

**ANEJO Nº1**

**INFORME GEOTÉCNICO**



En este anejo se adjuntan tanto el informe geotécnico redactado por Ikerlur en diciembre 2022 como el realizado por la empresa Geología y Geotecnia Larrea en junio de 2023 en el ámbito de referencia.





Gipuzkoako Ur Kontsortzioa  
Gipuzkoako Urak



## INFORME GEOTÉCNICO

### ESTABILIZACIÓN DE UN DESLIZAMIENTO EN LA ETAP DE BARRENDIOLA

- LEGAZPI -

T-220303

Diciembre 2022



Parque Empresarial ZUATZU • Zubiberri Bidea nº 29  
Edificio Ondarreta, Planta 2ª • Local 5  
20018 Donostia • San Sebastián  
Tfno.: 943 31 04 71 • Fax: 943 31 04 73  
E-mail: [ikerlur@ikerlur.com](mailto:ikerlur@ikerlur.com)



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO .....</b>	<b>8</b>
2.1	RELLENOS ARTIFICIALES .....	8
2.2	SUSTRATO ROCOSO .....	9
2.3	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.....	9
2.4	CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS .....	10
2.5	INESTABILIDADES .....	11
<b>3</b>	<b>CAUSAS DEL DESLIZAMIENTO Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....</b>	<b>12</b>
3.1	POSIBLES CAUSAS DEL DESLIZAMIENTO .....	12
3.2	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	12
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>15</b>
4.1	EMPUJES DEL TERRENO .....	16
4.2	ESCOLLERA .....	17
4.3	SOLUCIÓN ALTERNATIVA .....	20
4.4	AGRESIVIDAD DEL TERRENO .....	21
4.5	OTRAS RECOMENDACIONES .....	21
4.6	CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA.....	22

### **FIGURAS**

Figura 1.- Plano de Situación. E= 1/25 000

Figura 2.- Planta Geotécnica General. E= 1/1 000

Figura 3.1 a 3.3.- Cortes interpretados del terreno por P-1 a P-5. E= 1/500

Figura 4.- Planta General y sección tipo de solución estabilizadora recomendada. E= indicadas

Figura 5.- Perfil del terreno por P-3 con solución estabilizadora recomendada. E= 1/200

### **REPORTAJE FOTOGRÁFICO**

## **APÉNDICES**

- A-1.- Escala de meteorización de la roca
- A-2.- Caracteres geomecánicos del macizo rocoso
- A-3.- Clave de descripción y Clasificación de suelos
- A-4.- Registro calicatas
- A-5.- Registro de sondeos
- A-6.- Ensayos de campo y de laboratorio
- A-7.- Cálculos

## **1 LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS**

En el presente Informe se exponen las conclusiones y recomendaciones relativas al Estudio Geotécnico efectuado para la Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola en Legazpi. El deslizamiento puede comprometer la estabilidad de la tubería de conducción entre la presa de Barrendiola y la ETAP.

Se trata de una ladera situada al Oeste de la ETAP de Barrendiola, en el límite municipal de Legazpi. La ladera investigada se está viendo afectada por un proceso de inestabilidad del terreno. En la zona superior de la ladera, existe un sobreebanco hormigonado, junto a la GI-3511, donde existe una fuente de piedra, además de una canalización de aguas de Gipuzkoako Urak, que atraviesa esta zona inestable. La zona inferior de la ladera termina en un arroyo.

La ladera se ha visto afectada por un escarpe de unos 15 metros de longitud, más o menos paralela al talud de relleno de la GI-3511. En el sobreebanco existente en coronación de la ladera, se ha observado deformaciones en el pavimento.



**Fotografía 1. Detalle de rotura del talud**

El Estudio ha sido realizado a petición de GIPUZKOAKO URAK tras la aprobación de la correspondiente oferta de IKERLUR, de referencia O-220319 (Pedidos de Gipuzkoako Urak nº CENTRAL/15048 y nº CENTRAL/15383).

El objeto de este Estudio Geotécnico es determinar la naturaleza y características geotécnicas de las diferentes capas del terreno existentes en el subsuelo de la ladera investigada, con vistas a definir la estabilidad de la misma y la afección de la inestabilidad de ladera a la tubería de conducción entre la presa de Barrendiola y la ETAP.

El Informe se ha elaborado conforme a la metodología que a continuación se describe, habiéndose completado las siguientes etapas:

#### A. Consulta de la bibliografía de la zona

Se han recopilado aquellos datos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos de interés preexistentes (Mapa Geológico del Ente Vasco de la Energía –EVE– a escala 1/25 .000, Hoja 88-IV – Beasain).

También, en esta fase inicial de los trabajos han sido consultados los planos correspondientes a diferentes proyectos ejecutados en la zona:

- "Proyecto de la presa sobre la regata Barrendiola (Guipúzcoa)", MOP Dirección General de obras hidráulicas -Confederación Hidrográfica del norte de España, diciembre 1973.
- "Modificación nº 1 del Proyecto de la presa sobre la regata Barrendiola (Guipúzcoa)", MOP Dirección General de obras hidráulicas -Confederación Hidrográfica del norte de España, febrero 1979.
- "Modificación nº 2 del Proyecto de la presa sobre la regata Barrendiola (Guipúzcoa)", MOP Dirección General de obras hidráulicas -Confederación Hidrográfica del norte de España, mayo 1980.
- "Liquidación provisional del Proyecto de obras complementarias de la presa sobre la regata Barrendiola (Guipúzcoa)", MOP Dirección General de obras hidráulicas -Confederación Hidrográfica del norte de España, junio 1982.

Se han consultado también fotografías aéreas históricas disponibles ([www.geo.euskadi.net](http://www.geo.euskadi.net)).

#### B. Cartografía geológico-geotécnica

Se ha realizado un reconocimiento de la superficie de la parcela y un levantamiento geológico-geotécnico de la misma a escala 1/1000, sobre topografía proporcionada por el cliente.

En esta Planta Geotécnica (Figura 2) se indican las zonas con un espesor de rellenos superior a 1,00 m y las zonas de roca, con los afloramientos existentes, con sus datos geoestructurales. Se indican también los puntos de reconocimiento efectuados para este Estudio.

### C. Reconocimientos directos del terreno

#### **Calicatas**

En una primera fase se realizó una calicata (C-01) utilizando una máquina retroexcavadora. El registro de la calicata efectuada para este estudio se incluye en el apéndice A-4.

La supervisión y registro de la calicata corrió a cargo de un técnico de IKERLUR, S.L. con amplia experiencia en Geotecnia, que se encargó del registro de la misma.

ID Calicata	Profundidad (m)	Fecha	ETRS X	ETRS Y	ETRS Z
<b>C-01</b>	3.30	10/05/2022	553940	4762493	491.54

**Tabla 1. Identificación de calicatas**

Al inicio del Apéndice A-4 se presenta la "Tabla Resumen CALICATAS", en la que se detalla para la calicata realizada para este Estudio: situación, cota de inicio, fecha de realización y profundidad final.

#### **Sondeos geotécnicos**

El reconocimiento directo del subsuelo se completó con la ejecución de dos sondeos (S-01 y S-02), efectuados a rotación, con extracción continua de testigo. En total se perforaron 14,30 m de sondeo.

ID Sondeo	Profundidad (m)	Fecha	ETRS X	ETRS Y	ETRS Z	Observaciones
<b>S-01</b>	6.0	25/10/2022	553961	4762481	502.13	Tubería ranurada PVC
<b>S-02</b>	8.3	26/10/2022	553942	4762495	491.86	Tubería ranurada PVC
<b>TOTAL (m)</b>	<b>14.30</b>					

**Tabla 2. Identificación de sondeos**

De la dirección y supervisión de la campaña de sondeos se encargó un Geólogo de IKERLUR con amplia experiencia en Geotecnia, que se responsabilizó del registro completo de los testigos obtenidos, así como de la supervisión de la toma de muestras y ensayos SPT.

La perforación de los sondeos y toma de muestras, corrió a cargo de IKERLUR, empresa acreditada e incorporada al Registro General de laboratorios de ensayos para el control de la calidad de la edificación-Lecce del CTE (Ministerio de Fomento) con el código RG LECCE: PVS-L-026 para el área de actuación de GEOTECNIA.

Las Técnicas de prospección fueron llevadas a cabo de acuerdo al Real Decreto 1627/1997 (Seguridad y salud en el desarrollo de los trabajos).

El registro de los sondeos efectuados se presenta en el Apéndice A-5, que incluye, a su inicio, la "Tabla resumen SONDEOS", donde se presenta la cota de emboquille, la profundidad final y las profundidades de aparición de roca meteorizada y roca sana.

#### D. Ensayos de campo y de laboratorio

##### **Ensayos de penetración estándar –SPT– y toma de muestras en sondeo**

Durante la perforación de los sondeos, se efectuaron en campo los siguientes ensayos SPT y toma de muestras:

Ensayos de campo y muestras extraídas	Unidades
Ensayos de penetración estándar – SPT	5
Muestras alteradas de suelos	2
Ensayos Martillo Schmidt	6

**Tabla 3. Ensayos de campo y muestras extraídas**

Los resultados de los ensayos SPT y la profundidad de las muestras extraídas, con los golpes obtenidos, se recopilan en la "Tabla Resumen muestras y ensayos SPT" que se presentan al comienzo del Apéndice A-6.

##### **Ensayos de laboratorio**

A partir de 2 muestras alteradas se realizaron en el laboratorio los siguientes ensayos.

Ensayos de laboratorio	Unidades
Apertura y descripción de muestras	2
Ensayo granulométrico completo por tamizado	2
Determinación de Acidez Baumann-Gully	1
Determinación Agresividad del agua al hormigón	1

**Tabla 4. Ensayos de laboratorio**

En la Tabla 5 se presentan los resultados obtenidos de estos ensayos.

Sondeo	S-01	S-02
Profundidad (m)	0,60-1,20	0,60-2,00
63 mm	89%	100%
50 mm	77%	100%
20 mm	62%	100%
5 mm	48%	99%
2 mm	42%	98%
0,63 mm	32%	96%
0,08 mm	24%	945
Agresividad Baumann Gully	12	-
Agresividad Ion sulfato (mg/kg)	113	-

**Tabla 5. Resultados de laboratorio**

Los ensayos de laboratorio fueron efectuados por GIKESA, laboratorio acreditado e incorporado al Registro General de laboratorios de ensayo para la calidad de la edificación del CTE (Ministerio de Fomento) con el nº de registro PVS-L-005 en el área de actuación de ensayos de geotecnia (GT).

Los resultados de todos estos ensayos se incluyen en Apéndice A-6.

#### E. Seguimiento del nivel piezométrico

Se han realizado mediciones manuales del nivel piezométrico durante la perforación de los sondeos, así como en los días siguientes.

#### F. Figuras

Los datos de campo obtenidos sirvieron para completar la Planta Geotécnica General a escala 1/1000 (Figura 2), elaborándose posteriormente cinco cortes interpretados del terreno a escala 1/500 (Figuras 3.1 a 3.3), de acuerdo a los perfiles P-1 a P-5 marcados en la Figura 2.

Estos cortes se hacen indispensables a la hora de visualizar las diferentes capas del subsuelo por la zona de ladera.

#### G. Conclusiones

En fase de gabinete, tras el análisis de los datos de campo y laboratorio, se redactaron las conclusiones y recomendaciones del Estudio Geotécnico que, junto a los planos, diagramas y registros, conforman el presente Informe.

## **2 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO**

El sector de la ladera afectado por la inestabilidad es un tramo de ladera Oeste, que ha sido excavado y rellenado en coronación en los años ochenta para la realización de la GI-3511.

Actualmente la ladera presenta un talud con una pendiente media en torno a los 28º y alcanza alturas máximas de hasta 23 metros. En el pie de la ladera, existe una pequeña escollera que canaliza el arroyo existente. Por encima de la ladera, en coronación, existe una fuente de piedra en zona pavimentada junto a un sobreebanco hormigonado de unos 4,50 m, adyacente a la GI-3511.

El arroyo existente al pie de la ladera desciende hacia el norte, y se encuentra a la cota +481,0 m (cota referida a la altimetría de la Figura 2). La ladera termina en coronación a la cota +502,0 m.

En la Planta Geotécnica General a escala E= 1/1000 de la Figura 2, se indican los elementos anteriormente citados, así como la situación de los puntos de investigación efectuados para esta campaña.

En el Reportaje Fotográfico se incluyen ortofotos de distintos años, así como diferentes fotografías de la situación actual.

La investigación llevada a cabo en esta campaña ha consistido en la realización de una calicata y de dos sondeos S-01 y S-02. El registro de la calicata y sondeos se incluyen en los apéndices A-4 y A-5 respectivamente.

A continuación, se describen en diferentes subapartados las características de los diferentes materiales presentes en el subsuelo de la parcela, así como de las condiciones hidrológicas de la misma.

En los cortes interpretados del terreno de las Figuras 3.1 a 3.3, a escala E= 1/500, se puede observar la distribución en profundidad de las diferentes capas del terreno.

### **2.1 RELLENOS ARTIFICIALES**

Se trata de rellenos efectuados para la plataforma de la carretera y que llegan a alcanzar 3,50 metros de espesor. Estos rellenos están constituidos principalmente por material granular.

En los sondeos realizados se ha podido comprobar que los rellenos están compuestos por bolos y gravas grises con bastante arcilla y algo de arena marrón de compacidad entre floja y medianamente densa. A una profundidad de 2,50 metros pasa a una arcilla con algo de grava e indicios de arena en color marrón y consistencia firme.

Estos rellenos se reducen en espesor hacia el noroeste -hacia el pie de la ladera-, tal y como se puede apreciar en los cortes interpretados del terreno de las figuras 3.1 a 3.3.

En el Apéndice A-1 se adjunta una Clave de descripción y Clasificación de suelos, que deberá consultarse para comprender la terminología seguida en las descripciones del terreno.

En el subapartado 2.3 de parámetros geotécnicos del terreno, se recogen los valores medios  $N_{SPT}$  obtenidos, en cada tipología de terreno diferenciada. Estos ensayos SPT se han efectuado durante la perforación de los sondeos. Para la capa de rellenos se obtiene un valor medio representativo  $N_{SPT} = 16$ .

## 2.2 SUSTRATO ROCOSO

El sustrato rocoso presente en el subsuelo de la zona investigada es de edad Cretácico inferior (Aptiense superior-Albiense inferior), compuesto por calizas grises masivas y calizas nodulosas con calcita y pirita diseminada. En los afloramientos existentes en el entono se han observado margocalizas nodulosas grises con un aspecto irregular y reticulado característico.

En el sondeo S-02 y en la calicata C-01 se ha observado que la roca presenta una aureola superficial de meteorización (Grado IV) con un espesor máximo detectado de 2,40 m (S-02).

La estructura de la roca en la zona presenta una estratificación orientada según dirección N-S y buzamientos del orden entre 30 y 60° hacia el E.

En los cortes interpretados del terreno de las Figuras 3.1 a 3.3 se puede observar la distribución en profundidad de la roca con su buzamiento aparente, así como el contacto aproximado de la roca meteorizada con la roca sana.

## 2.3 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En la Tabla 6, a continuación, se presentan los parámetros geotécnicos de las diferentes capas del terreno, obtenidos en función de los resultados de los ensayos realizados "in situ", en base a los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio, así como las diferentes correlaciones existentes en la bibliografía.

Parámetros geotécnicos	Relleno artificial	Roca Meteorizada: Grado IV	Roca sana Grado II
Densidad aparente $\gamma_{ap}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19,0 – 20,0	23,0 – 25,0	25,0 – 27,0
Rozamiento interno $\varphi'$ (°)	33-35	30-35	35–45
Cohesión C' (kPa)	0	50-150	200-300
Resistencia a compresión simple $q_u$ (kPa)	-	1 000 – 5 000	10000-30000
Módulo de elasticidad $E_y$ (MPa)	30-100	100-1500	1000-2500
Permeabilidad	Alta	Media	Muy baja
Coefficiente de permeabilidad $k_z$ (m/s)	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-7} - 10^{-9}$

**Tabla 6. Parámetros geotécnicos del terreno**

Seguidamente, se desarrollan los criterios utilizados para la obtención de los parámetros geotécnicos de los rellenos y del macizo rocoso.

## 2.4 CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS

Según el Mapa Hidrogeológico del País Vasco publicado por el EVE, la formación de calizas masivas, calizas nodulosas y margocalizas presentes en la zona de estudio, presenta una permeabilidad muy baja, por lo que no constituye ninguna unidad hidrogeológica reconocida.

En la Tabla 6 se presentan los niveles de permeabilidad asignados a cada unidad litológica presente en el área estudiada.

Con el objeto de conocer las condiciones hidrogeológicas de la parcela investigada se ha instalado una tubería de PVC en los sondeos, con el fin de poder medir el nivel piezométrico.

En el periodo de seguimiento de niveles, finales de octubre a mediados de noviembre, ha sido un periodo de bajas precipitaciones de lluvia. No existe un nivel freático en la ladera, habiéndose detectado, únicamente, el agua procedente de la perforación de los sondeos.

En la calicata realizada, si se detectó una fluencia de agua en el nivel más permeable, por lo que es posible que existan puntualmente bolsas de agua de manera aislada en las zonas más permeables del relleno.

Es de esperar que, en periodos de fuertes precipitaciones, se produzca una filtración de las aguas procedentes de lluvia en la ladera. La recarga de agua del subsuelo se dará en los materiales más permeables, rellenos, que se encuentran sobre el sustrato rocoso. La recarga del terreno se verá facilitada por la presencia de grietas de la zona superior de la ladera.

## **2.5 INESTABILIDADES**

La ladera investigada se está viendo afectada por un movimiento de inestabilidad. Se ha producido una rotura entre el nivel de rellenos y roca que afecta a la ladera.

En la Planta Geotécnica de la figura 2 (a escala 1/1000) se ha representado la inestabilidad de la ladera, así como unas grietas detectadas en la zona Norte en el firme de la GI-3511. Estas grietas pueden estar asociadas a la rotura principal o pueden deberse a una deformación del relleno del vial. En el Reportaje Fotográfico se muestran imágenes de estas grietas observadas.

### **3 CAUSAS DEL DESLIZAMIENTO Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

#### **3.1 POSIBLES CAUSAS DEL DESLIZAMIENTO**

En la zona de la ladera en la que se ha producido la rotura circular, existe una canalización de aguas de Gipuzkoako Urak, que atraviesa la zona afecta. A través de Inkolan, se ha situado en la Figura 2 Planta Geotécnica, dicha canalización.

Es de suponer que la excavación para la canalización de aguas existente en la zona superior, o bien una posible filtración de aguas procedentes de la misma o bien que las aguas procedentes de precipitaciones hayan generado la rotura del terreno. Este hecho se ve favorecido por la pendiente de la ladera y las características de los rellenos que han propiciado la saturación del terreno y su posterior inestabilidad, generando una rotura circular del terreno.

Se ha observado un escarpe de unos 15 metros de longitud, más o menos paralelo al talud de la ladera. A la vista del escarpe existente en coronación de la ladera, se considera que se encuentra afectada por un deslizamiento rotacional del terreno que afecta al nivel superior de rellenos y a la roca meteorizada (GM IV). Este deslizamiento se ha visto activado por la existencia de rellenos vertidos en la ladera procedentes de la ejecución del vial.

Se concluye, por tanto, que el terreno existente por encima de la superficie del deslizamiento se desplaza al darse una serie de condiciones desfavorables.

La morfología del terreno denota la posible existencia de otra zona inestable hacia el Norte, donde se han detectado unas grietas en el firme de la GI-3511. Estas grietas podrían estar asociadas a la inestabilidad principal estudiada en este informe o pueden deberse a una deformación del relleno del vial. Debido a la abundante vegetación de la zona no ha sido posible investigarla en detalle. Con La topografía y fotografías aéreas de la zona se ha realizado una estimación del alcance de esta posible inestabilidad.

A continuación, se presentan los resultados de estabilidad realizados.

#### **3.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

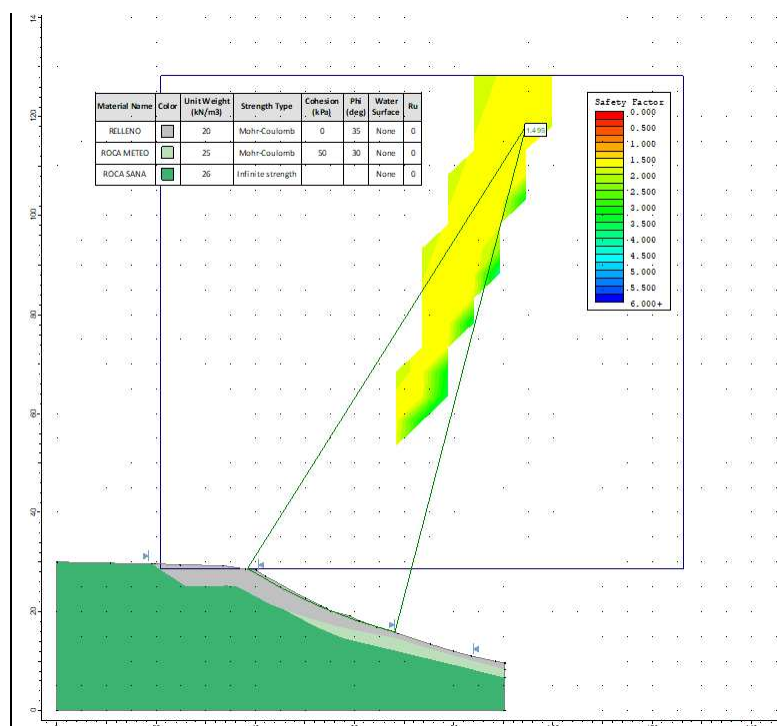
Con los datos de la investigación realizada se ha desarrollado un modelo geotécnico que posteriormente ha sido sometido a un proceso de validación por el sistema de "Back Analysis". Se trata de enfrentar la información generada durante la investigación con el comportamiento observado del terreno, con el fin de obtener el modelo más fidedigno del comportamiento del terreno. Esto permite diseñar la solución más ajustada a la problemática existente.

Para realizar los cálculos que se describen a continuación se ha utilizado el programa informático SLIDE (V.6.0) de Rocscience, presentándose los resultados del mismo en el Apéndice A-7.

En el cálculo se ha asumido que la rotura circular del terreno se da a través del contacto entre relleno y roca meteorizada, definiendo el plano de deslizamiento.

Se han seguido los siguientes pasos para conocer cuáles son las condiciones de estabilidad de la ladera actual, tanto en condiciones de estiaje como de lluvias torrenciales.

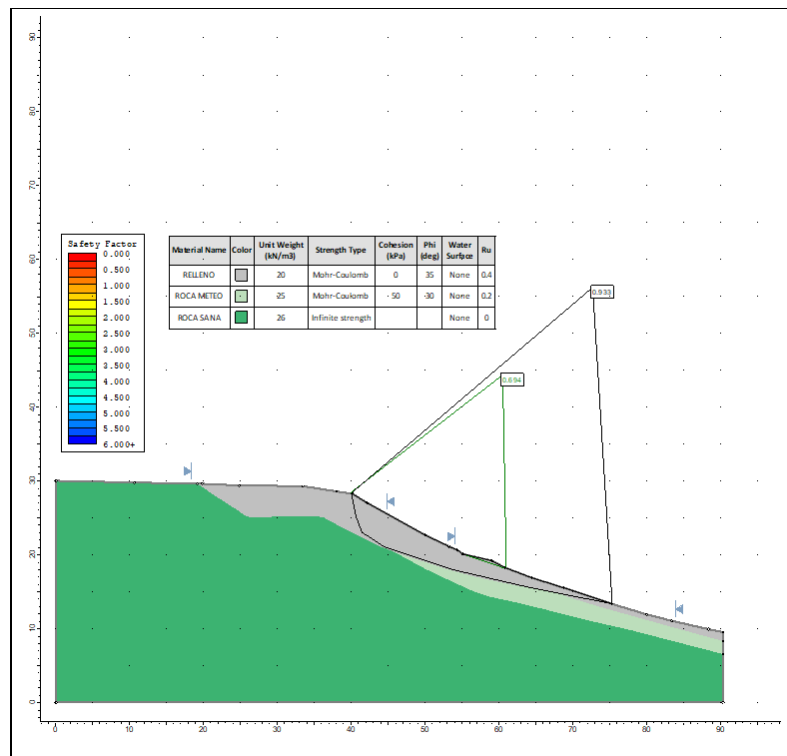
1. **Condición de estado inicial con el terreno no saturado:** Mediante un análisis retrospectivo, simulando la no existencia de agua en el nivel de relleno, se considera que la ladera presenta en origen una estabilidad correspondiente a un factor de seguridad en torno a  $FS=1,5$ . El plano de rotura que se produciría sería muy superficial y de escasa entidad.



