjunta como anexo (Anexo II) una tabla donde se muestran todos los datos estructurales medidos del macizo rocoso.

La mayoría de las estructuras medidas son coherentes con lo esperado en base a la geología regional y muestran directrices NW-SE, tanto en las direcciones de la estratificación, ejes de pliegues y fallas y contactos concordantes entre las distintas litologías rocosas.

Se observan dos dominios estructurales principales (Fig. 4.8) separados por fallas cuya traza se posiciona con orientaciones NW-SE. La estructura predominante se rige por la disposición de la estratificación, siendo ésta la discontinuidad predominantes en todo el tramo.

- Dominio S-SW: gran parte de los afloramientos, entre los PKs 0+000-0+480 a inicio del tramo y los PKs 0+710-1+610 a final del tramo, se observa una disposición de la estructura con buzamientos hacia el S-SSE y buzamientos variables en un rango entre  $36^{\circ}$  y  $75^{\circ}$ .
- Dominio NW: el tramo central del trazado entre los PKs 0+480-0+710 muestra una disposición de la estratificación hacia el NW con orientación en torno a 60/315.

En base a la geología regional y los datos de campo medidos en los afloramientos, se estima que estos dominios se separan entre si mediante contactos mecánicos de tipo cabalgamiento, que en el trazado se interceptarían en torno a los PKs 0+230, 0+480 y 0+710. También se han medido orientaciones de la estratificación con buzamientos al N-NNW, que se asocian al flanco norte del sinclinal interpretado en el PK 0+180.

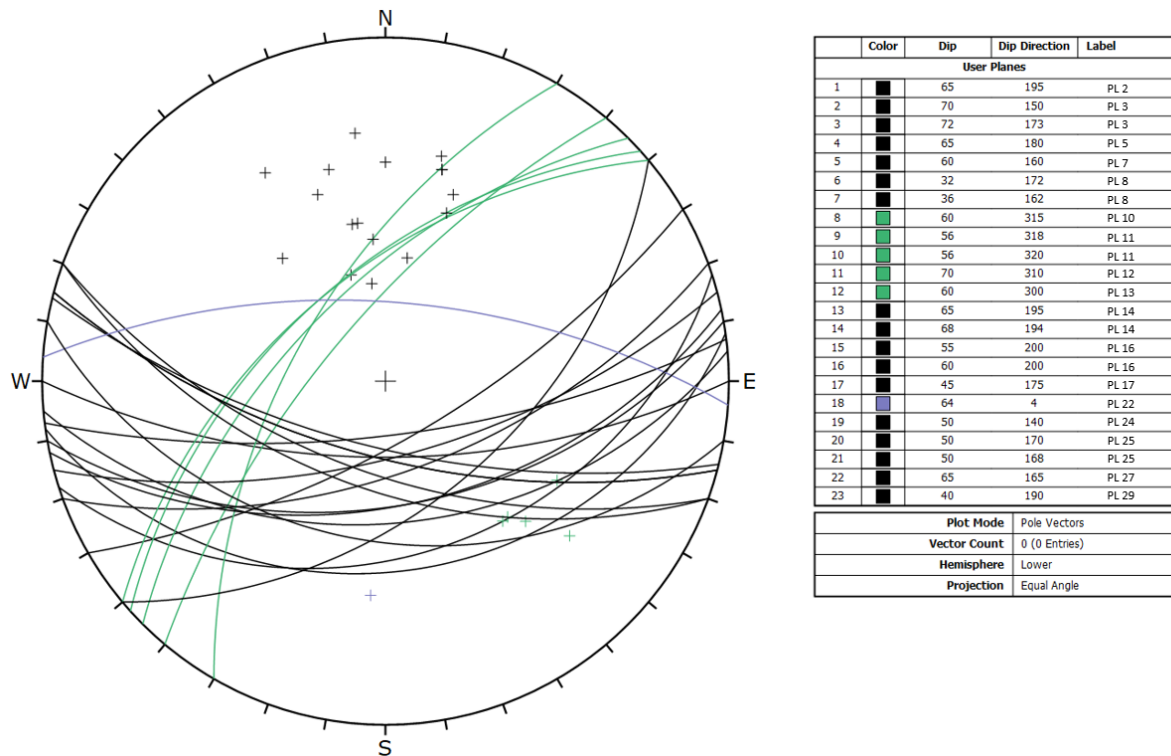


Figura 4.8. Proyección estereográfica de la estratificación medida en los puntos de lectura de los taludes y afloramientos de la ladera. Se observan dos orientaciones preferentes, la del dominio S-SW en color negro y la del dominio NW en color verde.

## 4.2. UNIDADES GEOTÉCNICAS

La determinación de las unidades geotécnicas se realiza en función de las características y comportamientos geológico-geotécnico similares observados en los afloramientos y también se ha tenido en cuenta el origen de los diversos materiales. Se han identificado las siguientes unidades geotécnicas:

- **Alternancia de areniscas y limolitas:** lo conforman los tramos rocosos de areniscas silíceas tabulares alternantes con limolitas, en potencias variables que por lo general se encuentran en GM-IV.
- **Limolitas:** lo componen los tramos rocosos con predominio de limolitas en GM-III-IV.
- **Areniscas:** formado por los cuerpos lenticulares de varios metros de ancho formados por areniscas de potencia centimétrica a decimétrica en GM-II-III.
- **Suelos arcillo-arenosos:** suelo eluvial que engloba los suelos arcillosos a arenosos, con partículas de micas y consistencia dura y firme en colores ocres y marrón claro. Estos suelos corresponden a la alteración de la alternancia de areniscas y limolitas.
- **Suelo arcillosos orgánico:** suelo eluvial correspondiente a la alteración de los tramos limolíticos. Se trata de suelos arcillosos blandos y muy húmedos con abundante materia orgánica, en colores violáceos oscuros a marrón oscuros.
- **Coluvial removilizado:** equivale a suelos arcillosos blandos y muy húmedos, en color marrón que intercala clastos centimétricos de areniscas tableadas y bloques subangulosos decimétricos de calcarenitas gris claros. Presentan abundantes deformaciones e inestabilidades de los bloques que contienen.

- **Paleocoluvial:** equivale a suelos arcillosos duros y algo húmedos a secos, en color marrón claro que intercala clastos centimétricos de areniscas tableadas y bloques subangulosos decimétricos de calcarenitas gris claros.
- **Derrubios:** suelos arcilloso a arenosos, de consistencia entre blanda y con grietas. Se observan bloques de areniscas de tamaño centimétrico, de color gris claro. Se compone de aquellos materiales observados a pie de talud que se acumulan por caídas.
- **Rellenos antrópicos:** formados por rellenos seleccionados y firme que principalmente se encuentran a lo largo de la carretera de acceso.

#### 4.3. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros geotécnicos que puedan utilizarse en el presente trabajo se basan en los datos obtenidos en trabajos realizados en la parte sur de la urbanización en 2017 (TYPESA, 2017) (Fig. 4.9), así como en datos obtenidos en trabajos previos realizados en materiales del Complejo Supraurgoniano.

INVESTIGACIÓN REALIZADA PARA EL ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LOS DESLIZAMIENTOS DE LADERA EN EL ABANICO DE PLENTZIA (BIZKAIA)

REFERENCIAS					ESTADO E IDENTIFICACIÓN								RESISTENCIA			ENSAYOS QUÍMICOS				
SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)			TIPO TERRENO	FORMACIÓN	DENSIDAD		HN (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			CORTE DIRECTO (CD)		COMPRESIÓN SIMPLE (qu)	Índice de acidez Baumann Gully (ml/kg)	Ión sulfato (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo seco)
		DE	A	MEDIA			Seca (kN/m <sup>3</sup> )	Aparente (kN/m <sup>3</sup> )		LL (%)	LP (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Fricción (°)			
SI-1	MI-1	3,00	3,60	3,30	Limos con algo de arena y gravas subangulosas silíceas de tonos ocres	Cuaternario: Coluvial	14,45	18,26	26,40	37,9	27,3	10,6	12,00	17,70	70,30	0,26	29,30	0,79		
SI-1	MI-2	6,25	6,85	6,55	Limolitas grises GM V. Suelo residual	Cuaternario: Eluvial	16,79	20,32	21,00	44,0	24,4	19,6	3,00	6,80	90,20	0,54	21,30	4,70		
SI-2	MI-1	1,50	2,10	1,80	Gravas subangulosas silíceas en una matriz areno-arcillosa de tonos ocres	Cuaternario: Coluvial	17,00	20,06	18,00	37,3	24,8	12,5	44,00	17,50	38,50	0,40	23,7	0,66	235	166

NUMERO DE DATOS	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1
VALOR PROMEDIO	16,08	19,55	21,80	39,73	25,50	14,23	19,67	14,00	66,33	0,40	24,77	2,05	235,00	166,00				
VALOR MÁXIMO	17,00	20,32	26,40	44,00	27,30	19,60	44,00	17,70	90,20	0,54	29,30	4,70	235,00	166,00				
VALOR MÍNIMO	14,45	18,26	18,00	37,30	24,40	10,60	3,00	6,80	38,50	0,26	21,30	0,66	235,00	166,00				
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	1,42	1,12	4,26	3,71	1,57	4,74	21,55	6,24	26,08	0,14	4,11	2,30	-	-				

Figura 4.9. Tabla resumen de los parámetros geotécnicos obtenidos de las muestras de los sondeos realizados en la zona oriental de la urbanización (TYPESA, 2017).

#### 4.4. INVENTARIO DE TALUDES

Se ha realizado un estudio de los diferentes taludes que se observan en el lateral derecho del trazado de la carretera de acceso, un total de once taludes (Tabla 1).

Se adjuntan en el Anexo III todas las fichas correspondientes a cada talud, donde se indican las características geométricas, los materiales geológicos que afloran y los datos estructurales medidos, las inestabilidades observadas tanto en el propio talud como en estructuras adyacentes y reportaje fotográfico.

TALUD	PK		LONGITUD (m)	ALTURA (m)			ORIENTACIÓN (dip/dip direccion)	PULTOS DE LECTURA (PL)	OBSERVACIONES
	INICIO	FIN		min.	max.	med.			
A	0+000	0+120	120	1,80	2,50	2,00	60/325 a 60/315	1, 2	Muro de mampostería (PKs 0+000-0+030). Deformado y roto.
B	0+120	0+220	100	1,60	3,00	2,50	60/270 a 75/280	3, 4	
C	0+270	0+300	30	1,50	3,00	2,50	60/290 a 70/305	5, 6	Cuneta de drenaje hormigonada a pie de talud. Obstruida.
D	0+350	0+370	45	2,00	2,00	2,00	70/295 a 70/310	7	
E	0+392	0+425	33	2,00	3,20	2,50	60/320 a 60/000	8	
F	0+440	0+550	100	2,50	4,50	3,50	65/310 a 65/325	9, 10, 11	
G	0+560	0+600	40	1,80	2,60	2,50	70/340	12	Patologías en firme.
H	0+610	0+700	90	2,30	2,70	2,50	60/320 a 60/015	13	
I	0+950	1+120	170	1,50	2,70	2,50	60/340 a 60/030	14, 15, 16, 28	
J	1+180	1+400	85	2,00	15,00	12,00	60/030	17, 29	
K	1+450	1+600	150	2,00	3,50	3,00	60/000 a 60/310	18, 19	

Tabla 1. Tabla resumen de los taludes revisados a lo largo del trazado. Se muestra para cada talud su ubicación en el trazado, su geometría, los puntos de lectura establecidos en cada uno y otras características relevantes que se hayan podido observar.

#### 4.5. INESTABILIDADES

A lo largo del trazado se observan numerosas inestabilidades tanto en los taludes como en las laderas en coronación. Estas inestabilidades observadas en los taludes a lo largo del trazado se agrupan en varios tipos:

- **Deformaciones:** abombamientos de la cara del talud, generalmente asociados roturas en suelos o roca intensamente alterada. En ocasiones, estas roturas se observan en la parte superior de los abombamientos incluso se aprecian grietas con apertura en la propia cara del talud (Fig. 4.10). Puntualmente, los abombamientos generan que el talud intercepte la cuneta de talud obstruyéndola. Estas deformaciones se observan principalmente a inicio del trazado, en los taludes A y B, favorecidos por inestabilidades en los coluviales que se interceptan y en los taludes C e I debido a pequeñas roturas en de la roca alterada.



Figura 4.10. Vista del abombamiento en la cara del talud I en el PK 0+980.

- **Caídas de bloques:** se observan abundantes chineos y bloques de diverso tamaño acumulados a pie de taludes y en cuneta de drenaje de pie a lo largo de todo el trazado. Los bloques de mayor tamaño se generan en las areniscas del talud J (Fig. 4.1), que afloran entre los PK 1+330 a 1+390 aproximadamente, debido a que predominan los estratos decimétricos descalzados por erosión diferencial.



Figura 4.11. Cicatriz de caída de bloques desde estratos en voladizo por la erosión diferencial entre las areniscas y las lutitas.

- **Rotura planar:** se observa un cicatriz de rotura planar reciente en el talud F (Fig. 4.12). La zona comprendida entre los PK 0+470 a 0+530 es geoméricamente susceptible de generar roturas planares. Concretamente, en el PK 0+510 se observa una cicatriz de una rotura planar reciente favorecida por la alteración de la roca y la presencia de suelos eluviales en coronación.



Figura 4.12. Vista de la rotura planar del talud F, en el PK 0+510.

- **Vuelco:** en la zona final del talud I (Fig. 4.13) se observa un tramo de 100 m de longitud, entre los PK 1+020 a 1+120, geoméricamente susceptible de generar vuelcos.



*Figura 4.13. Parte final del talud I, en el tramo susceptible de generar vuelcos. Se observan patologías a pie de talud y en margen del carril izquierdo.*

En coronación de los taludes abunda la vegetación, lo que dificulta la correcta observación de posibles inestabilidades. En la mayor parte del trazado los árboles están combados o inclinados hacia la excavación y únicamente en el tramo comprendido entre los PK 0+750 a 0+900 se observan pequeñas reptaciones en una cama a cota de excavación de la carretera.

#### 4.6. PATOLOGÍAS DEL FIRME

Se han observado diversas patologías en el firme de la carretera a lo largo de todo el trazado (Fig. 4.14), que en la mayoría de los casos, aparecen complementándose varias roturas. A grandes rasgos, se han identificado los siguientes tipos (MOPU, 1989):

- **Grietas longitudinales:** predominan en la zona central del vial entre los dos carriles. También se han observado en el eje central de alguna cuneta de drenaje de pie de talud. Se trata de grietas con trazado rectilíneo que por lo general cuentan con una continuidad de varios metros y hasta 2 cm de apertura en algunos puntos.
- **Grietas trasversales:** principalmente se han identificado en las cunetas de drenaje de pie de talud cuya continuidad abarca todo el ancho de la cuneta. La apertura es variable aunque predominan aperturas milimétricas inferiores 5 mm y se observa agua infiltrándose por las grietas. También se han observado grietas trasversales abarcando el ancho de la carretera.
- **Grietas circulares o parabólicas:** predominan en el margen exterior del carril izquierdo generando hundimientos.

- Grietas tipo “piel de cocodrilo”: se trata de grupos de grietas que generan una geometría de polígonos irregulares, que se asemeja a escamas de reptil. Suelen mostrar aperturas de 1 cm aproximado y hundimiento en la parte central del grupo de grietas. En algunos casos los trozos de asfalto que se aíslan entre las grietas y se desprenden del firme generando oquedades que posteriormente se reasfaltan. Por lo general, se generan cuando la escorrentía superficial se infiltra por grietas en el asfalto, lavando los rellenos y deteriorando el mallazo por oxidación y corrosión, para terminar generando un hundimiento y cuarteo del asfalto.
- Parcheos: reasfaltados puntuales aislados rellenando oquedades y zonas deprimidas del firme.
- Hundimientos: se identifican varias zonas con deformaciones de la carretera que generan hundimientos dando como resultado un trazado ondulado con baches.



Figura 4.14. Imágenes de las diferentes patologías observadas a lo largo del trazado.

Cabe destacar, que a lo largo del trazado se observan varios puntos donde las cunetas de drenaje están colmatadas por tierras y hojarasca depositada (Fig. 4.15). En estos puntos, el agua de las cuentas rebosa hacia el asfalto para terminar infiltrándose por las grietas de éste.



Figura 4.15. Vista del PK 1+100 del talud I. Se observa la cuneta de drenaje de pie de talud colmatada por hojarasca (círculo rojo) y escorrentía superficial (trayectoria azul) que parte de la cuneta hacia el margen del carril izquierdo, infiltrándose por las grietas.

#### 4.7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

A partir de las inestabilidades que se han identificado a lo largo del trazado se proponen dos tramos donde se realicen análisis de estabilidad:

- Talud A: se realiza un análisis de estabilidad frente al deslizamiento en la masa des coluvial situada al inicio del trazado, entre los PK 0+000 a 0+060 aproximadamente.
- Talud F: se realiza un análisis de estabilidad frente a roturas planares en el tramo comprendido entre los PK 0+470 a 0+530.

##### 4.7.1. Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos

El tramo comprendido entre los PK 0+000 a 0+060 está afectado por inestabilidades en la masa de coluviales. Estas inestabilidades se concentran principalmente en la parte inicial y en la parte final de la masa de coluvial, afectando a los tramos de talud entre los PK 0+000 a 0+015 al inicio y a los PK 0+035 a 0+060.

La sección tipo para el análisis se establece mediante el *Perfil A* (Fig. 4.16), que corta la carretera de forma transversal en el PK 0+045. En esta sección se han estimado las potencias de los materiales en base a las potencias medidas en los afloramientos y taludes cercanos a este punto, así como en los afloramientos observado en la ladera. De esta forma se estima un espesor de coluviales variable entre los 4 a 10 m en el punto de mayor grosor. En el contacto con el macizo rocoso, formado por una



alternancia de limolitas y areniscas, se estima una franja de roca intensamente alterada que varía entre los 1 y 3 m de potencia. El plano de deslizamiento se situaría en el contacto del coluvial con la roca alterada.

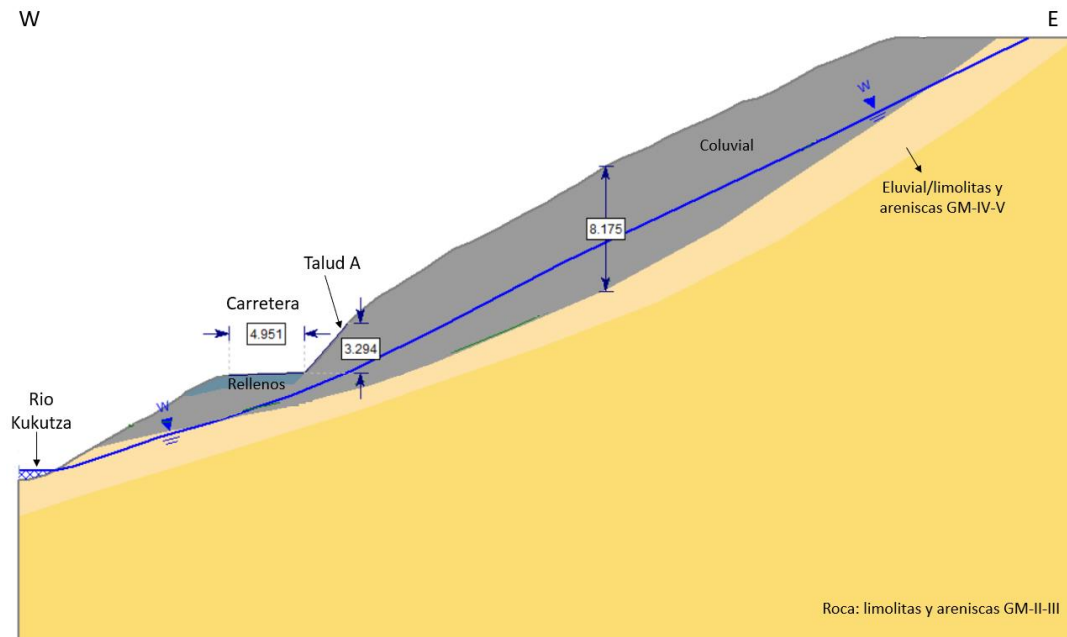


Figura 4.16. Perfil A, interpretado en base a los afloramientos de los taludes de la carretera y pistas forestales.

Para estos materiales se han utilizado los parámetros geotécnicos que se muestran en la siguiente tabla (Tabla 2). Se ha buscado simular la rotura a través de la masa de coluviales o a través del contacto con la roca alterada y eluviales, por lo que se ha estimado una resistencia infinita a la roca a fin de que no se simulen roturas a través de ésta.

MATERIALES	DENSIDAD APARENTE (kN/m <sup>3</sup> )	COHESIÓN c (kPa)	ÁNGULO DE ROZAMIENTO $\phi$ (°)
Rellenos	19,5	9	30
Coluvial	19	12	23
Limolitas y areniscas en GM-IV-V	20,3	17	30

Tabla 2. parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo de estabilidad.

Los parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo son el resumen de los datos obtenidos en las campañas geotécnicas realizadas en la parte sur de la urbanización. Para suplir las posibles variaciones en los parámetros que puedan darse (Fig. 4.17), se realizará un análisis sensitivo con el fin de determinar el parámetro que mayor relevancia y como afectan sus variaciones a la estabilidad (Fig. 4.18).

#	Material Name	Property	Distribution	Mean	Std. Dev.	Rel. Min	Rel. Max
1	Rellenos	Cohesion	Normal	9	2	2	8
2	Rellenos	Phi	Normal	30	2	5	5
3	Rellenos	Unit Weight	Normal	19.5	0.5	2	1
4	Coluvial	Cohesion	Normal	12	1	3	3
5	Coluvial	Phi	Normal	23	3	9	9
6	Coluvial	Unit Weight	Normal	19	0.5	1	0.5
7	Superficie de debilidad	Cohesion	Normal	5	1	2	2
8	Superficie de debilidad	Phi	Normal	13	1	3	2

Figura 4.17. Variación de los parámetros geotécnicos que se tienen en cuenta para el cálculo, a fin de obtener una mayor semejanza respecto a los parámetros reales.

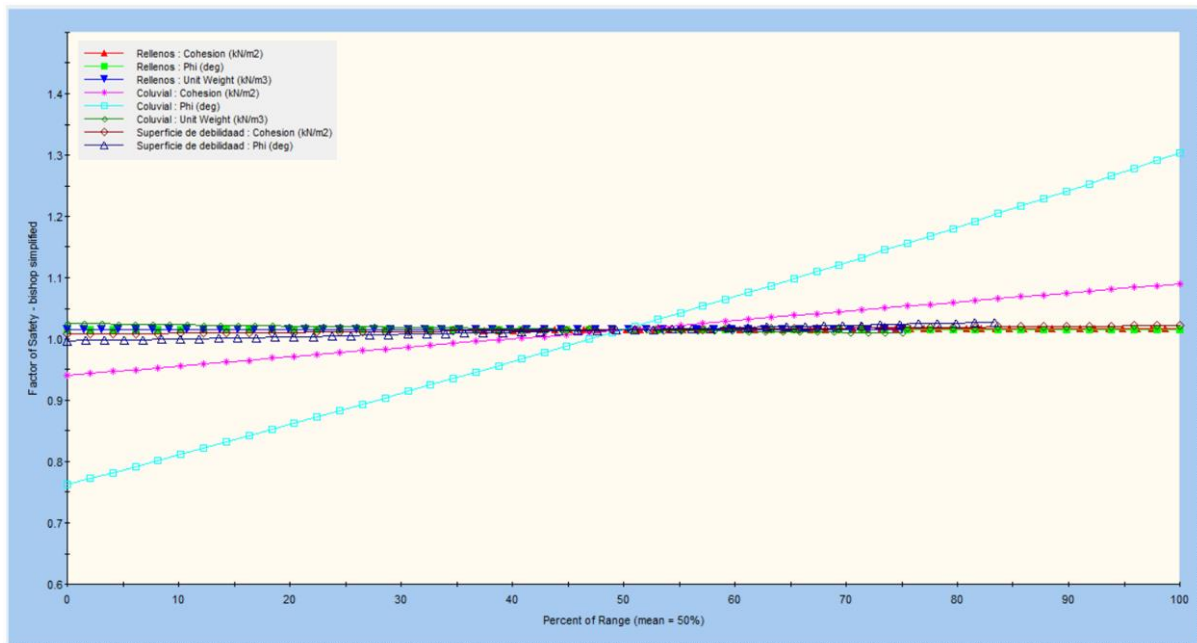


Figura 4.18. Gráfico con la variación de los parámetros respecto al incremento en el factor de seguridad de los materiales involucrados en la estabilidad.

Como se comprueba, las variaciones en la cohesión y el ángulo de rozamiento de la masa de coluvial son los parámetros que mayor relevancia tienen respecto a la estabilidad, ya que una disminución de éstos conlleva la disminución en el factor de seguridad. Estos dos parámetros son especialmente sensibles al incremento de la humedad del terreno, disminuyendo ambos conforme el material se satura. Por ello, en lo que respecta al nivel freático, se han simulado varias situaciones donde se varía el nivel.

Se incluye a continuación los resultados gráficos de los cálculos realizados, que se adjuntan al completo como anexos. En estos resultados se aprecia la geometría de las roturas tipo circulares cuya salida se generan en el contacto entre los suelos coluviales y la roca alterada en la base del nivel de coluvial (Fig. 4.19), así como la variación del factor de seguridad respecto al incremento del nivel freático (Fig. 4.20).

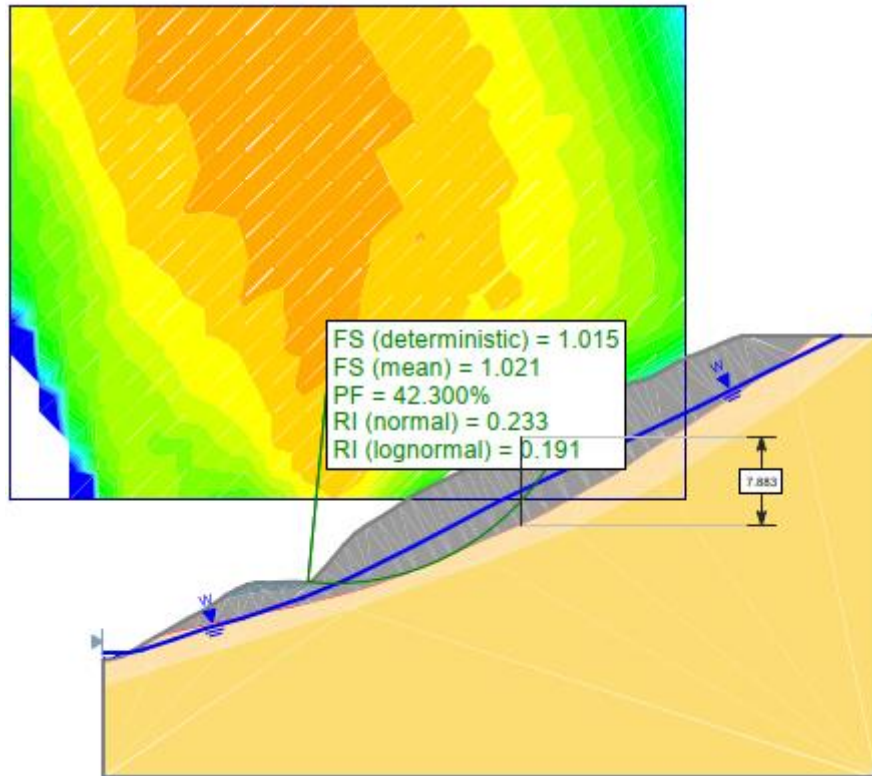


Figura 4.19. Salida gráfica del cálculo probabilístico inicial. Se ha simulado que el nivel freático transcurre variable por el contacto entre coluvial y eluvial ( $FS=1.015$ ).