**Imagen 1. Análisis retrospectivo en condiciones de terreno no saturado**

2. **Condición de estado actual con el terreno saturado:** Simulando que el terreno se encuentra saturado, se produce una reducción del factor de seguridad a valores  $F.S \leq 1,00$ , es decir, una condición de inestabilidad cercana al equilibrio estricto.

Esta merma del factor de seguridad supone el comienzo de los movimientos incipientes observados en la ladera.



**Imagen 2. Estado actual con terreno saturado**

## **4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Seguidamente se exponen las conclusiones y recomendaciones relativas al Estudio Geotécnico realizado para analizar las condiciones de estabilidad de una ladera situada en la ETAP de Barrendiola, de Legazpi.

El tramo de ladera estudiado tiene una longitud en torno a los 15 metros, situándose en la zona superior de esta ladera una canalización de aguas, que atraviesa este escarpe, además de una fuente de piedra en un sobreechancho hormigonado junto a la GI-3511, mientras que en la zona inferior de la ladera existe un arroyo.

En la ladera investigada, así como en el pavimento existente en coronación, se están generando grietas y deformaciones a causa de un movimiento de inestabilidad.

En la Figura 1 se presenta un Plano de situación de la parcela a escala 1/25 000, observándose ésta con mayor detalle en la Planta Geotécnica General a escala 1/1000 de la Figura 2, donde se indican los puntos de investigación. También en el Reportaje fotográfico se presentan vistas aéreas actuales como históricas, así como unas vistas generales del estado actual de la zona investigada.

Los reconocimientos de campo y ensayos “in situ” realizados se han descrito en el Capítulo 1, presentándose los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio en el Apéndice A-6.

En las Figuras 3.1 a 3.3 se presentan cinco cortes interpretados del terreno a escala 1/500. En estos cortes se visualizan las diferentes unidades geotécnicas diferenciadas.

Las unidades geotécnicas, con su espesor y extensión han sido descritas en el Apartado 2 de este informe. En el subapartado 2.3 se desarrolla el proceso de obtención de los parámetros geotécnicos de estas unidades, cuyos valores se resumen en la Tabla 6, y los cuales deberán ser utilizados para definir como efectuar el movimiento de tierras, así como para la adopción de las soluciones más adecuadas.

Tras el estudio efectuado, se concluye que la ladera está afectada por un deslizamiento de tipo rotacional y que dicha inestabilidad se da en condiciones de saturación del terreno.

Para la contención de la ladera, será necesario realizar un sostenimiento en la zona superior de la misma, así como un correcto drenaje de la zona afectada para evitar la saturación del terreno.

En estas condiciones de inestabilidad, se plantean dos alternativas para a la estabilización de la ladera.

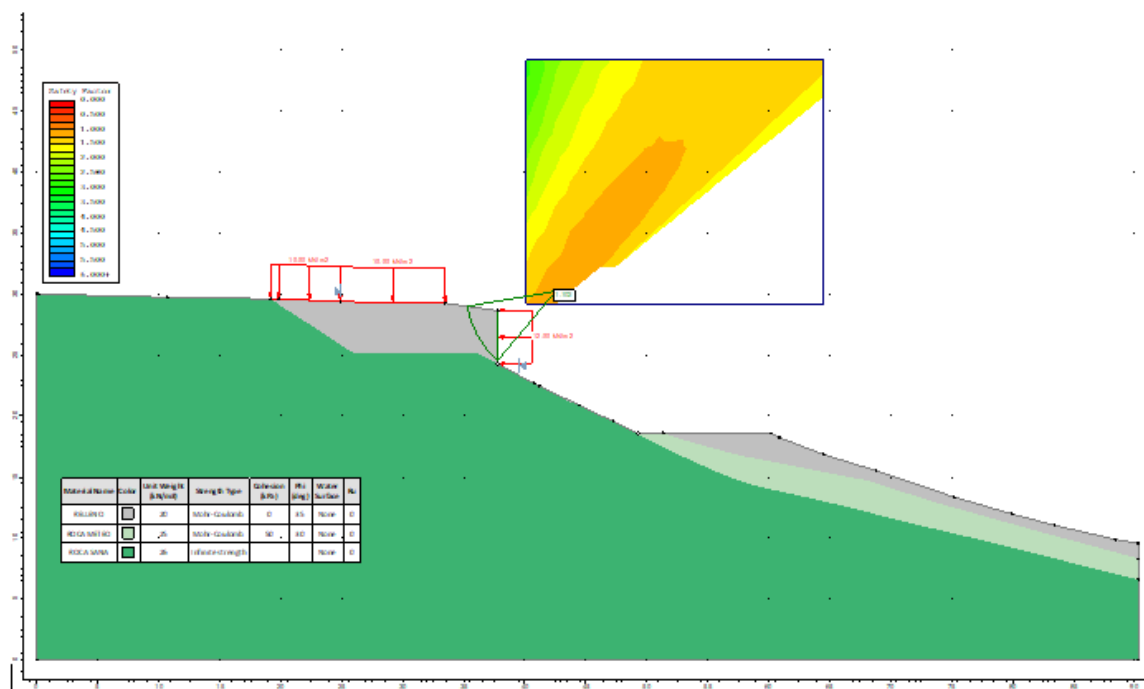
Ante la existencia de una tubería de abastecimiento de Gipuzkoako Urak que atraviesa el escarpe, será necesario disponer de una partida para la desviación de esta tubería.

## 4.1 EMPUJES DEL TERRENO

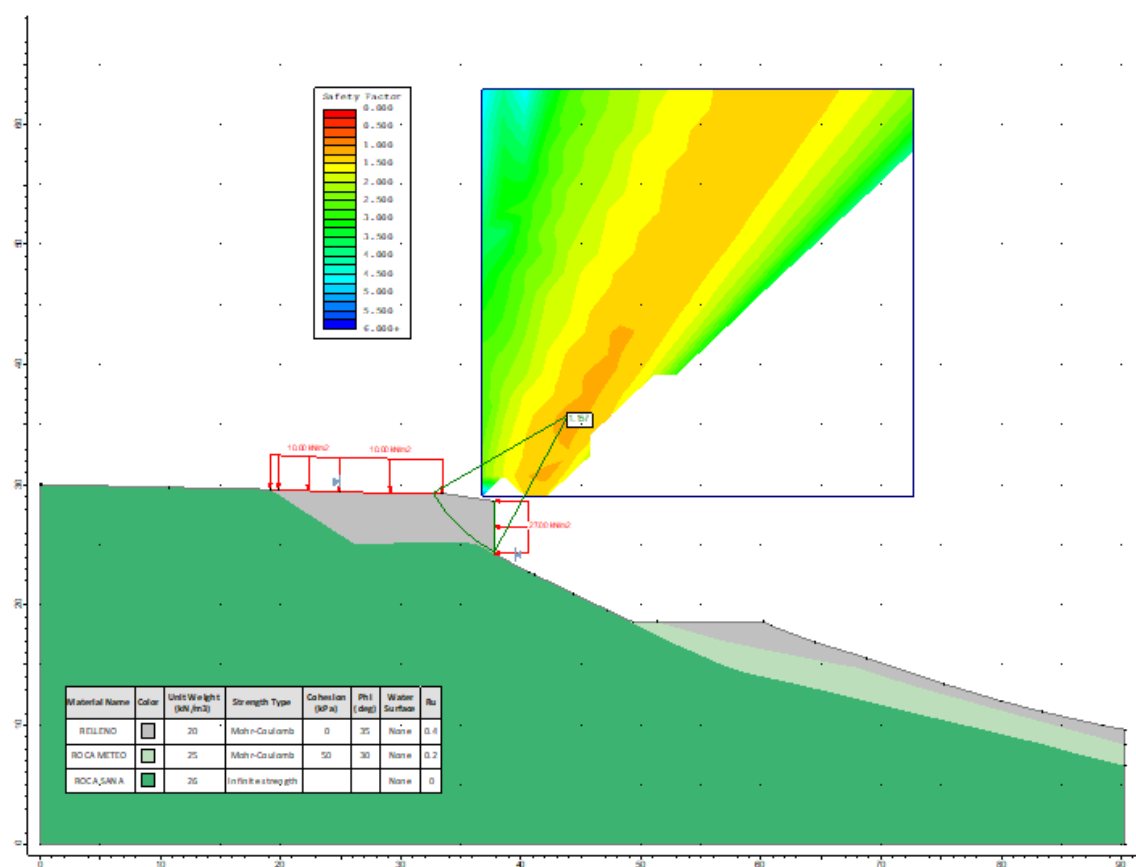
Se ha determinado el empuje horizontal para una condición de equilibrio estricto  $FS \approx 1,00$  en la ladera. Para la realización de este cálculo de estabilidad se han utilizado los métodos clásicos de equilibrio límite. Para ello se ha empleado igualmente el programa informático Slide V-6.0.

Este programa determina la fuerza necesaria para evitar que se produzcan las hipotéticas roturas circulares del mismo en la dovela donde se contempla colocar el elemento de contención. Para ello se utilizan diferentes métodos de cálculo. En este caso se han utilizado los métodos de Bishop, Janbu y Spencer (equilibrio de fuerzas y de momentos).

En todos los cálculos realizados para determinar el empuje del terreno, se ha considerado una sobrecarga de uso de  $1,00 \text{ t/m}^2$  en el relleno del vial.



**Imagen 3. Fuerza necesaria para evitar rotura del talud en terreno no saturado**



**Imagen 4. Fuerza necesaria para evitar rotura del talud en terreno saturado**

Condiciones	Fuerza estabilizadora
<b>Terreno no saturado</b>	$E_h = 12 \text{ kN/m}^2$ Distribución horizontal
<b>Terreno saturado</b>	$E_h = 27 \text{ kN/m}^2$ Distribución horizontal

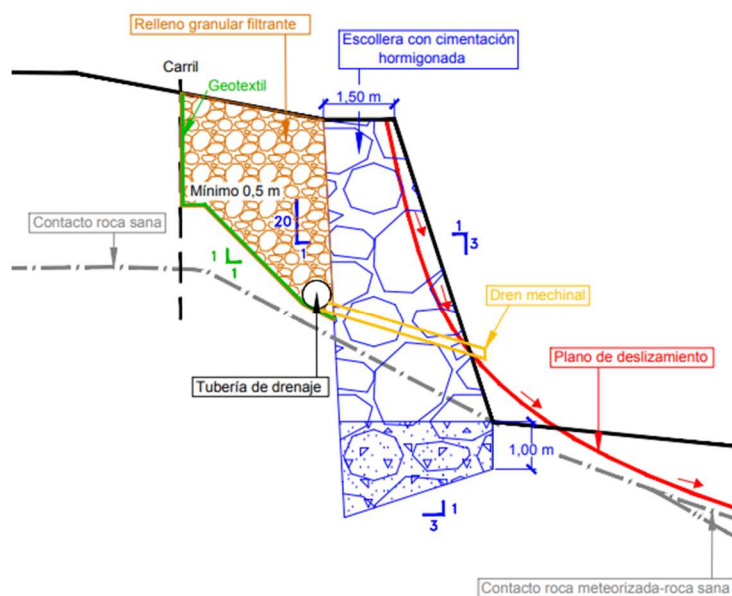
**Tabla 7. Fuerza estabilizadora**

En estas condiciones de inestabilidad, se plantea adoptar una medida de contención mediante un muro escollera.

## 4.2 ESCOLLERA

Para estabilizar la ladera frente a roturas superficiales se recomienda ejecutar un muro de escollera. Mediante esta solución también se evitará que las aguas de escorrentía acaben erosionando y alterando los materiales del relleno que constituyen esta ladera.

Esta escollera deberá tener un ancho en coronación mínimo de 1,50 m, así como un empotramiento de al menos 1,00 m en roca sana con su base hormigonada para tener unas condiciones de cimentación adecuadas. Las características de esta escollera se detallan en el siguiente croquis.



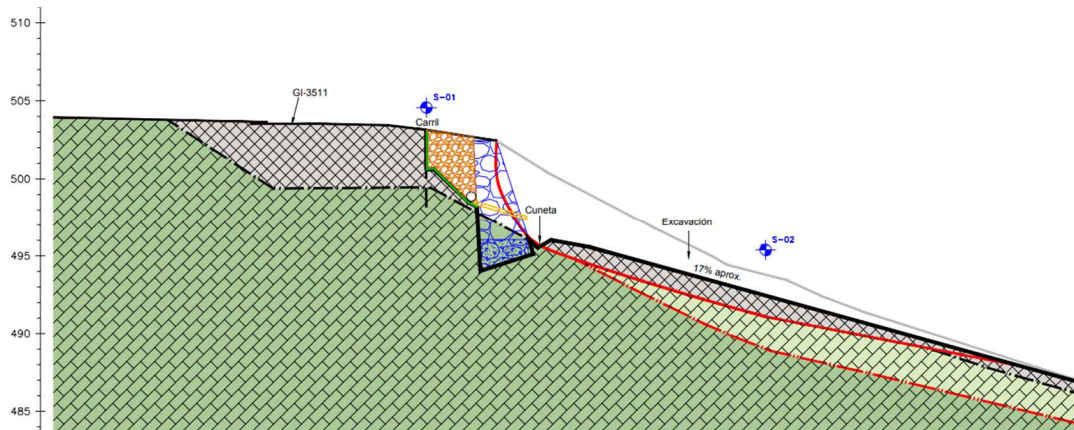
**Croquis 1. Diseño tipo de la escollera**

Tal y como se presenta en el Croquis 1, para garantizar el drenaje del terreno se procederá a la instalación de un tubo dren en su trasdós y se rellenará con material granular filtrante.

La escollera presentará una altura en torno a los 8,00 m de altura, por lo que para su ejecución será necesaria la excavación por bataches alternos (uno abierto y dos cerrados) de 4,00 m anchura, protegidos mediante la hinca de carriles, con el fin de evitar desprendimientos o movimientos en la parte superior del relleno, dado que por limitaciones de espacio no se puede retaluzar completamente toda la excavación.

El proceso constructivo consistirá en ejecutar una pantalla de protección mediante una hinca de carriles. A continuación, se excavarán por bataches 3,00 m de altura, dejando que la pantalla trabaje de forma provisional en voladizo. Se deberá dejar una berma mínima de 0,50 m para asegurar un cierto pasivo en la base de la pantalla. Se procederá a excavar los rellenos con inclinación provisional 1(H):1(V) hasta alcanzar el sustrato rocoso. Posteriormente, se excava el sustrato rocoso y se construye la base hormigonada de la escollera, asegurando un empotramiento mínimo de 1,00 m en el intradós. Finalmente, se irá recreciendo la escollera con hiladas de bloques con una contrainclinación 3(H):1(V) (buzando hacia el trasdós), junto con el material filtrante del trasdós y el geotextil hasta alcanzar la coronación.

Posteriormente a la ejecución de la escollera se procederá a la retirada de los materiales deslizados existentes en la ladera y al retaluzado de la misma.

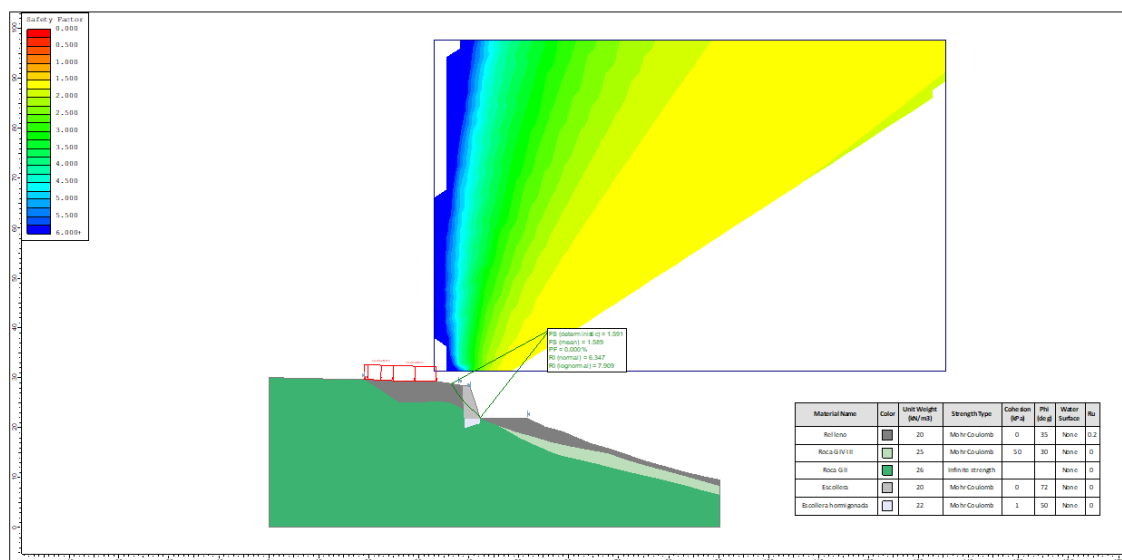


**Imagen 5. Encaje de la escollera en el terreno**

Con este diseño de sección tipo de escollera, se ha realizado el cálculo de estabilidad, obteniéndose los unos valores de factor de seguridad al deslizamiento  $FS > 1,5$ , al vuelco  $FS > 2,0$  y a la rotura  $FS > 3$ , por tanto, cumple con las condiciones especificadas en la "Guía para la ejecución de escolleras del Ministerio de Fomento". Estos cálculos se presentan en el apéndice A-7.

La planta y sección tipo con la solución de escollera propuesta se presentan en la Figura 4. El encaje de esta solución puede verse también en el perfil del terreno de la Figura 5, a escala 1/200.

Se ha comprobado la estabilidad de la ladera con la solución de escollera planteada, empleando el programa informático Slide V-6.0 y se han obtenido unos factores de seguridad superiores a 1,50.



**Imagen 6. Análisis estabilidad con escollera**

Para el diseño de la escollera se recomienda tener como referencia la *"Guía para la ejecución de escolleras del Ministerio de Fomento"*. Destacando las especificaciones respecto al tamaño de bloque (escollera gruesa NMB300/1000), forma y rugosidad del bloque, densidad, resistencia, integridad, fragmentación y estabilidad de la roca, drenaje inferior y material del trasdós.

Es necesario garantizar el drenaje del terreno mediante la instalación de un tubo dren al pie de su trasdós, así como mechinales para evacuar el agua que recoja dicho tubo dren. En la base del intradós se colocará una cuneta de recogida de aguas en el frente.

Una vez realizada la escollera, se podrían retirar los materiales deslizados existentes en la ladera y proceder al retaluzado de la misma.

Para la ejecución de esta solución, se deberá tener en cuenta los servicios existentes en la zona (tubería de abastecimiento, telecomunicaciones, etc.) que deberán ser reemplazados para proceder a los trabajos de excavación y ejecución del muro escollera.

### 4.3 SOLUCIÓN ALTERNATIVA

Como solución alternativa para la estabilización de la ladera, se podría ejecutar una pantalla anclada de micropilotes empotrados en roca sana.

La longitud de empotramiento vendría dada por el cálculo estructural de la pantalla en función de los diagramas de esfuerzo cortante, momentos flectores y deformada que se generan por la acción de los esfuerzos actuantes. Se considera que el factor de seguridad mínimo deberá ser de  $FS = 1,50$  en condiciones hídricas desfavorables.

En la parte superior de los micropilotes se realizaría una viga de atado o arriostramiento de hormigón de al menos 1,00 m de altura bajo la cota de la coronación. Posteriormente, conforme se va excavando, será necesario ejecutar un nivel de anclajes de barra de acero tipo Gewi apoyados sobre una viga de reparto. El diseño de los bulones estará condicionado por las características de la pantalla, del empotramiento y de la cota final de excavación. De esta forma se evita que el escarpe continúe avanzando.

Tanto para la ejecución de la pantalla como para los anclajes se deberá tener en cuenta previamente los servicios existentes en la zona (tubería de abastecimiento, telecomunicaciones, etc.).

Para evitar el deterioro del terreno en el espacio entre micropilotes, se deberá cubrir la pantalla con mallazo, hormigón proyectado y colocar mechinales para facilitar su drenaje.

Una vez realizada la pantalla de micropilotes se deberían retirar los materiales deslizados existentes en la ladera y proceder al retaluzado de la misma.

En las figuras 3.1 a 3.3 se incluyen los perfiles interpretados del terreno en la ladera. Estos perfiles se deberán utilizar para determinar las profundidades de aparición de la roca sana (Grado II del Apéndice A-1) y de esta manera estimar la longitud de los micropilotes.

En la Tabla 6 del apartado 2 se facilitan los parámetros geotécnicos estimados para las diferentes capas descritas, que servirán para el diseño de las medidas de contención y de los apoyos de las mismas.

Esta solución requiere un menor movimiento de tierras en la zona, aunque supone un sobrecoste económico con respecto a la solución de escollera recomendada, además, presenta un mayor impacto en el entorno al quedarla pantalla vista con una cierta altura.

#### **4.4 AGRESIVIDAD DEL TERRENO**

Los ensayos de agresividad efectuados según el Código Estructural en muestra de relleno, indican que se trata de un terreno NO AGRESIVO al hormigón. Los resultados de estos ensayos se presentan en el Apéndice A-6.

#### **4.5 OTRAS RECOMENDACIONES**

##### **Instalación de instrumentación**

Como medida complementaria a la estabilización, se recomienda monitorizar la ladera mediante una instrumentación adecuada que permita registrar posibles movimientos del terreno. Para ello, se considera adecuado instalar inclinómetros en sondeos para medir la deformación horizontal del terreno a distintas profundidades.

Una vez instalada la instrumentación se efectuaría un seguimiento periódico de la misma durante el tiempo suficiente para comprobar que la ladera ha quedado estabilizada.

##### **Sellado de grietas**

Las grietas existentes en coronación de la ladera favorecen la infiltración de agua al subsuelo, por lo que se deberían sellar.

Se recomienda sellar y realizar un seguimiento posterior de las grietas detectadas en el firme de la GI-3511 a una distancia de más de 25 metros de la zona investigada. Estas grietas pueden estar asociadas a la rotura principal o pueden deberse a una deformación del relleno del vial. Debido a la vegetación existente no ha sido posible investigar esta zona en profundidad, por lo que se recomienda su limpieza y posterior estudio. Con la topografía y fotografías aéreas de la zona se ha realizado una estimación del alcance de esta posible inestabilidad.

## 4.6 CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA

Se recomienda la elaboración de un proyecto de construcción, redactado por un equipo geotécnico, que dimensione las soluciones de contención necesarias para garantizar la estabilidad del deslizamiento.

Los trabajos de estabilización deberán ser supervisados por personal técnico especialista en Geotecnia, que a la vista de las características del terreno compruebe que éstas se ajustan a las descritas en el presente Informe, e introduzca en su caso las modificaciones que considere necesarias.

En concreto, el equipo Técnico deberá realizar, al menos, los siguientes trabajos:

- ✓ Comprobará si el comportamiento del terreno se corresponde con lo previsto en el Estudio Geotécnico previamente efectuado.
- ✓ Se encargará de comprobar la estabilidad de los taludes de excavación, así como de la correcta ejecución de las soluciones estabilizadoras necesarias.
- ✓ Se encargará de comprobar el correcto apoyo y empotramiento de los elementos de contención.
- ✓ Revisará los aspectos hidrogeológicos que pudieran afectar al comportamiento de las obras.

Donostia / San Sebastián, a 22 de diciembre de 2022



Fdo.: **Iñaki Ibarbia Ilarraz**  
Geólogo  
(Col. Nº: 1.452)

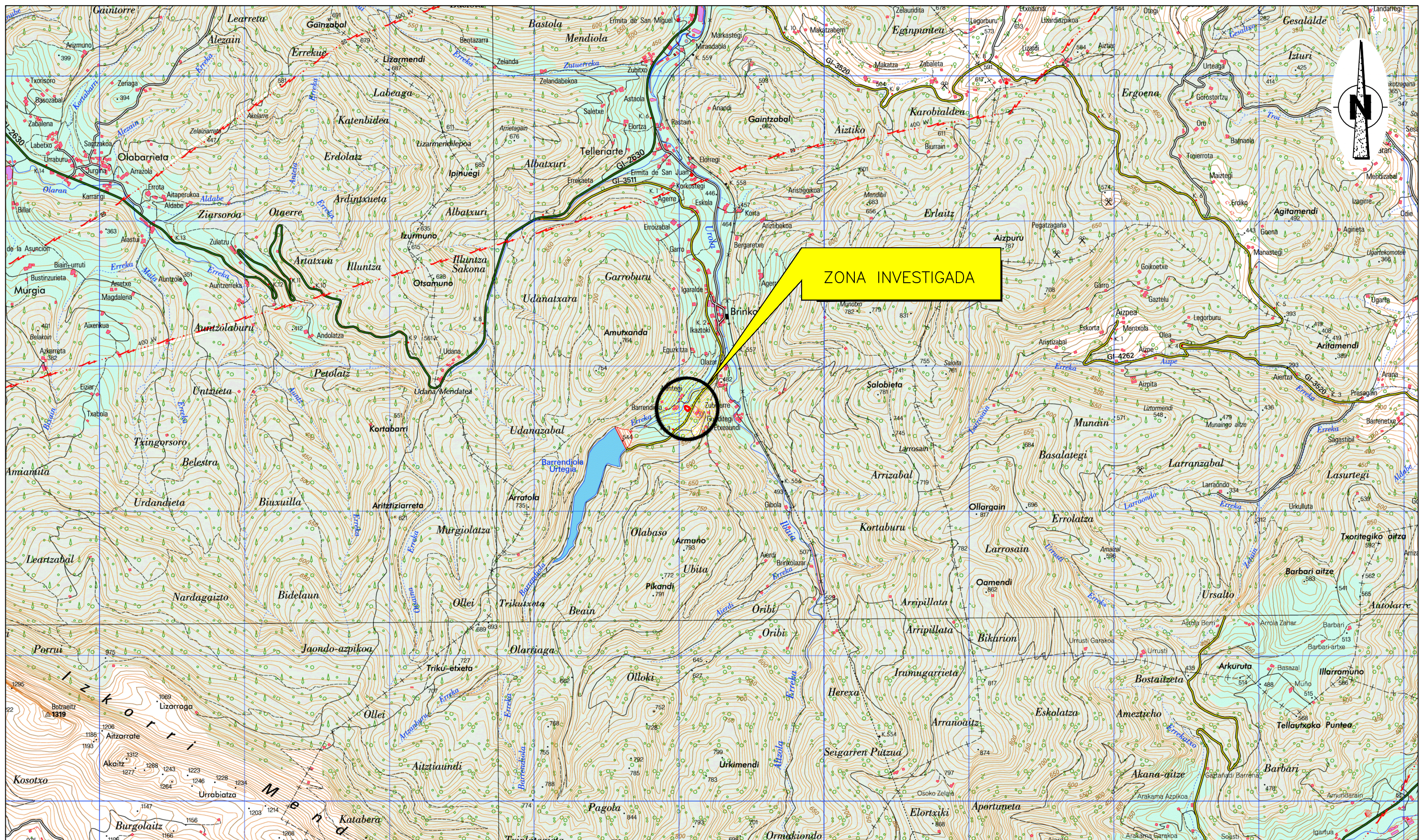


Fdo.: **Jaime Otazua Font**  
Ingeniero de Minas  
(Col. Nº: 350 NT)



Fdo.: **Zuriñe Iturriaga Álvarez**  
Geóloga  
(Col. Nº: 4.932)

## FIGURAS



<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia
	T-220303-01
	Figura
	<b>01</b>
	Escala
<b>PLANO DE SITUACIÓN</b>	1/25.000
	Fecha: Dic 2022
	Dibujado por: P.C.Z.



## LEYENDA



Relleno artificial

## ROCA

Edad: Cretácico Inferior (Albiense)



Calizas masivas y margocalizas nodulosas

**NOTA:** Los tonos fuertes corresponden a afloramientos de roca y los débiles a un recubrimiento de suelos y/o rellenos sobre el macizo rocoso inferior a 1,0 m.

## SIMBOLOGÍA



Contacto relleno/suelo-roca



Punto de observación



Rumbo y buzamiento (60) de la estratificación



Afloramiento de roca sana



Perfil interpretado del terreno por P-1



Escarpe y límites aproximados de rotura circular



Grietas detectadas en asfalto

## PUNTOS DE INVESTIGACIÓN



Calicata (supervisada por IKERLUR)

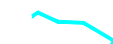


Sondeo con extracción continua de testigo (supervisado por IKERLUR)



Profundidad (en m) de aparición de la roca

## SERVICIOS EXISTENTES (INKOLAN)



Canalización de agua (Gipuzkoako Urak)



Canalización de agua-Telemando (Gipuzkoako Urak)



## INFORME GEOTÉCNICO

Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

PLANTA GEOTÉCNICA GENERAL

Referencia  
T220303-02

Figura  
**02**

Escala  
**1/1.000**

Fecha: Dic 2022

Dibujado por: P.C.Z.

LEYENDA

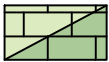
RELLENOS ARTIFICIALES



Bolos y gravas gris claro y marrón con bastante arcilla y algo de arena. Flojo

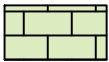
ROCA

Edad: Cretácico Inferior (Albiense)

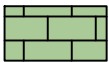


Calizas masivas y calizas nodulosas con calcita y pirita

SIMBOLOGÍA



Roca muy meteorizada (Grado IV), de color marrón y naranja



Roca sana (Grado II), de color gris



Contacto suelo-roca



Contacto roca meteorizada-roca sana



Buzamiento aparente de la estratificación

PUNTOS DE INVESTIGACIÓN



Calicata (supervisada por IKERLUR)

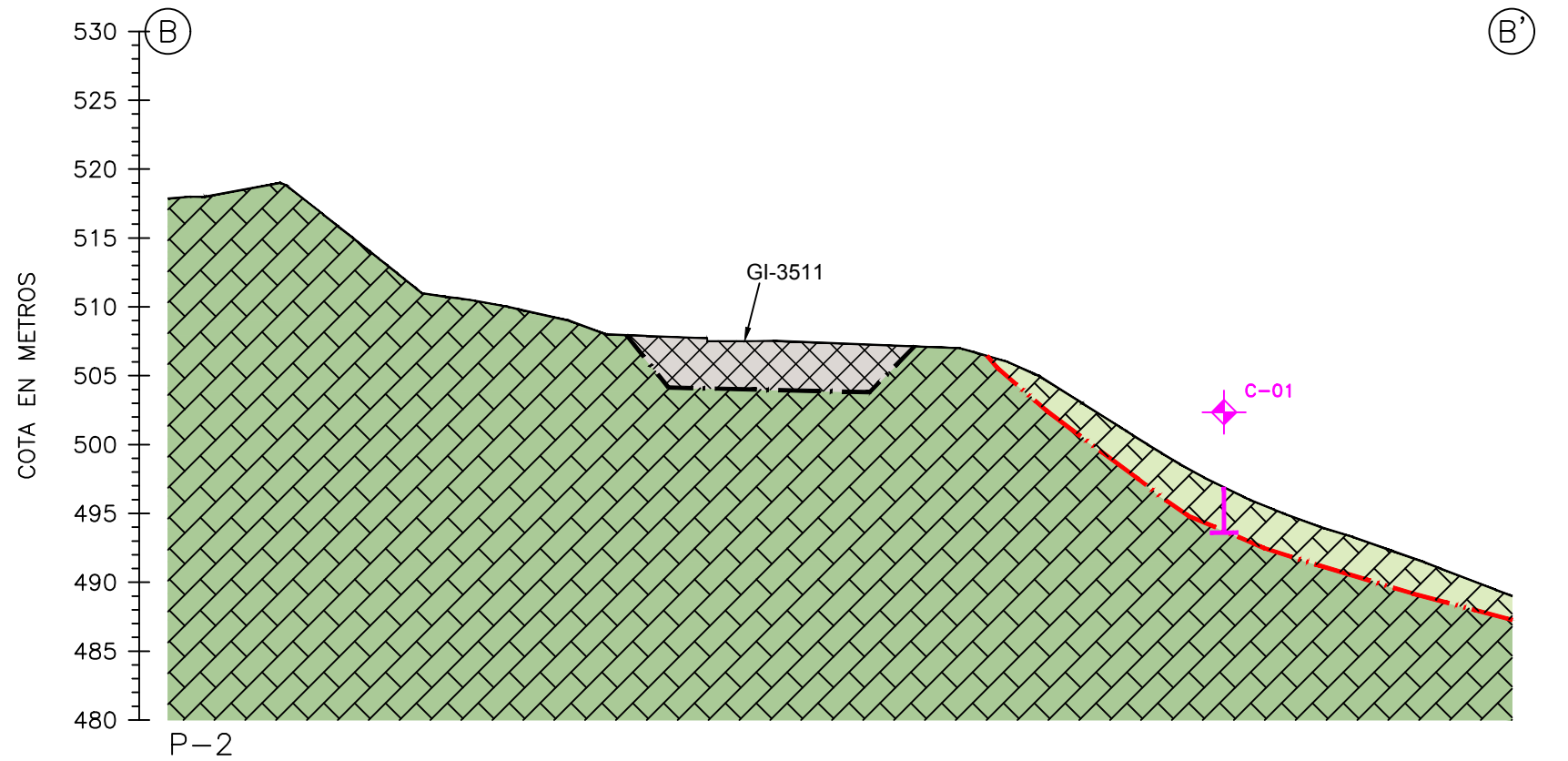
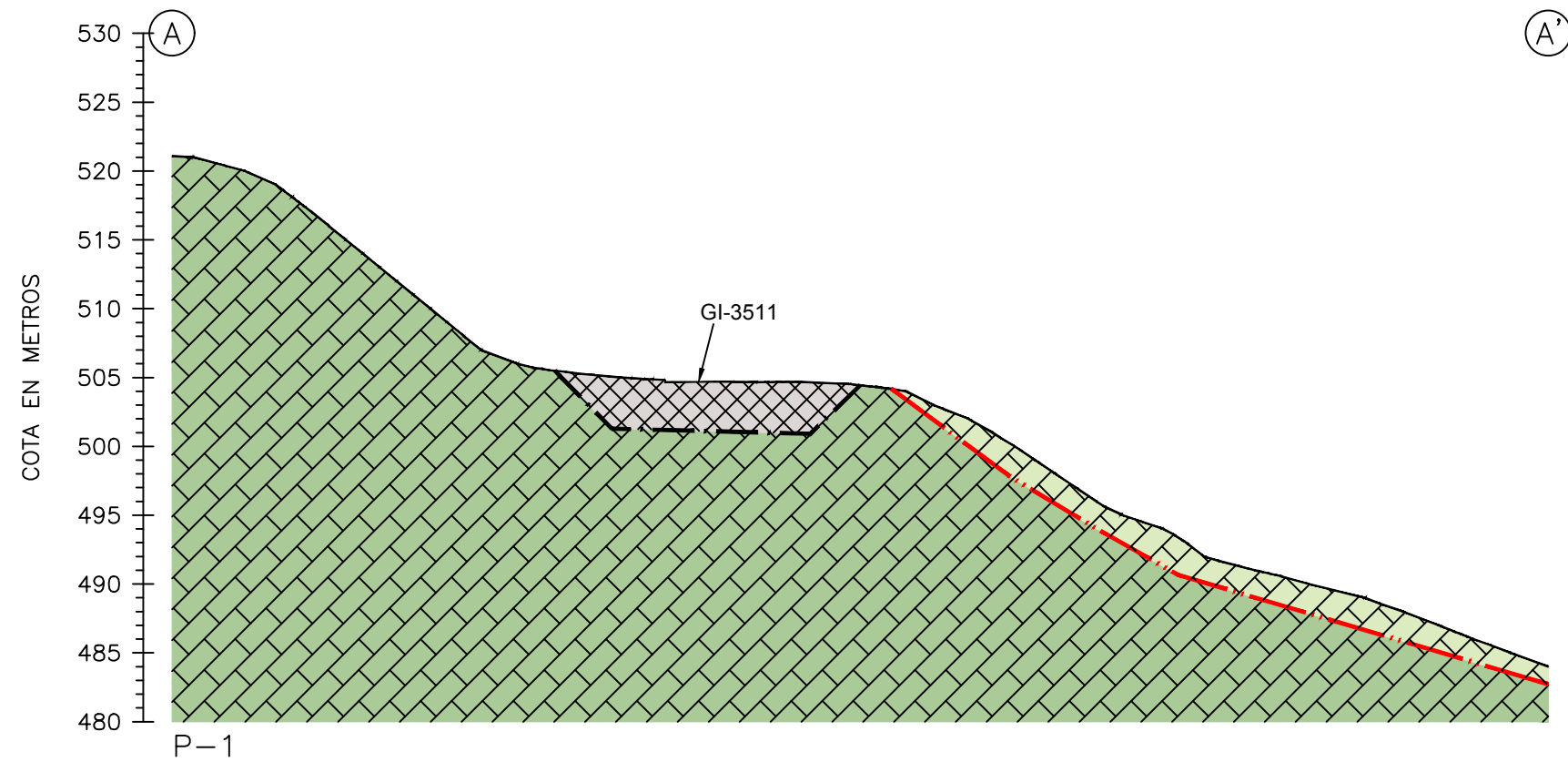


Sondeo con extracción continua de testigo (supervisado por IKERLUR)

**NOTAS:** - La topografía ha sido facilitada por el cliente.  
- La situación de los cortes se presenta en la Figura 02.  
- El terreno únicamente se conoce en los puntos investigados. Los cortes representan una interpretación razonable en función de los datos disponibles.



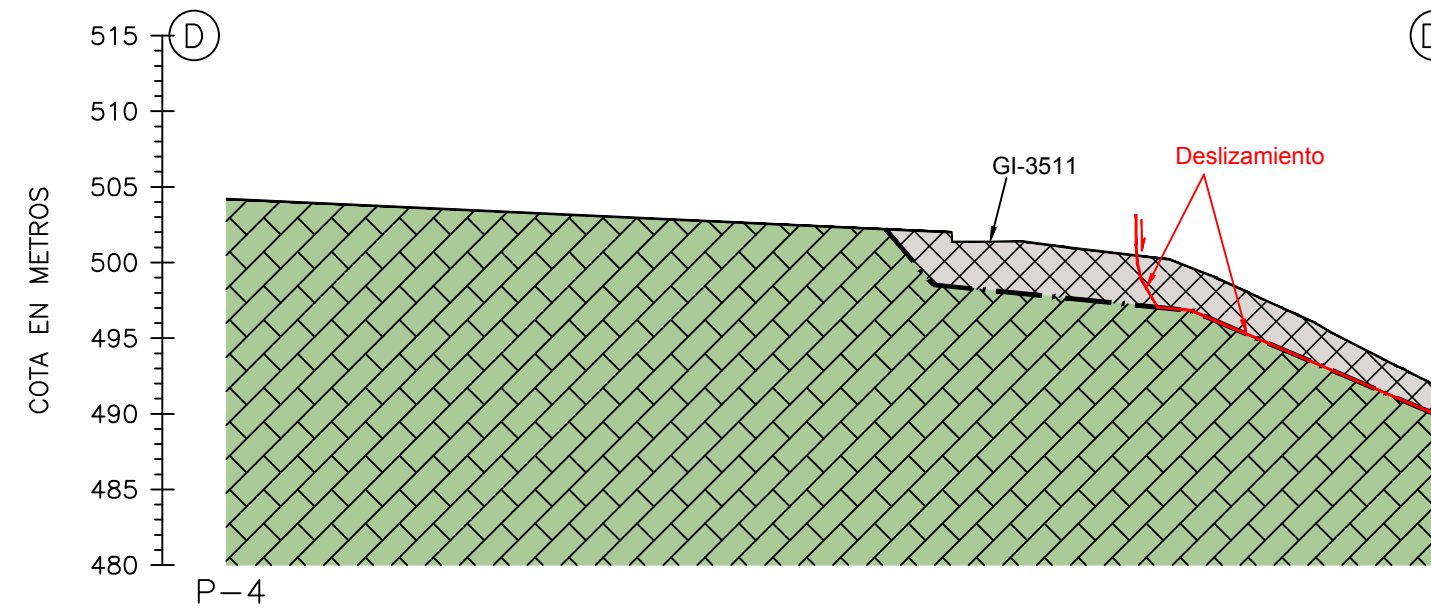
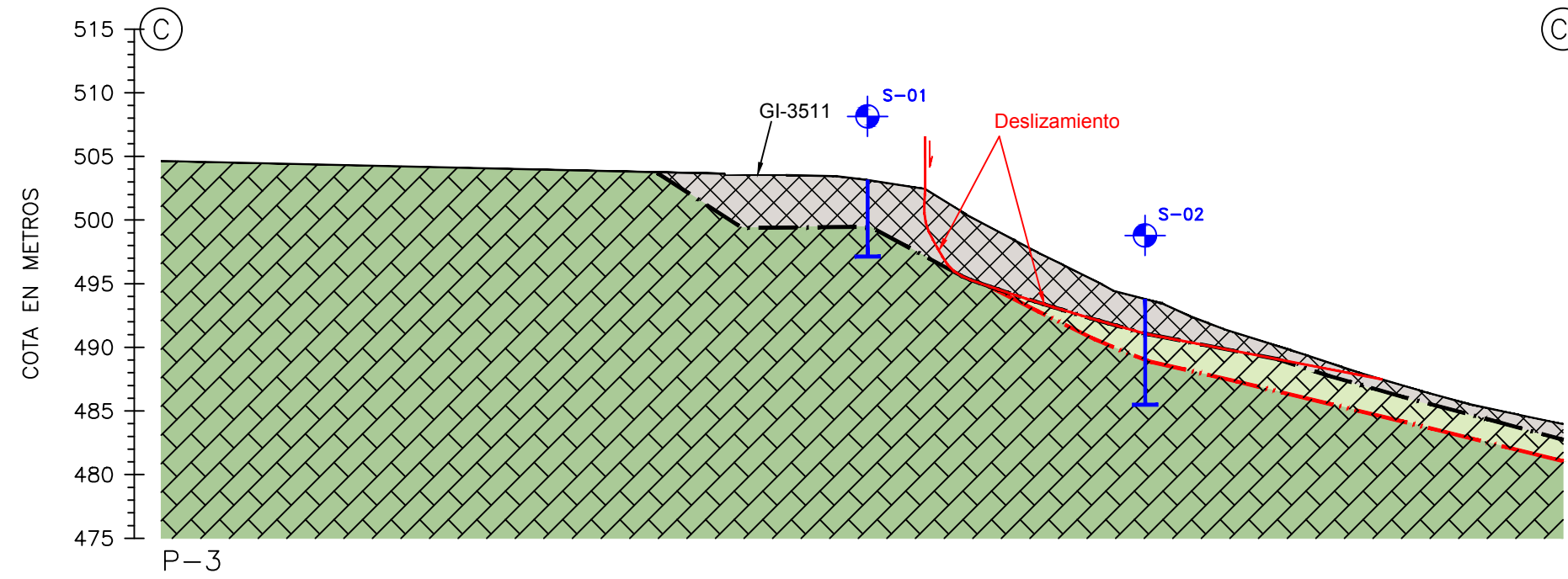
<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-220303-03
	Figura <b>03.0</b>
	Escala -
	Fecha: Dic 2022
<b>CORTES INTERPRETADOS DEL TERRENO</b> POR P-01 A P-05 LEYENDA	Dibujado por: P.C.Z.



**INFORME GEOTÉCNICO**  
Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

CORTES INTERPRETADOS DEL TERRENO  
POR P-01 A P-02

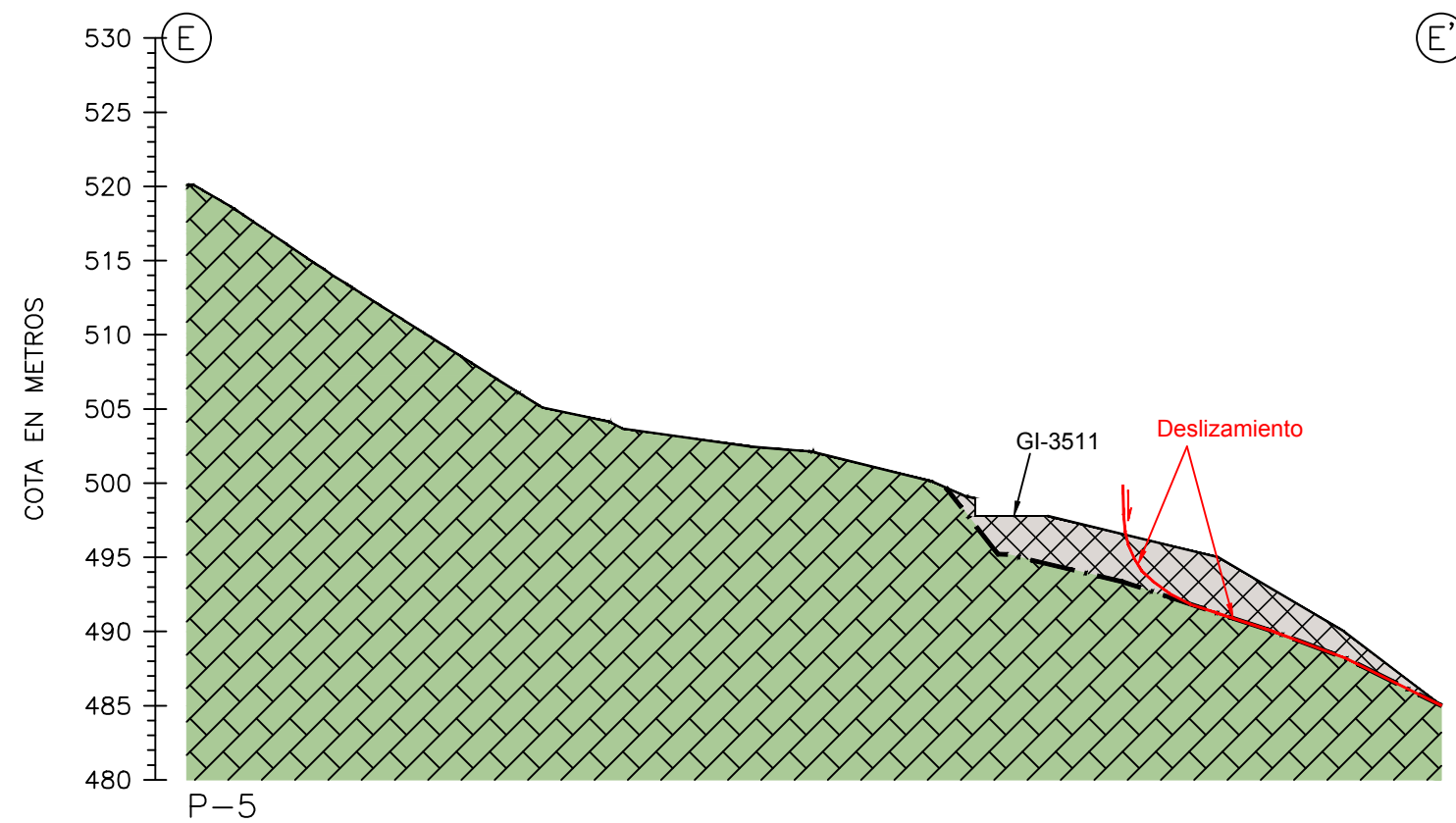
Referencia	T-220303-03
Figura	03.1
Escala	1/500
Fecha:	Dic 2022
Dibujado por:	P.C.Z.