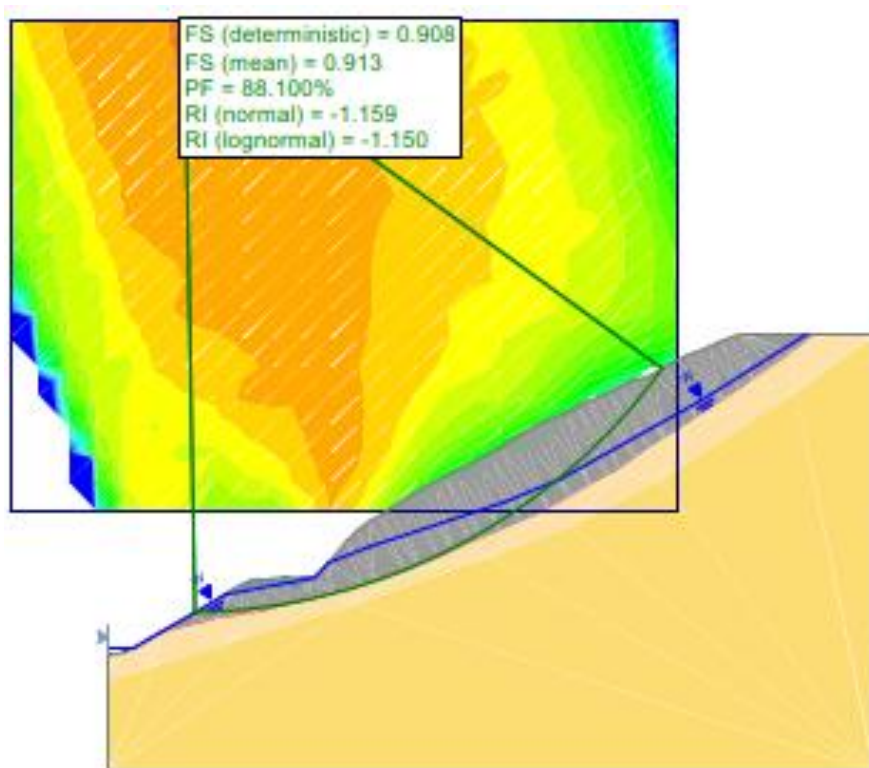


Figura 4.20. Salida gráfica del cálculo probabilístico con el nivel freático elevado. Se ha simulado que el nivel freático aflora a través de las grietas observadas en la cara del talud en el coluvial ( $FS=0.908$ ).

El sostenimiento de este tramo inicial se podría ejecutar mediante una pantalla de hincas de carriles, empotrando los carriles en niveles sanos de roca y ejecutando una viga de atado en la parte superior. También se podría plantear la ejecución de una escollera hormigonada en la cara del talud.

#### 4.7.2. Análisis de estabilidad frente a roturas planares

Se realiza un análisis cinemático con los datos recogidos en los puntos de lectura del talud F (Fig. 4.21). En este punto el talud muestra una orientación en curva que varía entre 65/310 a 65/325 y se conforma por una alternancia centimétrica a decimétrica de areniscas y limolitas alteradas en GM-IV. Concretamente, en el PK 0+510 se observa una cicatriz de una rotura planar reciente, favorecida por la alteración de la roca en GM-IV y alternancia de litologías y la presencia de suelos eluviales y roca muy alterada a GM-V en coronación.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACION	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTO	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.05	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2								2 A 6
10	S0	60	315												-	-	II	0-2	100	S	Alteración superficial que profundiza 1 cm. Discontinuidades secas.
	J1	45	195											-	-	0-2					
	J2	45	015											-	-	0-2					
11	S0	56	318											0,5	AA	IV	2-4	1-5	H	Caras de discontinuidades muy alteradas. S0 en apertura sin relleno en varios puntos. Humedad generalizada.	
	S0	56	320											0,5	-		2-4				
	S0	60	315											0,5	-		0-2				
	J1	58	149											1	-		4-6				
	J1	60	142											0,5	AA		4-6				
	J2	80	030											0,5	-		0-2				
	J3	80	110											0,5	-		0-2				

Figura 4.21. Extracto de la tabla de datos estructurales del macizo rocoso tomados en los puntos de lectura del talud F.

Como se puede observar en la proyección estereográfica (Fig. 4.22) realizada con los datos estructurales del talud F, utilizando el software Dips v.7.0., el tramo comprendido entre los PK 0+470 a 0+530 es geoméricamente susceptible de generar roturas planares. Los parámetros geotécnicos utilizados para el cálculo se extraen de las campañas geotécnicas realizadas en la parte sur de la urbanización. Aun así, se han utilizado datos aún más conservadores dada la alteración de la roca que se observa en la cara del talud.

En base a lo observado en campo, esta rotura planar descalza los estratos a partir de una rotura circular en suelos eluviales o roca intensamente alterada que se da en coronación del talud. Se incluye a continuación el perfil de los resultados gráficos de los cálculos realizados (Fig. 4.23).

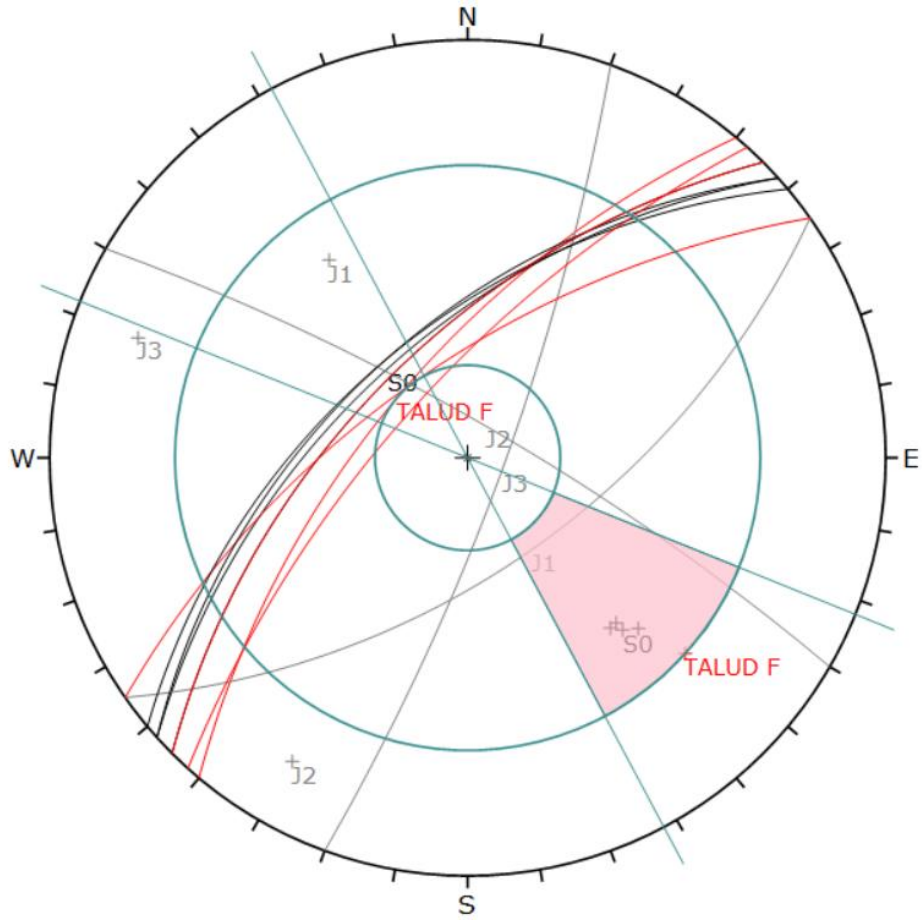


Figura 4.22. Proyección estereográfica del talud F para comprobación de la rotura planar.

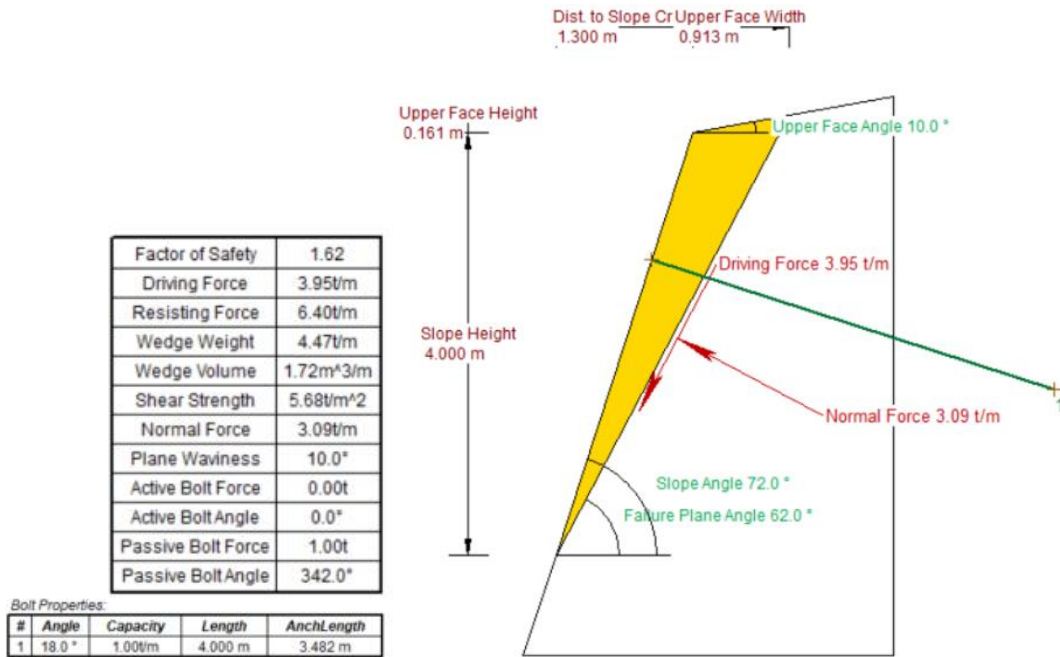


Figura 4.23. Perfil tipo del análisis de estabilidad de la rotura planar del PK 0+510.

Teniendo en cuenta la geometría en curva del talud y la sinuosidad del trazado que dificultan la visibilidad, así como caídas y roturas previas por deslizamientos planares en este punto, se propone la siguiente medida estabilizadora a fin de dar solución a las inestabilidades:

- Para esta inestabilidad se observa que con un refuerzo de bulonado pasivo se garantiza un  $FS > 1.5$ . En base a los cálculos realizados, se establece un posible volumen máximo de material desprendido de  $1.72 \text{ m}^3$  por metro unitario de talud. En estas condiciones, la tensión a sostener es de  $5.88 \text{ kN/m}^3$ .
- Con el fin de sostener el tramo susceptible de roturas planares, se propone la instalación de anclajes de barras de acero autorroscables tipo Gewi  $\Phi 25 \text{ mm}$  de diámetro o equivalentes. Para esta capacidad de anclaje se estimaría óptimo una longitud total de anclaje de 4 m, siendo 2 m de bulbo, en una malla de 3 m verticales y 1 m en horizontal, de manera que se garantice una tensión de sostenimiento repartida de  $10 \text{ kN/m}^2$ .
- Dado que la roca se encuentra alterada en GM-IV y se observa una tendencia a disgregarse, se recomienda sanear la capa superficial de la roca alterada a fin de proyectar hormigón de forma efectiva para evitar los chineos y vaciado en el trasdós de la gunita.

En el Apéndice 2 del Anexo V se adjuntan las salidas gráficas completas del cálculos, así como la información proporcionada por el programa.

## 5. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones obtenidas en este trabajo con respecto al trabajo de campo y posterior análisis de los datos en gabinete son las siguientes:

- La urbanización de Isuskizta cuenta con una carretera de acceso en un avanzado estado de deterioro, que se materializa en abundantes deformaciones y roturas del firme de la carretera que se aprecian a lo largo de todo el trazado, así como inestabilidades en los taludes observables en algunos puntos. Los escasos elementos de sostenimiento que se observan son ineficientes e incluso ya están deteriorados con deformaciones, grietas o roturas completas.
- Algunas de las patologías de la carretera se deben a la escasa conservación del vial, mientras que en otros casos se debe a empujes generados por los taludes y laderas adyacentes a la carretera. Por ende, se recomienda realizar un estudio más detallado que abarque la estabilidad de los taludes de todo el trazado y los elementos de sostenimiento adecuados a adoptar en cada caso. De igual manera, se recomienda el saneo del firme y reposición y redimensionado de las cuentas de drenaje de pie de taludes.
- Los análisis de estabilidad realizados muestran que los taludes son susceptibles de sufrir inestabilidades que generen importantes daños materiales del vial, así como de las personas que lo transitan, pudiendo también cortar la carretera por periodos indefinidos de tiempo para su restitución.
- Los materiales se han caracterizado en base a los afloramientos en taludes, por lo que las características estimadas pueden variar respecto a la realidad. La mayoría de los taludes se encuentran tapados por abundante vegetación, lo que dificulta su inspección a pie de carretera. En otras ocasiones, la avanzada alteración de los afloramientos y su pequeño tamaño dificulta la toma de datos estructurales fiables en alguno de los taludes.
- Respeto a la masa de coluvial que se encuentra al inicio, se ha interpretado que del coluvial original se hayan podido reactivar dos tramos de menor tamaño debido a la erosión del río Kukutza en la base y favorecido por la ejecución de la carretera que corta la ladera y genera un descalce del material.
- Para la zona susceptible de generar vuelcos del tramo intermedio, se interpreta que la estructura ya se muestra volcada debido a que se observa un cambio en la orientación de la estratificación respecto a los afloramientos adyacentes, con una disminución del buzamiento en las zonas más susceptibles al vuelco.
- Ante esta situación se propone complementar el presente estudio mediante una campaña geotécnica, para determinar con mayor exactitud la geometría real de los materiales y sus parámetros geotécnicos con el fin de lograr un correcto dimensionamiento de los elementos de sostenimiento.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Cuevas, J., Aranguren, A., Badillo, J.M. y Tubía, J.M. (1999): Estudio estructural del sector central del arco vasco (Cuenca Vasco Cantábrica). Boletín Geológico y Minero, 110: 3-18.
- Ferrer, M. y González de Vallejo, L.I. (1999). Manual de campo para la descripción y caracterización de macizos rocosos en afloramientos. IGME, Madrid, 107 pp.
- Garrote, A., García, J., Muñoz, L., Arriola, A., Eguiguren, E., García, I., Garrote, R. (1993): Mapa Geológico de España. E 1:25.000. Hoja nº 37 (Getxo). EVE.
- Garrote, A., García, J., Muñoz, L., Arriola, A., Eguiguren, E., García, I., Garrote, R. (1993): Memoria de la Hoja nº 37 (Getxo). Mapa Geológico de España. E 1:25.000. EVE.
- Gonzalez de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). Ingeniería Geológica. Pearson, Prentice Hall, Madrid, 750 pp.
- Larrea (2021): Estudio de estabilidad del vial. Informe inédito. Testificación de sondeos.
- Lurgintza (2004): Estudio de las causas y soluciones para el deslizamiento de la carretera de la urbanización El Abanico de Plencia del 11 de febrero de 2004. Informe inédito. Testificación de sondeos.
- MOPU (1989): Catálogo de deterioros en firmes de carreteras, Madrid, 135 pp. Disponible en: [http://www.carreteros.org/tecnologia\\_mopu/1/pdfs/1.pdf](http://www.carreteros.org/tecnologia_mopu/1/pdfs/1.pdf)
- Portal Visor de Infraestructura de Datos Espaciales de Euskadi (GeoEuskadi). Disponible en: <https://www.geo.euskadi.eus>
- Técnica y Proyectos S.A. TYPESA (2017): *Estudio, control y seguimiento geológico – geotécnico de los deslizamientos de ladera en el Abanico de Plentzia (Bizkaia)*. Informe inédito, 307 pp.
- Vera, J.A. (editor) (2004): *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 p.

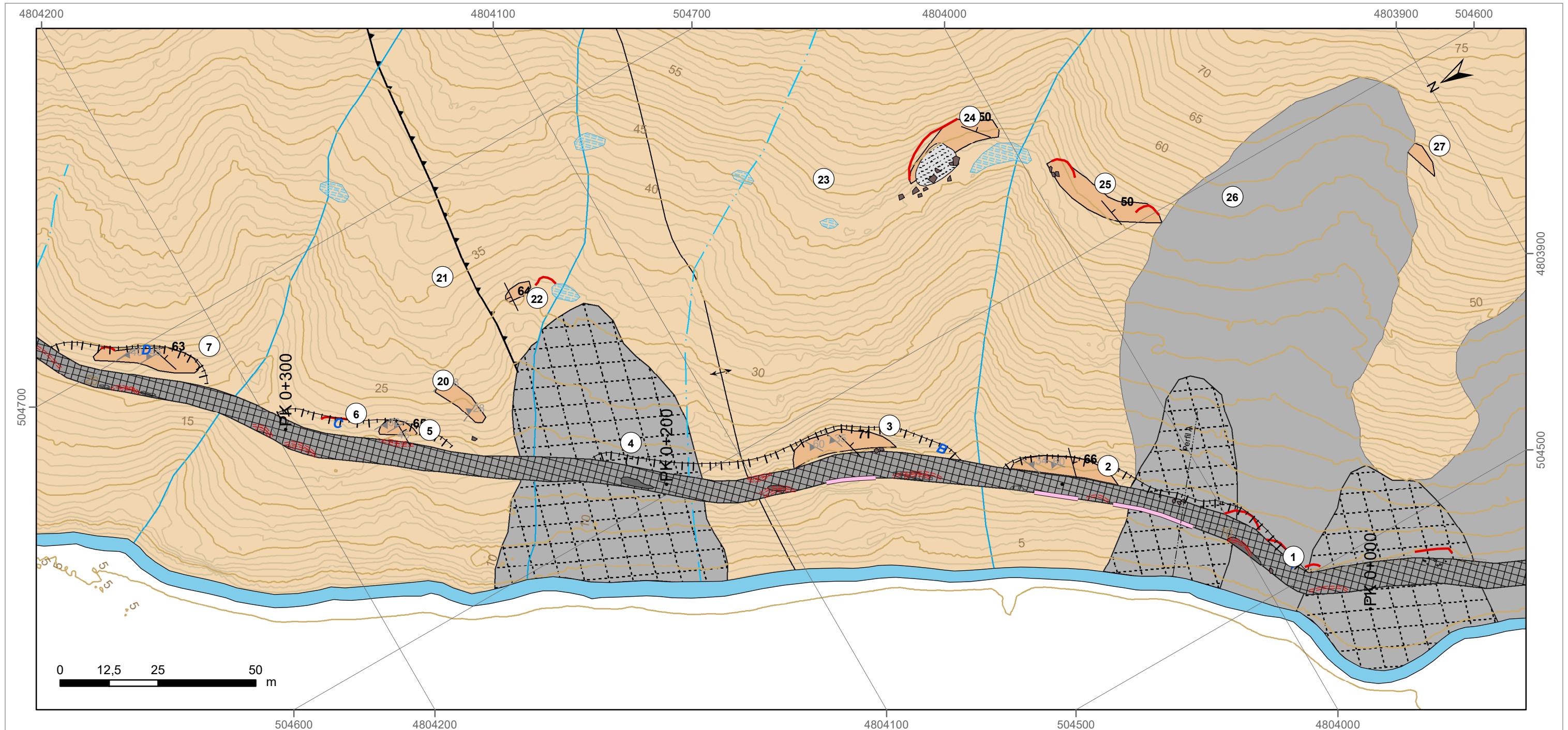


## ANEXOS

## **ANEXO I. Mapa geológico-geotécnico**

## **Apéndice 1. Mapas generales 1:1000**

ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA DE ACCESO AL BARRIO ISUSKITZA DESDE LA BI-2704, PLENTZIA, BIZKAIA. MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PK 0+000-0+350



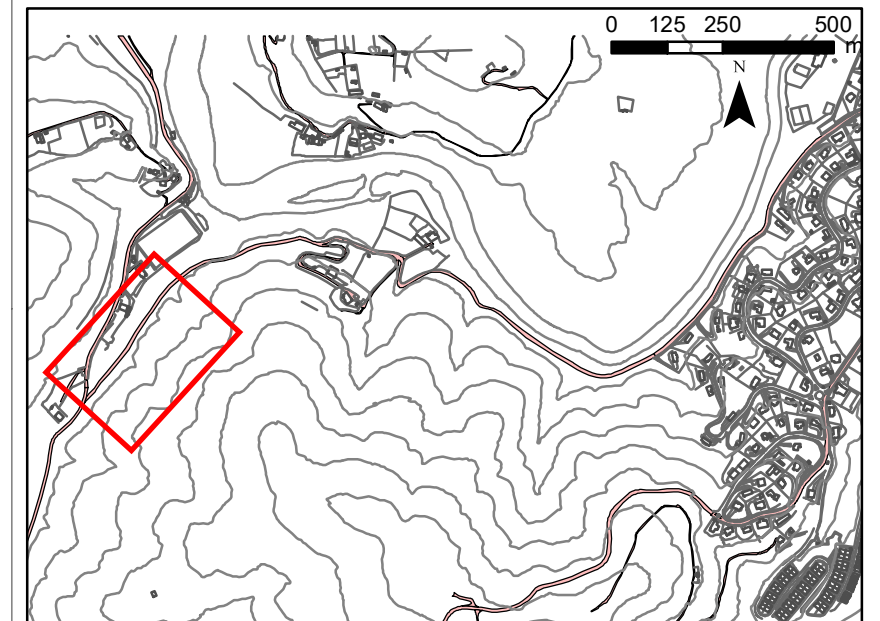
- Coluvial
- Paleocoluvial
- Derruvios
- Limolitas
- Areniscas
- Limolitas y areniscas
- Fangos estuarinos

- Anticinal
- Cabalgamiento
- Roturas
- Taludes
- Estratificación (dip - dip direction)
- Juntas (dip - dip direction)
- Puntos de lectura
- Bloques y chineos

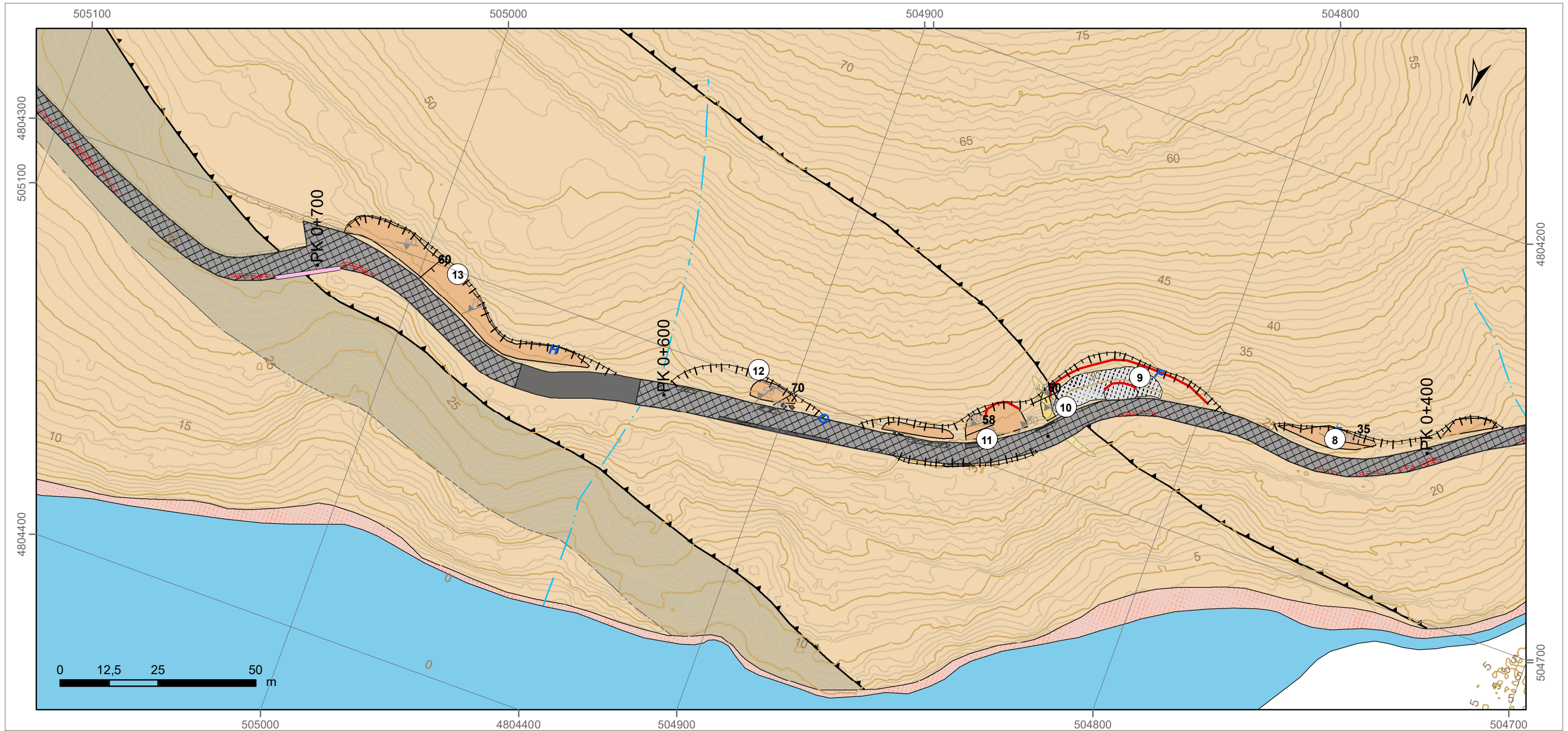
- Zonas encharcadas
- Ría de Plentzia
- Curso torrencial
- Curso permanente
- Parcheos
- Asfalto y rellenos del vial
- Grietas "piel de cocodrilo"

- Grietas
- Muro de hormigón armado
- Muro de mampostería
- Muro de escollera
- Perfil longitudinal

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.