**INFORME GEOTÉCNICO**  
Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

CORTES INTERPRETADOS DEL TERRENO  
POR P-03 A P-04

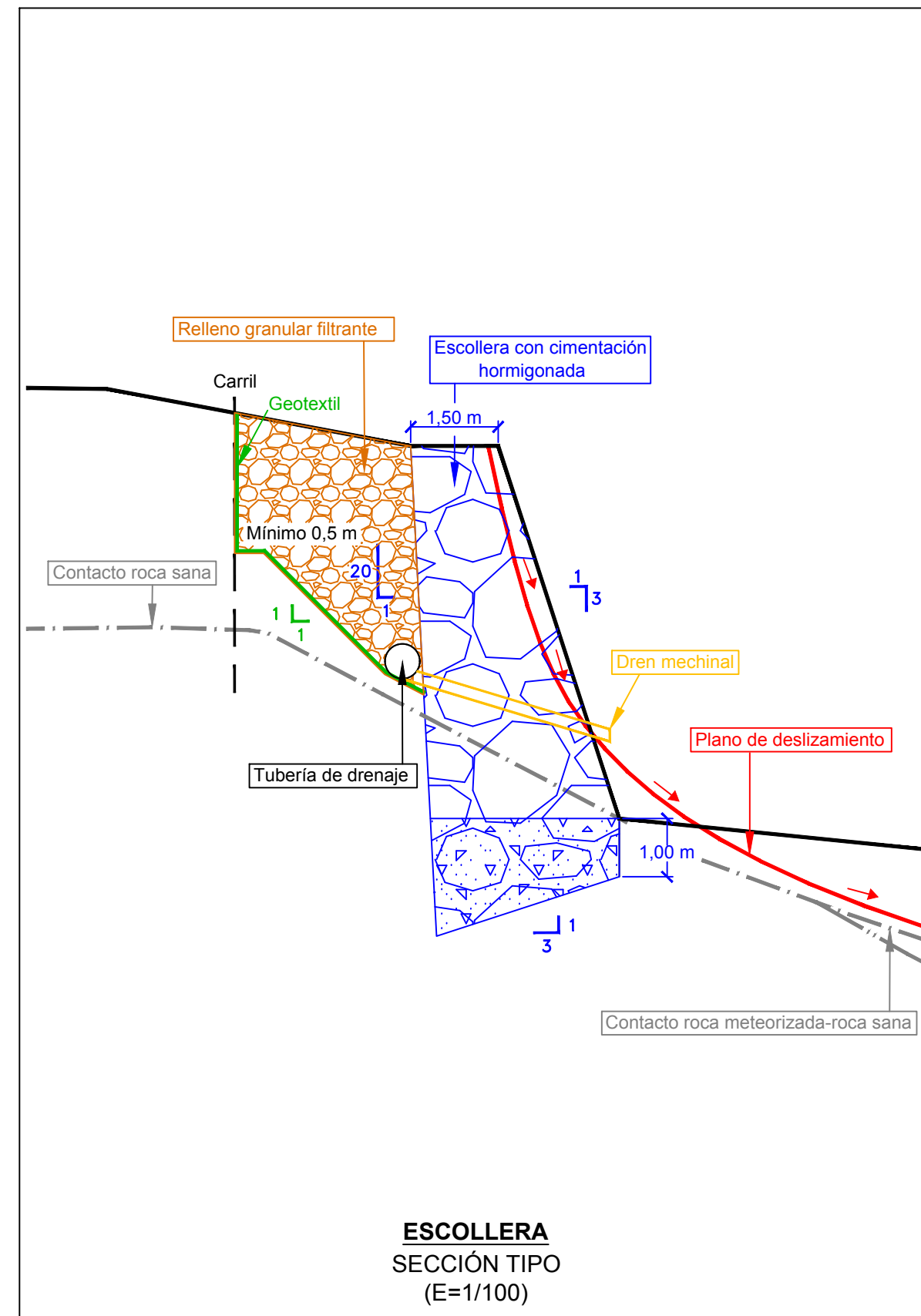
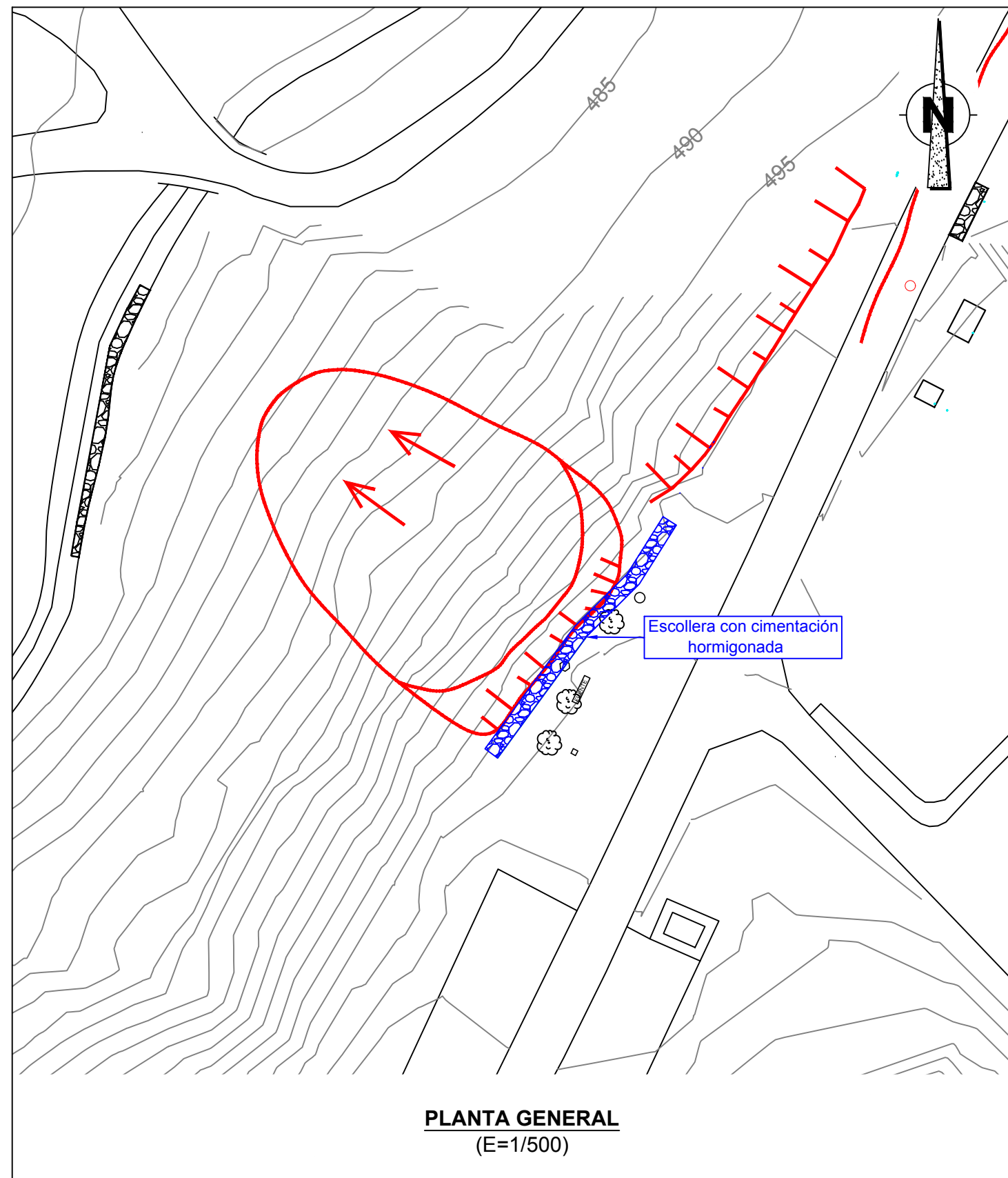
Referencia	T-220303-03
Figura	03.2
Escala	1/500
Fecha:	Dic 2022
Dibujado por:	P.C.Z.



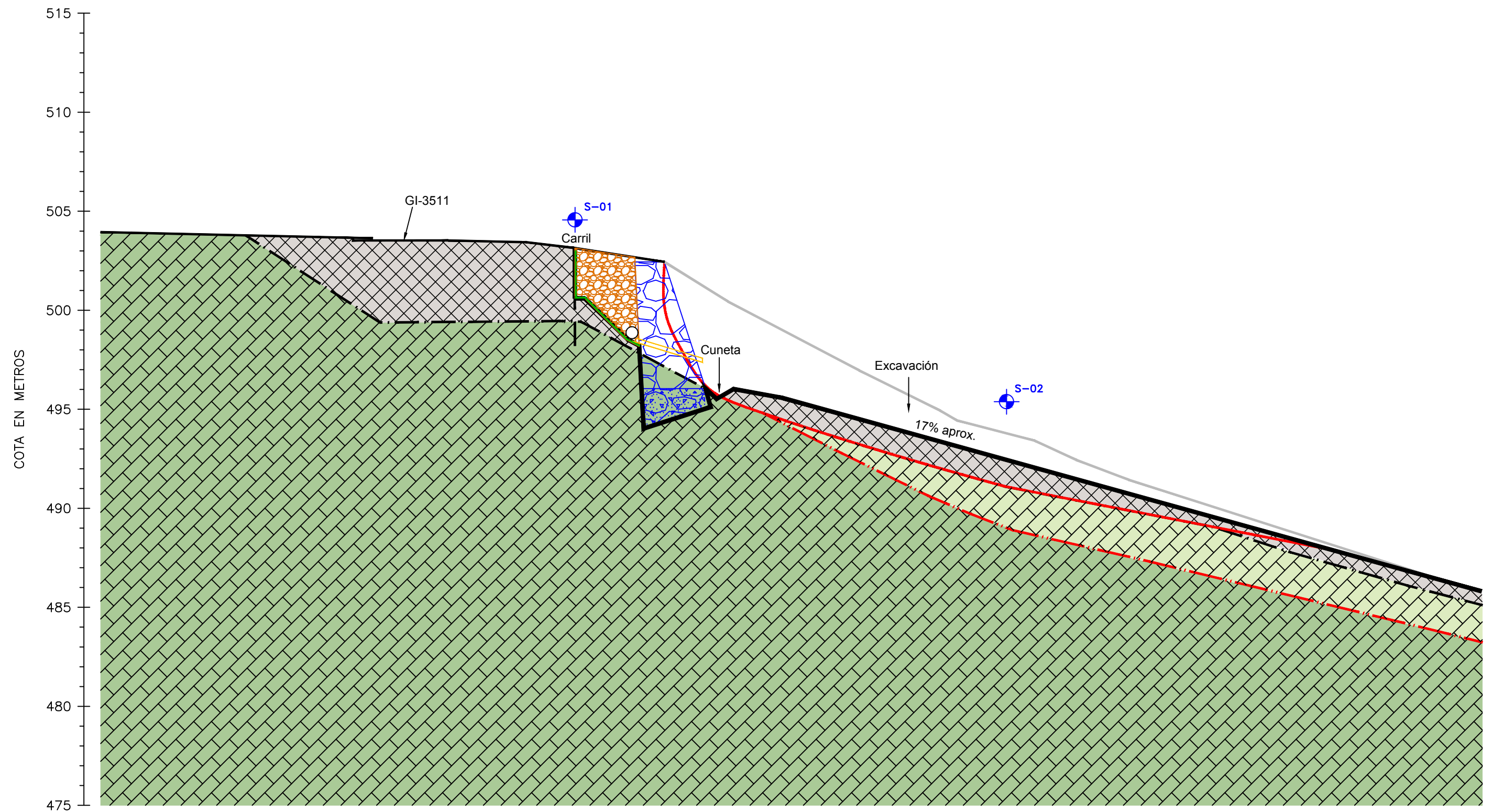
**INFORME GEOTÉCNICO**  
Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

CORTE INTERPRETADO DEL TERRENO  
POR P-05

Referencia	T-220303-03
Figura	<b>03.3</b>
Escala	<b>1/500</b>
Fecha:	Dic 2022
Dibujado por:	P.C.Z.



<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T220303-04
	Figura <b>04</b>
PLANTA GENERAL Y SECCIÓN TIPO DE SOLUCIÓN ESTABILIZADORA RECOMENDADA	Escala <b>Indicadas</b>
	Fecha: Dic 2022
	Dibujado por: N. Z. A.



**INFORME GEOTÉCNICO**  
Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

PERFIL DEL TERRENO POR P-03 CON SOLUCIÓN  
ESTABILIZADORA RECOMENDADA

Referencia	T-220303-05
Figura	05
Escala	1/200
Fecha:	Dic 2022
Dibujado por:	N. Z. A.

## REPORTAJE FOTOGRÁFICO



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (ORTOFOTO AÑO 2021)  
E=1/2.000



<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-220303-F01
	Hoja <b>1 de 4</b>
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	Fecha: Dic 2022
	Dibujado por: P.C.Z.



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 2006)



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 2004)



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 2002)



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 1984)



VISTA AÉREA DE LA ZONA INVESTIGADA (AÑO 1977)



<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-220303-F01
	Hoja <b>2 de 4</b>
<b>REPORTAJE FOTOGRÁFICO</b>	Fecha: Dic 2022
	Dibujado por: P.C.Z.



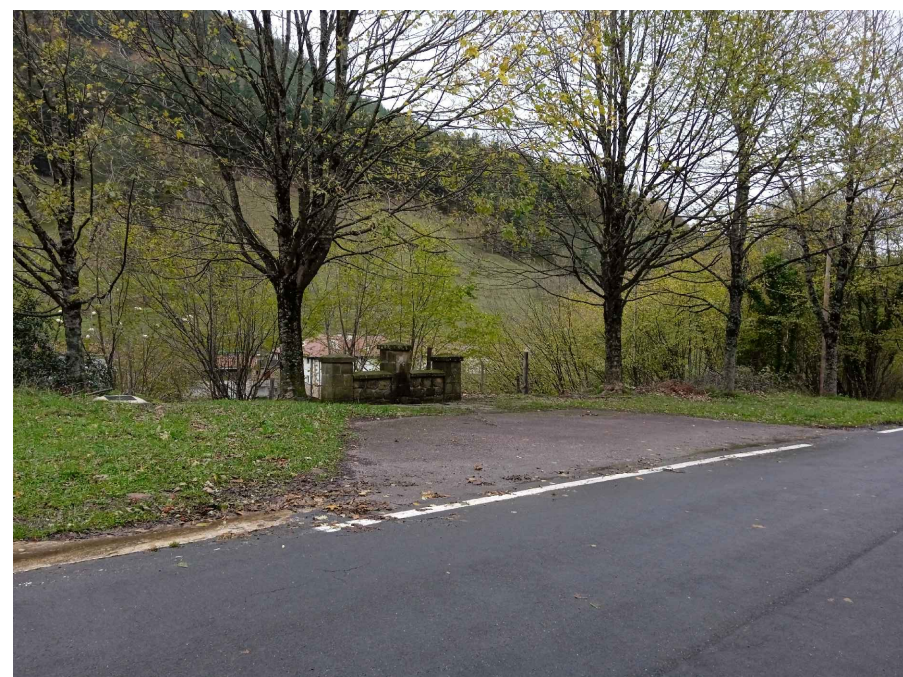
VISTA GENERAL DE LA LADERA



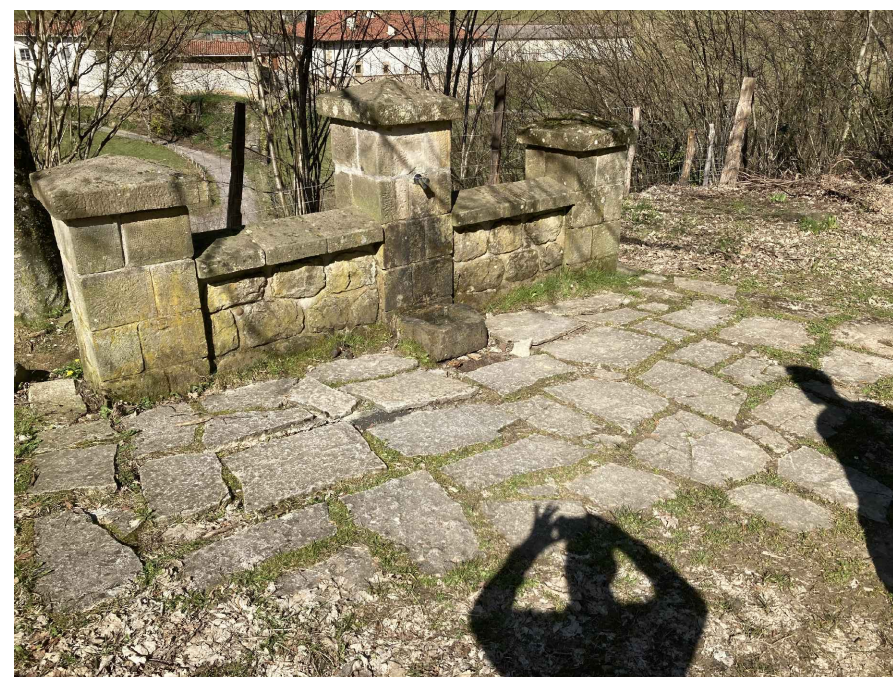
VISTA GENERAL DEL ESCARPE DEL DESLIZAMIENTO



DETALLE ESCARPE



VISTA GENERAL ZONA SUPERIOR DE LA LADERA



PAVIMENTOS SUELTOS EN LA FUENTE DE PIEDRA



ZONA SUPERIOR LADERA



**INFORME GEOTÉCNICO**  
Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola  
LEGAZPI

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

Referencia  
T-220303-F01

Hoja  
**3 de 4**

Fecha: Dic 2022  
Dibujado por: P.C.Z.



GRIETAS EXISTENTES EN ASFALTO



GRIETAS EXISTENTES EN ASFALTO



DETALLE DE AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ① DE LA FIGURA 2



DETALLE DE AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ② DE LA FIGURA 2



DETALLE DE AFLORAMIENTO DE ROCA CORRESPONDIENTE AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ③ DE LA FIGURA 2



<b>INFORME GEOTÉCNICO</b> Estabilización de un deslizamiento en la ETAP de Barrendiola LEGAZPI	Referencia T-220303-F01
	Hoja <b>4 de 4</b>
REPORTAJE FOTOGRÁFICO	Fecha: Dic 2022
	Dibujado por: P.C.Z.

## APÉNDICES

---

**A-1**

**Escala de meteorización de la roca**

---

## ESCALA DE METEORIZACIÓN DE LA ROCA <sup>1</sup>

Grado de meteorización	Denominación	Criterios de reconocimiento
<b>I</b>	<b>Sana</b>	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
<b>II</b>	<b>Sana con juntas teñidas de óxido</b>	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
<b>III</b>	<b>Moderadamente Meteorizada</b>	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que <i>trozos de 25 cm<sup>2</sup> de sección no pueden romperse a mano</i> .
<b>IV</b>	<b>Muy Meteorizada</b>	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
<b>V</b>	<b>Completamente Meteorizada</b>	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente descompuestos.

<sup>1</sup> Escala de meteorización de las rocas sedimentarias detríticas (Basada en la de D.G. Moye)

---

**A-2**

**Registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso**

---

# CARACTERES GEOMECÁNICOS DEL MACIZO ROCOSO

Datos de campo - Hoja 1 de 1

Datos obtenidos por: Z.I.A.

Título Trabajo Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola										Localidad LEGAZPI				Fecha 25/11/2022			Ref. Trabajo T-220303											
Punto observación	TIPO DE PLANO	ORIENTACIÓN		CONTINUIDAD (m)						ESPACIADO (m)				SUPERFICIE		RELLENO		PARÁMETROS GEOMECÁNICOS						LITOLOGÍA	METEORIZACIÓN	RESISTENCIA	AGUA	Observaciones
		Dir. Buzam. (°)	Buzamiento (°)	s/ RUMBO						< 0,5	0,5 - 2	2 - 4	> 4	ONDUL.	RUGOS.	ESPES. (mm)	TIPO	1	Jn	Jr	Ja	Jw	SRF					
				0,5	1	2	4	8	>8																			
1	E	90	75							X					10-12									Mc	III			
	E	70	70	x	x						X				4-6									Mc	III			
	J	354	70	x	x							X			6-8									Mc	III			
	E	88	60							X					10-12									Mc	III			
	E	80	35							X					10-12									Mc	III			
	E	108	35					x			X				10-12									Mc	III			
	E	90	60							X					6-8									Mc	III			
2	E	110	50					x		X					6-8									Ca	II			
	J	20	85	x	x					X					10-12									Ca	II			
	E	112	25	x	x						X				10-12									Ca	II			
	E	114	45	x	x						X				10-12									Ca	II			
	E	124	55	x	x						X				10-12									Ca	II			
	E	110	60					x		X					6-8									Ca	II			
	E	120	50					x		X					6-8									Ca	II			
	J	208	50	x	x					X					10-12									Ca	II			
	J	286	60	x	x					X					10-12									Ca	II			
	E	120	60					x		X					6-8									Ca	II			
3	J	244	85					x		X					10-12									Mc	II			
	J	8	30	x	x						X				8-10									Ca	II			
	E	74	30					x			X				8-10									Ca	II			

## Observaciones

**Mc** Margocalizas nodulosas (Albiense Inferior), reaccionan al HCL.

**Ca** Calizas masivas (Albiense Inferior), reaccionan al HCL.

---

**A-3**

**Clave de descripción y Clasificación de suelos**

---

## CLAVE DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS

### CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO SEGÚN SU TAMAÑO <sup>1</sup>

Tipo de suelo	Denominación	Tamaño de partículas en mm.
<b>GRANO MUY GRUESO</b>	Bloques Grandes	> 630
	Bloques	> 200 a 630
	Bolos	> 63 a 200
<b>GRANO GRUESO</b>	Grava Gruesa	> 20 a 63
	Grava Media	> 6,3 a 20
	Grava Fina	> 2,0 a 6,3
	Arena Gruesa	> 0,63 a 2,0
	Arena Media	> 0,2 a 0,63
	Arena Fina	> 0,063 a 0,2
<b>GRANO FINO</b>	Limo	> 0,002 a 0,063
	Arcilla	≤ 0,002

### Descripción adicional de FRACCIONES SECUNDARIAS

Descripción	Proporción (% en peso)
Aplica a grava-arena-limo-arcilla: Indicios	5 a 10
Algo	10 a 20
Bastante	20 a 35
sufijo OSO / OSA	35 a 50

### SUELOS DE GRANO GRUESO – Densidad relativa según ENSAYO S.P.T.


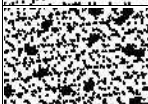
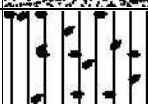





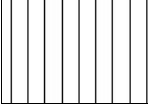


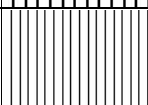
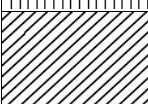
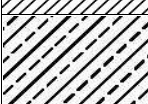
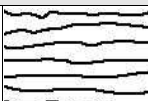
Densidad	Golpeo S.P.T. / 30 cm.
Muy Flojo	< 5
Flojo	5 a 10
Medianamente Denso	11 a 30
Denso	31 a 50
Muy Denso	> 50

### SUELOS DE GRANO FINO – Resistencia según COHESIÓN sin drenaje

Resistencia	Cohesión (Kp/cm <sup>2</sup> )
Muy blando	< 0,125
Blando	0,125 a 0,25
Moderadamente Firme	0,25 a 0,50
Firme	0,50 a 1
Muy Firme	1 a 2
Duro	> 2

<sup>1</sup> Fuente: UNE-EN ISO 14688-1:2003-Ingeniería geotécnica-Identificación y clasificación de suelos

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

GRUPOS PRINCIPALES			Símbolo GRÁFICO	Símbolo LETRAS	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
<b><u>SUELOS DE GRANO GRUESO</u></b>  Más del 50% material <u>retenido</u> por tamiz nº 200	<b>GRAVA Y SUELOS CON GRAVA</b>  Más del 50% fracción gruesa <u>retenida</u> por tamiz nº 4	GRAVA LIMPIA		GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos.
				GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos.
		GRAVA con FINOS (Finos en cantidad apreciable)		GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo.
				GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-limo
	<b>ARENA Y SUELOS ARENOSOS</b>  Más del 50% fracción gruesa <u>pasa</u> por tamiz nº 4	ARENA LIMPIA		SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin finos.
				SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con pocos finos o sin finos.
		ARENA con FINOS (Finos en cantidad apreciable)		SM	Arenas limosas, mezclas de arena-Limo.
				SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla.
<b><u>SUELOS DE GRANO FINO</u></b>  Más del 50% material <u>pasa</u> por tamiz nº 200	<b>LIMO Y ARCILLA</b>  Límite líquido <u>menor</u> de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, limos arcillosos poco plásticos	
			CL	Arcillas inorgánicas poco plásticas o de plasticidad mediana, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco pláticas	
	<b>LIMO Y ARCILLA</b>  Límite líquido <u>mayor</u> de 50		MH	Limos inorgánicos, con mica o arena fina de diatomeas, o suelos limosos	
			CH	Arcillas inorgánicas muy plástica, arcillas grasas	
			OH	Limos orgánicos de plasticidad mediana o muy plásticas, limos orgánicos	
		<b><u>SUELOS MUY ORGÁNICOS</u></b>			PT

---

**A-4**

**Registro de calicata**

---

- **Tabla resumen calicata**
- **Presentación del registro de calicata**



## Tabla resumen CALICATAS

Ref. Trabajo: **T-220303**

Título: Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Hoja 1 of 1

Localidad: LEGAZPI

Calicata	Cota inicio (m)	Prof. ROCA meteorizada (m)	Prof. ROCA SANA (m)	Profundidad FINAL (m)	Fecha calicata
C-01	491,542	2,30		3,30	10-05-22



Ref. Trabajo: **T-220303**

Título: Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Localidad: LEGAZPI


Fecha registro: 10/05/2022

**CALICATA: C-01**

Profundidad total: **3,30 m.**

Coordenadas en m. (X;Y;Z) ETRS89: (553940,8171 ; 4762493,1691 ; 491,542)

Hoja 1 de 1

Profundidad (m)	Nivel freático	Clasificación S.U.C.S.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN	Vane Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Penetrómetro de bolsillo (kg/cm <sup>2</sup> )	Nº de muestra	Finos %	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Humedad %	Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	Resistencia compresión (KPa)	COTA (m)	REGISTRO FOTOGRÁFICO
0,00				<b>RELLENO ARTIFICIAL</b> Grava arcillosa marrón y gris oscuro con indicios de arena. Floja.											491,0	
1,00				1,00 m. <b>Arcilla marrón con tierra vegetal en el contacto.</b> - Capa húmeda con ligeras fluencias de agua.											490,0	
1,30				2,30 m. <b>ROCA</b> <b>Roca meteorizada Grado IV.</b> - Aspecto de masa deslizada.											489,0	
1,00				<b>Fin de calicata a 3,3 m.</b>											488,0	
5,0															487,0	

Nivel freático:  Medido durante calicata

Nota Fin de calicata en roca Grado IV.

Registrado por: I.J.M.

---

**A-5**  
**Registro de sondeos**

---

- **Tabla resumen sondeos**
- **Presentación del registro de sondeos**



## Tabla resumen SONDEOS

Ref. Trabajo: **T-220303**

Título: Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Localidad: LEGAZPI

Hoja 1 of 1

Sondeo	Cota inicio (m)	Prof. ROCA meteorizada (m)	Prof. ROCA SANA (m)	Profundidad FINAL (m)	Fecha inicio sondeo	Fecha fin sondeo
<b>S-01</b>	502,100	3,40	3,40	6,00	25-10-22	25-10-22
<b>S-02</b>	491,800	2,40	4,70	8,30	26-10-22	26-10-22



Ref. Trabajo: T-220303

Título: Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Localidad: LEGAZPI

Fecha inicio: 25/10/2022 Fecha fin: 25/10/2022 Coordenadas en m. (X;Y;Z) ETRS89: (553961,0000 ; 4762481,0000 ; 502,100)

Máquina: ROLATEC RL-48 Perforación: ROTACIÓN Sondista: N.S.G.

SONDEO: S-01

Profundidad final: 6,00 m.



T-220303  
S-01  
Hoja 1 de 1

Registro procesado con gINT - v 10.03.00.09 - CG3641 - T-220303\_LEGAPI.GPJ

GRUPO ALTOS					Registro procesado con gINT - v 10.03.00.09 - CG3641 - T-220303_LEGAZPI.GPJ		Ensayos campo		ROCA		Estructura		MUESTRAS		Ensayos Laboratorio								REGISTRO FOTOGRÁFICO		Hoja 1 de 1	
PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO	RECUPERACIÓN (%)	Clasificación S.U.C.S.	SÍMBOLO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	Vane Test (kg/cm²)	Penetrómetro de bolsillo (kg/cm)²	GRADO de METEORIZACIÓN	FRACTURAS - N° / 30 cm	RQD %	ESTRUCTURA - Esquistosidad	ESTRUCTURA - Estratificación	JUNTAS - Orientación/Buzamiento	Tipo de muestra	N° de MUESTRA	N° de golpes / 15 cm. (Valor N en SPT)	% finos	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Humedad %	Densidad húmeda (gr/cm³)	RCS - Compresión simple en SUELOS (kPa)	RCU - Compresión uniaxial en ROCAS (MPa)	COTA (m)	
		100			0,00 m. <b>RELLENO ARTIFICIAL</b> <b>Bolos y gravas gris claro y marrón medias y gruesas con bastante arcilla y algo de arena. Flojo.</b> 0,60 m. <b>Grava con bastante arcilla e indicios de arena en tonos marrones. Medianamente densa.</b> - Se observan restos de raíces.																				502,00	
1,0		100				- De 1,80 a 2,0 m se observan gravas gruesas.									X	MA-01		24,0								501,00
2,0		100													↓	SPT-A-01	7-8-7-8 (15)									500,00
		100			2,50 m. <b>Arcilla marrón con algo de grava fina a media e indicios de arena. Firme.</b> - Se observan restos de raíces.																				499,00	
3,0		100													↓	SPT-A-02	7-6-50/R (56)									498,00
4,0		100				3,40 m. <b>ROCA</b> <b>Calizas grises masivas.</b> - Edad: Cretácico Inferior (Albiense).																				497,00
5,0																									496,00	
6,0		100			Fin de sondeo a 6,0 m.																				495,00	
7,0																									494,00	
8,0																										

NOTAS: Fin de sondeo en roca Grado II.

Muestra Muestra alterada SPT abierto con cuchara  
Nivel freático Medido durante sondeo Final de sondeo (corto plazo) Después de sondeo (largo plazo)

Geólogo: Z.I.A.



Ref. Trabajo: T-220303

Título: Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Localidad: LEGAZPI

Fecha inicio: 26/10/2022 Fecha fin: 26/10/2022 Coordenadas en m. (X;Y;Z) ETRS89: (553942,0000 ; 4762495,0000 ; 491,800)

Máquina: ROLATEC RL-48 Perforación: ROTACIÓN Sondista: N.S.G.

SONDEO: S-02

Profundidad final: 8,30 m.



T-220303

S-02

Hoja 1 de 1

Registro procesado con gINT - v 10.03.00.09 - CG3641 - T-220303\_LEGAZPI.GPJ

PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO	RECUPERACIÓN (%)	Clasificación S.U.C.S.	SÍMBOLO GRÁFICO	DESCRIPCIÓN	Ensayos campo		ROCA			Estructura			MUESTRAS			Ensayos Laboratorio								REGISTRO FOTOGRÁFICO	COTA (m)
						Vane Test (kg/cm <sup>2</sup> )	Penetrómetro de bolsillo (kg/cm <sup>2</sup> )	GRADO de METEORIZACIÓN	FRACTURAS - N° / 30 cm	RQD %	ESTRUCTURA - Esquistosidad	ESTRUCTURA - Estratificación	JUNTAS - Orientación/Buzamiento	Tipo de muestra	N° de MUESTRA	N° de golpes / 15 cm. (Valor N en SPT)	% finos	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad	Humedad %	Densidad húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	RCS - Compresión simple en SUELOS (kPa)	RCU - Compresión uniaxial en ROCAS (MPa)		
1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0		100			0,00 m. <b>TIERRA VEGETAL</b> Arcilla con algo de grava e indicios de arena marrón oscuro. Flojo.																					491,3
		100			0,50 m. <b>RELLENO ARTIFICIAL</b> Arcilla marrón con bastante grava e indicios de arena.	1,00																				491,00
		100			1,30 m. <b>TIERRA VEGETAL</b> Arcilla ocre y gris con algo de grava e indicios de arena marrón. Medianamente denso.	1,20																				490,00
		80			1,80 m. <b>TIERRA VEGETAL</b> Arcilla ocre y gris con algo de grava e indicios de arena marrón. Medianamente denso.																					489,00
		85			2,40 m. <b>ROCA</b> Caliza meteorizada en tonos marrones y naranjas. - Edad: Cretácico Inferior (Albiense). - E.G.: Arcilla con indicios de grava. Moderadamente firme a firme. - Intercalaciones centimétricas Grado III. - Caliza nodulosa gris con calcita y piritita diseminada. - Presenta pátinas de óxidos ferrosos en fracturas de 0,50 mm de espesor.	1,20																				488,00
	26-10-22 3,45 m	100				1,40																				487,00
		100																								486,00
	14-11-22 5,25 m	100																								485,00
		100																								484,00
		100																								483,00
					Fin de sondeo a 8,3 m.																					

Muestra Muestra alterada SPT abierto con cuchara  
Nivel freático Medido durante sondeo Final de sondeo (corto plazo) Después de sondeo (largo plazo)

NOTAS: Fin de sondeo en roca Grado II.

Geólogo: Z.I.A.

---

**A-6**

**Ensayos de campo y de laboratorio**

---

- **Resumen de muestras y ensayos SPT: realizados por IKERLUR**
- **Resultados de ensayos de laboratorio: Subcontratados a GIKESA**



## Tabla resumen MUESTRAS y SPT

Ref. Trabajo: **T-220303**

Título: **Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola**

Localidad: **LEGAZPI**

Hoja 1 of 1

Calicata - Sondeo	Prof. superior (m)	Prof. inferior (m)	MUESTRA	Golpeo1	Golpeo2	Golpeo3	Golpeo4
<b>S-01</b>	0,60	1,20	MA-01				
<b>S-01</b>	1,20	1,80	SPT-A-01	7	8	7	8
<b>S-01</b>	3,00	3,40	SPT-A-02	7	6	50	
<b>S-02</b>	0,60	2,00	MA-01				
<b>S-02</b>	1,20	1,80	SPT-A-01	3	7	10	8
<b>S-02</b>	3,00	3,60	SPT-A-02	3	3	4	4
<b>S-02</b>	4,20	4,70	SPT-A-03	1	2	13	50

Ref. Trabajo: **T-220303**      Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola

Localidad: LEGAZPI

Situación	Fecha	Profundidad ensayo Inicio (m)	Referencia ensayo	Índice de Schmidt	Resistencia a compresión uniaxial (MPa)   (kp/cm²)		Litología	Meteorización
<b>S-01</b>	25-10-22	03.60	S01_MS_0360-0385	31.60	51.43	524	Ca	II
<b>S-01</b>	25-10-22	04.80	S01_MS_0480-0500	32.80	54.74	558	Ca	II
<b>S-01</b>	25-10-22	05.40	S01_MS_0540-0565	33.20	55.88	570	Ca	II
<b>S-02</b>	26-10-22	05.40	S02_MS_0540-0575	37.40	69.47	708	Ca	II
<b>S-02</b>	26-10-22	06.20	S02_MS_0620-0650	31.60	51.43	524	Ca	II
<b>S-02</b>	26-10-22	06.65	S02_MS_0665-0705	34.40	59.47	606	Ca	II

## ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE LA ROCA mediante el martillo de Schmidt (Tipo L) \*

**RESULTADOS**

\*ISMR - Suggested methods for rock characterization, testing and monitoring - Part 3: Determination of the Schmidt rebound hardness

TRABAJO	Deslizamiento ETAP URAK Barrendiola						LEGAZPI				T-220303	
Situación	S-01		S-01		S-01		S-02		S-02		S-02	
Fecha	25-10-22		25-10-22		25-10-22		26-10-22		26-10-22		26-10-22	
Equipo utilizado	MS-03		MS-03		MS-03		MS-03		MS-03		MS-03	
Profundidad (m)	03.60	03.85	04.80	05.00	05.40	05.65	05.40	05.75	06.20	06.50	06.65	07.05
Litología	Calizas masivas		Calizas masivas		Calizas masivas		Calizas nodulosas		Calizas nodulosas		Calizas nodulosas	
Grado de meteorización	II		II		II		II		II		II	
Referencia ensayo	S01_MS_0360-0385		S01_MS_0480-0500		S01_MS_0540-0565		S02_MS_0540-0575		S02_MS_0620-0650		S02_MS_0665-0705	
Inclinación martillo (*)	-90		-90		-90		-90		-90		-90	
Densidad roca (kN/m³)	25.5		25.5		25.5		25.5		25.5		25.5	
Nº Rebote	Datos	Ordenar	Datos	Ordenar	Datos	Ordenar	Datos	Ordenar	Datos	Ordenar	Datos	Ordenar
1	30.00	32.00	30.00	34.00	30.00	34.00	22.00	40.00	22.00	38.00	40.00	40.00
2	30.00	32.00	30.00	34.00	30.00	34.00	30.00	38.00	30.00	32.00	30.00	34.00
3	32.00	32.00	34.00	32.00	32.00	34.00	38.00	37.00	38.00	30.00	34.00	34.00
4	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	32.00	37.00	36.00	24.00	30.00	34.00	32.00
5	32.00	30.00	30.00	32.00	32.00	32.00	34.00	36.00	22.00	28.00	30.00	32.00
6	32.00	30.00	32.00	30.00	32.00	32.00	36.00	34.00	26.00	28.00	20.00	30.00
7	30.00	30.00	30.00	30.00	34.00	30.00	32.00	32.00	32.00	26.00	28.00	30.00
8	28.00	30.00	30.00	30.00	34.00	30.00	40.00	30.00	30.00	24.00	28.00	28.00
9	32.00	30.00	34.00	30.00	30.00	30.00	36.00	30.00	28.00	22.00	32.00	28.00
10	30.00	28.00	32.00	30.00	28.00	28.00	30.00	22.00	28.00	22.00	32.00	20.00
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												

(\*) Inclinación martillo -90° vertical abajo, -45° abajo, 0° horizontal, 45° arriba, 90° vertical arriba.

Nº Rebotes cálculo	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Rebote medio de campo	31.60	32.80	33.20	37.40	31.60	34.40
Indice corregido	31.60	32.80	33.20	37.40	31.60	34.40
R.Uniaxial. MPa	51.43	54.74	55.88	69.47	51.43	59.47
R.Uniaxial. kp/cm²	524	558	570	708	524	606

Realizado por: Z.I.A.

Z.I.A.

Z.I.A.

Z.I.A.

Z.I.A.

Z.I.A.

IKERLUR S.L.  
Camino Zubiberri nº 29 - Edificio Ondarreta Planta 2ª Local  
5  
Parque Empresarial Zuatzu  
20018-DONOSTIA  
Gipuzkoa

EXPEDIENTE: 20220545	PETICIONARIO: 2289 - IKERLUR S.L.		
ACTA Nº: 17377 / 2022	FECHA EMISIÓN: 11/11/2022	ALBARÁN LABORATORIO: 57677	HOJA 1 DE 2
OBRA: 20220877 - T 220303 ETAP BARRENDIOLA. LEGAZPI			

## ACTA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESTINADOS A DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA MUESTRA DE SUELO

**MATERIAL/PROCEDENCIA:** s.ref.: S01, prof.: 0,60-1,20 m, Suelo, GP, MA .

**FECHA DE RECOGIDA:** 25/10/2022. Muestreado por peticionario en obra.

**FECHA MUESTRA CONFORME:** 28/10/2022

**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:** 31/10/2022 **FECHA FIN DE ENSAYOS:** 11/11/2022

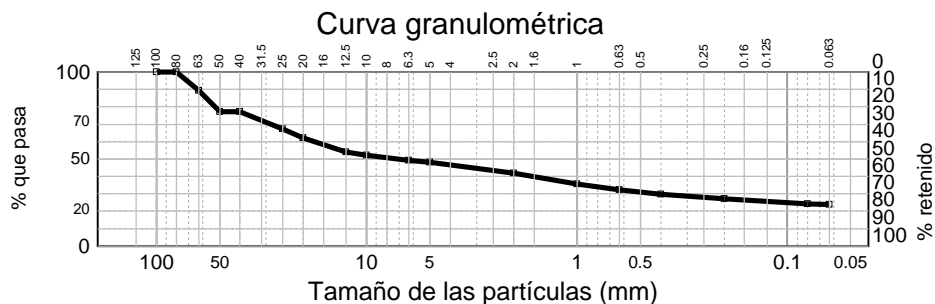
### ENSAYOS SOLICITADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

<b>OSL65 - *SUELOS.AGRESIVIDAD. ACIDEZ BAUMANN GULLY S/CE (UNE-EN 16502)</b>	
GRADO ACIDEZ	<b>12</b>

<b>OSL66 - *SUELOS. AGRESIVIDAD. ION SULFATO S/CE (UNE 83963)</b>	
SULFATOS $\text{SO}_4^{2-}$ mg/kg	<b>113</b>

<b>OSL12 - *SUELOS. ANALISIS GRANULOMETRICO S/UNE-EN ISO 17892-4 /UNE-EN 933-1</b>																		
Tamiz (mm)	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
Pasa (%)	100	100	89	77	77	67	62	54	52	49	48	42	36	32	30	27	24	23,8

Tamizado por vía húmeda.



**OBSERVACIONES:** Ninguna

#### DOCUMENTO ELECTRÓNICO FIRMADO DIGITALMENTE

Vº Bº DEL DIRECTOR  
MILAGROS LOSAÑEZ

TÉCNICO RESPONSABLE DE AREA  
MARIA ROSARIO GARCIA

El laboratorio no se responsabiliza de los datos suministrados por el cliente.

De acuerdo con los criterios generales establecidos en la norma UNE EN ISO/IEC 17025 los datos de este Acta de Resultados afectan únicamente a la muestra ensayada quedando prohibida la reproducción parcial de este documento, salvo autorización por escrito de GIKESA.

**CÓDIGO ESTRUCTURAL**
**Capítulo 7. Criterios generales para las estructuras de hormigón**
**Tabla 27.1.b Clasificación de la agresividad química**

TIPO DE MEDIO AGRESIVO	PARÁMETROS	TIPO DE EXPOSICIÓN		
		XA1	XA2	XA3
		ATAQUE DÉBIL	ATAQUE MEDIO	ATAQUE FUERTE
AGUA	VALOR DEL pH, según UNE 83952	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO <sub>2</sub> AGRESIVO (mg CO <sub>2</sub> / l), según UNE-EN 13577	15 - 40	40 - 100	> 100
	IÓN AMONIO (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / l), según UNE 83954	15 - 30	30 - 60	> 60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg <sup>2+</sup> / l), según UNE 83955	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
	IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / l), según UNE 83956	200 - 600	600 - 3000	> 3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83957	75 - 150	50 - 75	< 50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE-EN 16502	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / kg de suelo seco), según UNE 83963	2000 - 3000	3000 - 12000	> 12000

(\*) Estas condiciones no se dan en la práctica

IKERLUR S.L.  
Camino Zubiberri nº 29 - Edificio Ondarreta Planta 2ª Local  
5  
Parque Empresarial Zuatzu  
20018-DONOSTIA  
Gipuzkoa

EXPEDIENTE: 20220545	PETICIONARIO: 2289 - IKERLUR S.L.		
ACTA Nº: 17378 / 2022	FECHA EMISIÓN: 10/11/2022	ALBARÁN LABORATORIO: 57678	HOJA 1 DE 1
OBRA: 20220877 - T 220303 ETAP BARRENDIOLA. LEGAZPI			

## ACTA DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DESTINADOS A DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE UNA MUESTRA DE SUELO

**MATERIAL/PROCEDENCIA:** s.ref.: S02, prof.: 0,60-2,00 m, Suelo, CL, MA .

**FECHA DE RECOGIDA:** 26/10/2022. Muestreado por peticionario en obra.

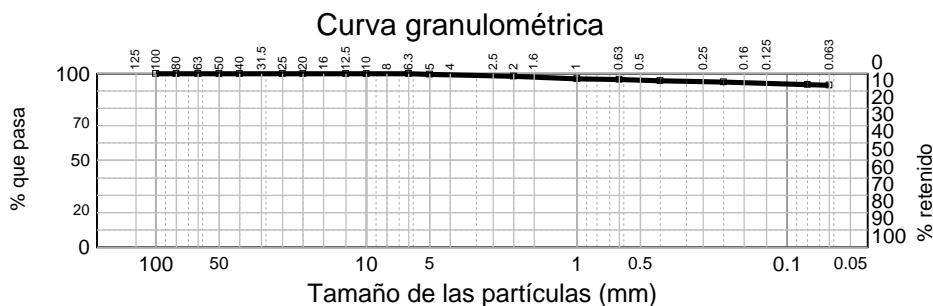
**FECHA MUESTRA CONFORME:** 28/10/2022

**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS:** 31/10/2022 **FECHA FIN DE ENSAYOS:** 09/11/2022

### ENSAYOS SOLICITADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS

0SL12 - *SUELOS. ANALISIS GRANULOMETRICO S/UNE-EN ISO 17892-4 /UNE-EN 933-1																		
Tamiz (mm)	100	80	63	50	40	25	20	12,5	10	6,3	5	2	1	0,63	0,4	0,2	0,08	0,063
Pasa (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	97	96	96	95	94	93,3

Tamizado por vía húmeda.



### OBSERVACIONES:

#### DOCUMENTO ELECTRÓNICO FIRMADO DIGITALMENTE

Vº Bº DEL DIRECTOR  
MILAGROS LOSAÑEZ

TÉCNICO RESPONSABLE DE AREA  
MARIA ROSARIO GARCIA

El laboratorio no se responsabiliza de los datos suministrados por el cliente.

De acuerdo con los criterios generales establecidos en la norma UNE EN ISO/IEC 17025 los datos de este Acta de Resultados afectan únicamente a la muestra ensayada quedando prohibida la reproducción parcial de este documento, salvo autorización por escrito de GIKESA.

---

**A-7**  
**Cálculos**

---

## CÁLCULO DE ESCOLLERA

### Programa: Cálculo integral para muros de escollera

#### DATOS DE ENTRADA, SIN SISMO

Datos sección de muro	
Altura de alzado, a :	7 [m] Intradós : n 3
Canto de zapata, c :	1 [m] Trasdós : n <sub>1</sub> -20
Puntera de zapata...	0 [m] n <sub>2</sub> -20
Ancho de coronación, -1.5 [m]	Cimentaci... n <sub>3</sub> 3
Talón de la zapata, q :	0 [kN/m²]

Datos de la escollera colocada	
Ángulo de rozamiento interno, $\phi_E$ :	40 [°]
Densidad aparente de escollera seca, $\gamma_E$ :	19 [kN/m³]
Densidad de escollera hormigonada, $\gamma_{EH}$ :	23 [kN/m³]
Inclinación de hiladas :	i 3
Alza... Escollera seca	Hormigón de rell... HNE-15 [MPa]
Zapata Escollera hormig...	Hormigón de rell... HM-20 [MPa]

Datos del terreno1 del trasdós	
Ángulo de rozamiento interno medio, $\phi_1$ :	30 [°]
Ángulo de rozamiento terreno - muro, $\delta_1$ :	20 [°]
Ángulo del talud del terreno, $\beta$ :	10 [°]
Densidad aparente media, $\gamma_1$ :	20 [kN/m³]
Sobrecarga vertical en coronación de muro, q :	0 [kN/m²]
Por m. de proyección, q :	5 [kN/m²]
Altura del terreno, h <sub>1</sub> :	...