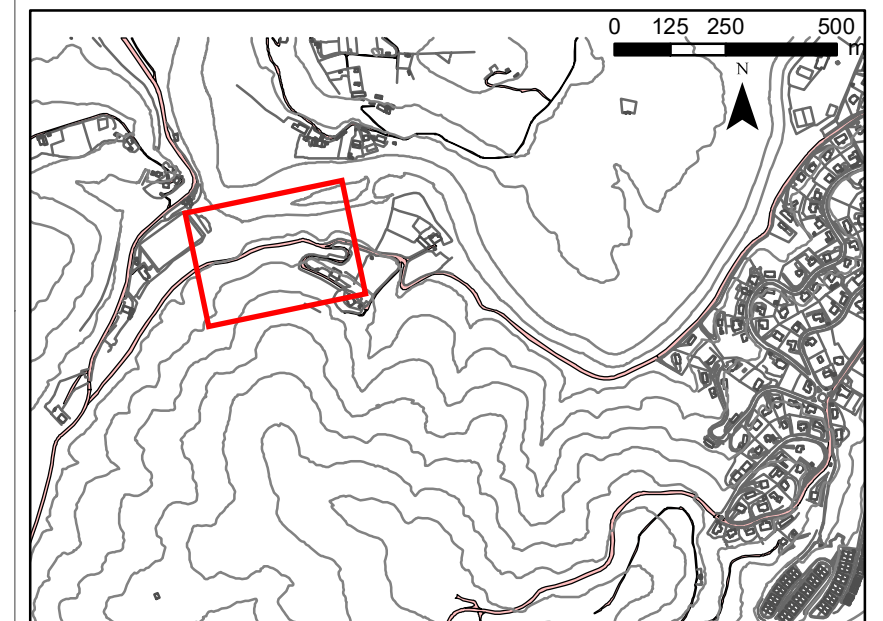


ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA DE ACCESO AL BARRIO ISUSKITZA DESDE LA BI-2704, PLENTZIA, BIZKAIA. MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PK 0+390-0+750

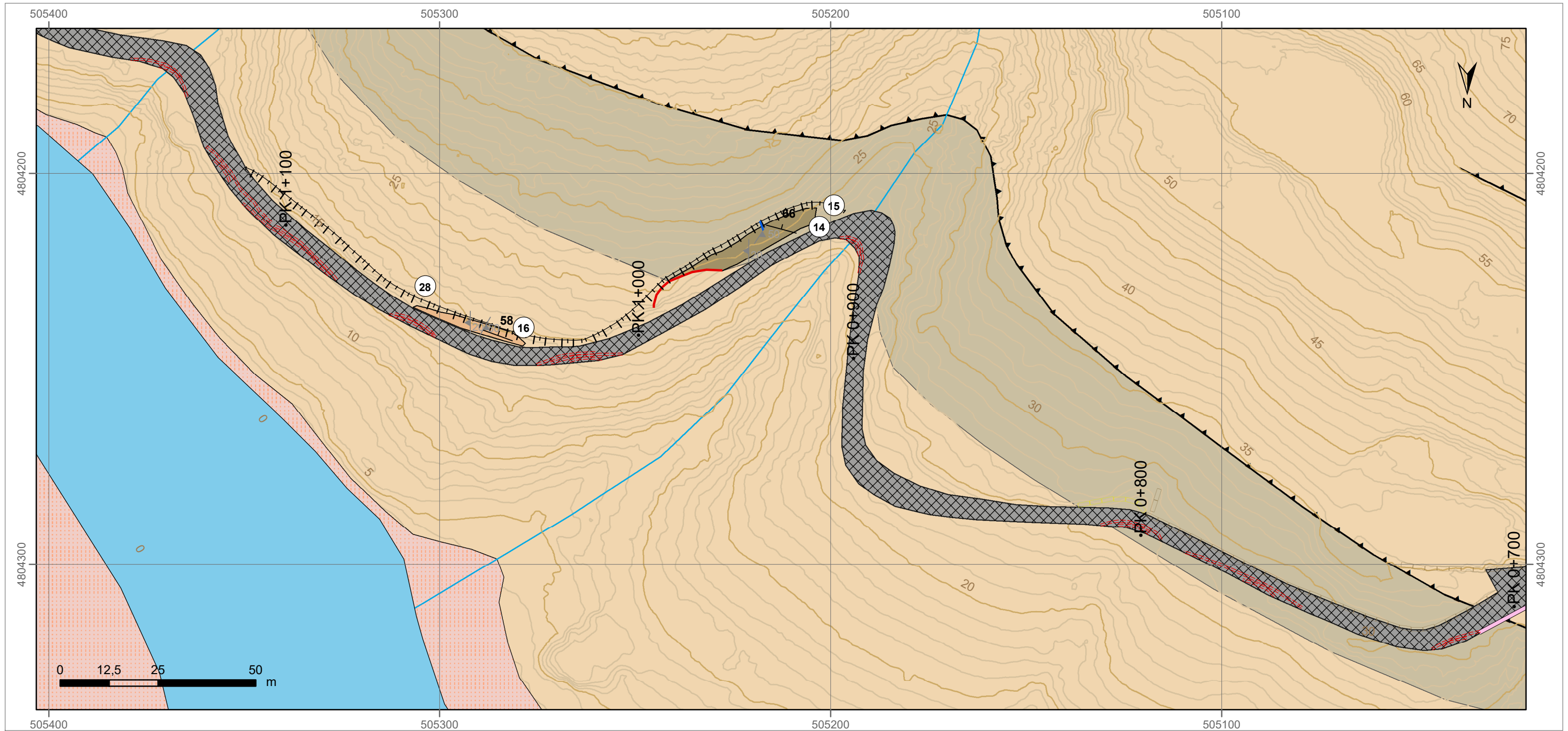


- |  |                       |  |                                       |  |                             |  |                         |
|--|-----------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|
|  | Coluvial              |  | Anticinal                             |  | Zonas encharcadas           |  | Grietas                 |
|  | Paleocoluvial         |  | Cabalgamiento                         |  | Ría de Plentzia             |  | Muro de hormigón armado |
|  | Derruvios             |  | Roturas                               |  | Curso torrencial            |  | Muro de mampostería     |
|  | Limolitas             |  | Taludes                               |  | Curso permanente            |  | Muro de escollera       |
|  | Areniscas             |  | Estratificación (dip - dip direction) |  | Parcheos                    |  | Perfil longitudinal     |
|  | Limolitas y areniscas |  | Juntas (dip - dip direction)          |  | Asfalto y rellenos del vial |  |                         |
|  | Fangos estuarinos     |  | Puntos de lectura                     |  | Grietas "piel de cocodrilo" |  |                         |
|  |                       |  | Bloques y chineos                     |  |                             |  |                         |

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.





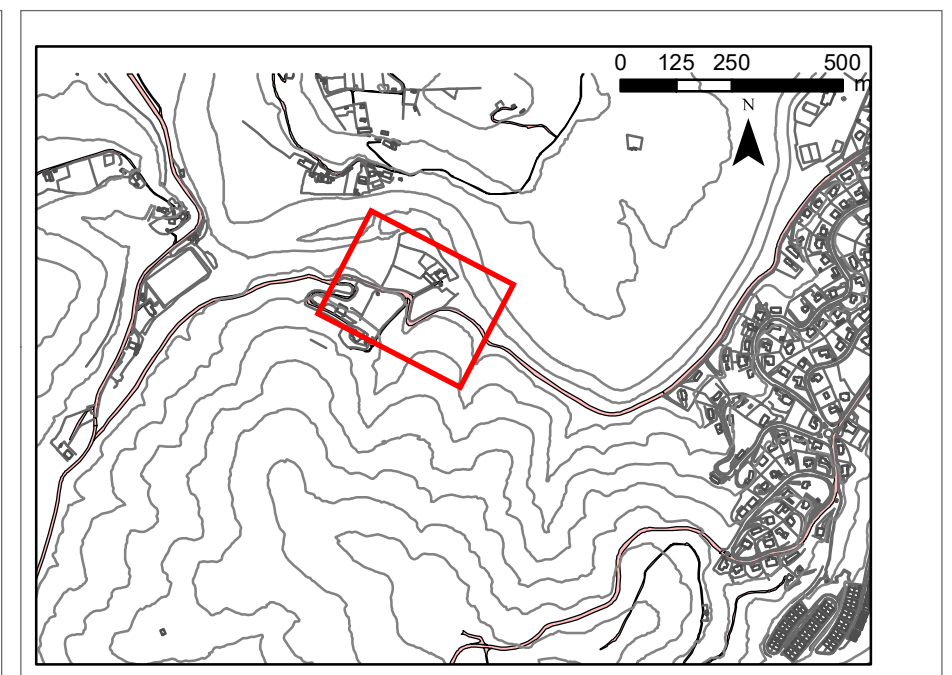
ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA DE ACCESO AL BARRIO ISUSKITZA DESDE LA BI-2704, PLENTZIA, BIZKAIA. MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PK 0+700-1+150



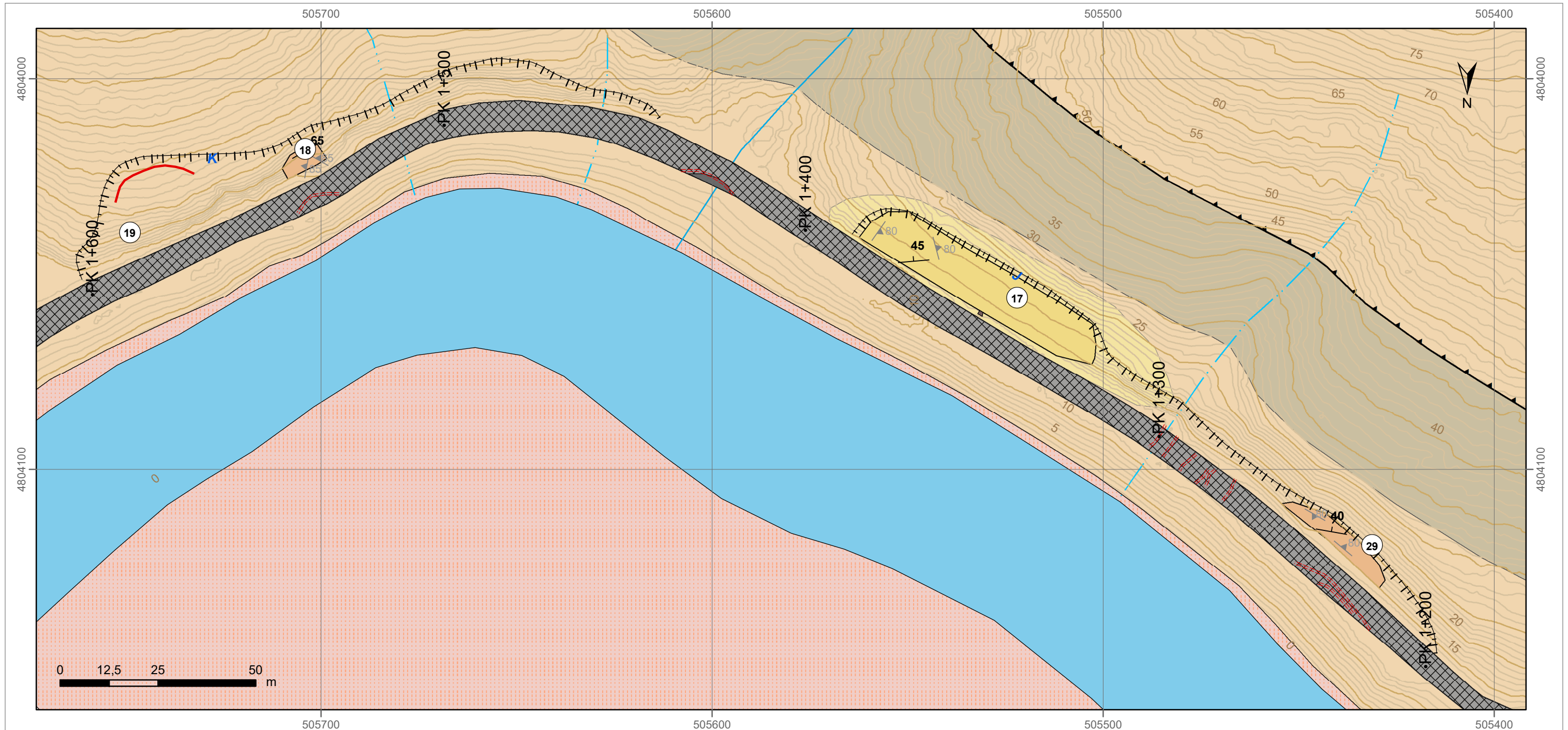
	Coluvial		Anticinal		Zonas encharcadas		Grietas
	Paleocoluvial		Cabalgamiento		Ría de Plentzia		Muro de hormigón armado
	Derruvios		Roturas		Curso torrencial		Muro de mampostería
	Limolitas		Taludes		Curso permanente		Muro de escollera
	Areniscas		Estratificación (dip - dip direction)		Parcheos		Perfil longitudinal
	Limolitas y areniscas		Juntas (dip - dip direction)		Asfalto y rellenos del vial		
	Fangos estuarinos		Puntos de lectura		Grietas "piel de cocodrilo"		
			Bloques y chineos				

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.

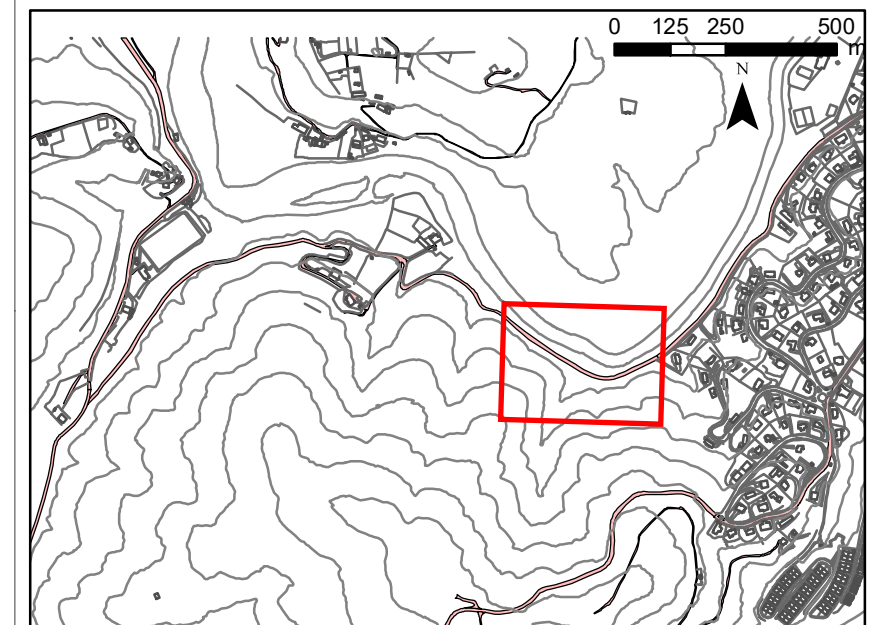


ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA CARRETERA DE ACCESO AL BARRIO ISUSKITZA DESDE LA BI-2704, PLENTZIA, BIZKAIA. MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO PK 1+190-1+600



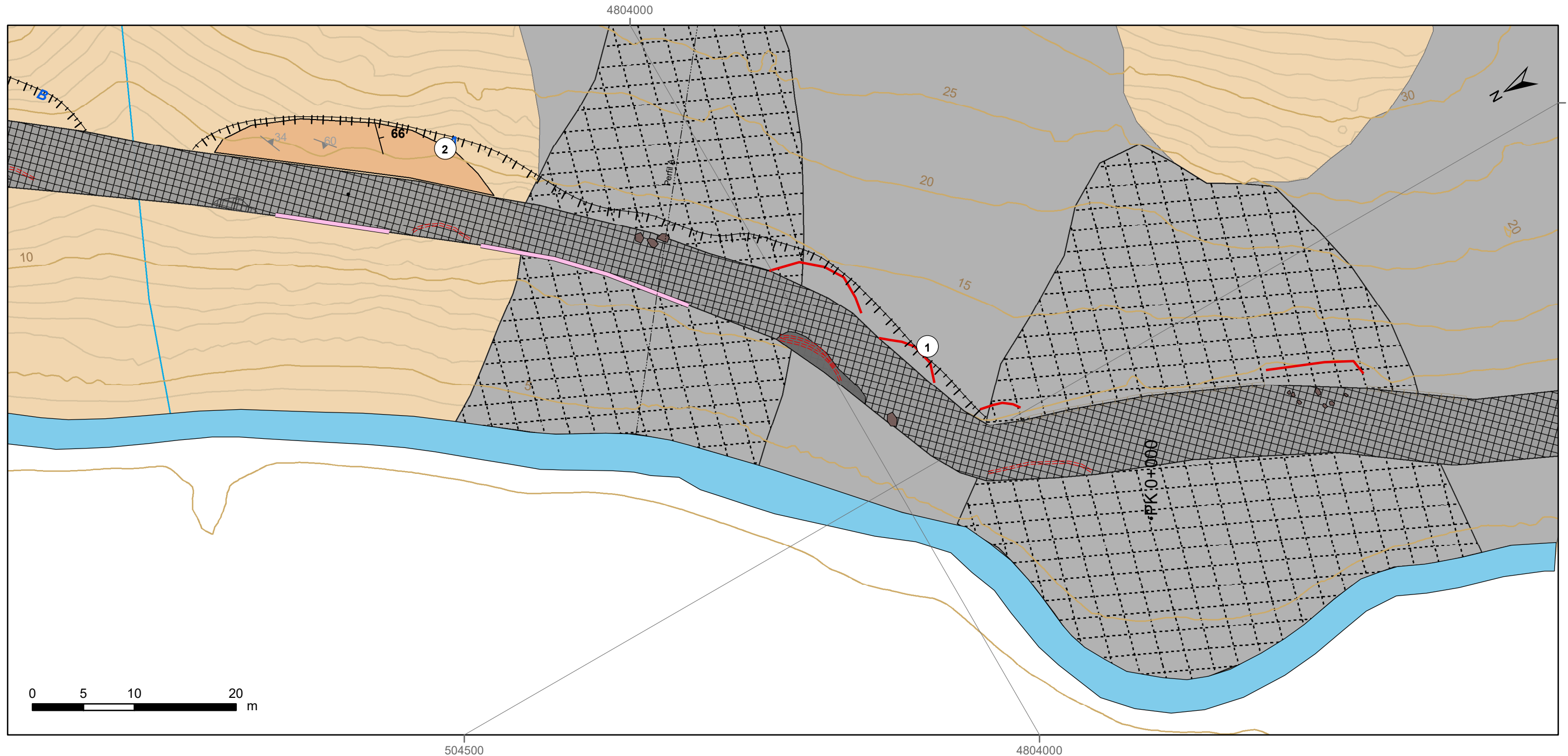
- |                       |                                       |                             |                         |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Coluvial              | Anticlinal                            | Zonas encharcadas           | Grietas                 |
| Paleocoluvial         | Cabalgamiento                         | Ría de Plentzia             | Muro de hormigón armado |
| Derruvios             | Roturas                               | Curso torrencial            | Muro de mampostería     |
| Limolitas             | Taludes                               | Curso permanente            | Muro de escollera       |
| Areniscas             | Estratificación (dip - dip direction) | Parcheos                    | Perfil longitudinal     |
| Limolitas y areniscas | Juntas (dip - dip direction)          | Asfalto y rellenos del vial |                         |
| Fangos estuarinos     | Puntos de lectura                     | Grietas "piel de cocodrilo" |                         |
|                       | Bloques y chineos                     |                             |                         |

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.



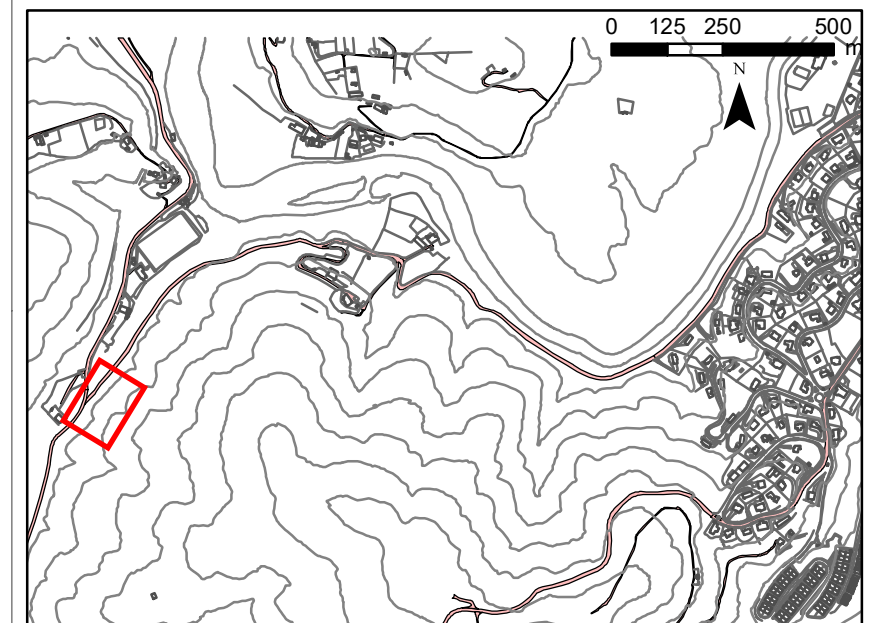
## **Apéndice 2. Mapas de detalle de taludes**

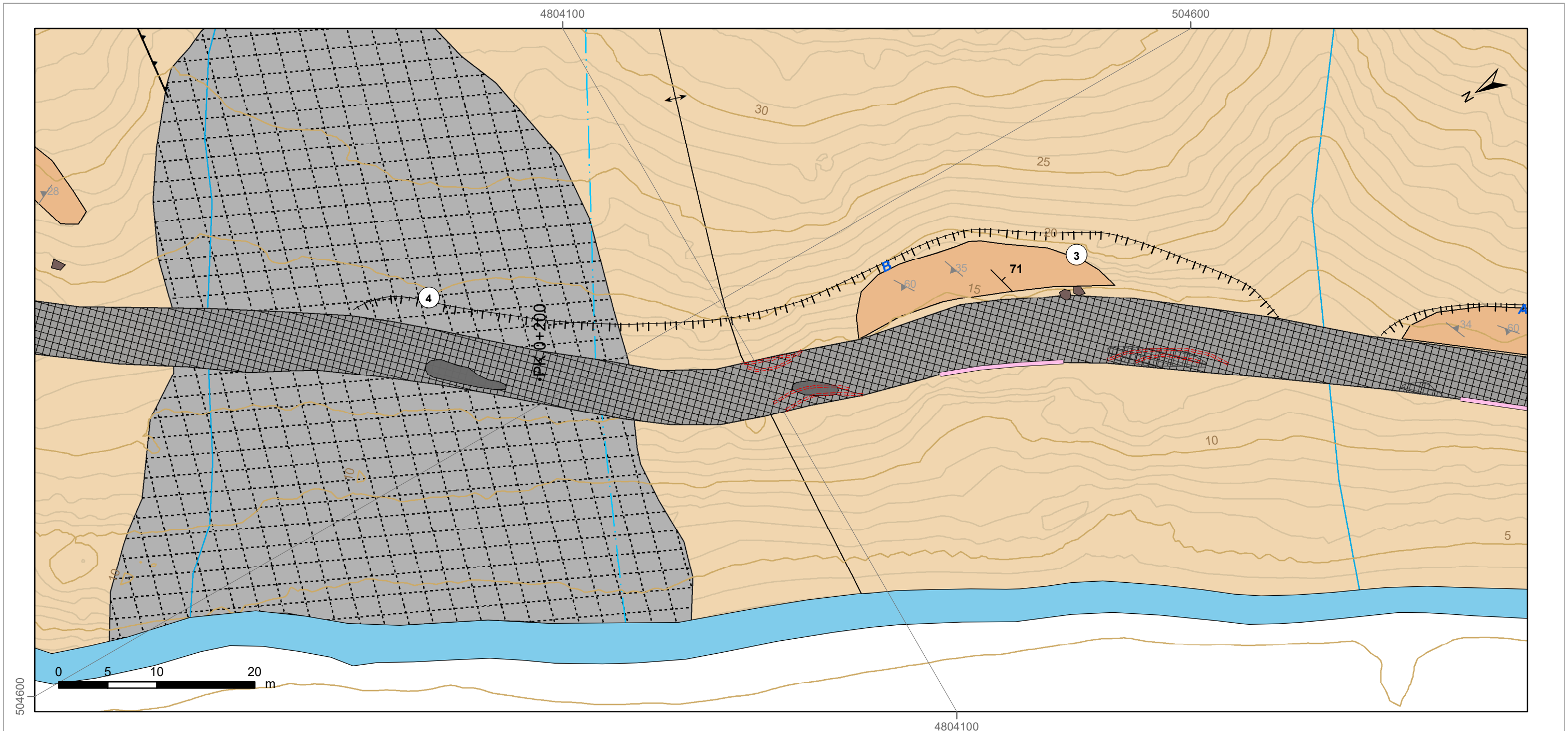




- |  |                       |  |                                       |  |                             |  |                         |
|--|-----------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|
|  | Coluvial              |  | Anticinal                             |  | Zonas encharcadas           |  | Grietas                 |
|  | Paleocoluvial         |  | Cabalgamiento                         |  | Ría de Plentzia             |  | Muro de hormigón armado |
|  | Derruvios             |  | Roturas                               |  | Curso torrencial            |  | Muro de mampostería     |
|  | Limolitas             |  | Taludes                               |  | Curso permanente            |  | Muro de escollera       |
|  | Areniscas             |  | Estratificación (dip - dip direction) |  | Parcheos                    |  | Perfil longitudinal     |
|  | Limolitas y areniscas |  | Juntas (dip - dip direction)          |  | Asfalto y rellenos del vial |  |                         |
|  | Fangos estuarinos     |  | Puntos de lectura                     |  | Grietas "piel de cocodrilo" |  |                         |
|  |                       |  | Bloques y chineos                     |  |                             |  |                         |

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.





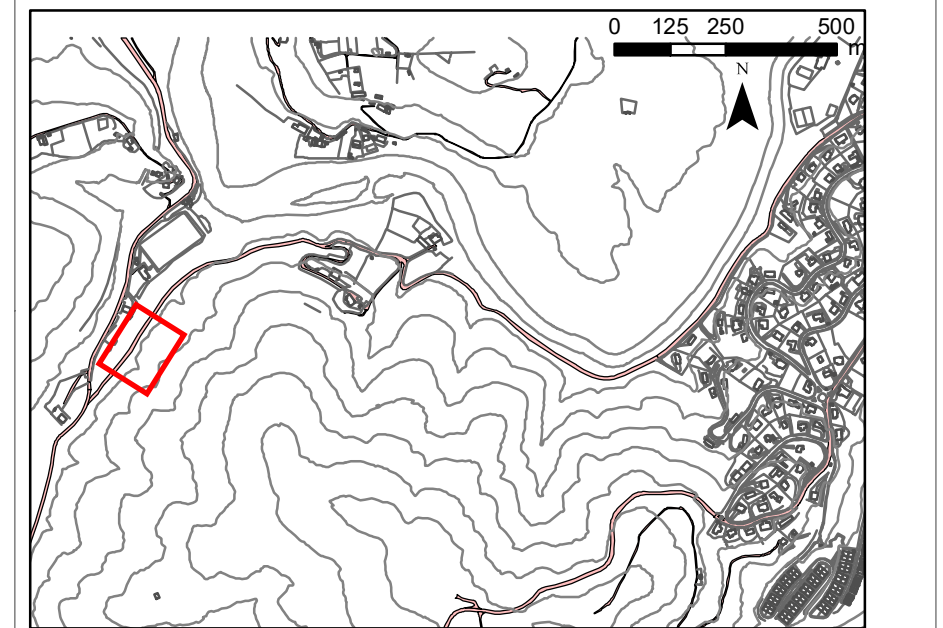
- Coluvial
- Paleocoluvial
- Derruvios
- Limolitas
- Areniscas
- Limolitas y areniscas
- Fangos estuarinos

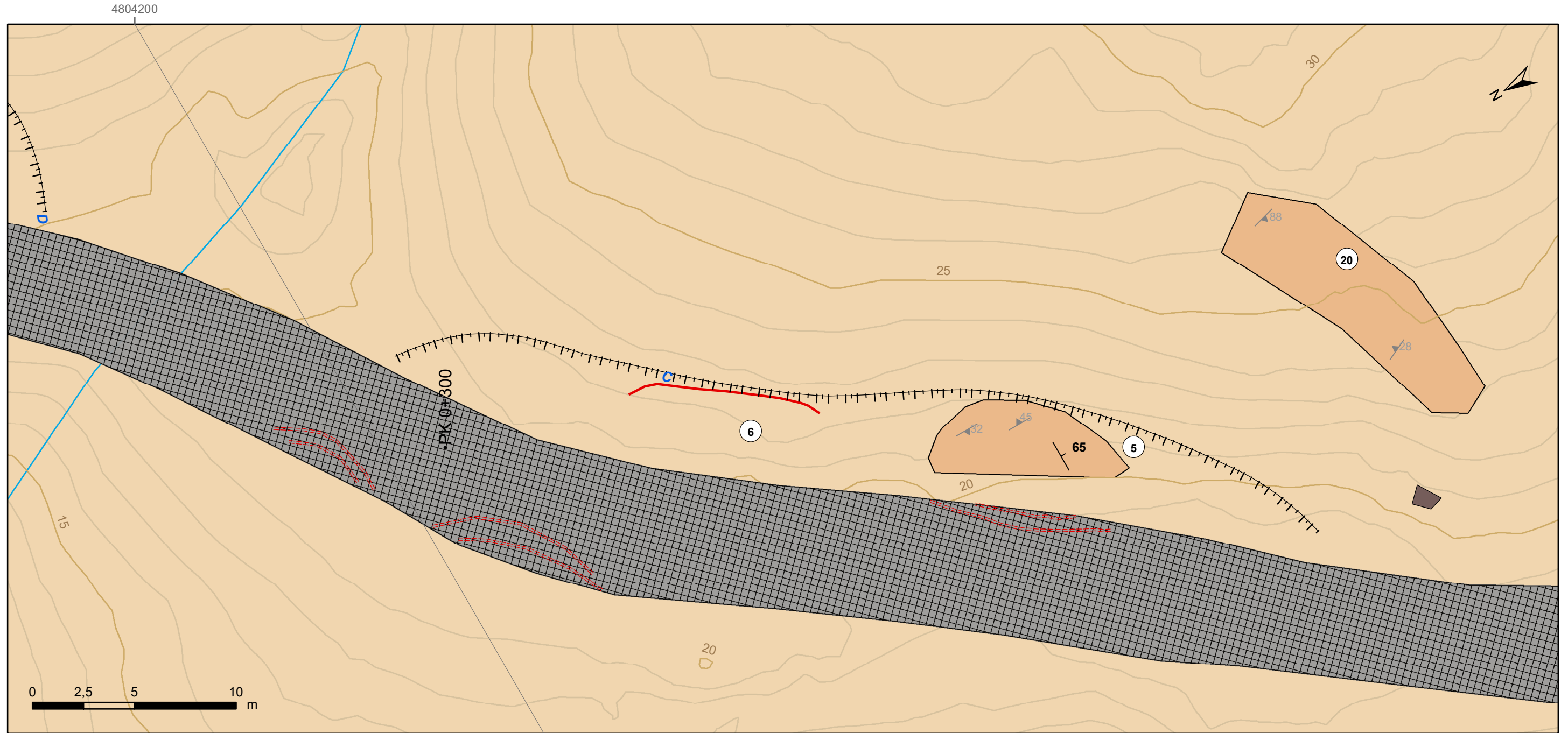
- Anticinal
- Cabalgamiento
- Roturas
- Taludes
- Estratificación (dip - dip direction)
- Juntas (dip - dip direction)
- Puntos de lectura
- Bloques y chineos

- Zonas encharcadas
- Ría de Plentzia
- Curso torrencial
- Curso permanente
- Parcheos
- Asfalto y rellenos del vial
- Grietas "piel de cocodrilo"

- Grietas
- Muro de hormigón armado
- Muro de mampostería
- Muro de escollera
- Perfil longitudinal

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.





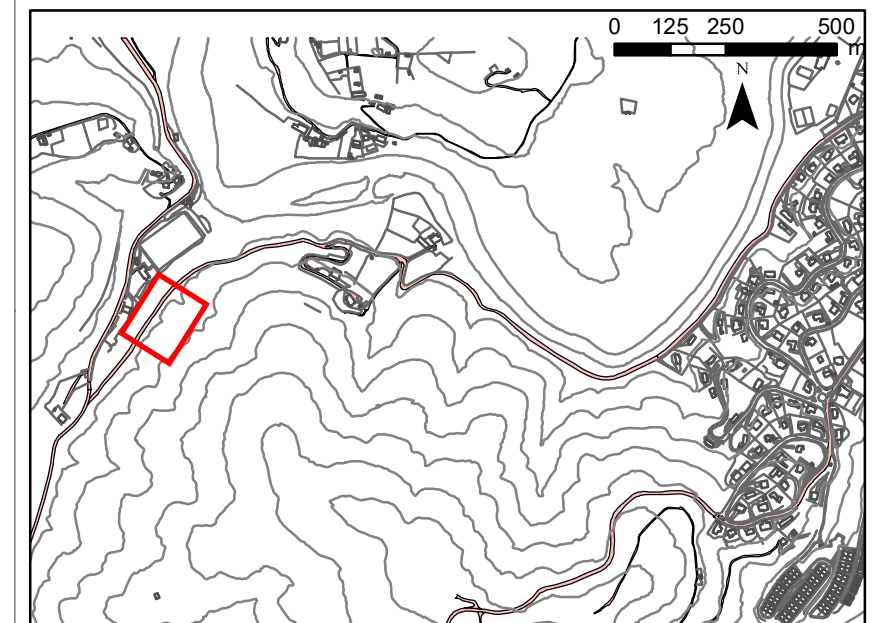
- Coluvial
- Paleocoluvial
- Derruvios
- Limolitas
- Areniscas
- Limolitas y areniscas
- Fangos estuarinos

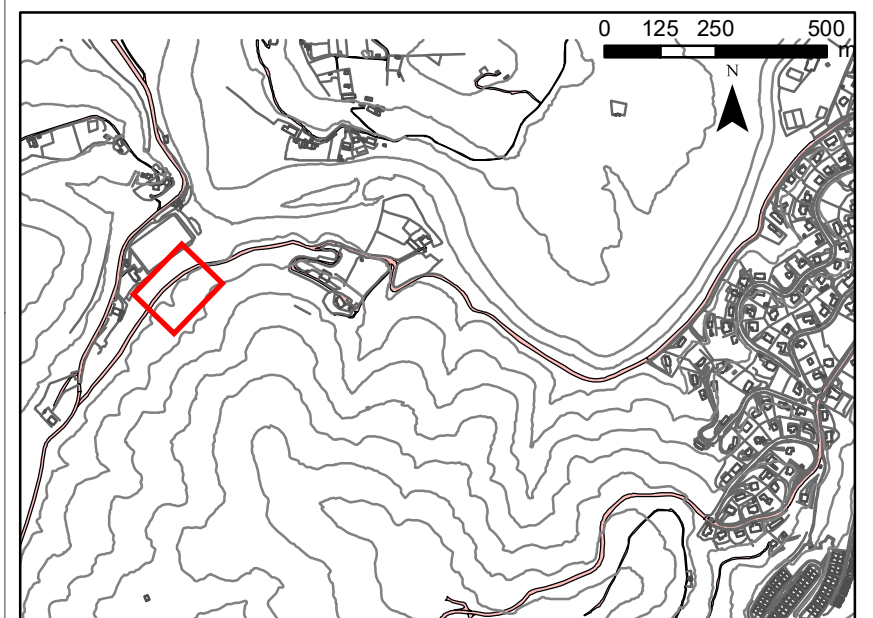
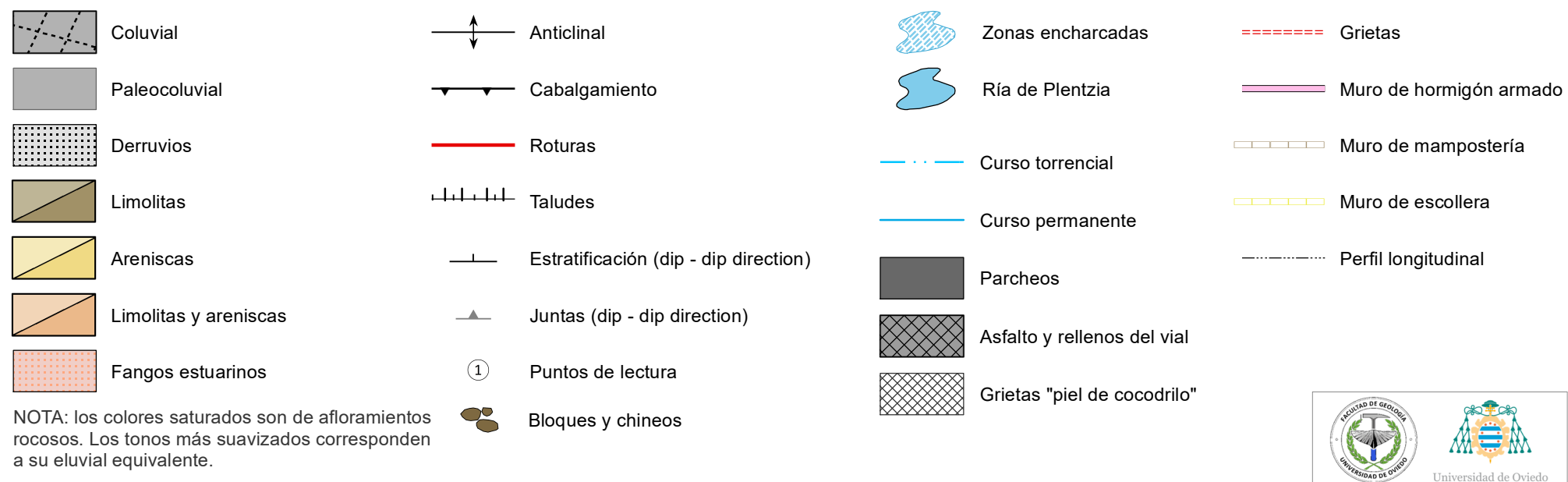
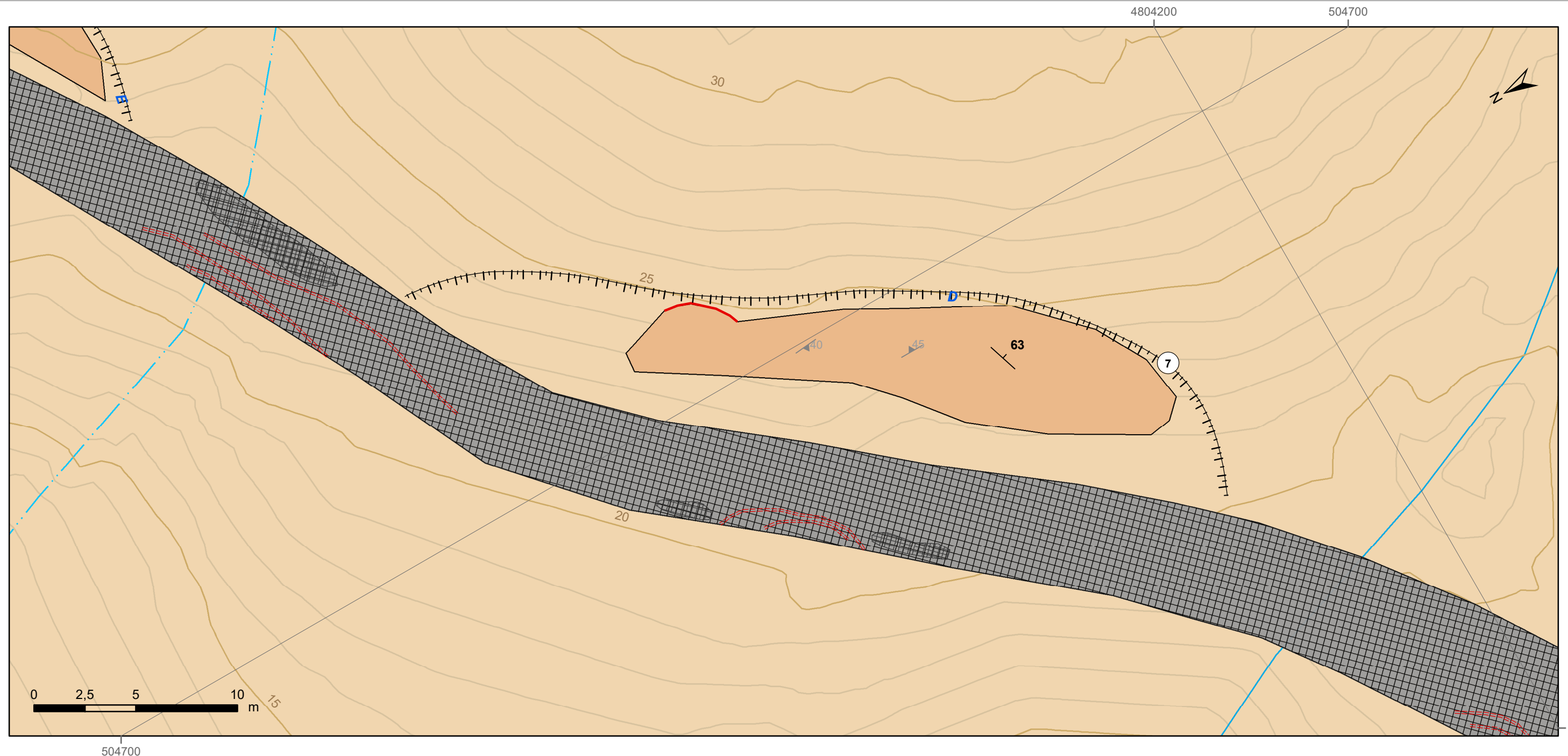
- Anticinal
- Cabalgamiento
- Roturas
- Taludes
- Estratificación (dip - dip direction)
- Juntas (dip - dip direction)
- Puntos de lectura
- Bloques y chineos

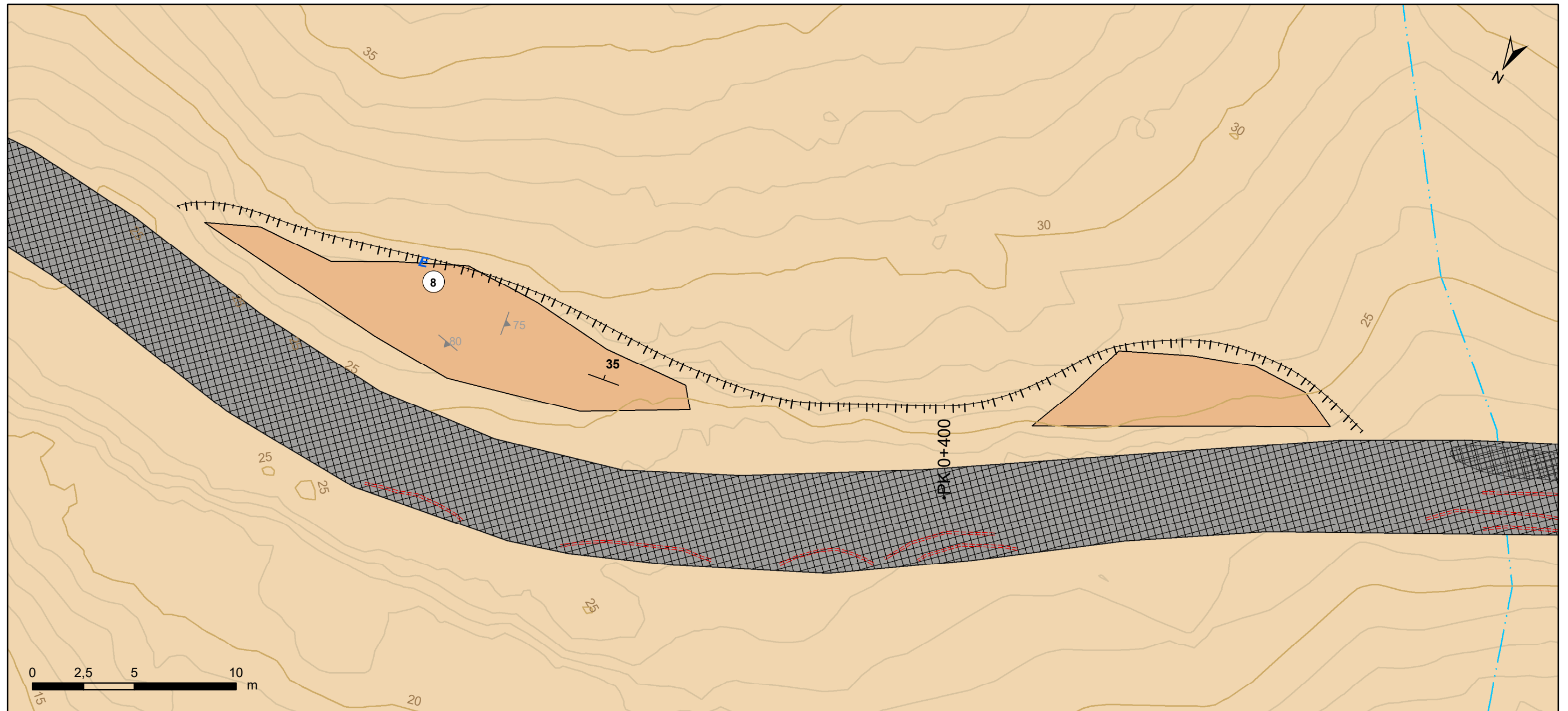
- Zonas encharcadas
- Ría de Plentzia
- Curso torrencial
- Curso permanente
- Parcheos
- Asfalto y rellenos del vial
- Grietas "piel de cocodrilo"

- Grietas
- Muro de hormigón armado
- Muro de mampostería
- Muro de escollera
- Perfil longitudinal

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.







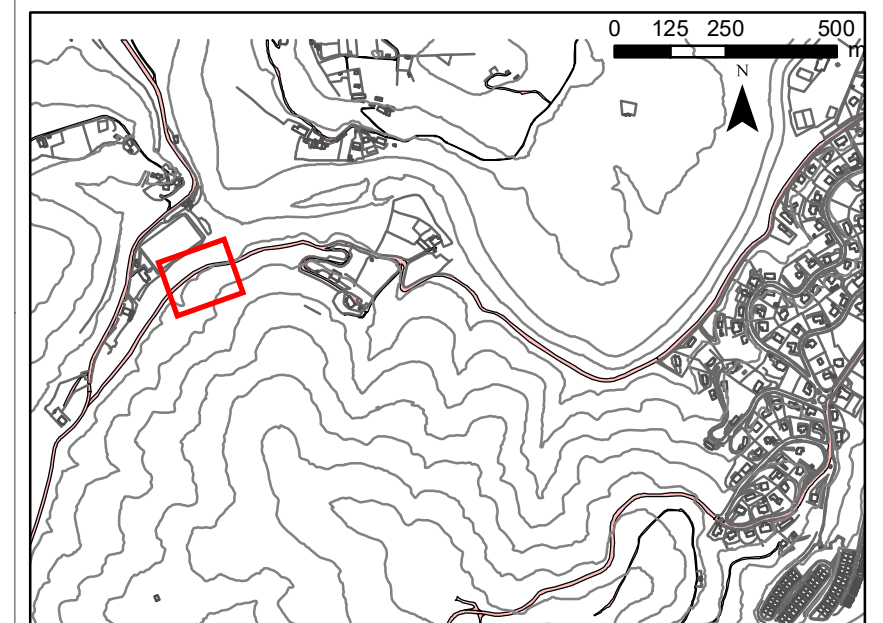
- Coluvial
- Paleocoluvial
- Derruvios
- Limolitas
- Areniscas
- Limolitas y areniscas
- Fangos estuarinos

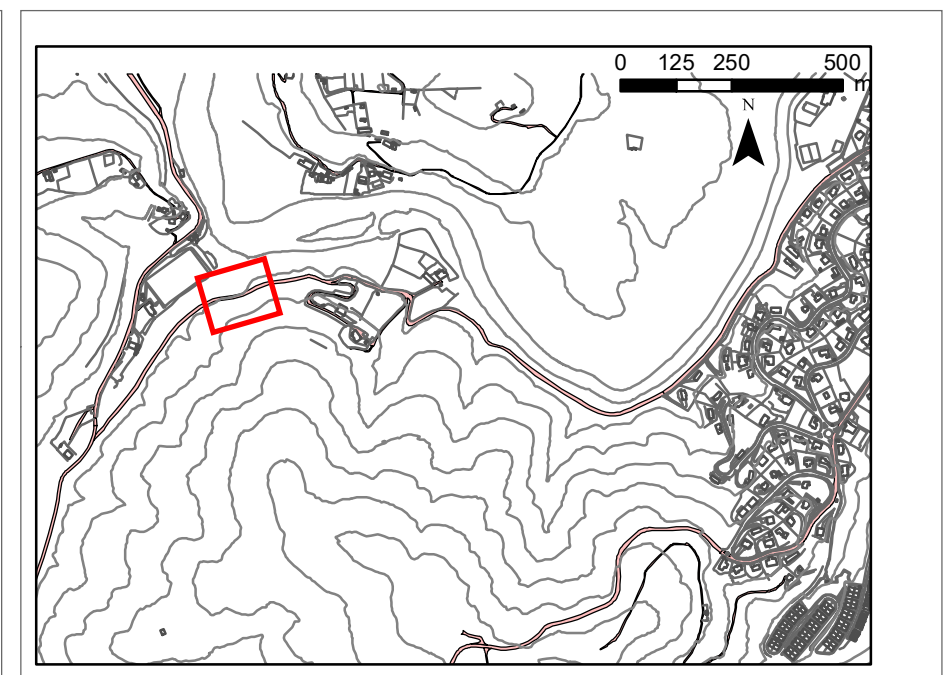
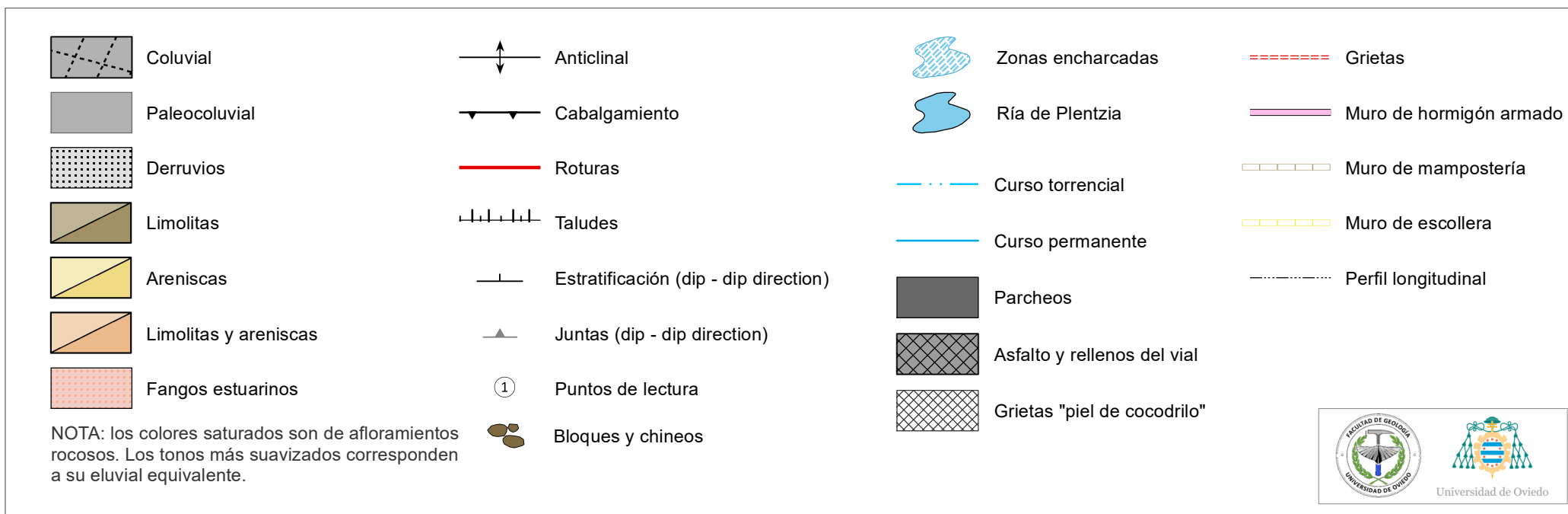
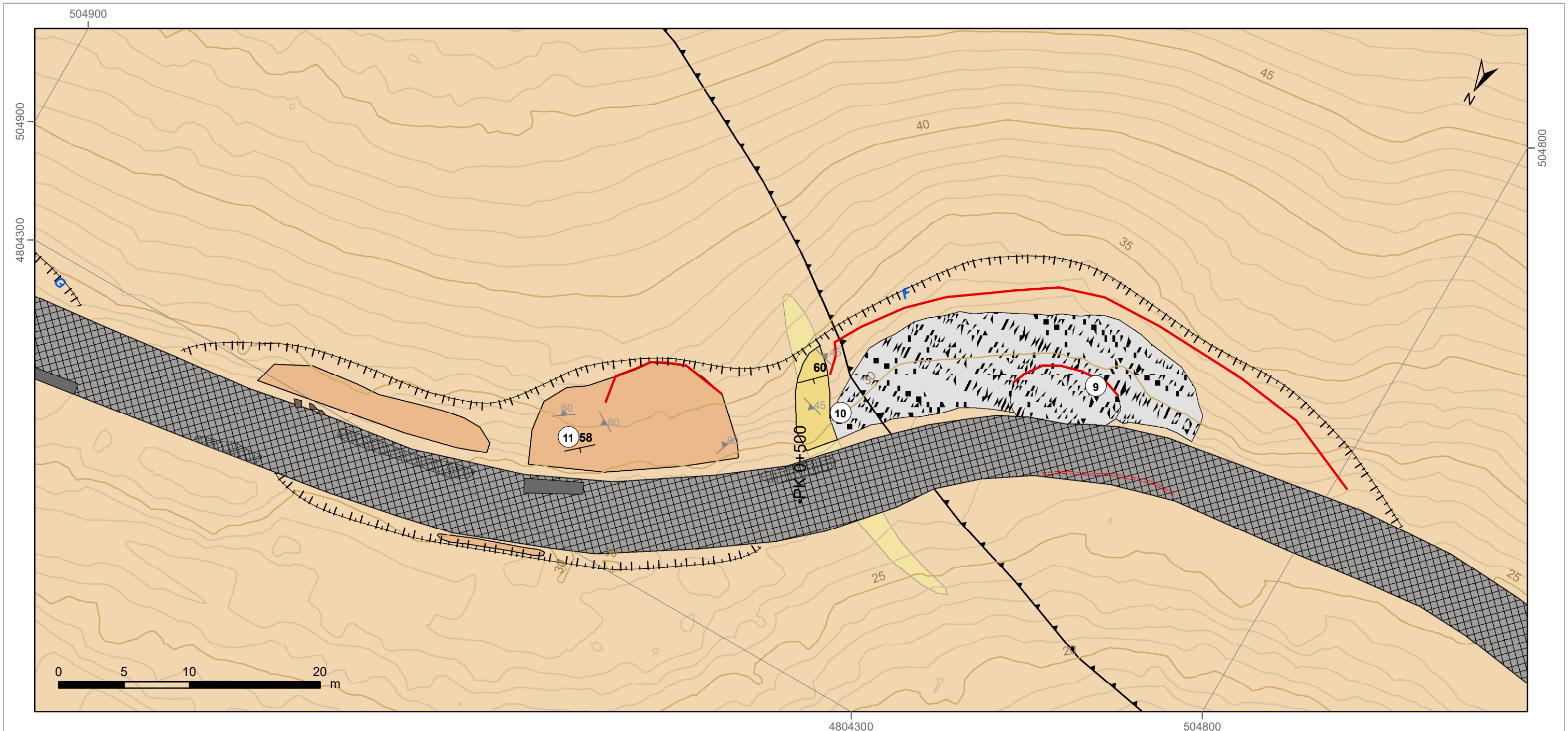
- Anticlinal
- Cabalgamiento
- Roturas
- Taludes
- Estratificación (dip - dip direction)
- Juntas (dip - dip direction)
- Puntos de lectura
- Bloques y chineos