Datos del terreno2 del trasdós	
Desea introducir los datos para el terr... <input checked="" type="checkbox"/>	
Ángulo de rozamiento interno medio, $\phi_2$ :	35 [°]
Ángulo de rozamiento terreno - muro, $\delta_2$ :	23 [°]
Densidad aparente media, $\gamma_2$ :	25 [kN/m³]
Altura del terreno, h <sub>2</sub> :	4.126 [m]

Datos del terreno sobre la puntera	
Densidad aparente, $\gamma_p$ :	[kN/m³]
Espesor, p :	0 [m]

Datos del terreno de la cimentación	
Densidad aparente, $\gamma_c$ :	24 [kN/m³]
Tensión admisible, $\sigma_{adm}$ :	0.5 [MPa]
Para que terreno desea aplicar e... <input checked="" type="checkbox"/> 1. Ro... <input type="checkbox"/> 2. Suel...	
1. Rocas: Criterio de rotura MOHR-COULOMB	
2. Suelos: Criterio de rotura MOHR-COULOMB	
Terrenos Rocosos Para Suelos	
Resistencia a compresión simple de la roca intacta, RCS ( $\sigma_c$ ) :	50 [MPa]
Índice geomecánico, RMR...	73
Parámetro para roca intacta, m <sub>i</sub> :	6
Factor de alteración de la excavaci...	0

## RESULTADOS, SIN SISMO

ACCIONES QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO

Coeficientes de empujes estáticos		Empujes estáticos (kN/m)		al punto -A- de giro		ΣFUERZAS VERTICALES INCLUSO ΣE <sub>v</sub> (kN/m)	
				X <sub>i</sub>	Y <sub>i</sub>	ΣF <sub>v</sub>	533,043
λ <sub>h1</sub>	0,302	E <sub>h1</sub>	75,500	-	4,667		
λ <sub>h2</sub>	0,236	E <sub>h2</sub>	147,594	-	0,703		
λ <sub>h3</sub>	-	E <sub>h3</sub>	-	-	-		
λ <sub>v1</sub>	0,093	E <sub>v1</sub>	23,250	3,667	-		
λ <sub>v2</sub>	0,087	E <sub>v2</sub>	54,410	3,468	-		
λ <sub>v3</sub>	-	E <sub>v3</sub>	-	-	-		
λ <sub>p</sub>	8,675	E <sub>p</sub>	131,986	-	-		

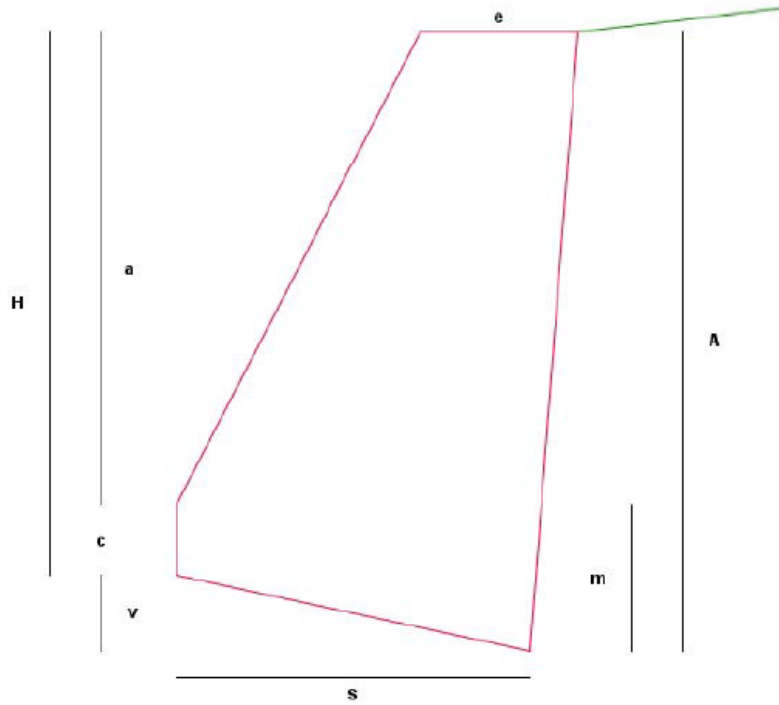
Nota:  
  
ΣF<sub>t</sub> ≤ 0 => No se da deslizamiento hacia el intradós

CIMENTACIÓN: TENSIONES Y PARÁMETROS RESISTENTES. EXCENTRICIDADES											
TENSIONES EN EL TERRENO DE CIMENTACIÓN					EXCENTRICIDAD DE LA RESULTANTE (m)				EQUIVALENTES DEL TERRENO ROCOSO DE LA CIMENTACIÓN		
ADMISIBLES (MPa)					BASE DE ALZADO COMPRESIÓN CENTRADA		CIMENTACIÓN		Angulo de rozamiento interno equivalente $\Phi'_{eq}$ (°)	Cohesión efectiva equivalente $C'_{eq}$ (MPa)	Máxima altura de muro a diseñar Z(m)
MEDIA ( $\sigma_{adm}$ )	Condiciones de servicio		Empuje Incrementado		Condición de servicio $ r  < f/6$	Empuje incrementado $ r^x  < f/6 = 0,5$	Condiciones de servicio ( $\pm e$ )	Empuje incrementado ( $\pm e^x$ )			
	En punta $\leq (1,25 \sigma_{adm})$	Reparto Unif.	En punta $\leq 2(1,25 \sigma_{adm})$	Reparto Unif.							
0,50	0,63	0,50	1,25	1,00	-0,23	-0,13	0,35	0,65	52,49	2,044	Sin limite
Transmisión:	$\sigma_1 = 0,26$ $\sigma_2 = 0,07$	$\sigma_m = 0,16$	$\sigma_1^x = 0,38$ $\sigma_2^x = 0,00$	$\sigma_m^x = 0,29$							

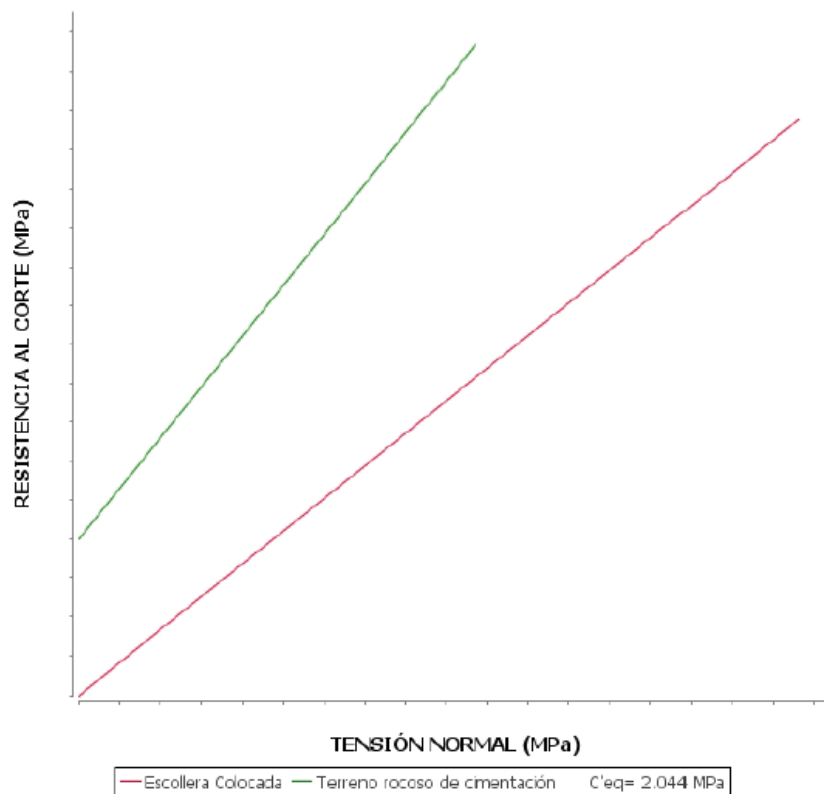
COMPROBACIÓN DE LA ESTABILIDAD GLOBAL Y LOCAL									
COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL VUELCO RÍGIDO $C_{sv} \geq 1,80$			COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO			EQUILIBRIO INTERNO DEL MURO O ESTABILIDAD LOCAL			
MOMENTO ESTABILIZ. $\Sigma M_e$ (mkN/m)	MOMENTO VOLCADOR $\Sigma M_v$ (mkN/m)	SI, ZAPATA Y ALZADO RÍGIDOS	Según plano de cimentación	Según plano de rotura del terreno de cimentación		Arranque de alzado		Media altura de alzado	
				Coeficientes de seguridad globales $C_{sd} \geq 1,50$	Coef. de seguridad global $C_{sd} \geq$	Coef. de seguridad globales $C_{sd} \geq 1,50$	Coef. de seguridad parciales $C_{sd} \geq 1,00$	Coef. de seguridad globales $C_{sd} \geq 1,50$	Coef. de seguridad parciales $C_{sd} \geq 1,00$
1282,408	456,117	No Procede	150,00	34,91	27,56	15,77	No Procede	$\Sigma F_v \leq 0$	$\Sigma F_v \leq 0$

DIMENSIONES Y MEDICIONES															
DIMENSIONES FINALES DEL MURO (m)												MEDICIONES (m <sup>3</sup> /m)			
H	A	a	b	c	d	e	f	g	k	m	s	v	UNIDADES	ZAPATA	ALZADO
8,000	9,126	7,000	3,560	1,000	0,000	1,500	3,483	0,000	3,433	2,126	3,377	1,126	Escollera	5,391	17,442
INCLINACIONES												HM-20	1,617	-	
(°)							n					Hormigón	-	-	
Ω	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	θ	ω	β	n	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>	n <sub>3</sub>	i	Excavación	5,391	-		
71,565	92,862	92,862	18,435	18,435	10,000	3,000	20,000	20,000	3,000	3,000	Material filtr...	-	7,000		

### SECCIÓN DE ESCOLLERA CALCULADA



### GRÁFICA DE MÁXIMA ALTURA DEL MURO A DISEÑAR



## **CÁLCULO DE ESTABILIDAD SUPERFICIAL**

### **Slide Analysis Information** **SLIDE - An Interactive Slope Stability Program**

#### **Project Summary**

---

- File Name: T-220303\_ORIGEN\_SECO.slim
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-220303
- Date Created: 30/11/2022, 11:41:02

#### **General Settings**

---

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

#### **Analysis Options**

---

##### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Spencer
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check  $m_{\alpha} < 0.2$ : Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

#### **Groundwater Analysis**

---

- Groundwater Method: Ru Coefficient
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

#### **Random Numbers**




---

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

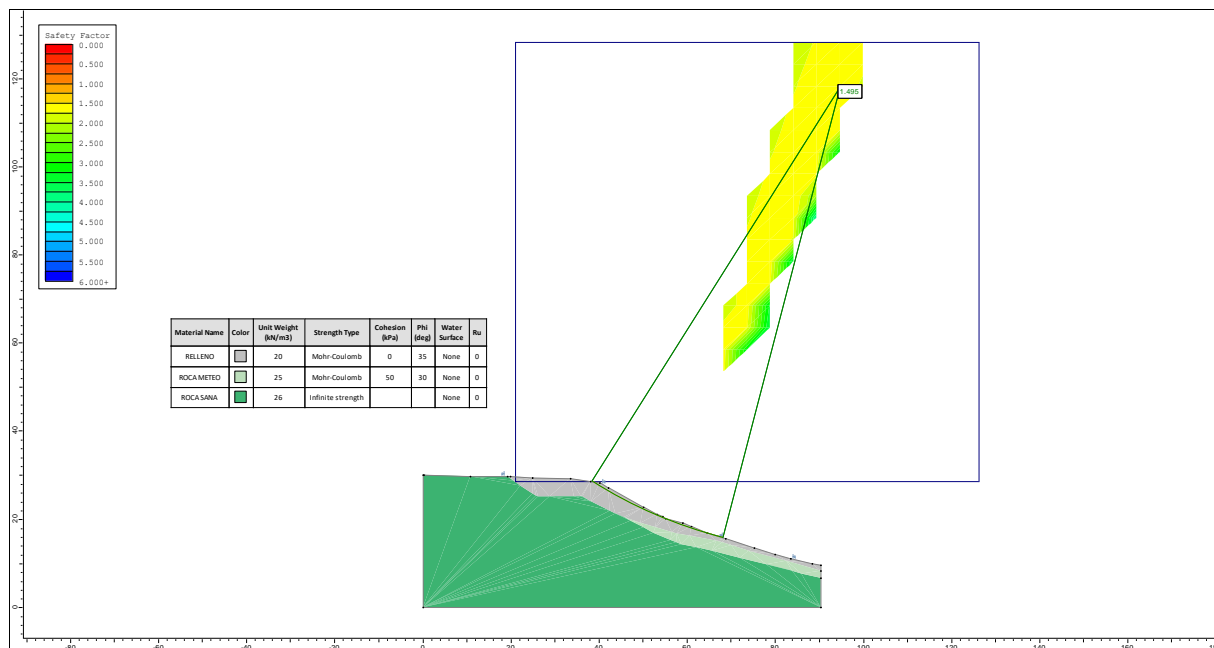
## Material Properties

Property	RELLENO	ROCA METEO	ROCA SANA
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	0	50	
Friction Angle [deg]	35	30	
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

- FS: 1.494550
- Center: 94.632, 118.226
- Radius: 105.869
- Left Slip Surface Endpoint: 38.352, 28.556
- Right Slip Surface Endpoint: 68.105, 15.734
- Resisting Moment=18163.8 kN-m
- Driving Moment=12153.4 kN-m
- Total Slice Area=13.4869 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.57347

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.124078	0.350855	coluvial arcilloso	35	28	12.1051	19.047	-29.2961	0.706926	-30.003
2	0.124078	1.02242	coluvial arcilloso	35	28	13.292	20.9145	-24.431	2.06004	-26.491
3	0.124078	1.63884	coluvial arcilloso	35	28	14.4118	22.6766	-19.875	3.30204	-23.177
4	0.124078	2.20904	coluvial arcilloso	35	28	15.4734	24.347	-15.5845	4.45091	-20.0354
5	0.124078	2.7397	coluvial arcilloso	35	28	16.4836	25.9364	-11.526	5.52012	-17.0461
6	0.124078	3.23599	coluvial arcilloso	35	28	17.4478	27.4535	-7.67276	6.52008	-14.1928
7	0.124078	3.70199	coluvial arcilloso	35	28	18.3704	28.9053	-4.00351	7.45901	-11.4625
8	0.124078	4.14101	coluvial arcilloso	35	28	19.2552	30.2975	-0.500587	8.34357	-8.84416
9	0.128475	4.73539	coluvial granular	15	30	10.9097	17.1662	18.4953	14.7434	3.75192
10	0.128475	5.17711	coluvial granular	15	30	11.5621	18.1926	21.6484	16.1187	5.52966
11	0.128475	5.59552	coluvial granular	15	30	12.193	19.1853	24.6706	17.4214	7.24919
12	0.128475	5.99257	coluvial granular	15	30	12.8037	20.1463	27.5712	18.6576	8.91359
13	0.128475	6.36992	coluvial granular	15	30	13.3952	21.077	30.3581	19.8325	10.5256
14	0.128475	6.72903	coluvial granular	15	30	13.9685	21.979	33.0385	20.9505	12.088
15	0.128475	7.07117	coluvial granular	15	30	14.5243	22.8536	35.6185	22.0158	13.6027
16	0.128475	7.39744	coluvial granular	15	30	15.0635	23.7019	38.1038	23.0316	15.0722
17	0.128475	7.70884	coluvial granular	15	30	15.5867	24.5252	40.4992	24.0012	16.498
18	0.128475	8.00624	coluvial granular	15	30	16.0946	25.3243	42.8094	24.9271	17.8823
19	0.128475	8.29043	coluvial granular	15	30	16.5877	26.1003	45.0382	25.8119	19.2263
20	0.128475	8.5621	coluvial granular	15	30	17.0667	26.854	47.1895	26.6577	20.5318
21	0.128475	8.8219	coluvial granular	15	30	17.5321	27.5862	49.2665	27.4666	21.7999
22	0.128475	9.07041	coluvial granular	15	30	17.9841	28.2975	51.2723	28.2403	23.032
23	0.128475	9.30814	coluvial granular	15	30	18.4235	28.9888	53.2098	28.9805	24.2293
24	0.128475	9.53558	coluvial granular	15	30	18.8504	29.6606	55.0815	29.6886	25.3929
25	0.128475	9.75316	coluvial granular	15	30	244.587	384.85	670.963	30.366	640.597

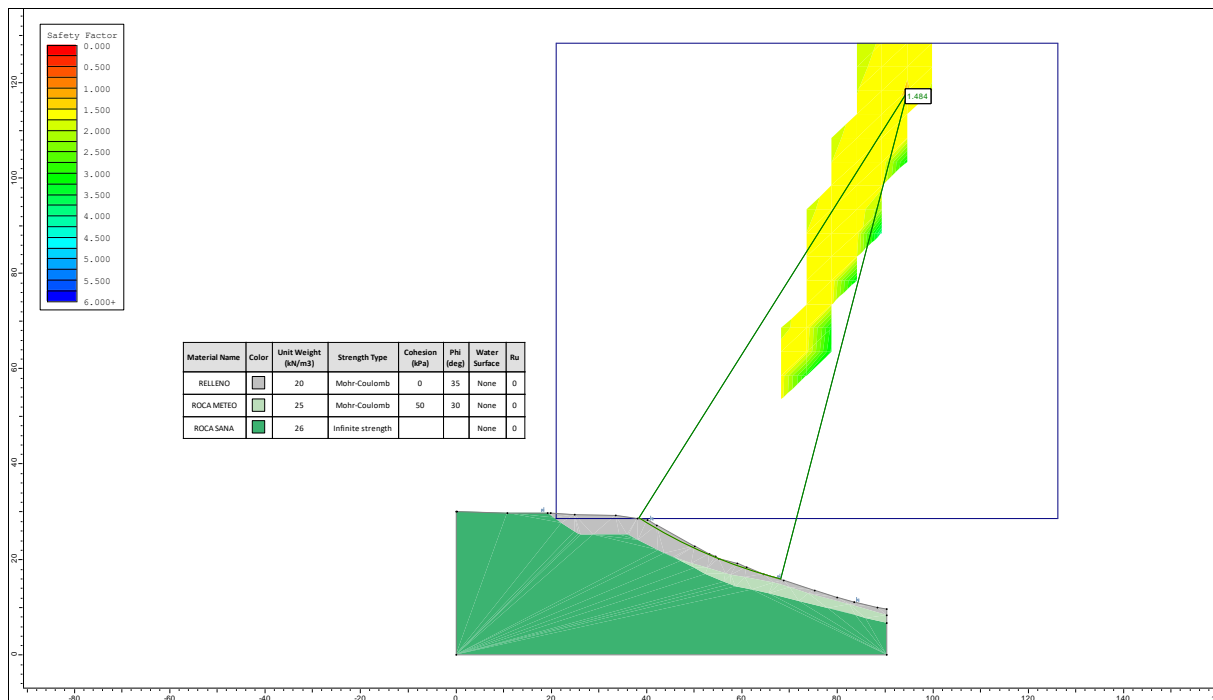
## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.49455

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	38.3519	28.5557	0	0	0
2	39.5421	27.8197	0.791097	0	0
3	40.7322	27.1051	2.71119	0	0
4	41.9224	26.4115	4.46241	0	0
5	43.1125	25.7385	5.89846	0	0
6	44.3026	25.0855	7.09919	0	0
7	45.4928	24.4521	8.04118	0	0
8	46.6829	23.838	8.71786	0	0
9	47.8731	23.2428	9.14019	0	0
10	49.0632	22.6661	9.33597	0	0
11	50.2533	22.1076	9.34921	0	0
12	51.4435	21.567	9.22461	0	0
13	52.6336	21.044	8.99063	0	0
14	53.8238	20.5382	8.68567	0	0
15	55.0139	20.0495	8.36808	0	0
16	56.204	19.5776	8.07493	0	0
17	57.3942	19.1222	7.43312	0	0
18	58.5843	18.6831	6.37304	0	0
19	59.7745	18.2602	5.00161	0	0
20	60.9646	17.8531	3.86671	0	0
21	62.1547	17.4617	2.93547	0	0
22	63.3449	17.0858	2.15719	0	0
23	64.535	16.7253	1.6287	0	0
24	65.7252	16.38	1.26103	0	0
25	66.9153	16.0496	0.981564	0	0
26	68.1054	15.7342	0	0	0

## Method: janbu simplified

- FS: 1.483850
- Center: 94.632, 118.226
- Radius: 105.869
- Left Slip Surface Endpoint: 38.352, 28.556
- Right Slip Surface Endpoint: 68.105, 15.734
- Resisting Horizontal Force=154.549 kN
- Driving Horizontal Force=104.154 kN
- Total Slice Area=13.4869 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.48385

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.19014	6.7775	RELLENO	0	35	2.08141	3.0885	4.41083	0	4.41083
2	1.19014	18.5697	RELLENO	0	35	5.74064	8.51825	12.1654	0	12.1654
3	1.19014	19.4116	RELLENO	0	35	6.04	8.96246	12.7997	0	12.7997
4	1.19014	18.6113	RELLENO	0	35	5.82806	8.64797	12.3506	0	12.3506
5	1.19014	18.695	RELLENO	0	35	5.89122	8.74168	12.4844	0	12.4844
6	1.19014	18.3244	RELLENO	0	35	5.81032	8.62165	12.313	0	12.313
7	1.19014	17.4909	RELLENO	0	35	5.57998	8.27986	11.8249	0	11.8249
8	1.19014	16.2034	RELLENO	0	35	5.20051	7.71677	11.0207	0	11.0207
9	1.19014	14.4707	RELLENO	0	35	4.67211	6.93271	9.90096	0	9.90096
10	1.19014	12.3352	RELLENO	0	35	4.00609	5.94444	8.48953	0	8.48953
11	1.19014	11.0168	RELLENO	0	35	3.59875	5.34	7.62631	0	7.62631
12	1.19014	9.90306	RELLENO	0	35	3.25358	4.82782	6.89484	0	6.89484
13	1.19014	8.4984	RELLENO	0	35	2.80801	4.16666	5.9506	0	5.9506
14	1.19014	6.60394	RELLENO	0	35	2.19436	3.2561	4.65019	0	4.65019
15	1.19014	4.86561	RELLENO	0	35	1.62578	2.41242	3.4453	0	3.4453
16	1.19014	8.86885	RELLENO	0	35	2.97984	4.42164	6.31476	0	6.31476
17	1.19014	12.5528	RELLENO	0	35	4.24079	6.29269	8.98688	0	8.98688
18	1.19014	14.2109	RELLENO	0	35	4.82716	7.16278	10.2295	0	10.2295
19	1.19014	10.4564	RELLENO	0	35	3.57106	5.29891	7.56763	0	7.56763
20	1.19014	7.72497	RELLENO	0	35	2.6524	3.93576	5.62085	0	5.62085
21	1.19014	5.87162	RELLENO	0	35	2.02682	3.00749	4.29514	0	4.29514
22	1.19014	3.6563	RELLENO	0	35	1.26881	1.88273	2.68882	0	2.68882
23	1.19014	2.34875	RELLENO	0	35	0.819375	1.21583	1.73638	0	1.73638
24	1.19014	1.65827	RELLENO	0	35	0.581538	0.862915	1.23237	0	1.23237
25	1.19014	0.611803	RELLENO	0	35	0.215675	0.320029	0.45705	0	0.45705

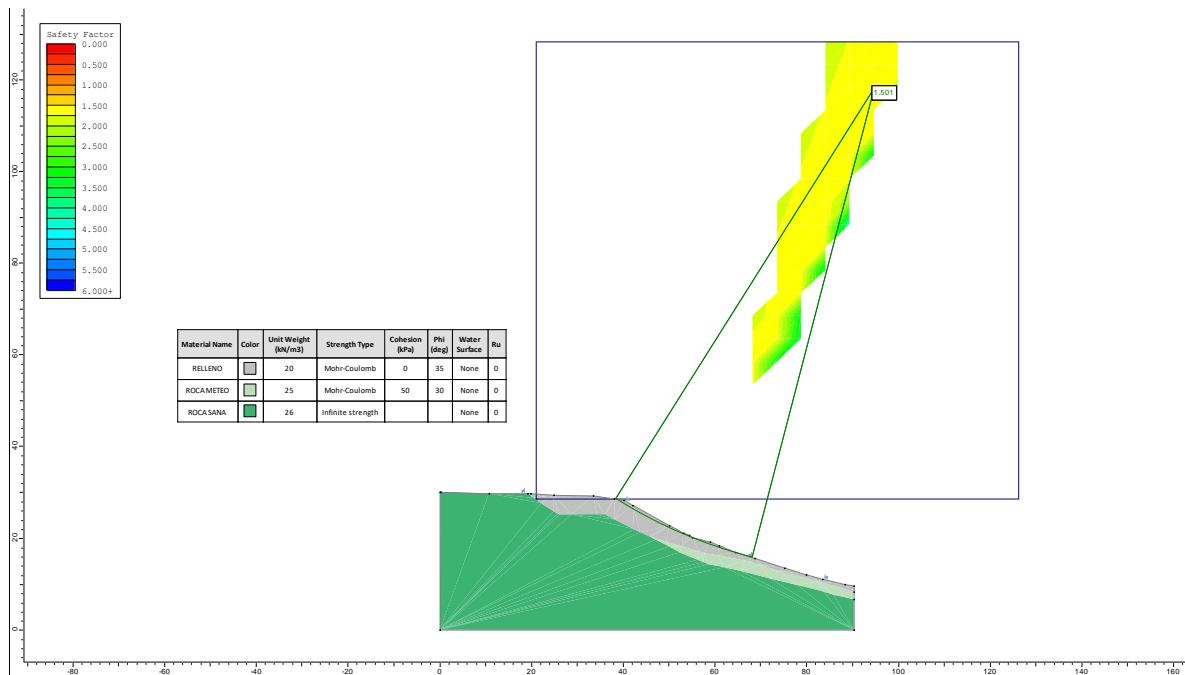
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.48385

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	38.3519	28.5557	0	0	0
2	39.5421	27.8197	0.775996	0	0
3	40.7322	27.1051	2.65483	0	0
4	41.9224	26.4115	4.36302	0	0
5	43.1125	25.7385	5.75792	0	0
6	44.3026	25.0855	6.91738	0	0
7	45.4928	24.4521	7.81897	0	0
8	46.6829	23.838	8.45714	0	0
9	47.8731	23.2428	8.84382	0	0
10	49.0632	22.6661	9.00777	0	0
11	50.2533	22.1076	8.99389	0	0
12	51.4435	21.567	8.84506	0	0
13	52.6336	21.044	8.58929	0	0
14	53.8238	20.5382	8.26562	0	0
15	55.0139	20.0495	7.93348	0	0
16	56.204	19.5776	7.62959	0	0
17	57.3942	19.1222	6.96817	0	0
18	58.5843	18.6831	5.88028	0	0
19	59.7745	18.2602	4.47731	0	0
20	60.9646	17.8531	3.31915	0	0
21	62.1547	17.4617	2.37067	0	0
22	63.3449	17.0858	1.57924	0	0
23	64.535	16.7253	1.04254	0	0
24	65.7252	16.38	0.669583	0	0
25	66.9153	16.0496	0.386363	0	0
26	68.1054	15.7342	0	0	0

## Method: janbu corrected

- FS: 1.500600
- Center: 94.632, 118.226
- Radius: 105.869
- Left Slip Surface Endpoint: 38.352, 28.556
- Right Slip Surface Endpoint: 68.105, 15.734
- Resisting Horizontal Force=156.293 kN
- Driving Horizontal Force=104.154 kN
- Total Slice Area=13.4869 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.5006