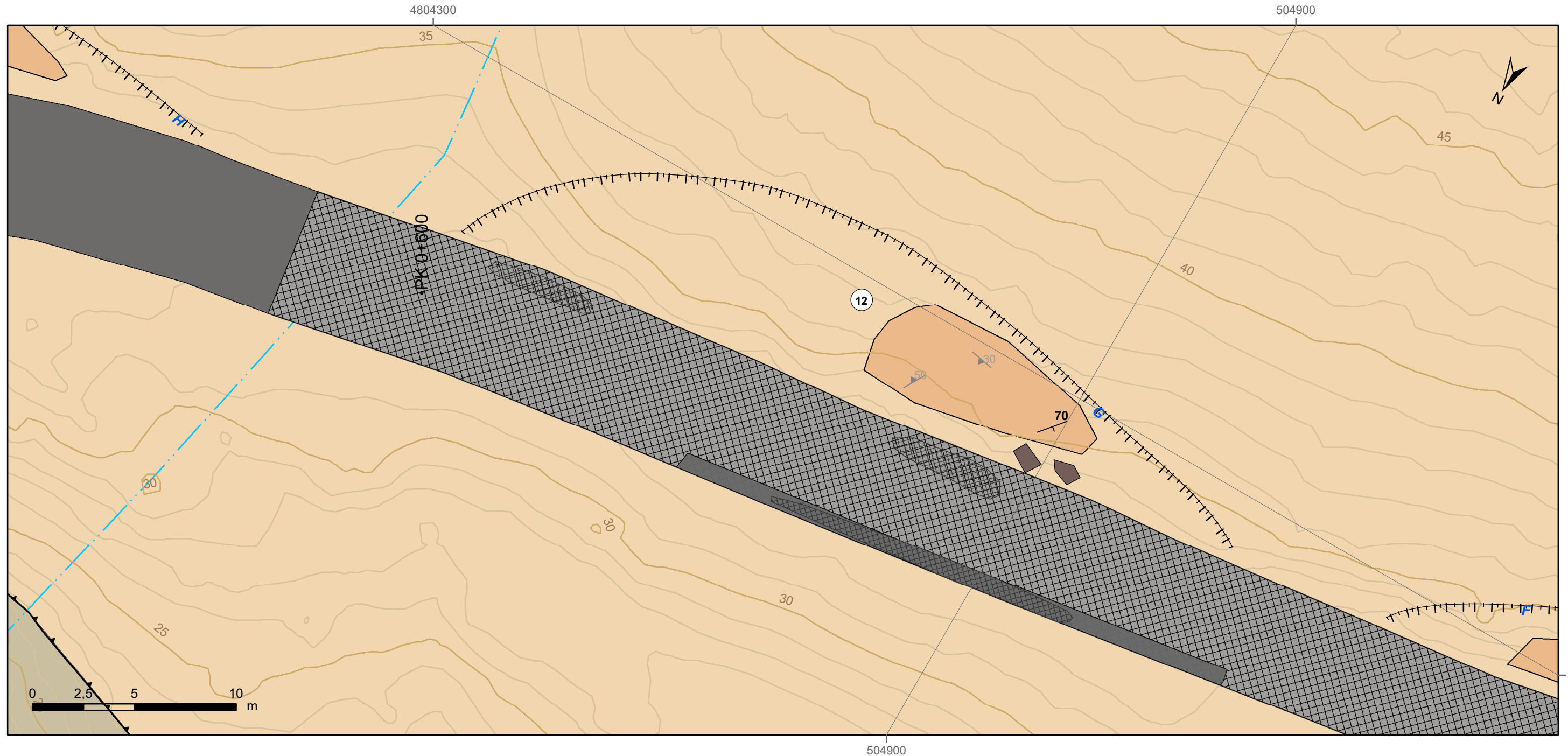
- Zonas encharcadas
- Ría de Plentzia
- Curso torrencial
- Curso permanente
- Parcheos
- Asfalto y rellenos del vial
- Grietas "piel de cocodrilo"

- Grietas
- Muro de hormigón armado
- Muro de mampostería
- Muro de escollera
- Perfil longitudinal

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.







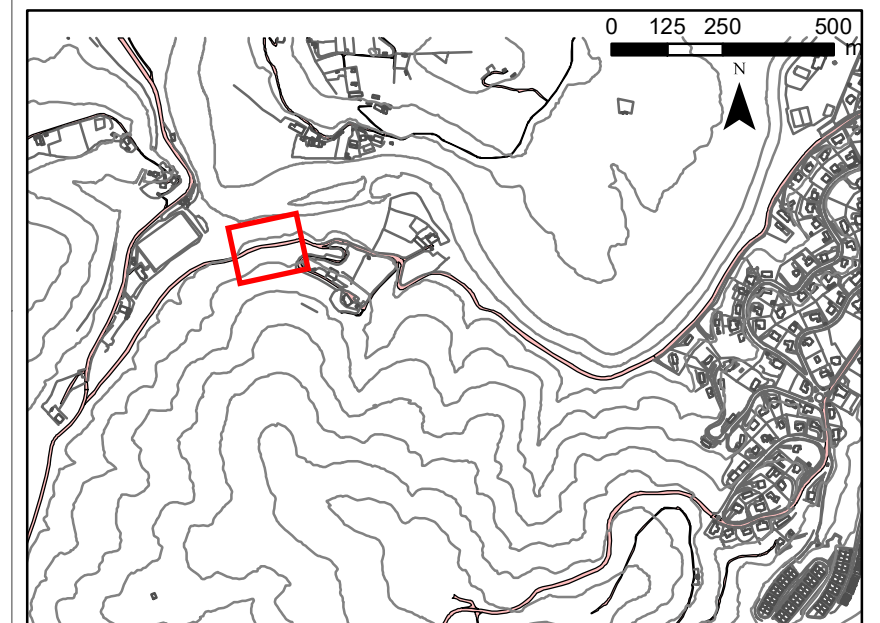
- Coluvial
- Paleocoluvial
- Derruvios
- Limolitas
- Areniscas
- Limolitas y areniscas
- Fangos estuarinos

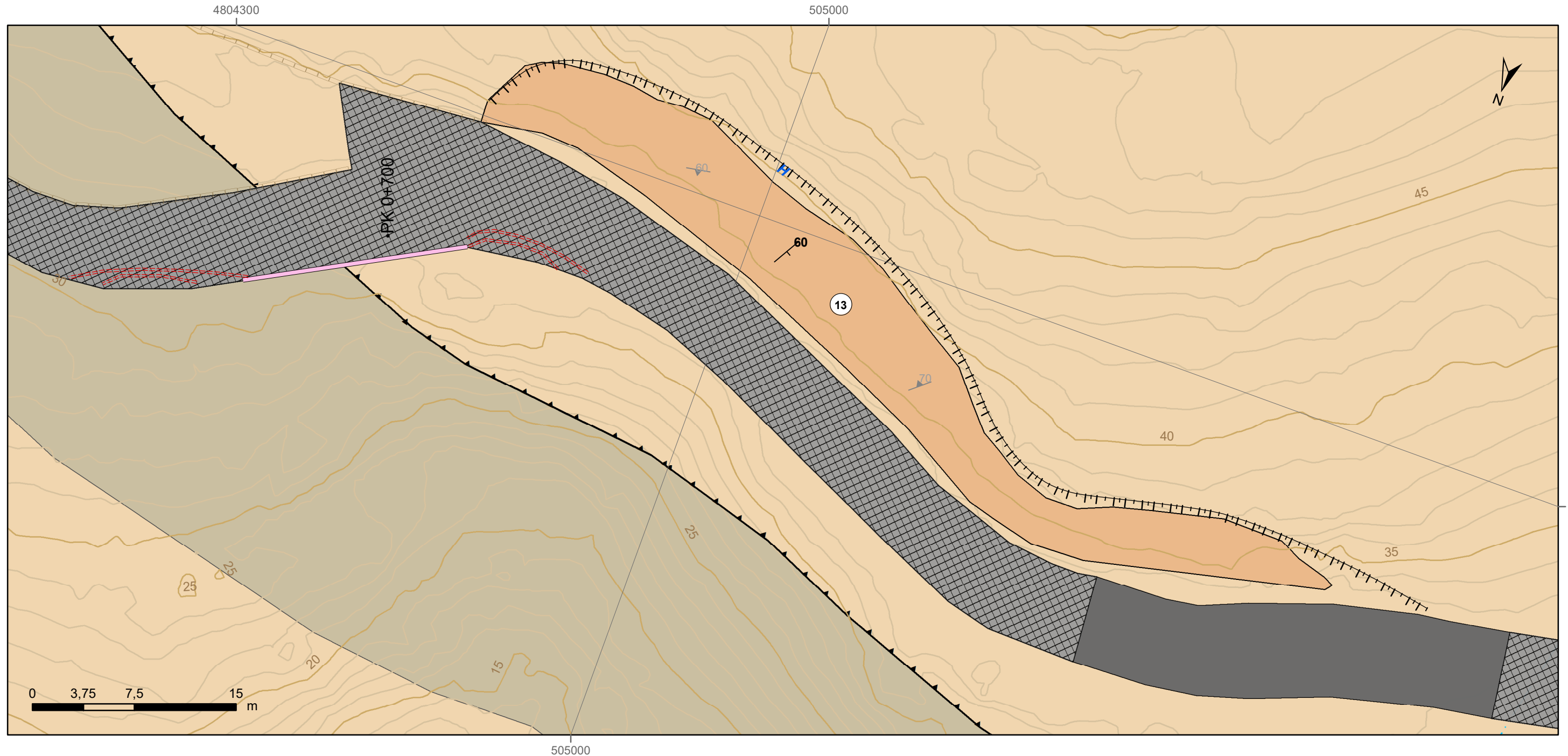
- Anticinal
- Cabalgamiento
- Roturas
- Taludes
- Estratificación (dip - dip direction)
- Juntas (dip - dip direction)
- Puntos de lectura
- Bloques y chineos

- Zonas encharcadas
- Ría de Plentzia
- Curso torrencial
- Curso permanente
- Parcheos
- Asfalto y rellenos del vial
- Grietas "piel de cocodrilo"

- Grietas
- Muro de hormigón armado
- Muro de mampostería
- Muro de escollera
- Perfil longitudinal

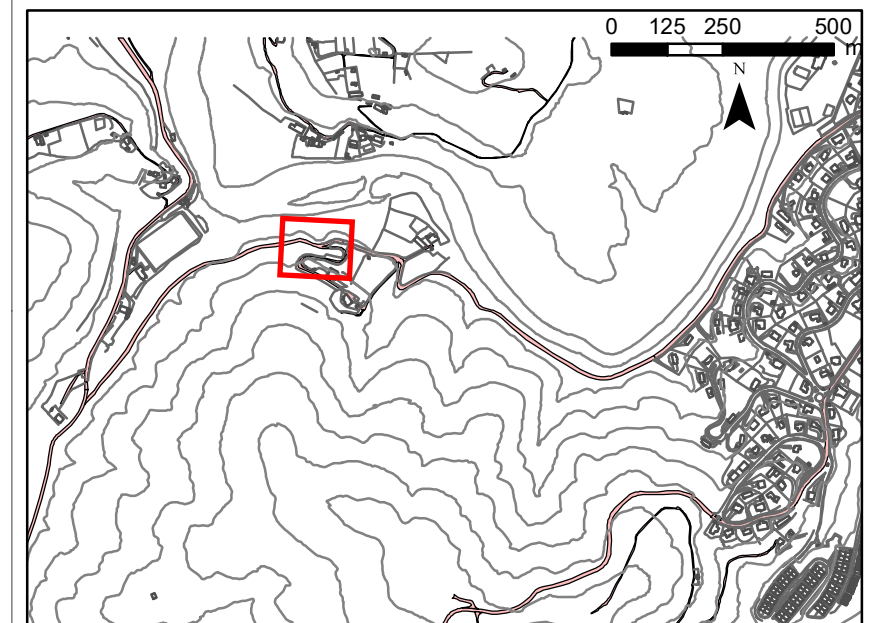
NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.





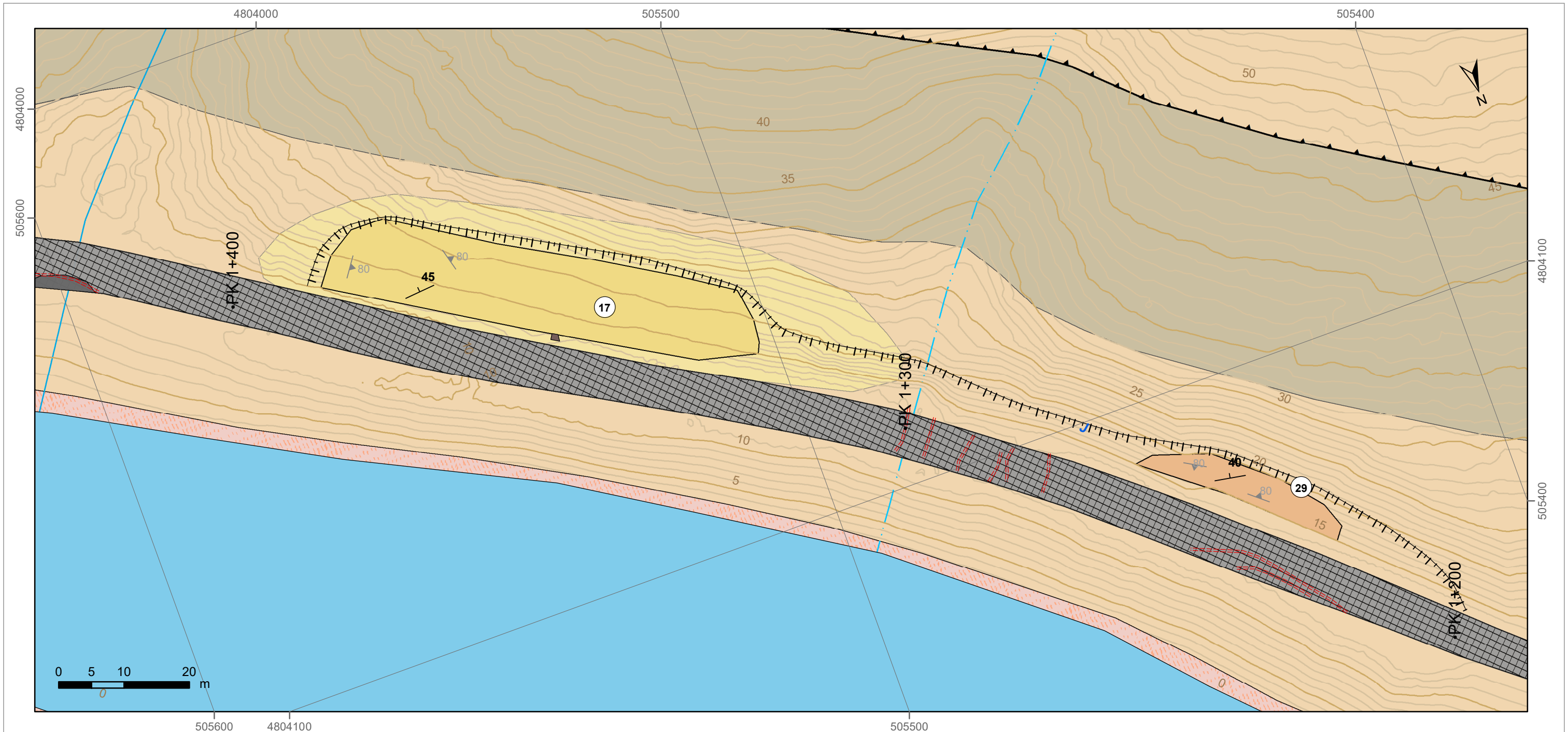
- |  |                       |  |                                       |  |                             |  |                         |
|--|-----------------------|--|---------------------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------|
|  | Coluvial              |  | Anticinal                             |  | Zonas encharcadas           |  | Grietas                 |
|  | Paleocoluvial         |  | Cabalgamiento                         |  | Ría de Plentzia             |  | Muro de hormigón armado |
|  | Derruvios             |  | Roturas                               |  | Curso torrencial            |  | Muro de mampostería     |
|  | Limolitas             |  | Taludes                               |  | Curso permanente            |  | Muro de escollera       |
|  | Areniscas             |  | Estratificación (dip - dip direction) |  | Parcheos                    |  | Perfil longitudinal     |
|  | Limolitas y areniscas |  | Juntas (dip - dip direction)          |  | Asfalto y rellenos del vial |  |                         |
|  | Fangos estuarinos     |  | Puntos de lectura                     |  | Grietas "piel de cocodrilo" |  |                         |
|  |                       |  | Bloques y chineos                     |  |                             |  |                         |

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.

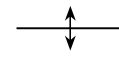
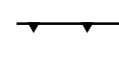

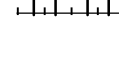
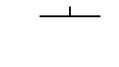










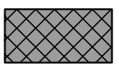
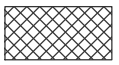






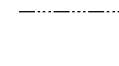




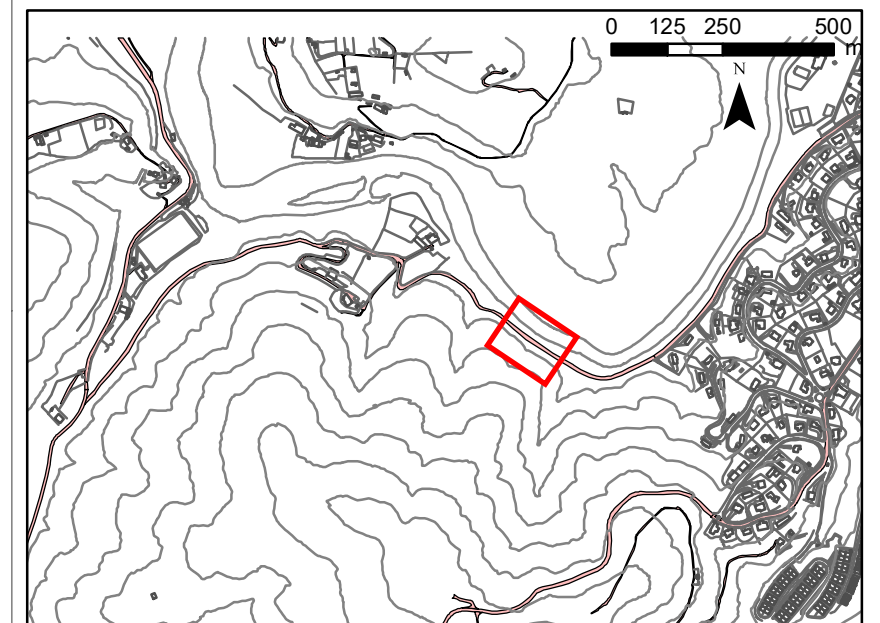
-  Coluvial
-  Paleocoluvial
-  Derruvios
-  Limolitas
-  Areniscas
-  Limolitas y areniscas
-  Fangos estuarinos

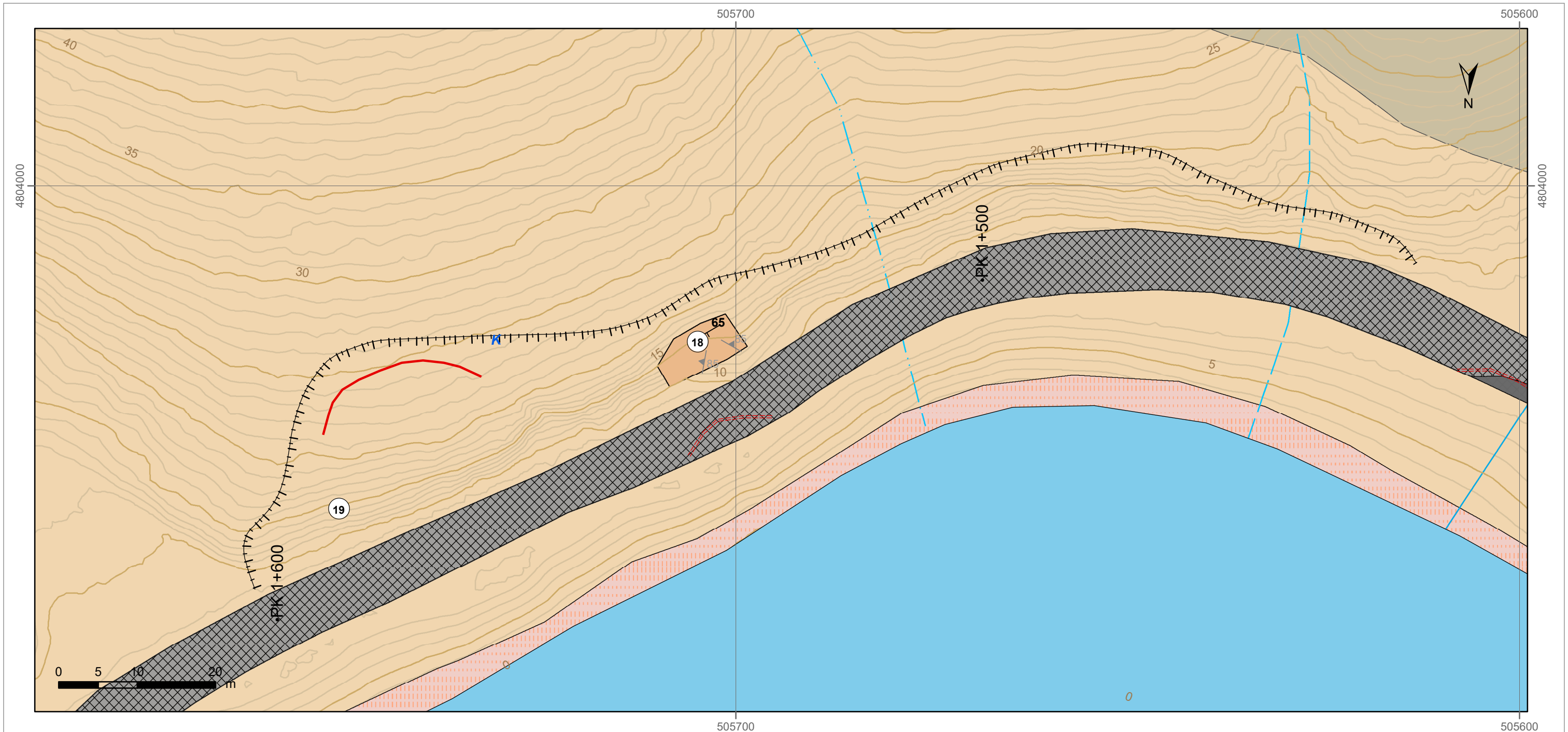
-  Anticinal
-  Cabalgamiento
-  Roturas
-  Taludes
-  Estratificación (dip - dip direction)
-  Juntas (dip - dip direction)
-  Puntos de lectura
-  Bloques y chineos

-  Zonas encharcadas
-  Ría de Plentzia
-  Curso torrencial
-  Curso permanente
-  Parcheos
-  Asfalto y rellenos del vial
-  Grietas "piel de cocodrilo"









-  Grietas
-  Muro de hormigón armado
-  Muro de mampostería
-  Muro de escollera
-  Perfil longitudinal








NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.





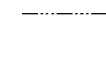




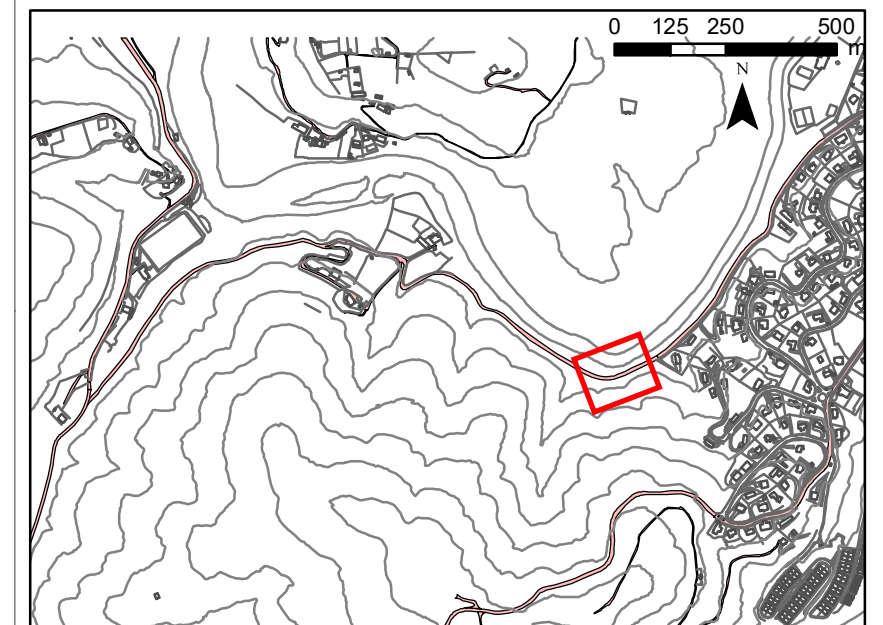
-  Coluvial
-  Paleocoluvial
-  Derruvios
-  Limolitas
-  Areniscas
-  Limolitas y areniscas
-  Fangos estuarinos

-  Anticinal
-  Cabalgamiento
-  Roturas
-  Taludes
-  Estratificación (dip - dip direction)
-  Juntas (dip - dip direction)
-  Puntos de lectura
-  Bloques y chineos

-  Zonas encharcadas
-  Ría de Plentzia
-  Curso torrencial
-  Curso permanente
-  Parcheos
-  Asfalto y rellenos del vial
-  Grietas "piel de cocodrilo"

-  Grietas
-  Muro de hormigón armado
-  Muro de mampostería
-  Muro de escollera
-  Perfil longitudinal

NOTA: los colores saturados son de afloramientos rocosos. Los tonos más suavizados corresponden a su eluvial equivalente.



## **ANEXO II. Datos estructurales**

DATOS ESTRUCTURALES DEL MACIZO ROCOSO

PUNTO LECTURA	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)						ESPACIADO (m)						APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
			S. RUMBO / S. BUZ																			
	DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6	> 6								
2	S0	66	195												0,5	Arcll	III-IV	2-4	1-5	M	Carra de discontinuidades algo alteradas. Discontinuidades mojadas.	
	J1	60	320												-	-	-	2-4				
	J2	34	158												-	-	-	2-4				
3	J1	35	340												-	-	-	10-12	25-50	H	Discontinuidad S0 algo alterada. J1 apertura sin relleno. Discontinuidades húmedas.	
	S0	70	150												0-0,5	-	-	0-2				
	S0	72	173												-	-	-	0-2				
	J2	60	328												-	-	-	2-4				
	J3	61	115												-	-	-	2-4				
5	S0	65	180												-	-	-	8-10	1-5	S	Grietas apertura 0,5-3 cm. Discontinuidades muy difusas debido a la alteración.	
	J1	45	090												-	-	-	2-4				
	J2	32	270												-	-	-	2-4				
7	S0	60	160												-	-	-	2-4	1-5	S	Grietas de apertura 0,5-3 cm. Discontinuidades muy difusas debido a la alteración.	
	S0	65	163												-	-	-	4-6				
	J1	45	090												-	-	-	2-4				
	J2	40	265												-	-	-	2-4				
8	S0	32	172												-	-	-	2-4	5-25	S	Carra de discontinuidades algo alteradas. Discontinuidades secas.	
	S0	36	168												-	-	-	2-4				
	J1	73	260												-	-	-	0-2				
	J1	75	261												-	-	-	0-2				
	J2	80	010												0,25	Arcll	III-IV	0-2				
10	S0	60	315												-	-	-	0-2	100	S	Alteración superficial que profundiza 1 cm. Discontinuidades secas.	
	J1	45	195												-	-	-	0-2				
	J2	45	015												-	-	-	0-2				
11	S0	56	318												0,5	AA	IV	2-4	1-5	H	Caras de discontinuidades muy alteradas. S0 en apertura sin relleno en varios puntos. Humedad generalizada.	
	S0	56	320												0,5	-	-	2-4				
	S0	60	315												0,5	-	-	0-2				
	J1	58	149												1	-	-	4-6				
	J1	60	142												0,5	AA	-	4-6				
	J2	80	030												0,5	-	-	0-2				
	J3	80	110												0,5	-	-	0-2				
12	S0	70	310												-	-	-	8-10	50	S	Espaciado de S0 variable. Meteorización y resistencia dependiente de la potencia de S0.	
	J1	30	010												-	-	-	4-6				
	J2	50	120												-	-	-	4-6				
13	S0	60	300												-	-	-	0-2	25-50	S	J1 persistente a favor de talud. Discontinuidades alteradas.	
	J1	60	350												-	-	-	0-2				
	J2	70	140												-	-	-	0-2				
14	S0	65	195												0,5	Arcll	IV	2-4	1-5	M	Caras de discontinuidades alteradas. Discontinuidades mojadas y humedad general.	
	S0	68	195												-	-	-	2-4				
	J1	50	305												1	-	-	4-6				
	J1	50	300												-	-	-	2-4				
	J2	20	090												-	-	-	2-4				
16	S0	55	200												0,25	-	IV	2-4	1-5	M	Tramo con estratos mm-cm.	
	S0	60	200												-	-	-	2-4				
	J1	50	300												-	-	-	2-4	50	H-S	Tramo con estratos más potentes. Discontinuidades húmedas a secas.	
	J2	20	090												-	-	-	2-4				
17	S0	45	175												-	-	-	10-12	50-100	S	Datos interpretados a 2 m de distancia del afloramiento. J2 paralela al talud.	
	J1	80	255												-	-	-	0-2				
	J2	80	305												-	-	-	2-4				
18	S0	65	330												1-3	-	III	0-2	100	F	Afloramiento malo. Manantial, fluencia de agua.	
	J1	85	210												-	-	-	0-2				
	J2	85	100												-	-	-	2-4				
20	S0	75	355												0,25	AA	III	8-10	50-100	H	Afloramiento malo.	
	J1	28	065												0,25	AA	-	2-4				
	J2	88	255												-	-	-	2-4				
22	S0	64	004												0,5	AA	III-IV	2-4	25-50	H	Caras de discontinuidades alteradas. J1 y J2: persistencias abarcan la potencia de S0.	
	J1	62	244												0,5	AA	-	0-2				
	J2	48	142												0,5	AA	-	0-2				
24	S0	50	140												0,5	Arcll	III-IV	10-12	50-100	H	Húmeda generalizada	
	J1	65	250												0,25	-	-	2-4				
	J2	45	085												-	-	-	2-4				
	J3	50	040												-	-	-	0-4				
25	S0	50	170												-	-	-	10-12	1-5	H	Tramo con estratos mm-cm.	
	S0	50	168												0,5	-	-	2-4				
	J1	85	130												0,25	AA	-	2-4				
	J1	85	310												0,25	AA	III	2-4	50-100	S	Estratos de menor potencia más alterados y húmedos	
	J2	80	220												-	-	-	2-4				
	J3	60	040												-	-	-	2-4				
27	S0	165	55												-	-	-	2-5	1-5	S	Tramo laminado	
29	S0	40	190												0,25	-	-	0-2	25	S	Se generan chineos.	
	J1	80	030												-	-	-	0-2				
	J2	80	220												0,25	-	-	0-2				

\* RCS estimada en campo a partir del golpeo con el martillo de geólogo.

\*\* JRC estimado con perfiles tipo de N. Barton y V. Choubey.

S Seco.  
H Húmdo.  
M Mojado.  
F Fluencia de agua.

AA Relleno de arena arcillosa.  
Ardl Relleno de arcilla.

## **ANEXO III. Inventario de taludes**

TALUD: A

SITUACIÓN: PK 0+000-0+120

# PL: 1, 2

### GEOMETRÍA

LONGITUD: 120 m                      ALTURA: 2 m                      ORIENTACIÓN: 60/325 a 60/315  
 Ladera natural sobre coronación de 30° aprox. Abundante vegetación y árboles combados e inclinados. Final del talud en vaguada con flujo permanente.

### AFLORAMIENTO

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando con abundante materia orgánica y vegetación. Potencia de 20 cm aprox. en la parte superior del talud.

**Coluvial:** suelo arcilloso blando, color marrón claro y humedad generalizada. Intercala clastos centimétricos de areniscas tableadas marrón-ocre con pátinas negruzcas y bloques subangulosos decimétricos de calcarenitas gris claros (PL 1). Se observan grietas con apertura milimétrica puntuales.

**Roca:** alternancia de areniscas silíceas y limolitas en estratos milimétricos a centimétricos. GM-III-IV. Los estratos de arenisca se desmenuzan con un golpe suave de martillo (PL 2). El resto del afloramiento se desmenuza con facilidad.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)						RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES					
		DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6							> 6				
2	S0	66	195											0,5	Arcll										
	J1	60	320											-	-	III-IV			2-4						
	J2	34	158											-	-				2-4	1-5	M				Cara de discontinuidades algo alteradas. Discontinuidades mojadas.

### INESTABILIDADES

Cicatrices de caídas y vaciado en la cara del talud. Parte superior de tierra vegetal en voladizo, fijado por la vegetación. La masa de coluvial muestra abombamientos en la ladera sobre coronación así como deformaciones y grietas en la masa del coluvial con rezume de agua a través éstas.

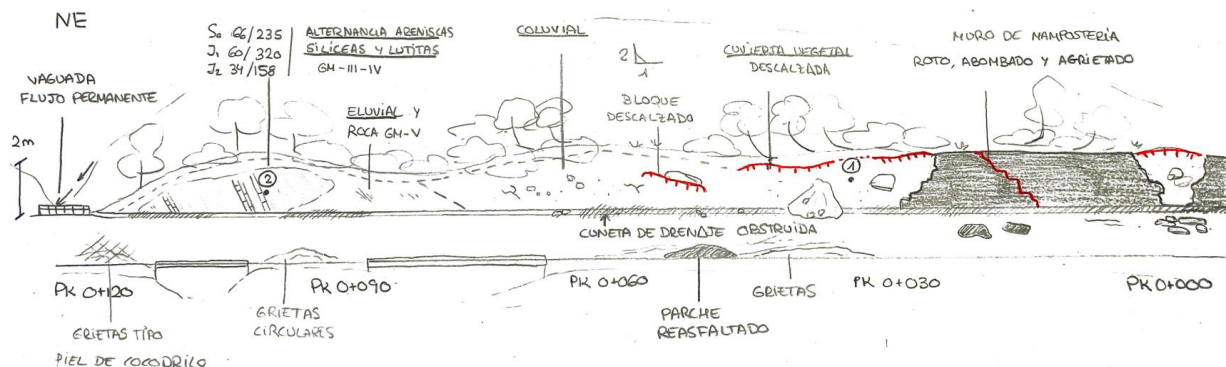
### ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN

Muro de mampostería entre los PK 0+000-0+030 y muro de hormigón armado en la parte inferior del carril izquierdo.

### PATOLOGÍAS/AFECCIONES

- Muro de mampostería: deformación generalizada, abombamiento y volcado y/o rotura a inicio y final del muro. Apertura entre los mampuestos.
- Firme: grietas circulares con apertura mm-cm y grietas en "piel de cocodrilo", desconches y parcheos.
- Cuneta: grietas y obstrucciones por caída de bloques y tierra.

### CROQUIS



## FOTOGRAFÍAS



Vista general del inicio de la carretera de acceso a la urbanización en PK 0+000. Inicio del talud A con muro de mampostería con recubrimiento de sillería a comienzo del tramo.



Detalle de rotura reciente del muro vallada. Se desconoce registro de fecha de la rotura. Al fondo se observa la BI-2704.



Detalle de rotura del muro. Se observa un bloque métrico de arenisca, posiblemente del propio relleno en trasdós o estructura del muro.



Detalle lateral del muro donde se observa la estructura interna en mampostería. Se aprecia la deformación y volcado del muro.





Vista general del PK 0+020 con talud excavado en coluviales. No se observan deformaciones ni inestabilidades relevantes. PL 1.



Detalle del trazado, sinuoso y con hundimientos recurrentes.  
Cuneta de drenaje obstruida.



Detalle de lateral izquierdo del vial, con parcheos y agrietado longitudinal con apertura mm. PK 0+020.



Grietas tipo "piel de cocodrilo" junto con desconches y oquedades en el asfalto. Zona central del vial hundida. PK 0+040.



Detalle de afloramiento de coluvial en PK 0+040. Bloque de calcarenita y vaciado de la cara del talud.

Detalle de afloramiento de coluvial en PK 0+050. Bloques de areniscas beis tableadas depositados a pie de talud.



Afloramiento rocoso del PL 2 en PK 0+100.



Detalle del eluvial equivalente situado en la proximidad del afloramiento rocoso. PK 0+120.

Detalle del afloramiento formado por alternancia de areniscas silíceas y limolitas en estratos mm-cm, GM-III-IV.

TALUD: B

SITUACIÓN: PK 0+120-0+220

# PL: 3, 4

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 100 m                      ALTURA: 2,5 m                      ORIENTACIÓN: 60/270 a 75/280  
 Ladera natural sobre coronación. A inicio ladera de 30° y a final de 20° (aprox.) con árboles inclinados en coronación.

**AFLORAMIENTO**

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando materia orgánica y vegetación. Potencia de 20 cm aprox. situado en la parte superior del talud.

**Eluvial:** apariencia de suelo arcilloso duro. Puntualmente arenoso con partículas de micas y consistencia firme. Color ocre y humedad generalizada. En algunos tramos se intuye una débil estructura del macizo rocoso (PL 4).

**Coluvial:** suelo arcilloso blando a duro, color marrón claro. Intercala bloques subangulosos centimétricos a decimétricos de calcarenitas grisáceas y en menor medida lascas tableadas de areniscas silíceas marrón oscuras.

**Roca:** areniscas silíceas en estratificación 10-20 cm en GM-III, con intercalaciones milimétricas de limolitas parcialmente alteradas a arcilla. Roca moderadamente dura. Los estratos de arena se pueden fracturar con un golpe firme de martillo (PL 3).

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)						APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
		DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6							
3	J1	35	340																		
	S0	70	150																		
	S0	72	173																		
	J2	60	328																		
	J3	61	115																		

**INESTABILIDADES**

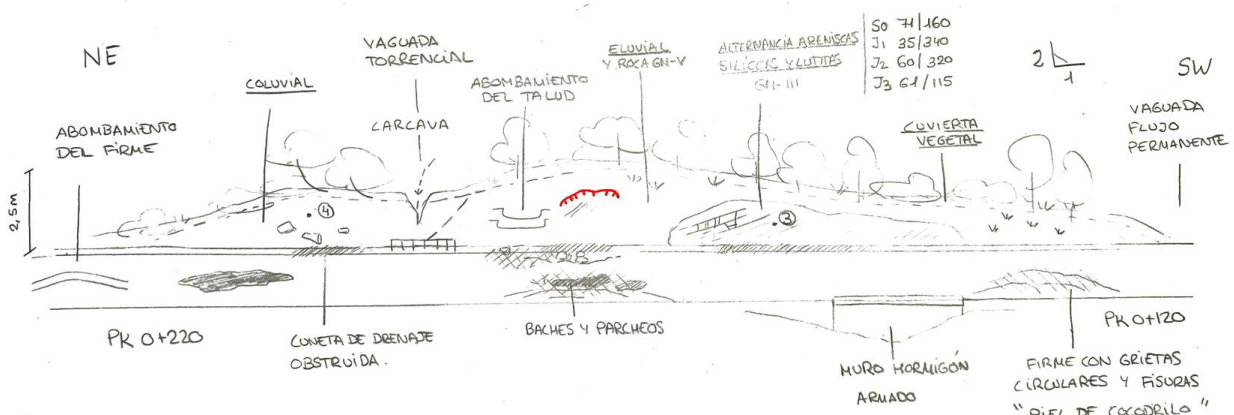
Caídas de bloques en tramos del coluvial, favorecido por el lavado del material fino que lo sustenta, así como abombamientos de la cara del talud. En el tramo de afloramiento rocoso se observan zonas susceptibles de generar cuñas y en torno a 0.15 m<sup>3</sup>.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN:** se observa bajo el carril izquierdo un muro de hormigón armado.

**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- Firme: grietas "piel de cocodrilo", desconches y parcheos.
- Cuneta de pie: grietas transversales y obstrucciones por cúmulos de bloques y tierra.

**CROQUIS**



## FOTOGRAFÍAS



Vista a inicio del talud B en PK 0+120, con grietas de "piel de cocodrilo" en carril izquierdo y grietas longitudinales en la parte central. Muro de hormigón armado con grietas en lateral izquierdo. Sobrancho de 8 m tras sucesivos reasfaltados y modificación del trazado (indicado en rojo) al hundirse la parte exterior del carril izquierdo.



Vista a final del talud tras la curva de PK 0+180. Se continúan observando grietas con apertura cm en el asfalto, así como hundimientos del vial a lo lejos en el PK 0+200. Talud derecho con afloramiento rocoso donde se establece el PL 3.



Vista general en el PK 0+210. Deterioro avanzado del asfalto con grietas, oquedades y parcheos. Talud derecho con PL 4 en coluviales, donde se observa un bloque de arenisca junto al martillo. Cuneta de pie deformada y abombamientos de la cara del talud.



Vista del afloramiento del PL 3. Se acumulan chineos en la cuenta de pie.



Alternancia de areniscas silíceas de 10-20 cm de potencia en GM-III y limolitas parcialmente alteradas a arcilla.



Tramo en coluvial en PK 0+230, con roturas en la cara del talud y caída de bloques cm-dm de arenisca



Detalle de la cuneta de pie obstruida por tierras y bloques acumulados. PK 0+230.

TALUD: C

SITUACIÓN: PK 0+270-0+300

# PL: 5, 6

GEOMETRÍA

LONGITUD: 30 m                      ALTURA: 2.50 m                      ORIENTACIÓN: 60/290 a 70/305  
 Ladera natural sobre coronación de 30° (aprox.). Abundante vegetación. Pista forestal ascendente en PK 0+240.

AFLORAMIENTO

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando materia orgánica y vegetación. Potencia de 15 cm aprox. en la parte superior del talud.

**Eluvial:** suelo arcilloso a arenoso fino, con partículas de micas y consistencia dura y firme. Color ocre y humedad generalizada, puntualmente muestra carbonataciones blanquecinas. En algunos tramos se intuye una débil estructura del macizo rocoso (PL 6).

**Roca:** areniscas silíceas en estratificación centimétrica (2 a 10 cm) en GM-IV parcialmente arenizadas, con intercalaciones milimétricas de limolitas, puntualmente calcáreas y alteradas a arcilla en varios puntos (PL 5). Las areniscas en la cara del talud se desmenuzan con un golpe firme de martillo mostrándose como roca blanda.

El suelo de la pista forestal cuenta con un afloramiento donde se establece el PL 20. Es afloramiento es de mala calidad dado el poco relieve y dificultad de toma de datos. Por lo que se da mayor importancia al resto de los afloramientos

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)						APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
		DIP	DIP DIRECTION	S.RUMBO / S.BUZ																	
				<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2	2 A 6							
5	S0	65	180														8-10	1-5	S	Grietas apertura 0,5-3 cm. Dicontinuidades muy difusas debido a la alteración.	
	J1	45	090																		
	J2	32	270																		
20	S0	75	355											0,25	AA		8-10	50-100	H	Afloramiento malo.	
	J1	28	065											0,25	AA		2-4				
	J2	88	255														2-4				

INESTABILIDADES

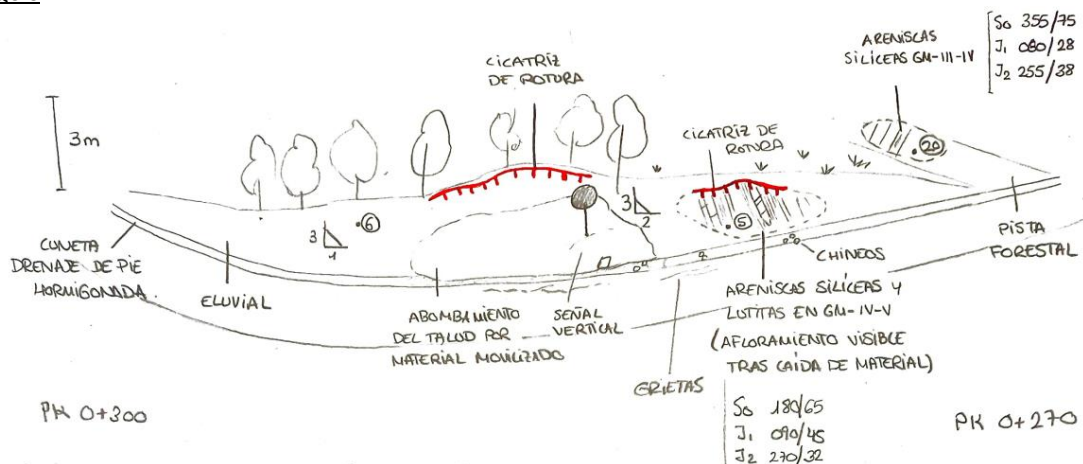
Caídas de bloques centimétricos y chineos en tramo de afloramiento de roca. Se producen roturas en la cara del talud debido a la disgregación de la roca alterada.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No

PATOLOGÍAS/AFECCIONES

- Cuneta: grietas transversales. Obstrucciones por acumulación de bloques y tierra.
- Deterioro superficial del asfalto.

CROQUIS



## FOTOGRAFÍAS



Vista a inicio del talud C. Se observa afloramiento rocoso a inicio con una pequeña rotura donde se establece el PL 5, en el PK 0+270. Se observa junto a la señal, en el PK 0+275, un abombamiento en el talud. Al fondo se aprecia el hundimiento del vial, sobre el PK 0+290.



Detalle del abombamiento y deformación en la cara del talud en el PK 0+275.



Detalle del deterioro del asfalto con parcheos, oquedades y grietas generalizadas previo al comienzo del talud en el PK 0+250.



Detalle del afloramiento del PL 12 con areniscas silíceas en estratificación centimétrica, en cuerpos lenticulares, con intercalaciones milimétricas de limolitas, alterado a GM-IV.



Indicaciones de la pista forestal sobre el talud y situación del PL 20.



Detalle de fragmento de areniscas del PL 20 en corte fresco.



Afloramiento del PL 20 en el suelo de la pista forestal, formado por areniscas silíceas micáceas en estrados decimétricos.





## FOTOGRAFÍAS



Vista general del talud D tras vaguada. Deterioro avanzado del firme con oquedades y grietas tipo “piel de cocodrilo” en PK 0+310.



Afloramiento con PL 7, en PK 0+330. Disgregación del talud en chinos acumulados obstruyendo la cuneta de pie.



Alternancia milimétrica de areniscas silíceas y limolitas alteradas a GM-IV. Se intuye grieta con apertura de 1 cm. PK 0+340.



Grieta en afloramiento con apertura de hasta 2 cm en PK 0+350.



Detalle de la apertura de la grieta anterior del PK 0+350.



Situación del asfalto en el PK 0+370 con desconches, parcheos y grietas de tipo "piel de cocodrilo".



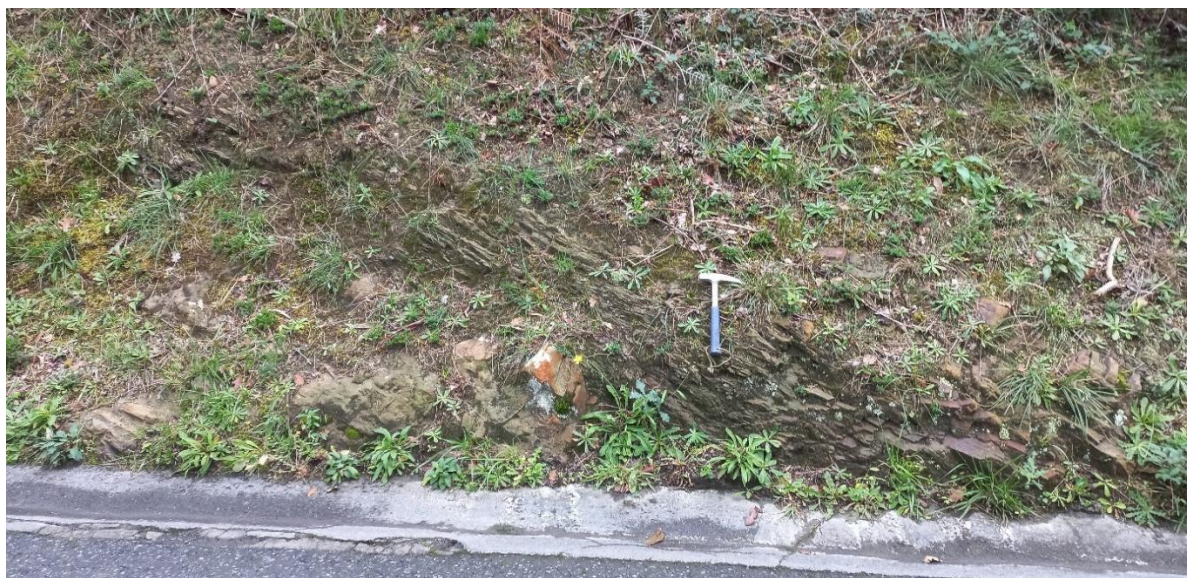
Detalle de oquedad en el centro del agrietado en "piel de cocodrilo", en PK 0+380.



## FOTOGRAFÍAS



Vista general del talud E a inicio. Cuneta de pie discontinua a lo largo del talud con un entrante en la parte central.



Vista de afloramiento en el PL 8. Cuneta de guarda deteriorada con grieta longitudinal continua y transversales, en PK 0+420.



Detalle del afloramiento de alternancia de areniscas silíceas en estratos centi-decimétricos en cuerpos lenticulares junto con alternancia de areniscas y limolitas calcáreas en estratos milimétricos a centimétricos. PK 0+420.

TALUD: F

SITUACIÓN: PK 0+440-0+550

# PL: 9, 10, 11

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 100 m      ALTURA: variable, 2.5 a 4.5 m      ORIENTACIÓN: 65/310 a 65/325  
 Talud en curva con varias inestabilidades. Ladera natural sobre coronación de 20° aprox. y árboles combados en coronación.

**AFLORAMIENTO**

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando materia orgánica y raíces. Potencia variable entre 10 a 20 cm aprox., en la parte superior del talud.

**Eluvial:** suelo arcilloso-arenoso, de consistencia medianamente dura. Color marrón claro a ocre. En algunos tramos conserva una débil estructura del macizo rocoso.

**Derrubios:** suelo principalmente arcilloso, de consistencia entre blanda y medianamente dura y con grietas. Puntualmente se observan bloques de areniscas de tamaño centimétrico, de color gris claro. (PL 9). Material acumulado en la base del talud tras rotura.

**Roca:** variable a lo largo del talud.

PL 10: areniscas silíceas beis oscuras, de color gris claro en corte fresco, de tamaño de grano medio y partículas de micas, en estratos decimétricos a métricos, en GM-II. Pátina superficial de alteración, que otorga un color negruzco al afloramiento. Roca dura, se requieren varios golpes de martillo para fracturarla. Afloran en banco de potencia de 3 m aprox.

PL 11: areniscas silíceas de color gris claro, con tamaño de grano fino y partículas de micas, dispuestas en estratos centimétricos, en GM-IV. Se fractura con un golpe de martillo y en algunos puntos de desmenuza. Se alternan con limolitas en potencia milimétricas muy alteradas a completamente alteradas a arcillas.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTO	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2								2 A 6
10	S0	60	315												-	-	II	0-2	100	S	Alteración superficial que profundiza 1 cm. Discontinuidades secas.
	J1	45	195												-	-		0-2			
	J2	45	015												-	-		0-2			
11	S0	56	318											0,5	AA	IV	2-4	1-5	H	Caras de discontinuidades muy alteradas. S0 en apertura sin relleno en varios puntos. Humedad generalizada.	
	S0	56	320											0,5	-		2-4				
	S0	60	315											0,5	-		0-2				
	J1	58	149											1	-		4-6				
	J1	60	142											0,5	AA		4-6				
	J2	80	030											0,5	-		0-2				
	J3	80	110											0,5	-		0-2				

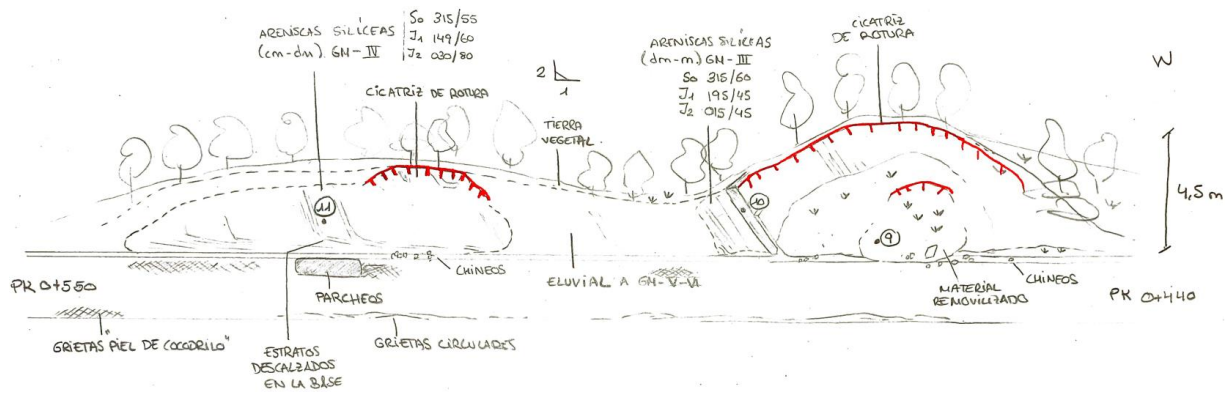
**INESTABILIDADES**

- Rotura global en roca intensamente alterada y eluviales abarcando el tramo inicial del talud, con otras pequeñas roturas circulares y abombamientos dentro de la propia inestabilidad. Se generan derrubios que se acumulan a pie del talud (PL 9) en el PK 0+480.
- Cicatriz de rotura planar de estratos centimétricos de areniscas (PL 11) en PK 0+510. La alteración de la roca favorece el inicio de la inestabilidad cerca de coronación del talud, a través del contacto entre suelo y roca alterada.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No**
**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- Cuneta: grietas transversales. La masa de derrubios intercepta la cuneta en los puntos en los que se abomba.
- Firme: parcheos, grietas circulares a borde de vial y grietas tipo "piel de cocodrilo" a pie de talud.