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.19014	6.7775	RELLENO	0	35	2.05818	3.0885	4.41083	0	4.41083
2	1.19014	18.5697	RELLENO	0	35	5.67656	8.51825	12.1654	0	12.1654
3	1.19014	19.4116	RELLENO	0	35	5.97258	8.96246	12.7997	0	12.7997
4	1.19014	18.6113	RELLENO	0	35	5.76301	8.64797	12.3506	0	12.3506
5	1.19014	18.695	RELLENO	0	35	5.82546	8.74168	12.4844	0	12.4844
6	1.19014	18.3244	RELLENO	0	35	5.74547	8.62165	12.313	0	12.313
7	1.19014	17.4909	RELLENO	0	35	5.5177	8.27986	11.8249	0	11.8249
8	1.19014	16.2034	RELLENO	0	35	5.14246	7.71677	11.0207	0	11.0207
9	1.19014	14.4707	RELLENO	0	35	4.61996	6.93271	9.90096	0	9.90096
10	1.19014	12.3352	RELLENO	0	35	3.96138	5.94444	8.48953	0	8.48953
11	1.19014	11.0168	RELLENO	0	35	3.55858	5.34	7.62631	0	7.62631
12	1.19014	9.90306	RELLENO	0	35	3.21726	4.82782	6.89484	0	6.89484
13	1.19014	8.4984	RELLENO	0	35	2.77666	4.16666	5.9506	0	5.9506
14	1.19014	6.60394	RELLENO	0	35	2.16987	3.2561	4.65019	0	4.65019
15	1.19014	4.86561	RELLENO	0	35	1.60764	2.41242	3.4453	0	3.4453
16	1.19014	8.86885	RELLENO	0	35	2.94658	4.42164	6.31476	0	6.31476
17	1.19014	12.5528	RELLENO	0	35	4.19345	6.29269	8.98688	0	8.98688
18	1.19014	14.2109	RELLENO	0	35	4.77328	7.16278	10.2295	0	10.2295
19	1.19014	10.4564	RELLENO	0	35	3.53119	5.29891	7.56763	0	7.56763
20	1.19014	7.72497	RELLENO	0	35	2.62279	3.93576	5.62085	0	5.62085
21	1.19014	5.87162	RELLENO	0	35	2.00419	3.00749	4.29514	0	4.29514
22	1.19014	3.6563	RELLENO	0	35	1.25465	1.88273	2.68882	0	2.68882
23	1.19014	2.34875	RELLENO	0	35	0.810229	1.21583	1.73638	0	1.73638
24	1.19014	1.65827	RELLENO	0	35	0.575047	0.862915	1.23237	0	1.23237
25	1.19014	0.611803	RELLENO	0	35	0.213267	0.320029	0.45705	0	0.45705

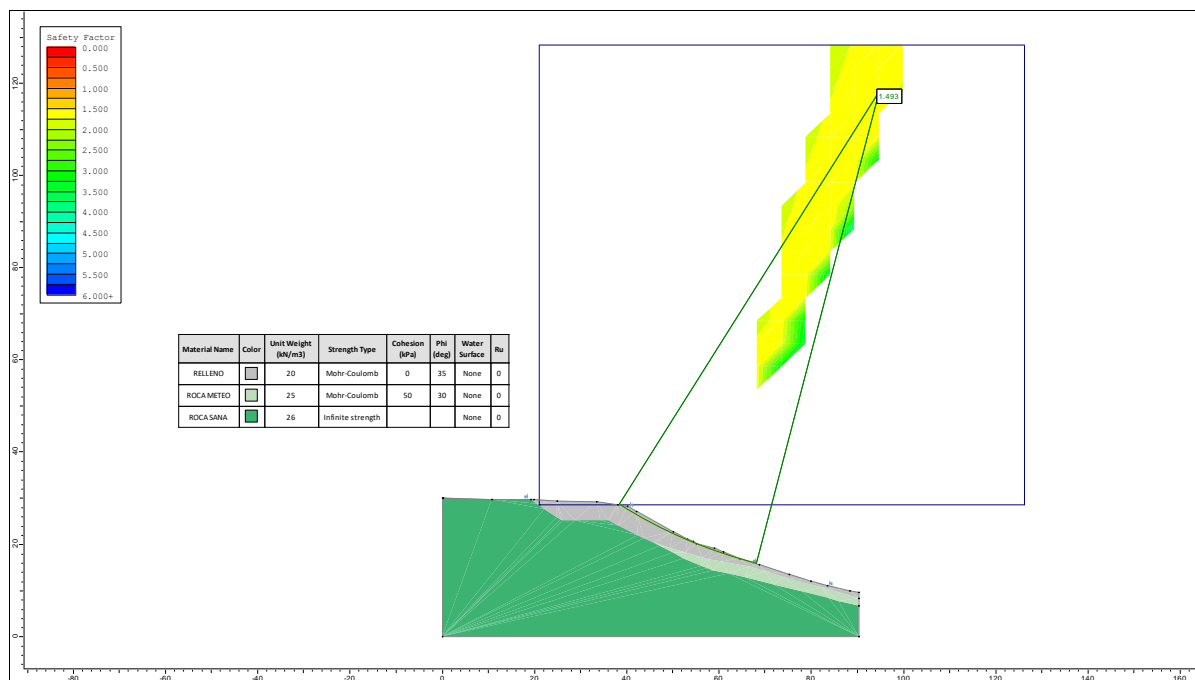
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.5006

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	38.3519	28.5557	0	0	0
2	39.5421	27.8197	0.775996	0	0
3	40.7322	27.1051	2.65483	0	0
4	41.9224	26.4115	4.36302	0	0
5	43.1125	25.7385	5.75792	0	0
6	44.3026	25.0855	6.91738	0	0
7	45.4928	24.4521	7.81897	0	0
8	46.6829	23.838	8.45714	0	0
9	47.8731	23.2428	8.84382	0	0
10	49.0632	22.6661	9.00777	0	0
11	50.2533	22.1076	8.99389	0	0
12	51.4435	21.567	8.84506	0	0
13	52.6336	21.044	8.58929	0	0
14	53.8238	20.5382	8.26562	0	0
15	55.0139	20.0495	7.93348	0	0
16	56.204	19.5776	7.62959	0	0
17	57.3942	19.1222	6.96817	0	0
18	58.5843	18.6831	5.88028	0	0
19	59.7745	18.2602	4.47731	0	0
20	60.9646	17.8531	3.31915	0	0
21	62.1547	17.4617	2.37067	0	0
22	63.3449	17.0858	1.57924	0	0
23	64.535	16.7253	1.04254	0	0
24	65.7252	16.38	0.669583	0	0
25	66.9153	16.0496	0.386363	0	0
26	68.1054	15.7342	0	0	0

## Method: spencer

- FS: 1.492920
- Center: 94.632, 118.226
- Radius: 105.869
- Left Slip Surface Endpoint: 38.352, 28.556
- Right Slip Surface Endpoint: 68.105, 15.734
- Resisting Moment=18144.1 kN-m
- Driving Moment=12153.4 kN-m
- Resisting Horizontal Force=154.819 kN
- Driving Horizontal Force=103.702 kN
- Total Slice Area=13.4869 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.49292

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	1.19014	6.7775	RELLENO	0	35	1.97968	2.9555	4.2209	0	4.2209
2	1.19014	18.5697	RELLENO	0	35	5.48751	8.19242	11.7	0	11.7
3	1.19014	19.4116	RELLENO	0	35	5.80257	8.66278	12.3717	0	12.3717
4	1.19014	18.6113	RELLENO	0	35	5.62689	8.40049	11.9972	0	11.9972
5	1.19014	18.695	RELLENO	0	35	5.71613	8.53373	12.1874	0	12.1874
6	1.19014	18.3244	RELLENO	0	35	5.66559	8.45827	12.0796	0	12.0796
7	1.19014	17.4909	RELLENO	0	35	5.46788	8.16311	11.6582	0	11.6582
8	1.19014	16.2034	RELLENO	0	35	5.12117	7.64549	10.9189	0	10.9189
9	1.19014	14.4707	RELLENO	0	35	4.6235	6.90251	9.85779	0	9.85779
10	1.19014	12.3352	RELLENO	0	35	3.9839	5.94765	8.4941	0	8.4941
11	1.19014	11.0168	RELLENO	0	35	3.59641	5.36915	7.66794	0	7.66794
12	1.19014	9.90306	RELLENO	0	35	3.26743	4.87801	6.96652	0	6.96652
13	1.19014	8.4984	RELLENO	0	35	2.83381	4.23065	6.042	0	6.042
14	1.19014	6.60394	RELLENO	0	35	2.2254	3.32235	4.74481	0	4.74481
15	1.19014	4.86561	RELLENO	0	35	1.65689	2.47361	3.53267	0	3.53267
16	1.19014	8.86885	RELLENO	0	35	3.05179	4.55608	6.50677	0	6.50677
17	1.19014	12.5528	RELLENO	0	35	4.36457	6.51596	9.30574	0	9.30574
18	1.19014	14.2109	RELLENO	0	35	4.99258	7.45352	10.6447	0	10.6447
19	1.19014	10.4564	RELLENO	0	35	3.71169	5.54126	7.91374	0	7.91374
20	1.19014	7.72497	RELLENO	0	35	2.77052	4.13616	5.90706	0	5.90706
21	1.19014	5.87162	RELLENO	0	35	2.1276	3.17633	4.53627	0	4.53627
22	1.19014	3.6563	RELLENO	0	35	1.33854	1.99834	2.85393	0	2.85393
23	1.19014	2.34875	RELLENO	0	35	0.868727	1.29694	1.85222	0	1.85222
24	1.19014	1.65827	RELLENO	0	35	0.619661	0.925105	1.32118	0	1.32118
25	1.19014	0.611803	RELLENO	0	35	0.234246	0.34971	0.499437	0	0.499437

## Interslice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.49292

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	38.3519	28.5557	0	0	0
2	39.5421	27.8197	0.750983	0.297479	21.6095
3	40.7322	27.1051	2.58124	1.02248	21.6095
4	41.9224	26.4115	4.25694	1.68626	21.6095
5	43.1125	25.7385	5.6358	2.23246	21.6096
6	44.3026	25.0855	6.79194	2.69043	21.6096
7	45.4928	24.4521	7.70049	3.05032	21.6095
8	46.6829	23.838	8.35286	3.30874	21.6095
9	47.8731	23.2428	8.75771	3.46911	21.6095
10	49.0632	22.6661	8.94057	3.54154	21.6095
11	50.2533	22.1076	8.94359	3.54274	21.6095
12	51.4435	21.567	8.80921	3.48951	21.6095
13	52.6336	21.044	8.56465	3.39263	21.6095
14	53.8238	20.5382	8.24803	3.26721	21.6095
15	55.0139	20.0495	7.91858	3.13671	21.6095
16	56.204	19.5776	7.61402	3.01607	21.6095
17	57.3942	19.1222	6.94544	2.75123	21.6095
18	58.5843	18.6831	5.83747	2.31234	21.6095
19	59.7745	18.2602	4.39875	1.74243	21.6095
20	60.9646	17.8531	3.20336	1.26892	21.6096
21	62.1547	17.4617	2.21835	0.878733	21.6095
22	63.3449	17.0858	1.39152	0.55121	21.6095
23	64.535	16.7253	0.827541	0.327806	21.6095
24	65.7252	16.38	0.433392	0.171675	21.6095
25	66.9153	16.0496	0.13239	0.0524423	21.6095
26	68.1054	15.7342	0	0	0

## *Slide Analysis Information*

### *SLIDE - An Interactive Slope Stability Program*

#### ***Project Summary***

---

- File Name: T-220303\_B.A.SAT.slim
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-220303
- Date Created: 30/11/2022, 11:41:02

#### ***General Settings***

---

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

#### ***Analysis Options***

---

##### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Spencer
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

#### ***Groundwater Analysis***

---

- Groundwater Method: Ru Coefficient
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

#### ***Random Numbers***




---

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

- Surface Type: Non-Circular Block Search
- Number of Surfaces: 5000
- Pseudo-Random Surfaces: Enabled
- Convex Surfaces Only: Disabled
- Left Projection Angle (Start Angle): 120
- Left Projection Angle (End Angle): 120
- Right Projection Angle (Start Angle): 0
- Right Projection Angle (End Angle): 0
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

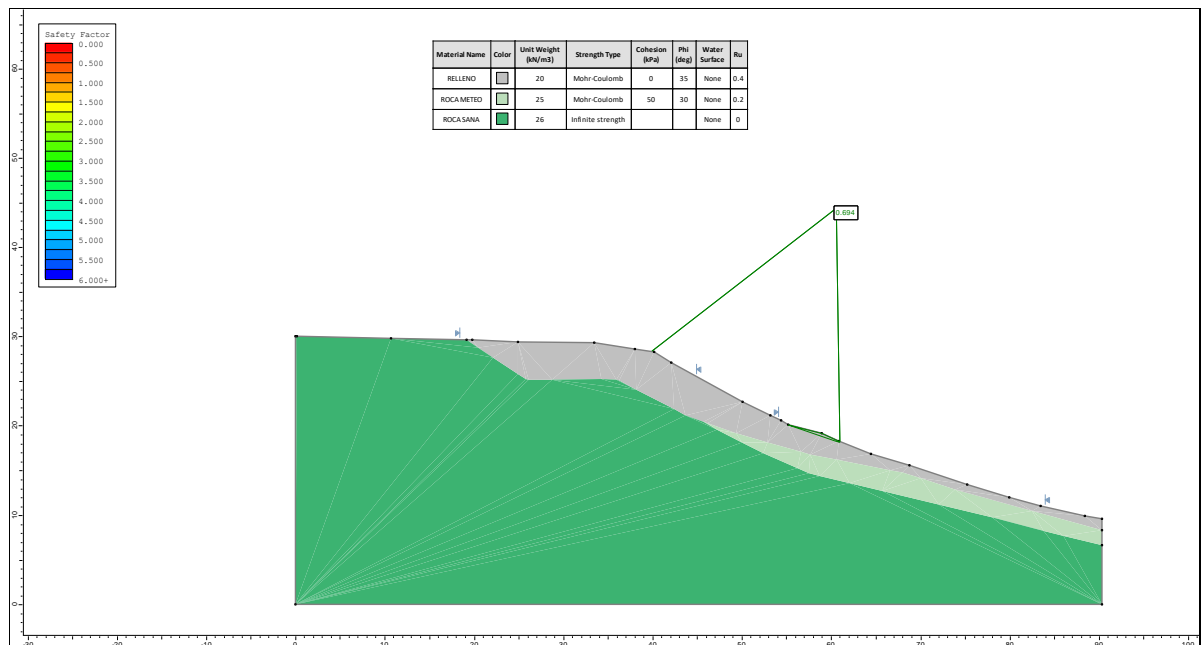
## Material Properties

Property	RELLENO	ROCA METEO	ROCA SANA
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	0	50	
Friction Angle [deg]	35	30	
Ru Value	0.4	0.2	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

- FS: 0.693736
- Axis Location: 60.547, 44.367
- Left Slip Surface Endpoint: 39.873, 28.343
- Right Slip Surface Endpoint: 60.962, 18.214
- Resisting Moment=1980.6 kN-m
- Driving Moment=2854.98 kN-m
- Total Slice Area=12.6365 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.693736

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.750264	6.59861	RELLENO	0	35	2.13146	1.47867	5.62979	3.51802	2.11177
2	1.26982	23.706	RELLENO	0	35	6.05935	4.20359	13.4709	7.46751	6.00336
3	0.915592	19.6236	RELLENO	0	35	8.23456	5.71261	16.7315	8.57306	8.1584
4	0.915592	19.8892	RELLENO	0	35	8.34604	5.78995	16.9581	8.68913	8.26893
5	0.915592	20.181	RELLENO	0	35	8.46847	5.87488	17.2068	8.81659	8.39017
6	0.915592	20.4727	RELLENO	0	35	8.59089	5.95981	17.4555	8.94404	8.51151
7	0.915592	20.7645	RELLENO	0	35	8.71331	6.04474	17.7042	9.0715	8.63275
8	0.841301	18.1165	RELLENO	0	35	9.30027	6.45193	17.8279	8.61357	9.21433
9	0.841301	15.9222	RELLENO	0	35	8.17379	5.67045	15.6685	7.57026	8.09827
10	0.841301	13.7278	RELLENO	0	35	7.04729	4.88896	13.5091	6.52695	6.98211
11	0.841301	11.5335	RELLENO	0	35	5.92081	4.10748	11.3497	5.48363	5.86606
12	0.841301	9.62334	RELLENO	0	35	4.94022	3.42721	9.47002	4.57545	4.89457
13	0.841301	8.35737	RELLENO	0	35	4.29034	2.97636	8.22422	3.97355	4.25067
14	0.841301	7.11613	RELLENO	0	35	3.65313	2.53431	7.00275	3.38339	3.61936
15	0.841301	5.87488	RELLENO	0	35	3.01592	2.09225	5.78128	2.79324	2.98804
16	0.841301	4.86233	RELLENO	0	35	2.49612	1.73165	4.78486	2.31182	2.47304
17	0.81459	3.15809	RELLENO	0	35	1.74267	1.20895	3.27732	1.55076	1.72656
18	0.81459	0.518974	RELLENO	0	35	0.286376	0.198669	0.538568	0.254839	0.283729
19	0.81459	1.49034	RELLENO	0	35	0.822385	0.570518	1.5466	0.731822	0.814779
20	0.81459	2.79517	RELLENO	0	35	1.5424	1.07002	2.9007	1.37255	1.52815
21	0.81459	4.10001	RELLENO	0	35	2.26243	1.56953	4.25481	2.01329	2.24152
22	0.81459	5.40484	RELLENO	0	35	2.98245	2.06903	5.60891	2.65402	2.95489
23	0.81459	5.18619	RELLENO	0	35	2.86179	1.98533	5.38199	2.54665	2.83534
24	0.81459	3.19614	RELLENO	0	35	1.76367	1.22352	3.31681	1.56945	1.74736
25	0.402171	0.510084	RELLENO	0	35	0.678415	0.470641	1.17948	0.507331	0.672146

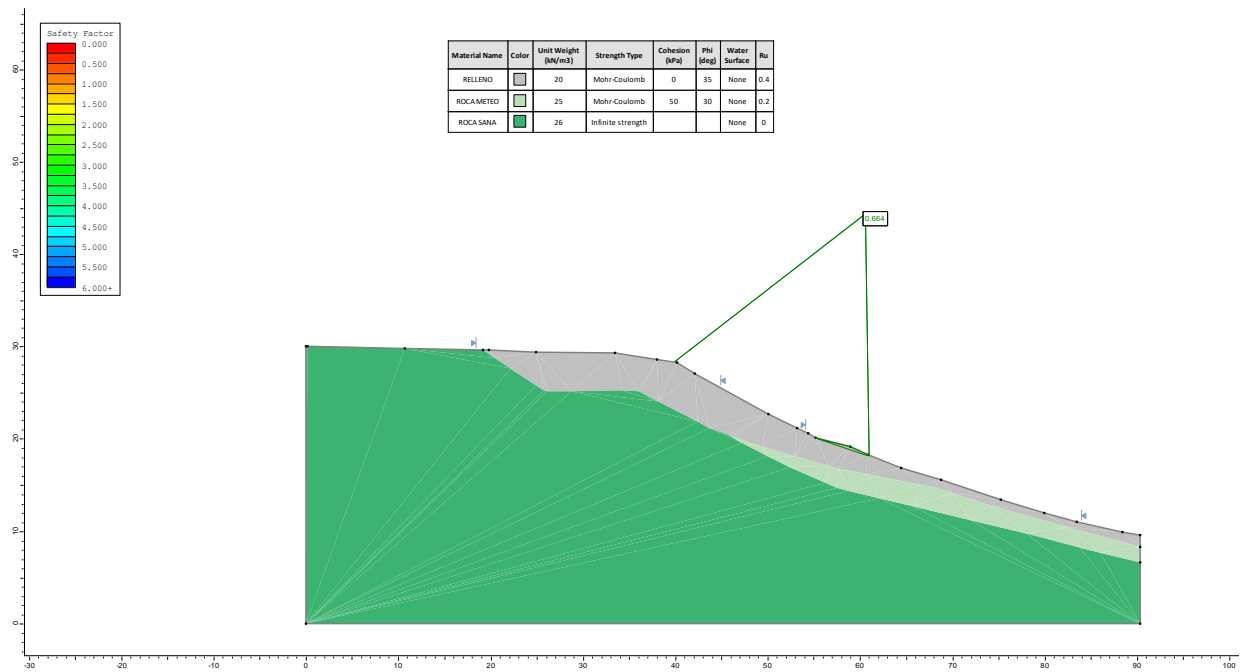
## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 0.693736

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.8732	28.3428	0	0	0
2	40.6234	27.2287	4.67331	0	0
3	41.8933	26.1394	11.6528	0	0
4	42.8088	25.6166	12.8591	0	0
5	43.7244	25.0939	14.0817	0	0
6	44.64	24.5712	15.3223	0	0
7	45.5556	24.0485	16.5807	0	0
8	46.4712	23.5258	17.8572	0	0
9	47.3125	23.1905	16.0096	0	0
10	48.1538	22.8553	14.3858	0	0
11	48.9951	22.52	12.9858	0	0
12	49.8364	22.1848	11.8096	0	0
13	50.6777	21.8495	10.8282	0	0
14	51.519	21.5143	9.97586	0	0
15	52.3603	21.1791	9.25014	0	0
16	53.2016	20.8438	8.651	0	0
17	54.0429	20.5086	8.15513	0	0
18	54.8575	20.2283	7.65409	0	0
19	55.6721	19.948	7.57176	0	0
20	56.4867	19.6678	7.33532	0	0
21	57.3013	19.3875	6.89186	0	0
22	58.1159	19.1072	6.24139	0	0
23	58.9305	18.827	5.38391	0	0
24	59.7451	18.5467	4.56111	0	0
25	60.5596	18.2664	4.05404	0	0
26	60.9618	18.2137	0	0	0

## Method: janbu simplified

- FS: 0.663517
- Axis Location: 60.547, 44.367
- Left Slip Surface Endpoint: 39.873, 28.343
- Right Slip Surface Endpoint: 60.962, 18.214
- Resisting Horizontal Force=69.0604 kN
- Driving Horizontal Force=104.082 kN
- Total Slice Area=12.6365 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.663517

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.750264	6.59861	RELLENO	0	35	2.16927	1.43935	5.57363	3.51802	2.05561
2	1.26982	23.706	RELLENO	0	35	6.20418	4.11658	13.3466	7.46751	5.8791
3	0.915592	19.6236	RELLENO	0	35	8.4686	5.61906	16.5979	8.57306	8.02486
4	0.915592	19.8892	RELLENO	0	35	8.58325	5.69513	16.8226	8.68913	8.13349
5	0.915592	20.181	RELLENO	0	35	8.70915	5.77867	17.0694	8.81659	8.25283
6	0.915592	20.4727	RELLENO	0	35	8.83506	5.86221	17.3161	8.94404	8.37208
7	0.915592	20.7645	RELLENO	0	35	8.96096	5.94575	17.5629	9.0715	8.49142
8	0.841301	18.1165	RELLENO	0	35	9.59844	6.36873	17.7091	8.61357	9.09551
9	0.841301	15.9222	RELLENO	0	35	8.43585	5.59733	15.5641	7.57026	7.99381
10	0.841301	13.7278	RELLENO	0	35	7.27324	4.82592	13.4191	6.52695	6.89211
11	0.841301	11.5335	RELLENO	0	35	6.11063	4.05451	11.2741	5.48363	5.79043
12	0.841301	9.62334	RELLENO	0	35	5.09862	3.38302	9.4069	4.57545	4.83145
13	0.841301	8.35737	RELLENO	0	35	4.42789	2.93798	8.16941	3.97355	4.19586
14	0.841301	7.11613	RELLENO	0	35	3.77026	2.50163	6.95609	3.38339	3.5727
15	0.841301	5.87488	RELLENO	0	35	3.11261	2.06527	5.74275	2.79324	2.94951
16	0.841301	4.86233	RELLENO	0	35	2.57615	1.70932	4.75298	2.31182	2.44116
17	0.81459	3.15809	RELLENO	0	35	1.80089	1.19492	3.25729	1.55076	1.70653
18	0.81459	0.518974	RELLENO	0	35	0.295944	0.196364	0.535276	0.254839	0.280437
19	0.81459	1.49034	RELLENO	0	35	0.849862	0.563898	1.53715	0.731822	0.80533
20	0.81459	2.79517	RELLENO	0	35	1.59395	1.05761	2.88298	1.37255	1.51043
21	0.81459	4.10001	RELLENO	0	35	2.33803	1.55132	4.22879	2.01329	2.2155
22	0.81459	5.40484	RELLENO	0	35	3.08211	2.04503	5.57462	2.65402	2.9206
23	0.81459	5.18619	RELLENO	0	35	2.95741	1.96229	5.34909	2.54665	2.80244
24	0.81459	3.19614	RELLENO	0	35	1.82259	1.20932	3.29654	1.56945	1.72709
25	0.402171	0.510084	RELLENO	0	35	0.70556	0.468151	1.17592	0.507331	0.66859