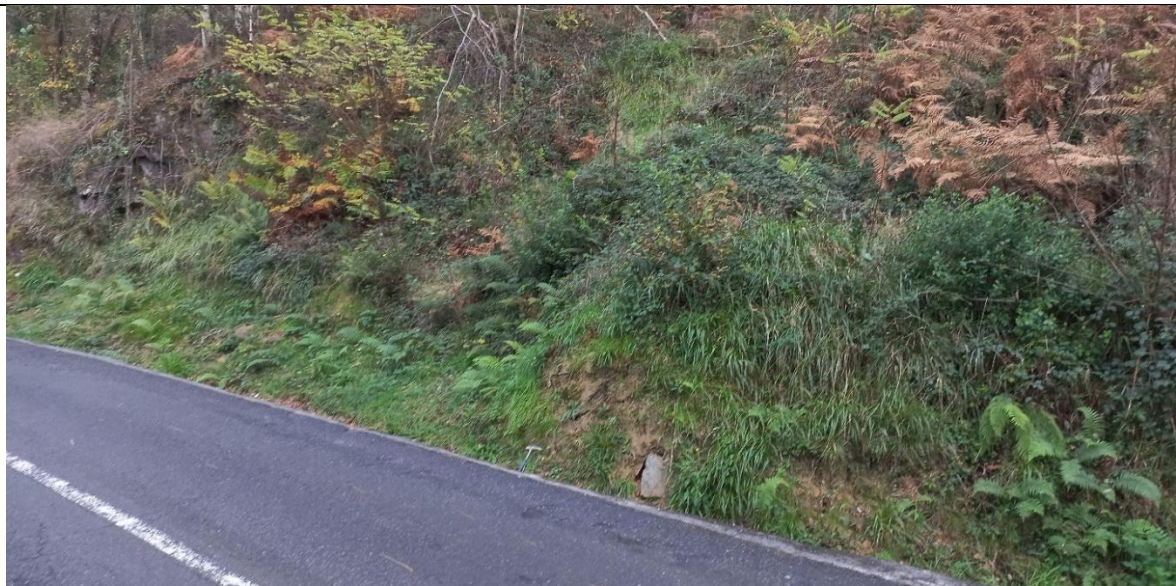
**CROQUIS**



**FOTOGRAFÍAS**



Vista general del talud F. Se observa la masa de derrubios acumulados PK 0+480 y la rotura planar en roca alterada en PK 0+510.



Vista del derrubio en el PK 0+480 donde se establece el PL 9. Abombamiento y material acumulado a pie de talud junto con bloques de tamaño decimétrico invadiendo la cuneta de pie.



Vista de la cicatriz de la rotura planar en PK 0+510. La coronación del talud se compone de roca completamente alterada a suelos por donde se originan las grietas de tracción facilitando el deslizamiento de los estratos. Se estima una rotura de 5 m<sup>3</sup>.



Detalle de la superficie de rotura planar en PK 0+510



Detalle de material acumulado en la cuneta de pie.



Vista lateral transversal a la rotura planar y estratificación.



Detalle de la alternancia de areniscas y limolitas muy alteradas y disgregadas





Detalle de las grietas longitudinales del asfalto a inicio del tramo en PK 0+430. Se observa un hundimiento en PK 0+430.



Detalle de las grietas en "piel de cocodrilo" a pie de talud derecho en PK 0+510.



Detalle de grieta en asfalto de apertura de 1 cm aproximado.

TALUD: **G**

SITUACIÓN: **PK 0+560-0+600**

# PL: **12**

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 40 m

ALTURA: variable, 2.5 m

ORIENTACIÓN: 70/340

Final del talud en vaguada de curso torrencial.

**AFLORAMIENTO**

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando materia orgánica y raíces. Potencia variable 15 cm aprox., en la parte superior del talud.

**Roca:** areniscas silíceas de color gris a beis claro, con tamaño de grano fino y partículas de micas, dispuestas en estratos centimétricos entre 5 a 10 cm, en GM-III-IV. Se fractura con varios golpes firmes de martillo. Roca dura. Se alternan con limolitas en potencia milimétricas muy alteradas a completamente alteradas (PL 12).

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTO	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2								2 A 6
12	S0	70	310																		Espaciado de S0 variable.
	J1	30	010													III-IV	4-6	50	S	Meteorización y resistencia dependiente de la potencia de S0.	
	J2	50	120														4-6				

**INESTABILIDADES**

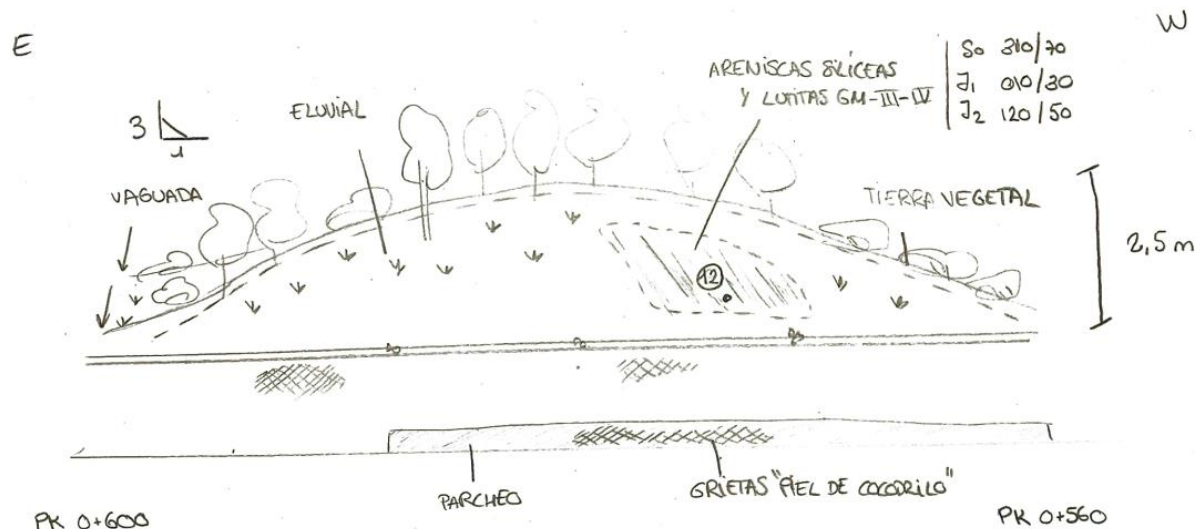
Sin inestabilidades relevantes. Se observan bloques centimétricos acumulados en cuneta de pie de talud.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No**

**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- o Firme: grietas tipo "piel de cocodrilo" y parcheos. Abundantes desconches del asfalto. Se observa una modificación del eje central del vial posiblemente motivado por el hundimiento y deterioro del margen del carril izquierdo.
- o Cuneta de pie con grietas transversales y longitudinales de apertura milimétrica.

**CROQUIS**



## FOTOGRAFÍAS



Vista general del talud G. Se observa un hundimiento en la parte central entre los PK 0+570 y PK 0+580, así como grieta longitudinal al trazado. Se aprecia una modificación del eje central del vial (señalado con flechas rojas).



Detalle de patologías en firme al comienzo de la zona deprimida con varios parcheos, grietas y zonas encharcadas, en PK 0+570.



Vista del afloramiento del PL 12 en el PK 0+590.



Areniscas silíceas alternantes con limolitas en potencia milimétricas en GM-III-IV.

TALUD: H

SITUACIÓN: PK 0+610-0+700

# PL: 13

GEOMETRÍA

LONGITUD: 90 m

ALTURA: 2.5 m

ORIENTACIÓN: 60/320 a 60/015

AFLORAMIENTO

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando materia orgánica y raíces. Potencia variable 30 cm aprox., en la parte superior del talud.

**Roca:** areniscas silíceas de color beis a marrón claro, con tamaño de grano fino a medio y partículas de micas, dispuestas en estratos centimétricos entre 5 a 10 cm en GM-III, alternado con limolitas parcialmente alteradas que se disgregan con facilidad, en GM-IV (PL 13). Puntualmente se observa un estrato de arenisca de forma lenticular de hasta 50 cm de potencia, sanas en GM-II. Las areniscas en corte fresco se fracturan con un golpe firme o varios golpes de martillo, estimándose moderadamente dura.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)				ESPACIADO (m)				APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTIVO	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2								0.2 A 0.6
13	S0	60	300																
	J1	60	350												III-IV	0-2	25-50	S	J1 persistente a favor de talud.
	J2	70	140													0-2			Discontinuidades alteradas.

INESTABILIDADES

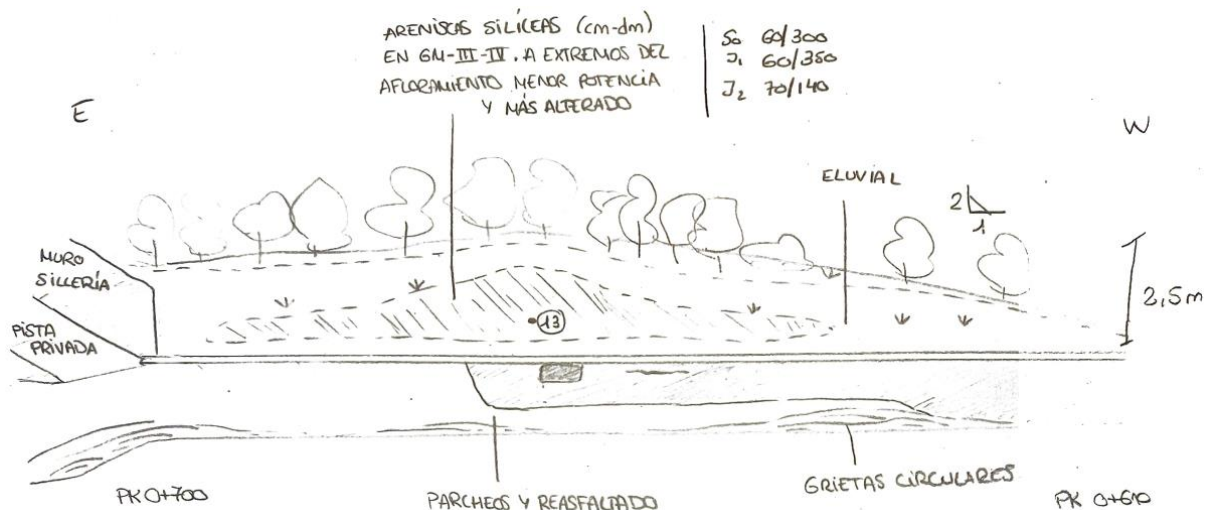
Sin inestabilidades relevantes.

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No

PATOLOGÍAS/AFECCIONES

- o Firme: grietas tipo “piel de cocodrilo” y tramo completamente reasfaltado entre los PK 0+610-0+620. Tramo final del PK 0+700 con roturas circulares en el margen del vial y hundimiento. Se observa una modificación del eje central del vial posiblemente motivado por el hundimiento y deterioro del margen del carril izquierdo.

CROQUIS



## FOTOGRAFÍAS



Vista general del inicio del talud H en el PK 0+610. Deformación y patologías generalizadas del firme. Franja reasfaltada entre los PK 0+610-0+620 y grietas de "piel de cocodrilo" a inicio.



Vista general del talud H hacia el final, desde el PK 0+660 tras la curva. Se observa una modificación del eje central del vial (señalado con flechas rojas) y hundimientos en el margen exterior del carril derecho.



Estrato de arenisca de 50 cm de potencia que adquiere morfología lenticular, en PK 0+680.



Detalle de la arenisca. Se aprecia la estructura interna correspondiente a los niveles inferiores de la serie de Bouma.



Afloramiento del PL 13 en el PK 0+660. Areniscas silíceas dispuestas en estratos entre 5 a 10 cm en GM-III,



Detalle de grietas y hundimiento aproximado de 10 a 15 cm del margen exterior del carril izquierdo. PK 0+700.

TALUD: I

SITUACIÓN: PK 0+950-1+120

# PL: 14, 15, 16, 28

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 170 m

ALTURA: 2.5 m

ORIENTACIÓN: 60/340 a 60/030

Árboles inclinados y combados en la cara y coronación del talud, así como deformaciones y abombamientos.

**AFLORAMIENTO**

Variación litológica a lo largo del talud. A inicio hay un tramo limolítico (PL 14 y PL 15) y hacia el norte predominan estratos de areniscas (PL 16).

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando con materia orgánica y raíces. Potencia variable 30 a 40 cm aprox., en la parte superior del talud.

**Eluvial:** variable a lo largo del talud.

PL 15: suelo arcilloso de color marrón muy oscuro a negro, blando y muy húmedo. Puntualmente puede apreciarse la estructura del macizo rocoso previo. Se observan grietas en la masa de suelos.

PL 28: suelo arcillo-arenoso con tamaño de arena fino a medio, mediamente compacto, de color ocre claro a beis. Se observan grietas y carbonataciones.

**Roca:** variable a lo largo del talud.

PL 14: Limolitas intensamente alteradas a GM-IV-V de color marrón oscuro con alguna pasada de areniscas silíceas en estratos centimétricos (3 a 5 cm) en GM-III-IV. Areniscas muy fracturada y con juntas abiertas. Los estratos más finos se desmenuzan con un golpe suave de martillo. Los tramos más limolíticos y alterados aparecen muy húmedos.

PL 16: areniscas silíceas de potencia variable de centimétrica a decimétrica (entre 5 y 15 cm), en color beis claro. Los estratos más potentes se observan en GM-III. Los más finos están muy alterados y se desmenuzan con facilidad. En estos puntos también se observan grietas y juntas abiertas, con abundante humedad.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO		ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)		APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
	DIP	DIP DIRECTH	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6							
14	S0	65	195									0,5	Arcll	IV	2-4	1-5	M	Caras de discontinuidades alteradas.
	S0	68	195									-			2-4			
	J1	50	305									1			4-6			
	J1	50	300									-			2-4			
	J2	20	090									-			2-4			
16	S0	55	200									0,25	-	IV	2-4	1-5	M	Tramo con estratos mm-cm.
	S0	60	200									-			2-4			
	J1	50	300									-			2-4			
	J2	20	090									-			2-4			

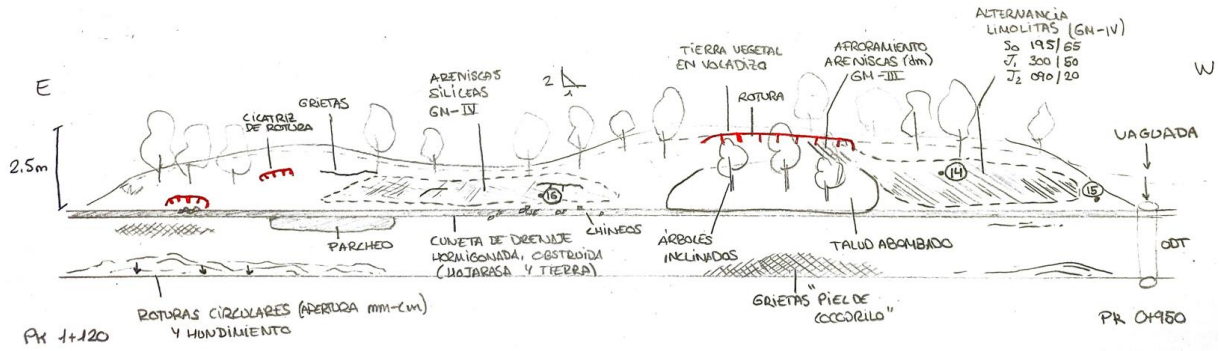
**INESTABILIDADES**

Cara del talud con grietas y abombamientos en el eluvial con inicios de rotura. En estos puntos el suelo vegetal se encuentra en voladizo. Desmenuzamiento de la roca en chineos. A partir del PK 1+020 hasta el final la orientación del talud y estructura de la estratificación genera geometrías susceptibles al vuelco.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No**
**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- Firme: deterioro generalizado del asfalto con grietas tipo "piel de cocodrilo" y grietas circulares en borde con hundimiento del orden cm-dm.

**CROQUIS**



**FOTOGRAFÍAS**



Vista del talud I desde su inicio en el PK 0+950. Se observan los árboles de la cara del talud inclinados así como abombamientos y deformaciones en la cara del talud en torno al PK 0+980. Cuneta de pie obstruida por tierra y hojarasca.



Afloramiento donde se establece el PL 14, en el PK 0+955.



Detalle del PL 14. Limolitas intensamente alteradas con pasadas de areniscas en estratos centimétricos.





Vista hacia el final del talud I desde el PK 1+020 tras la curva. Se observa un intenso hundimiento en el margen del carril izquierdo así como un intenso agrietado de tipo "piel de cocodrilo". También se observan deformaciones y obstrucciones en la cuneta de pie.



Afloramiento del PL 16 en el PK 1+030.



Detalle del pie de talud con grietas tipo "piel de cocodrilo" y cuneta de pie completamente obstruida, en PK 1+060.



Detalle del intenso hundimiento a lo largo del margen del carril izquierdo, del orden de 15 cm de hundimiento, así como un intenso agrietado de tipo "piel de cocodrilo" en el PK 1+080.

TALUD: J

SITUACIÓN: PK 1+180-1+400

# PL: 17,29

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 85 m

ALTURA: variable, 2 a 15 m

ORIENTACIÓN: 60/030

Altura variable, a inicio el talud tiene 1.5 m de altura. A partir de PK 1+195 la altura aumenta hasta el punto máximo en PK 1+350. Talud corta vaguada en PK 1+300.

**AFLORAMIENTO**

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando con materia orgánica y raíces. Potencia variable 30 a 40 cm aprox., en la parte superior del talud con mayor presencia a inicio.

**Eluvial:** suelo arcilloso compacto y duro, puntualmente más arenoso fino. Color marrón grisáceo y algo de humedad. En algunos tramos conserva una débil estructura del macizo rocoso.

**Roca**

PL 29: limolita gris oscuro violáceo, puntualmente más arenosas, en GM-III-IV. Estructura del macizo rocoso difusa en algunos puntos. Se observan discontinuidades abiertas. Se desmenuza con un golpe firme de martillo.

PL 17: alternancia de areniscas silíceas de grano medio en estratos decimétricos (de 10 a 20 cm aprox.) y lutitas en estratos milimétricos. Afloramiento en GM-II-III general.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
		DIP	DIP DIRECTO	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	<0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2							
17	S0	45	175														10-12	50-100	S	Datos interpretados a 2 m de distancia del afloramiento. J2 paralela al talud.
	J1	80	255														0-2			
	J2	80	305														2-4			
29	S0	40	190											0,25			0-2	25	S	Se generan chineos.
	J1	80	030														0-2			
	J2	80	220											0,25			0-2			

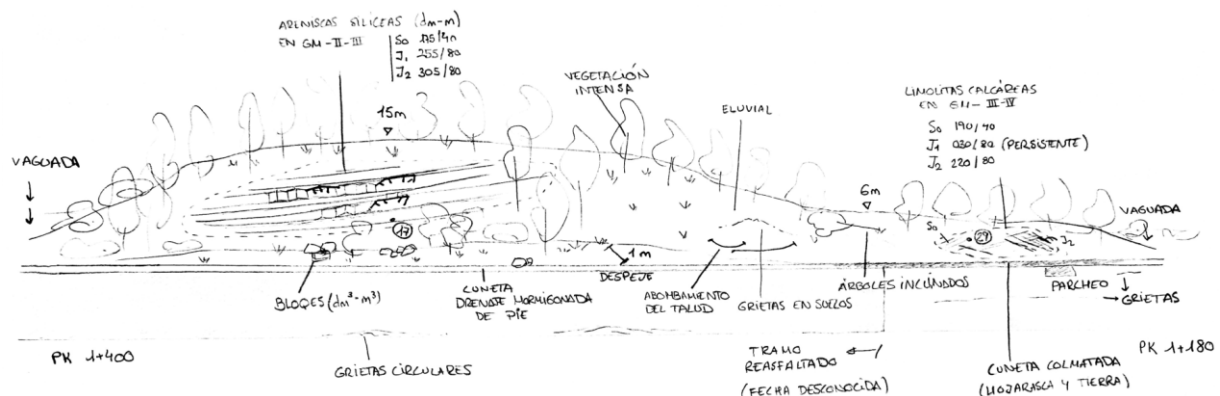
**INESTABILIDADES**

Desmenuzamiento de las limolitas del inicio del talud en chineos. En el afloramiento de areniscas del final (PL 17) abundan las caídas de bloques de hasta 0.25 m<sup>3</sup> por descalce debido a la erosión diferencial entre las areniscas y los estratos milimétricos de lutitas.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN:** No

**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- Firme: agrietado transversal.
- Caída de bloques al vial.

**CROQUIS**


FOTOGRAFÍAS



Afloramiento del PL 29 en el PK 1+200. El afloramiento se disgrega con facilidad y muestra una capa de alteración muy húmedo.



Detalle del PL 9. Limolita gris oscuro violáceo, puntualmente más arenosas, en GM-III-IV.



Vista del talud en el PK 1+330. Tramo de 15 m de altura donde se establece el PL 17 en la parte inferior. La abundante vegetación de la parte inferior del talud dificulta la toma de datos y observación de inestabilidades. Se encuentra un bloque de 40 cm de lado aproximado depositado a pie de talud.



Detalle del afloramiento del PL 17 con predominio de areniscas silíceas en estratos dm intercaladas con limolitas mm. PK 1+350.



Detalle de bloques de arenisca de en torno a 0.15-0.25 m<sup>3</sup> acumulados a pie de talud en el PK 1+350. Se aprecia la cicatriz de la rotura en color beis.

TALUD: K

SITUACIÓN: PK 1+450-1+600

# PL: 18, 19

**GEOMETRÍA**

LONGITUD: 150 m

ALTURA: 2.5-3 m

ORIENTACIÓN: 60/000 a 60/310

El talud intercepta dos vaguadas con curso torrencial. En PK 1+540, en el PL 18, hay un manantial con agua fluyendo a través de las juntas.

**AFLORAMIENTO**

**Tierra vegetal:** suelo arcilloso blando con materia orgánica y raíces. Potencia variable 30 a 40 cm aprox., en la parte superior del talud con mayor presencia a inicio.

**Eluvial:** suelo arcilloso blando, puntualmente más arenoso fino y firme. Color marrón grisáceo y bastante humedad generalizada. Tramos con abundante materia orgánica. En otros tramos conserva una débil estructura del macizo rocoso y clastos de limolitas sin descomponer (PL 19).

**Roca:** areniscas silíceas en potencia decimétrica a métrica. Juntas muy abiertas con enraizamiento de vegetación que fractura y moviliza bloques (PL 18).

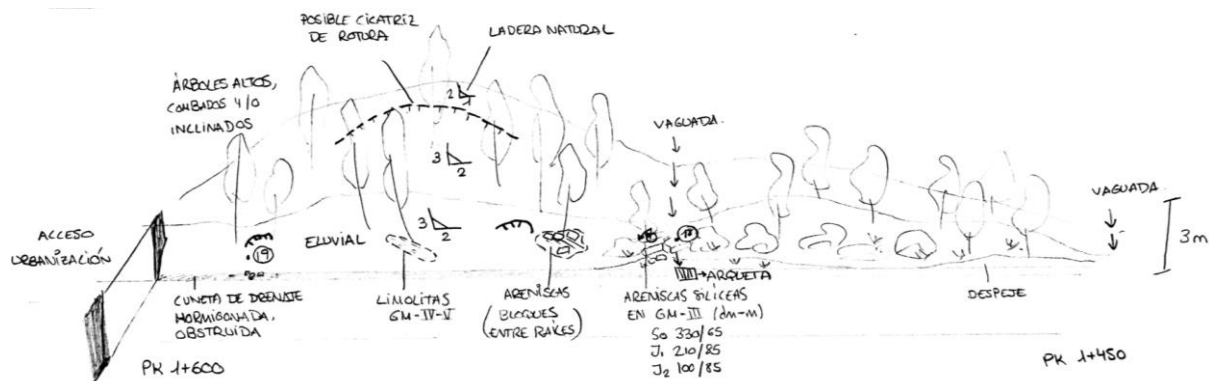
PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)				ESPACIADO (m)				APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
		DIP	DIP DIRECTO	S.RUMBO / S.BUZ	<	1 A 3	3 A 10	10 A 20	> 20	< 0.02	0.02 A 0.06							
18	S0	65	330															Afloramiento malo.
	J1	85	210															Manantial, fluencia de agua.
	J2	85	100															

**INESTABILIDADES**

Deformaciones y grietas en la cara del talud en tramos de suelos. Sin inestabilidades relevantes.

**ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO/CONTENCIÓN: No**
**PATOLOGÍAS/AFECCIONES**

- Firme: agrietado longitudinal.
- Cunetas de drenaje de pie de talud colmatadas por hojarasca.

**CROQUIS**


## FOTOGRAFÍAS



Vista inicial del talud K desde su inicio en el PK 1+450. Se observa abundante hojarasca acumulada en la cuneta de pie de talud.



Final del talud y de la carretera de acceso a la urbanización. Se aprecia un abombamiento de la cara del talud indicando de una rotura a través del contacto entre eluvial y la masa de roca alterada, en el PK 1+590.



Detalle de las areniscas del PL 18 donde se observa un manantial en el PK 1+450.



Detalle del tramo limolítico. Puntualmente se observan clastos de limolitas sin descomponer.

## PL 21

Pequeño talud de 1 m de altura generado por la excavación de la pista forestal.

### AFLORAMIENTO:

**Eluvial:** Suelo arcilloso a arenoso fino, con partículas de micas y consistencia dura y firme. Color ocre y algo de humedad. Se conservan zonas de menor alteración con bloques centimétricos de areniscas.

### FOTOGRAFÍAS



Detalle del afloramiento donde se establece el PL20. Se observa un eluvial formado por arcillas arenosas duras con algún clasto de arenisca intensamente alterada.

## **ANEXO IV. Fichas de afloramientos en ladera**

**PL 22**

Afloramiento de 3 m de altura generado por la excavación de la pista forestal. Parte del afloramiento se encuentra tapado por acumulación de derrubios tras una rotura.

**AFLORAMIENTO**

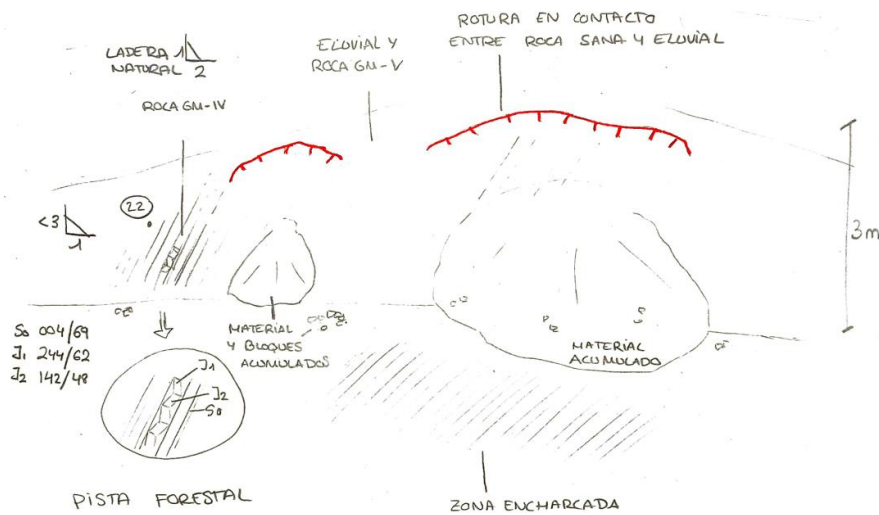
**Roca:** areniscas silíceas en estratificación centimétrica (2 a 10 cm) en GM-IV, con intercalaciones milimétricas de limolitas, puntualmente calcáreas y parcialmente alteradas a arcilla. En corte fresco las areniscas se fracturan con un golpe firme de martillo. Roca moderadamente dura.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC**	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.05	0.05 A 0.2	0.2 A 0.5	0.6 A 2							2 A 6
22	S0	64	004											0,5	AA		2-4	25-50	H	Caras de discontinuidades alteradas. J1 y J2: persistencias abarcan la potencia de S0.
	J1	62	244											0,5	AA	III-IV	0-2			
	J2	48	142											0,5	AA		0-2			

**INESTABILIDADES**

Rotura global en roca intensamente alterada y eluviales abarcando el tramo final del afloramiento. Se generan derrubios que se acumulan a pie del talud cortando la continuidad de la pista.

**CROQUIS**



**FOTOGRAFÍAS**



Detalle del afloramiento en areniscas silíceas en estratificación centimétrica con intercalaciones milimétricas de limolitas, puntualmente calcáreas y parcialmente alteradas a arcilla.



## PL 23

Afloramiento en excavación de la pista forestal tras una vaguada de curso torrencial, sin flujo a día de la inspección. Afloramiento con abundante humedad y zonas encharcadas a pie de pista.

### AFLORAMIENTO

**Eluvial:** suelo arcilloso blando. Puntualmente arenoso con partículas de micas y consistencia medianamente firme. Color marrón claro y humedad generalizada.

### FOTOGRAFÍAS



Detalle del afloramiento del afloramiento de eluvial formado por un suelo arcilloso de consistencia blanda. .

**PL 24**

Afloramiento en talud de 2 a 3 m de alto generado por la excavación de la pista forestal.

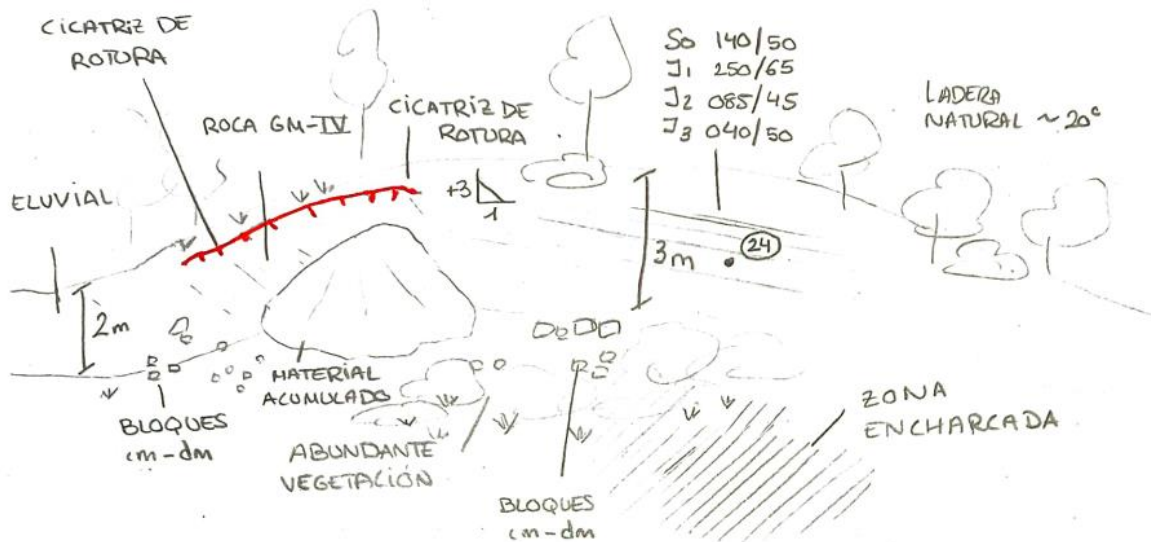
**AFLORAMIENTO**

**Roca:** areniscas silíceas de color gris claro, con tamaño de grano fino y partículas de micas, dispuestas en estratos centimétricos a decimétricos (5 a 20 cm), en GM-III-IV. Se fractura con un golpe de martillo y en algunos puntos de desmenuza. Se alternan con lutitas en potencia milimétricas muy alteradas a completamente alteradas. El tramo inicial se observa más alterado, con roturas en el contacto entre roca sana y alterada. Los bloques se acumulan a pie de talud.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC**	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES		
		DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.05	0.05 A 0.2	0.2 A 0.5	0.5 A 2								2 A 6	> 6
24	S0	50	140											0,5	Arcll		10-12	50-100	H	Humeda generalizada		
	J1	65	250											0,25	-	III-IV	2-4					
	J2	45	085											-	-		2-4					
	J3	50	040											-	-		0-4					

**INESTABILIDADES**

Rotura global en roca intensamente alterada y eluviales abarcando el lateral izquierdo del talud. Se generan derrubios que se acumulan a pie del talud cortando la continuidad de la pista.

**CROQUIS**


## FOTOGRAFÍAS



Vista del afloramiento rocoso del talud en el PL 24.



Detalle de bloques decimétricos acumulados a pie de talud.



Detalle del afloramiento donde predominan las areniscas silíceas de color gris claro, alteradas a GM-IV.

**PL 25 y PL 26**

Afloramiento en talud de 2 a 3 m de alto generado por la excavación de la pista forestal.

**AFLORAMIENTO**

**Roca:** Areniscas silíceas de color gris claro, con tamaño de grano fino y partículas de micas, dispuestas en estratos decimétricos (10 a 30 cm), en GM-III alternantes con limolitas intensamente alteradas. Los estratos de mayor potencia se observan en la base del talud y disminuyen hacia coronación. Se observan estratos con mayor contenido en materia orgánica con color negruzco. El afloramiento presenta mayores inestabilidades en los estratos de menor potencia.

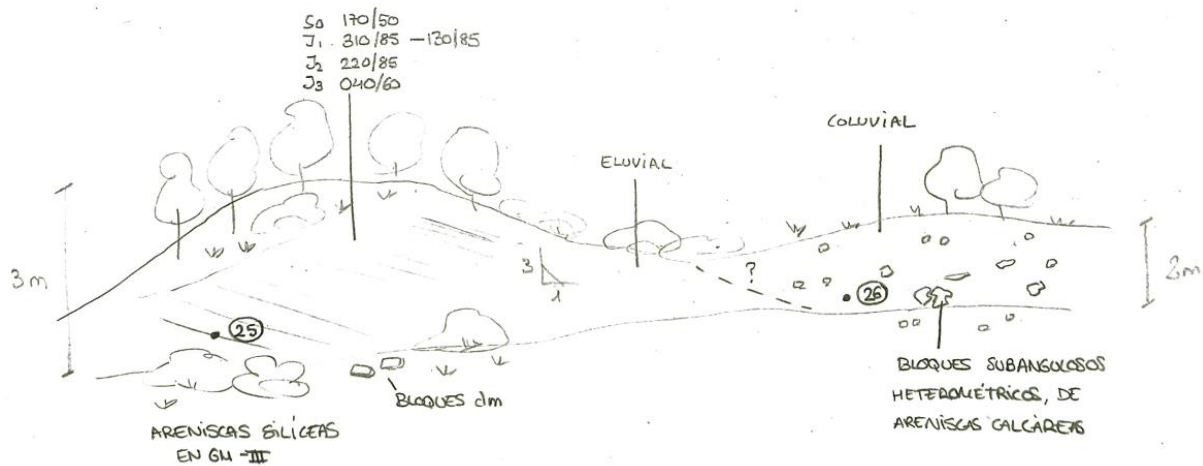
**Coluvial:** Suelo arcilloso medianamente blando, color marrón claro y algo de humedad. Intercala bloques subangulosos decimétricos de areniscas calcáreas de color gris claro y clastos centimétricos a de areniscas tableadas en color ocre.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)				ESPACIADO (m)						APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES	
		DIP	DIP DIRECTION	<	1 A 3	3 A 10	10 A 20	> 20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2								2 A 6
25	S0	50	170																		Tramo con estratos mm-cm.
	S0	50	168											0,5	-						Tramo con estratos dm.
	J1	85	130											0,25	AA						Estratos de menor potencia más alterados y húmedos
	J1	85	310											0,25	AA						
	J2	80	220											-	-						
	J3	60	040											-	-						

**INESTABILIDADES**

Caída de bloques centimétricos a decimétricos en el afloramiento rocos del PL 25. El coluvial no presenta signos de inestabilidades significativas.

**CROQUIS**



## FOTOGRAFÍAS



Vista general del inicio del talud con afloramiento de areniscas donde se establece el PL 25.



Detalle de la parte baja del afloramiento, Se observa un estrato de arenisca negruzco muy rico en materia orgánica seguido por alternancia de limolitas y areniscas muy alteradas.



Afloramiento del PL 26 donde se presenta un coluvial formado por un suelo arcilloso blando, color marrón claro y bloques subangulosos decimétricos de areniscas calcáreas de color gris claro y clastos centimétricos a de areniscas tableadas en color ocre



Bloques de tamaño centimétrico a decimétrico desprendidos de la cara del talud por un posible lavado del suelo arcilloso.



Detalle de bloque de 40 cm aproximados de arenisca calcárea gris intercalado en la masa arcillosa.

**PL 27**

Afloramiento en talud de 2 m de alto generado por la excavación de la pista forestal.

**AFLORAMIENTO**

**Roca:** Alternancia de areniscas silíceas, lutitas y margas, en estratificación milimétrica, fracturadas y disgregadas. Alterado a GM-IV-V. Roca muy blanda.

PUNTO LECTURA	TIPO DE PLANO	ORIENTACION		CONTINUIDAD (m)					ESPACIADO (m)					APERTURA (mm)	RELLENO	METEORIZACIÓN	JRC **	RCS (MPa) *	AGUA	OBSERVACIONES
		DIP	DIP DIRECTION	<1	1 A 3	3 A 10	10 A 20	>20	< 0.02	0.02 A 0.06	0.06 A 0.2	0.2 A 0.6	0.6 A 2							
27	S0	165	55													IV	2-5	1-5	S	Tramo laminado

**FOTOGRAFÍAS**



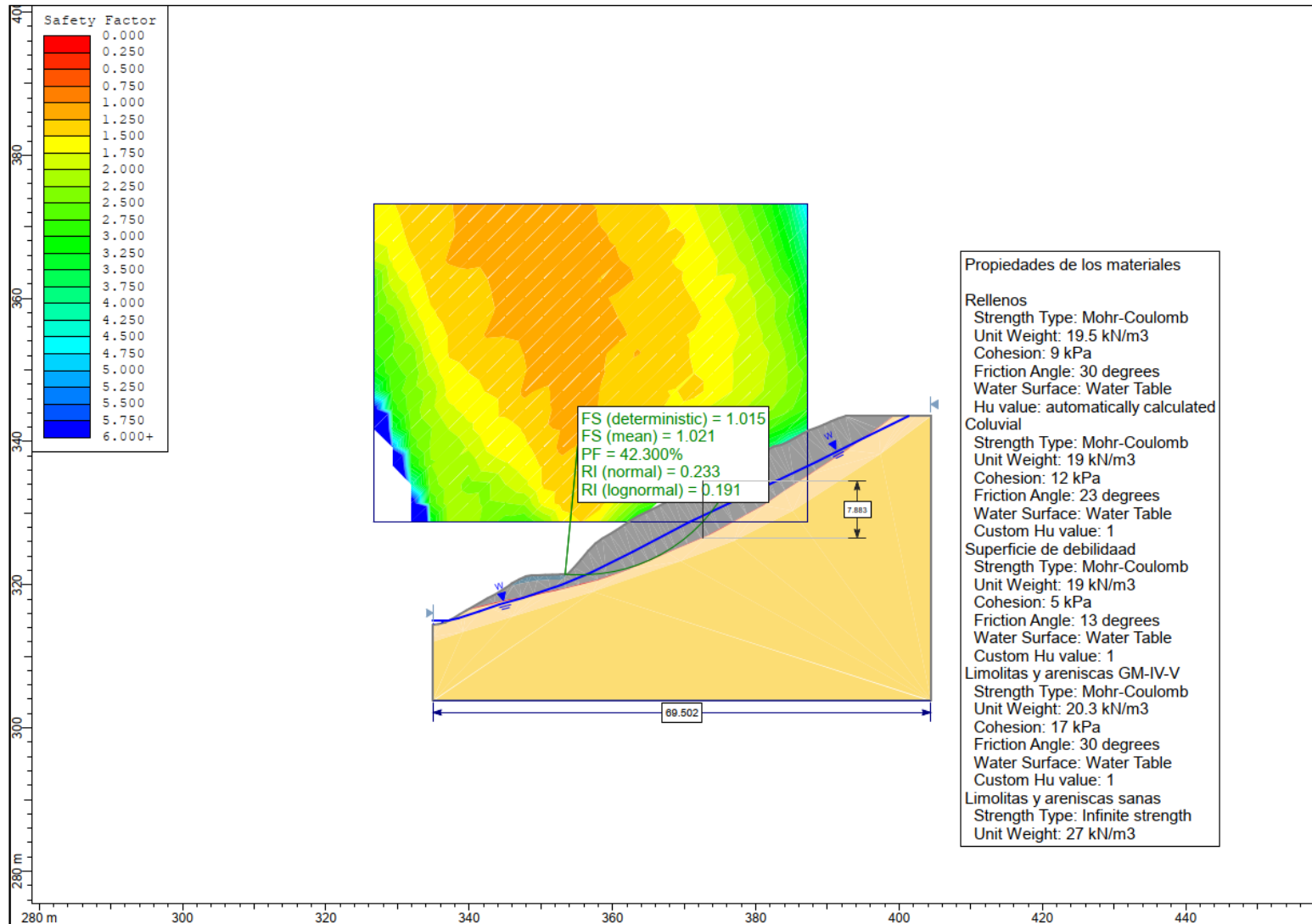
Vista general del afloramiento rocoso del PL 27.

## **ANEXO V. Cálculos de estabilidad**

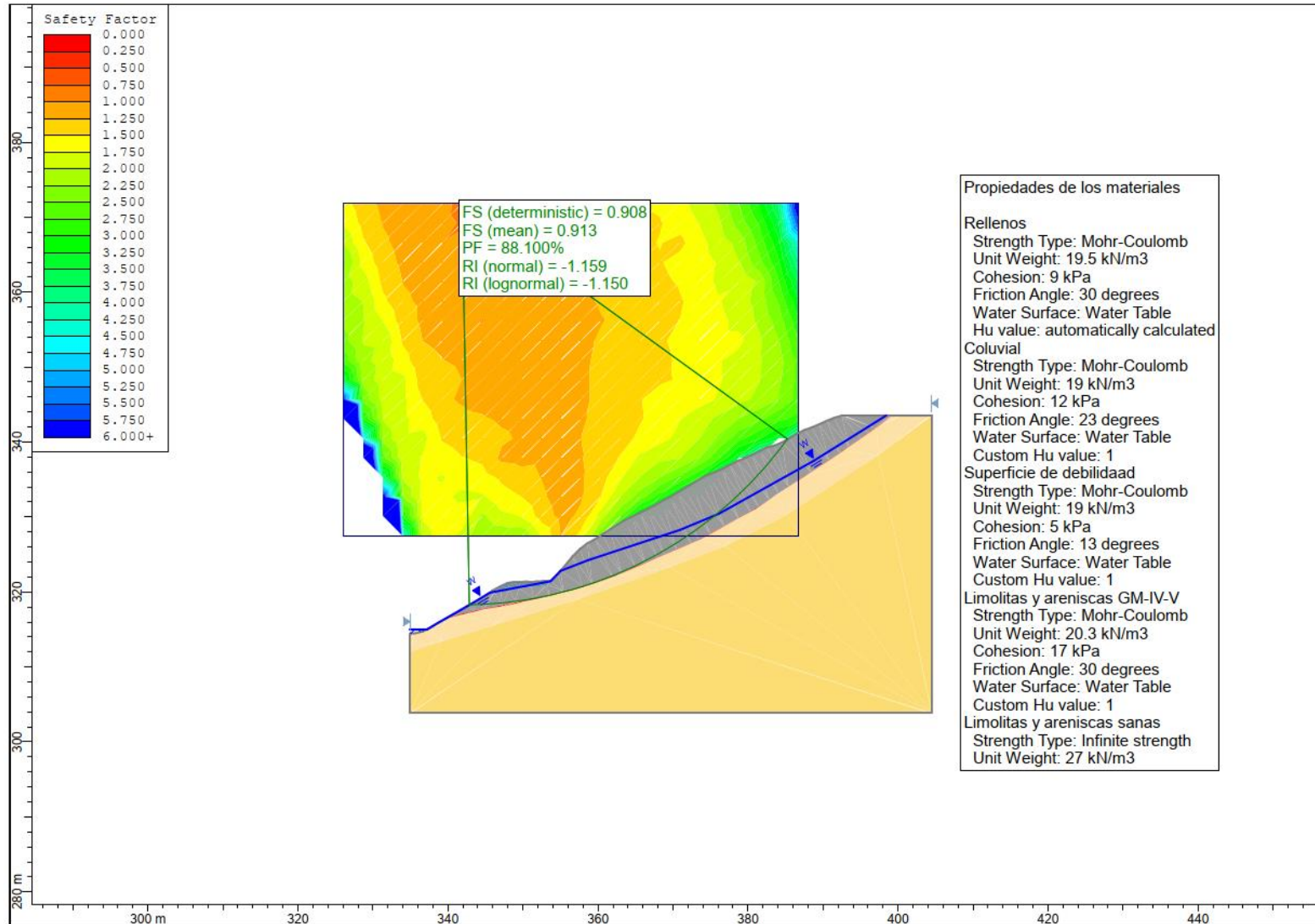


## **Apéndice 1. Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos**

**Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos: salida gráfica del modelo con el nivel freático bajo.**



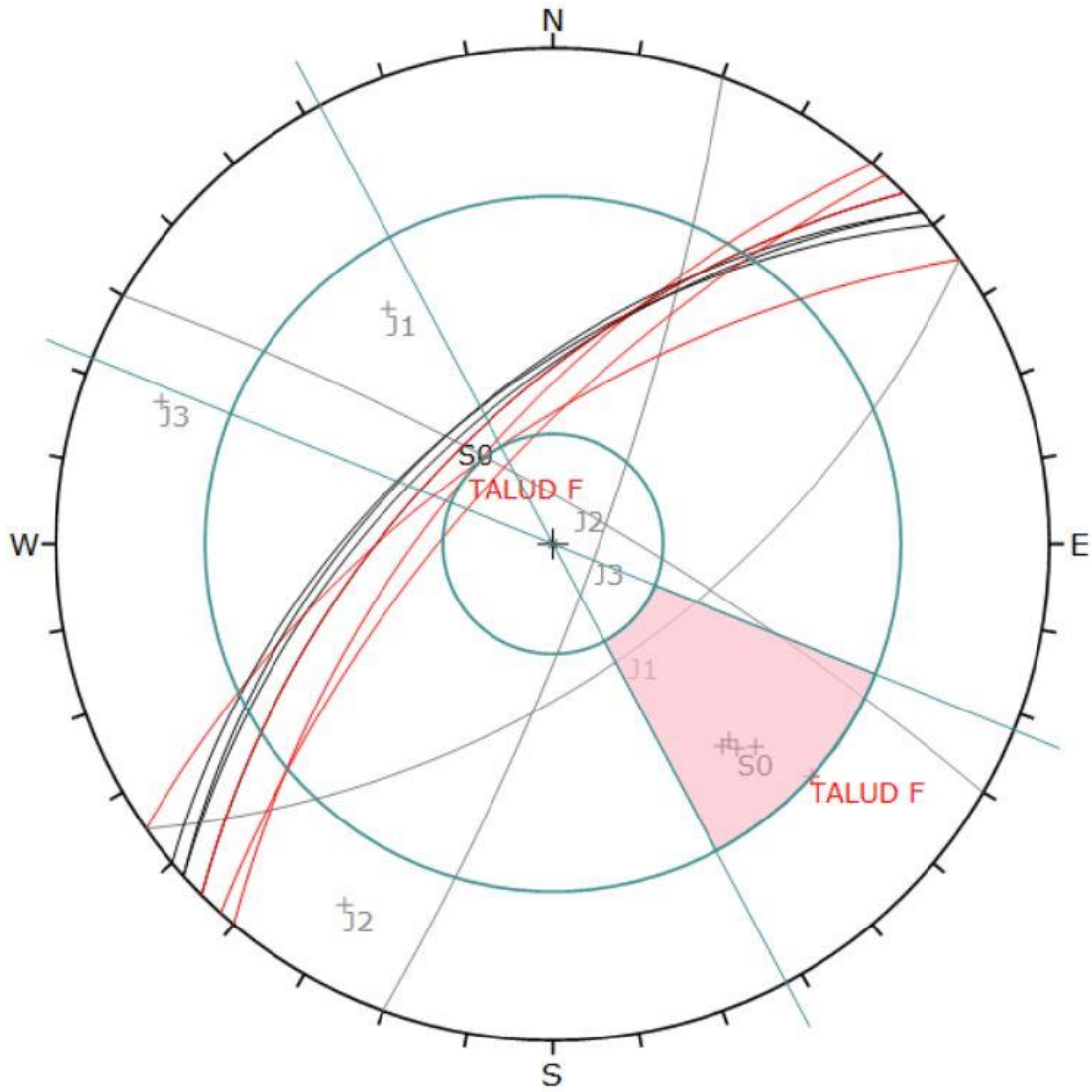
**Análisis de estabilidad frente al deslizamiento en suelos: salida gráfica del modelo con el nivel freático alto.**



## **Apéndice 2. Análisis de estabilidad frente a roturas planares**

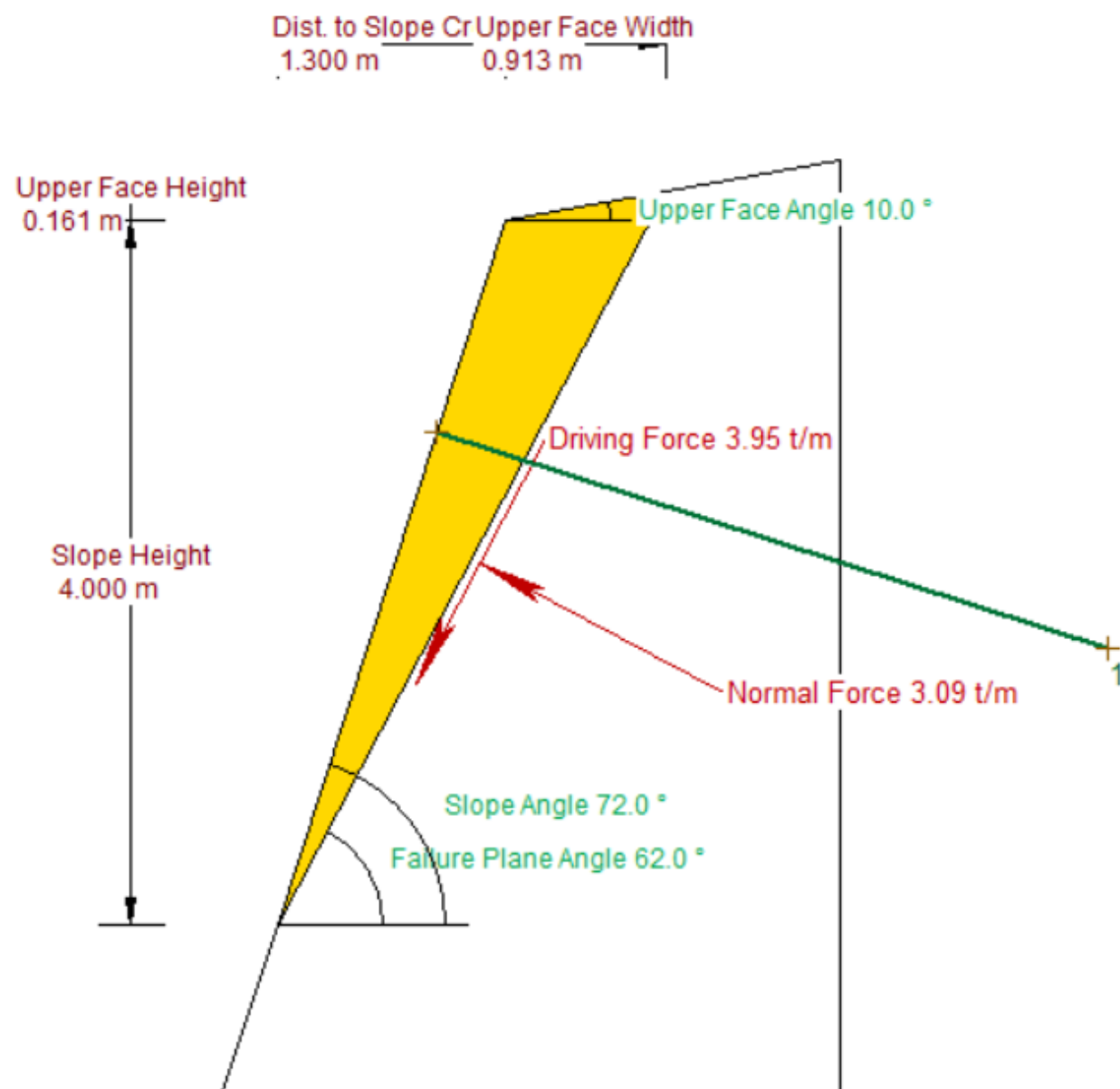
### Análisis cinemático

Proyección estereográfica del talud F



TALUD I. PK 0+510

PERFIL



Factor of Safety	1.62
Driving Force	3.95t/m
Resisting Force	6.40t/m
Wedge Weight	4.47t/m
Wedge Volume	1.72m <sup>3</sup> /m
Shear Strength	5.68t/m <sup>2</sup>
Normal Force	3.09t/m
Plane Waviness	10.0°
Active Bolt Force	0.00t
Active Bolt Angle	0.0°
Passive Bolt Force	1.00t
Passive Bolt Angle	342.0°

Bolt Properties:

#	Angle	Capacity	Length	AnchLength
1	18.0°	1.00t/m	4.000 m	3.482 m

INFORMACIÓN SOBRE EL ANÁLISIS

Analysis Results:

Analysis type = Deterministic  
 Normal Force = 3.08536 t/m  
 Resisting Force = 6.39771 t/m  
 Driving Force = 3.95056 t/m  
 Factor of Safety = 1.61944

Geometry:

Slope Height = 4 m  
 Wedge Weight = 4.47429 t/m  
 Wedge Volume = 1.72088 m<sup>3</sup>/m  
 Rock Unit Weight = 2.6 t/m<sup>3</sup>  
 Slope Angle = 72°  
 Failure Plane Angle = 62°  
 Upper Face Angle = 10°  
 Bench Width : Not Present  
 Waviness = 10°

Intersection Point (B) of slope and upper face = ( 1.29968 , 4 )  
 Intersection point (C) of failure plane and upper face = ( 2.21241 , 4.16094 )  
 Failure plane length ( Origin --> C ) = 4.71256 m  
 Slope length ( Origin --> B ) = 4.20349 m

Tension Crack : Not Present

Strength:

Shear Strength Model : Mohr-Coulomb  
 Friction Angle = 25°  
 Cohesion = 0.9 t/m<sup>2</sup>  
 Shear Strength: 5.68003 t/m<sup>2</sup>

Bolt Force:

Bolt model=passive  
 Passive Bolt Force = 5 t  
 #1 Bolt Capacity = 1 tonnes,  
 Angle = 18°, length = 4 m, Anchored  
 Length = 2.879 m

OBSERVACIONES

Rotura planar a favor de la estratificación y favorecida por la alteración de la coronación del talud.  
 La tensión de sostenimiento necesaria para alcanzar el F.S de diseño de 1,62 es de 0.582 T/m<sup>2</sup>.