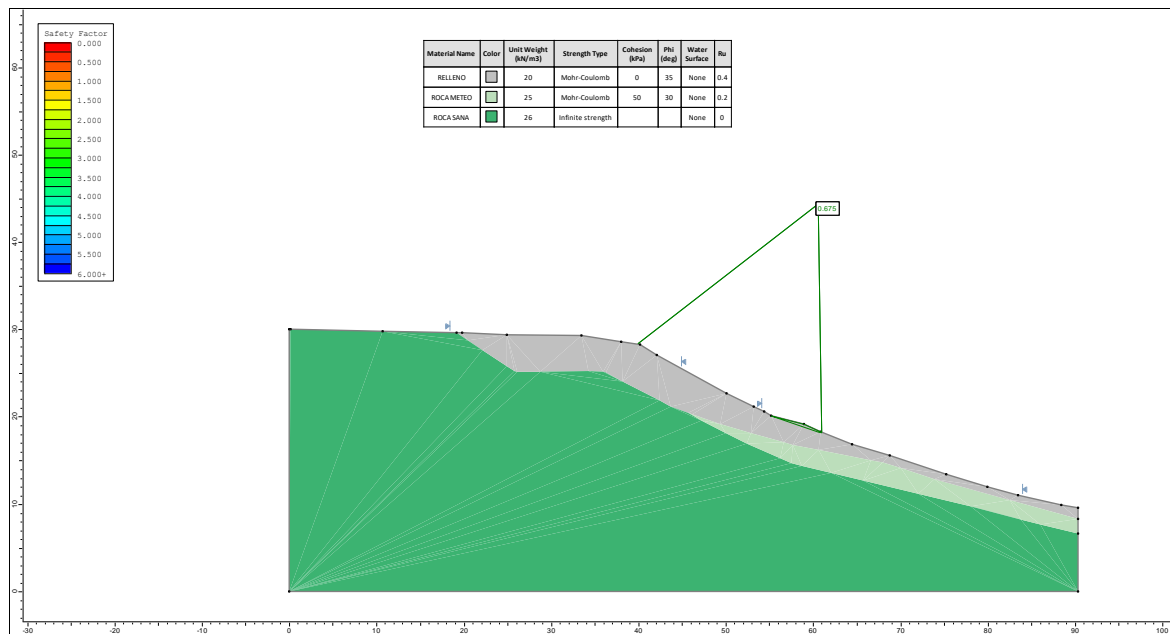
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 0.663517

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.8732	28.3428	0	0	0
2	40.6234	27.2287	4.58237	0	0
3	41.8933	26.1394	11.2426	0	0
4	42.8088	25.6166	12.1647	0	0
5	43.7244	25.0939	13.0994	0	0
6	44.64	24.5712	14.0478	0	0
7	45.5556	24.0485	15.0098	0	0
8	46.4712	23.5258	15.9856	0	0
9	47.3125	23.1905	13.8474	0	0
10	48.1538	22.8553	11.9681	0	0
11	48.9951	22.52	10.3478	0	0
12	49.8364	22.1848	8.98654	0	0
13	50.6777	21.8495	7.85071	0	0
14	51.519	21.5143	6.8643	0	0
15	52.3603	21.1791	6.02439	0	0
16	53.2016	20.8438	5.33099	0	0
17	54.0429	20.5086	4.75709	0	0
18	54.8575	20.2283	4.20302	0	0
19	55.6721	19.948	4.11196	0	0
20	56.4867	19.6678	3.85049	0	0
21	57.3013	19.3875	3.36008	0	0
22	58.1159	19.1072	2.64074	0	0
23	58.9305	18.827	1.69248	0	0
24	59.7451	18.5467	0.782573	0	0
25	60.5596	18.2664	0.221818	0	0
26	60.9618	18.2137	0	0	0

## Method: janbu corrected

- FS: 0.675416
- Axis Location: 60.547, 44.367
- Left Slip Surface Endpoint: 39.873, 28.343
- Right Slip Surface Endpoint: 60.962, 18.214
- Resisting Horizontal Force=70.2989 kN
- Driving Horizontal Force=104.082 kN
- Total Slice Area=12.6365 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 0.675416

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.750264	6.59861	RELLENO	0	35	2.13106	1.43935	5.57363	3.51802	2.05561
2	1.26982	23.706	RELLENO	0	35	6.09488	4.11658	13.3466	7.46751	5.8791
3	0.915592	19.6236	RELLENO	0	35	8.31941	5.61906	16.5979	8.57306	8.02486
4	0.915592	19.8892	RELLENO	0	35	8.43203	5.69513	16.8226	8.68913	8.13349
5	0.915592	20.181	RELLENO	0	35	8.55572	5.77867	17.0694	8.81659	8.25283
6	0.915592	20.4727	RELLENO	0	35	8.67941	5.86221	17.3161	8.94404	8.37208
7	0.915592	20.7645	RELLENO	0	35	8.80309	5.94575	17.5629	9.0715	8.49142
8	0.841301	18.1165	RELLENO	0	35	9.42934	6.36873	17.7091	8.61357	9.09551
9	0.841301	15.9222	RELLENO	0	35	8.28723	5.59733	15.5641	7.57026	7.99381
10	0.841301	13.7278	RELLENO	0	35	7.14511	4.82592	13.4191	6.52695	6.89211
11	0.841301	11.5335	RELLENO	0	35	6.00298	4.05451	11.2741	5.48363	5.79043
12	0.841301	9.62334	RELLENO	0	35	5.00879	3.38302	9.4069	4.57545	4.83145
13	0.841301	8.35737	RELLENO	0	35	4.34988	2.93798	8.16941	3.97355	4.19586
14	0.841301	7.11613	RELLENO	0	35	3.70384	2.50163	6.95609	3.38339	3.5727
15	0.841301	5.87488	RELLENO	0	35	3.05777	2.06527	5.74275	2.79324	2.94951
16	0.841301	4.86233	RELLENO	0	35	2.53077	1.70932	4.75298	2.31182	2.44116
17	0.81459	3.15809	RELLENO	0	35	1.76916	1.19492	3.25729	1.55076	1.70653
18	0.81459	0.518974	RELLENO	0	35	0.29073	0.196364	0.535276	0.254839	0.280437
19	0.81459	1.49034	RELLENO	0	35	0.83489	0.563898	1.53715	0.731822	0.80533
20	0.81459	2.79517	RELLENO	0	35	1.56586	1.05761	2.88298	1.37255	1.51043
21	0.81459	4.10001	RELLENO	0	35	2.29684	1.55132	4.22879	2.01329	2.2155
22	0.81459	5.40484	RELLENO	0	35	3.02781	2.04503	5.57462	2.65402	2.9206
23	0.81459	5.18619	RELLENO	0	35	2.90531	1.96229	5.34909	2.54665	2.80244
24	0.81459	3.19614	RELLENO	0	35	1.79048	1.20932	3.29654	1.56945	1.72709
25	0.402171	0.510084	RELLENO	0	35	0.69313	0.468151	1.17592	0.507331	0.66859

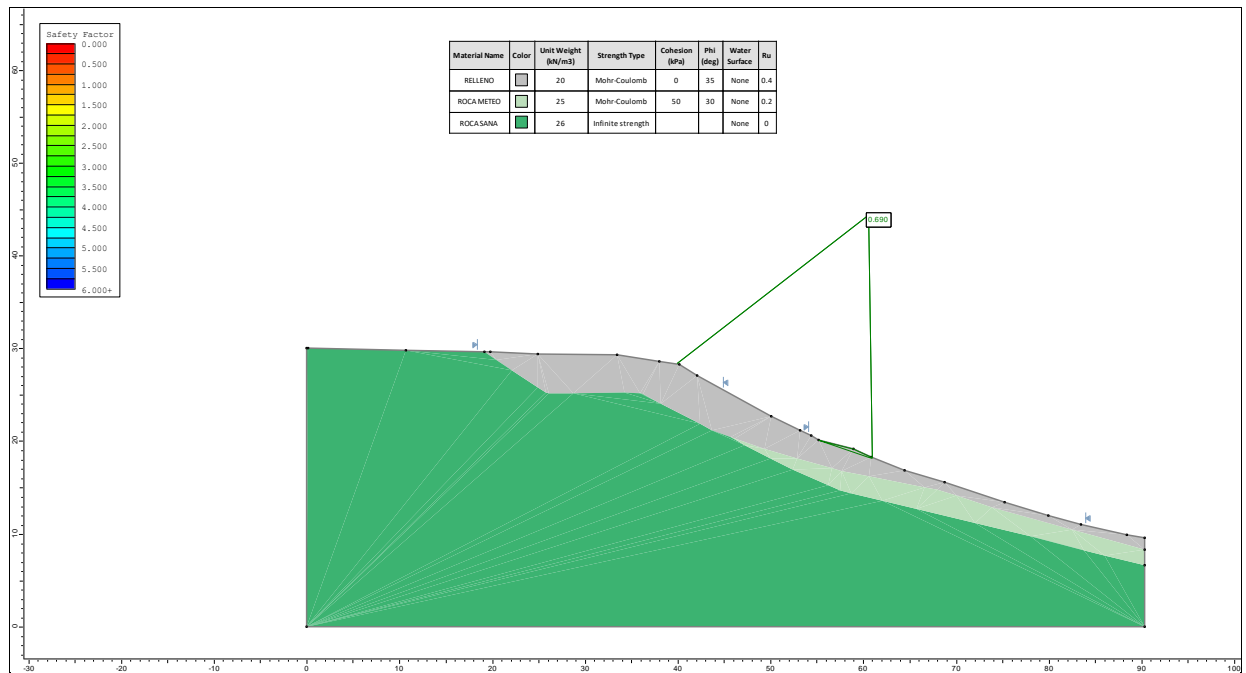
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 0.675416

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.8732	28.3428	0	0	0
2	40.6234	27.2287	4.58237	0	0
3	41.8933	26.1394	11.2426	0	0
4	42.8088	25.6166	12.1647	0	0
5	43.7244	25.0939	13.0994	0	0
6	44.64	24.5712	14.0478	0	0
7	45.5556	24.0485	15.0098	0	0
8	46.4712	23.5258	15.9856	0	0
9	47.3125	23.1905	13.8474	0	0
10	48.1538	22.8553	11.9681	0	0
11	48.9951	22.52	10.3478	0	0
12	49.8364	22.1848	8.98654	0	0
13	50.6777	21.8495	7.85071	0	0
14	51.519	21.5143	6.8643	0	0
15	52.3603	21.1791	6.02439	0	0
16	53.2016	20.8438	5.33099	0	0
17	54.0429	20.5086	4.75709	0	0
18	54.8575	20.2283	4.20302	0	0
19	55.6721	19.948	4.11196	0	0
20	56.4867	19.6678	3.85049	0	0
21	57.3013	19.3875	3.36008	0	0
22	58.1159	19.1072	2.64074	0	0
23	58.9305	18.827	1.69248	0	0
24	59.7451	18.5467	0.782573	0	0
25	60.5596	18.2664	0.221818	0	0
26	60.9618	18.2137	0	0	0

## Method: spencer

- FS: 0.689527
- Axis Location: 60.547, 44.367
- Left Slip Surface Endpoint: 39.873, 28.343
- Right Slip Surface Endpoint: 60.962, 18.214
- Resisting Moment=1980.92 kN-m
- Driving Moment=2872.86 kN-m
- Resisting Horizontal Force=71.1241 kN
- Driving Horizontal Force=103.149 kN
- Total Slice Area=12.6365 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.689527

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.750264	6.59861	RELLENO	0	35	1.00798	0.695031	4.51063	3.51802	0.992607
2	1.26982	23.706	RELLENO	0	35	4.56443	3.1473	11.9623	7.46751	4.49484
3	0.915592	19.6236	RELLENO	0	35	7.80056	5.3787	16.2547	8.57306	7.68159
4	0.915592	19.8892	RELLENO	0	35	7.90619	5.45153	16.4747	8.68913	7.78557
5	0.915592	20.181	RELLENO	0	35	8.02215	5.53149	16.7164	8.81659	7.89979
6	0.915592	20.4727	RELLENO	0	35	8.13813	5.61146	16.9581	8.94404	8.01402
7	0.915592	20.7645	RELLENO	0	35	8.25409	5.69142	17.1997	9.0715	8.12824
8	0.841301	18.1165	RELLENO	0	35	10.3528	7.13853	18.8084	8.61357	10.1949
9	0.841301	15.9222	RELLENO	0	35	9.09882	6.27388	16.5302	7.57026	8.95999
10	0.841301	13.7278	RELLENO	0	35	7.84484	5.40923	14.2522	6.52695	7.72523
11	0.841301	11.5335	RELLENO	0	35	6.59087	4.54458	11.974	5.48363	6.49037
12	0.841301	9.62334	RELLENO	0	35	5.49932	3.79193	9.99089	4.57545	5.41544
13	0.841301	8.35737	RELLENO	0	35	4.77588	3.2931	8.67658	3.97355	4.70303
14	0.841301	7.11613	RELLENO	0	35	4.06656	2.804	7.38792	3.38339	4.00453
15	0.841301	5.87488	RELLENO	0	35	3.35724	2.31491	6.09927	2.79324	3.30603
16	0.841301	4.86233	RELLENO	0	35	2.77861	1.91593	5.04805	2.31182	2.73623
17	0.81459	3.15809	RELLENO	0	35	2.05468	1.41676	3.5741	1.55076	2.02334
18	0.81459	0.518974	RELLENO	0	35	0.337649	0.232818	0.587339	0.254839	0.3325
19	0.81459	1.49034	RELLENO	0	35	0.969627	0.668584	1.68665	0.731822	0.954833
20	0.81459	2.79517	RELLENO	0	35	1.81857	1.25395	3.16337	1.37255	1.79082
21	0.81459	4.10001	RELLENO	0	35	2.66751	1.83932	4.64011	2.01329	2.62682
22	0.81459	5.40484	RELLENO	0	35	3.51644	2.42468	6.11683	2.65402	3.46281
23	0.81459	5.18619	RELLENO	0	35	3.37418	2.32659	5.86936	2.54665	3.32271
24	0.81459	3.19614	RELLENO	0	35	2.07944	1.43383	3.61718	1.56945	2.04773
25	0.402171	0.510084	RELLENO	0	35	1.05721	0.728976	1.54842	0.507331	1.04109

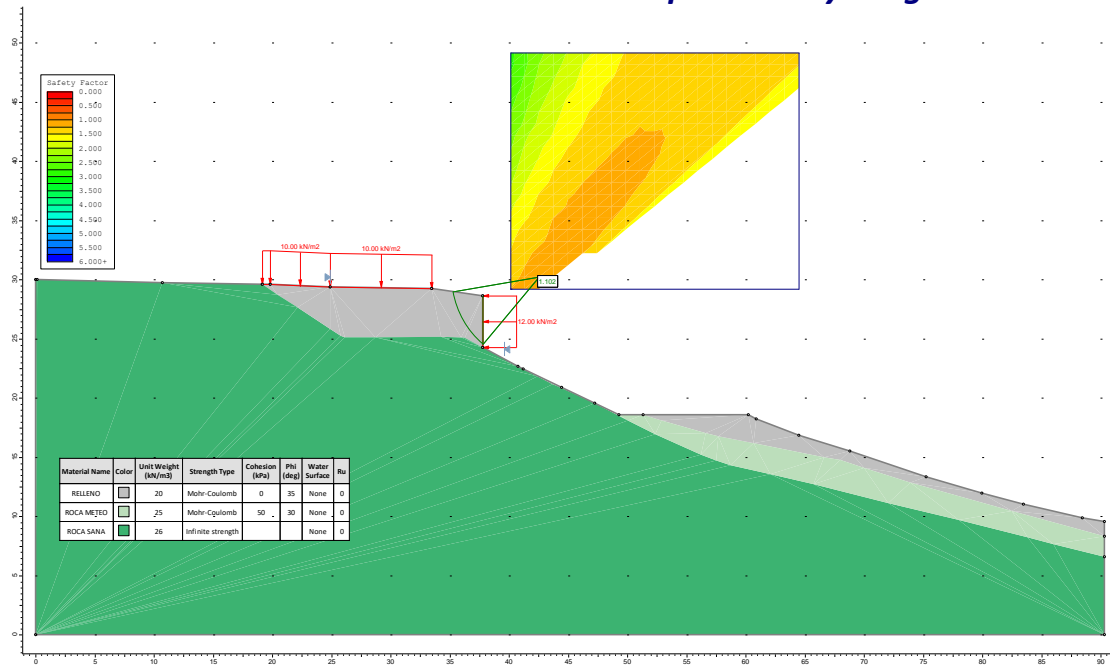
## Interslice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 0.689527

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	39.8732	28.3428	0	0	0
2	40.6234	27.2287	4.2693	2.0914	26.0988
3	41.8933	26.1394	11.5038	5.63536	26.0988
4	42.8088	25.6166	12.8582	6.29883	26.0988
5	43.7244	25.0939	14.2309	6.97129	26.0988
6	44.64	24.5712	15.6238	7.65361	26.0988
7	45.5556	24.0485	17.0368	8.3458	26.0988
8	46.4712	23.5258	18.4699	9.04785	26.0988
9	47.3125	23.1905	16.0656	7.87004	26.0988
10	48.1538	22.8553	13.9525	6.8349	26.0988
11	48.9951	22.52	12.1306	5.94242	26.0989
12	49.8364	22.1848	10.6	5.19259	26.0987
13	50.6777	21.8495	9.3228	4.56695	26.0988
14	51.519	21.5143	8.21366	4.02362	26.0988
15	52.3603	21.1791	7.26924	3.56098	26.0988
16	53.2016	20.8438	6.48956	3.17904	26.0988
17	54.0429	20.5086	5.84426	2.86292	26.0988
18	54.8575	20.2283	5.17224	2.53372	26.0988
19	55.6721	19.948	5.06181	2.47962	26.0988
20	56.4867	19.6678	4.74468	2.32427	26.0988
21	57.3013	19.3875	4.14988	2.0329	26.0988
22	58.1159	19.1072	3.27743	1.60551	26.0988
23	58.9305	18.827	2.12732	1.04211	26.0988
24	59.7451	18.5467	1.02374	0.501497	26.0987
25	60.5596	18.2664	0.343621	0.168329	26.0988
26	60.9618	18.2137	0	0	0

## Slide Analysis Information

### SLIDE - An Interactive Slope Stability Program



## Slide Analysis Information

### T-220303

### Project Summary

- File Name: T-220303\_EMP.SECO.vert.01.slim
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-220303
- Date Created: 30/11/2022, 11:41:02

### General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

### Analysis Options

---

### Analysis Methods Used

- Bishop simplified
  - Janbu simplified
  - Janbu corrected
  - Spencer
- 
- Number of slices: 25
  - Tolerance: 0.005
  - Maximum number of iterations: 50
  - Check  $\alpha < 0.2$ : Yes
  - Initial trial value of FS: 1
  - Steffensen Iteration: Yes

### Groundwater Analysis

- 
- Groundwater Method: Ru Coefficient
  - Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
  - Advanced Groundwater Method: None

### Random Numbers

- 
- Pseudo-random Seed: 10116
  - Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

### Surface Options

- 
- Surface Type: Circular
  - Search Method: Grid Search
  - Radius Increment: 10
  - Composite Surfaces: Disabled
  - Reverse Curvature: Invalid Surfaces
  - Minimum Elevation: Not Defined
  - Minimum Depth: Not Defined

### Loading

- 
- 2 Distributed Loads present




### Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 10
- Orientation: Vertical

## Distributed Load 2

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 12
- Orientation: Horizontal

## Material Properties

Property	RELLENO	ROCA METEO	ROCA SANA
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	0	50	
Friction Angle [deg]	35	30	
Ru Value	0	0	0

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

- FS: 0.968605
- Center: 42.537, 29.236
- Radius: 6.541
- Left Slip Surface Endpoint: 36.005, 28.902
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.778
- Left Slope Intercept: 36.005 28.902
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Moment=370.136 kN-m
- Driving Moment=382.133 kN-m
- Total Slice Area=4.55379 m2

### Method: janbu simplified

- FS: 1.101930
- Center: 42.537, 30.233
- Radius: 7.412
- Left Slip Surface Endpoint: 35.226, 29.018

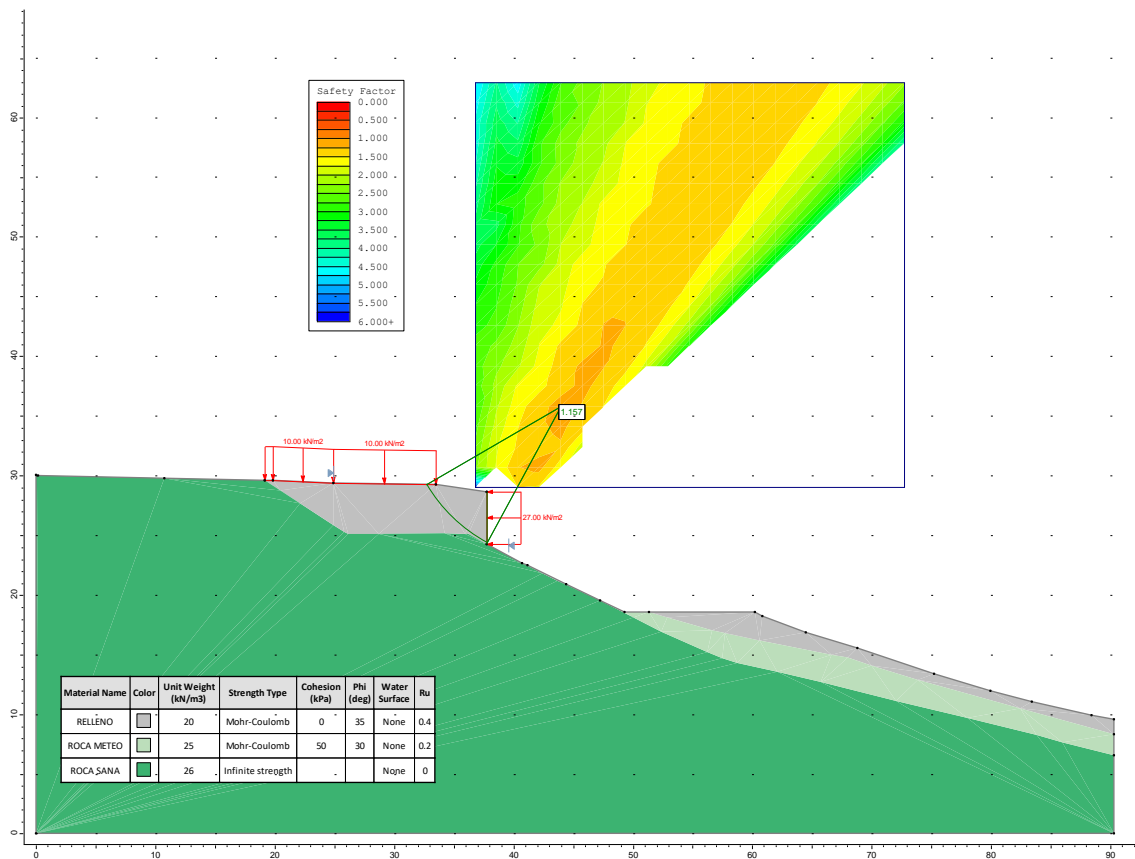
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.574
- Left Slope Intercept: 35.226 29.018
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Horizontal Force=51.3773 kN
- Driving Horizontal Force=46.625 kN
- Total Slice Area=6.68853 m<sup>2</sup>

#### **Method: janbu corrected**

- FS: 1.128520
- Center: 42.537, 30.233
- Radius: 7.412
- Left Slip Surface Endpoint: 35.226, 29.018
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.574
- Left Slope Intercept: 35.226 29.018
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Horizontal Force=52.6173 kN
- Driving Horizontal Force=46.625 kN
- Total Slice Area=6.68853 m<sup>2</sup>

#### **Method: spencer**

- FS: 1.155250
- Center: 44.975, 34.219
- Radius: 12.026
- Left Slip Surface Endpoint: 34.049, 29.193
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.605
- Left Slope Intercept: 34.049 29.193
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Moment=1341.84 kN-m
- Driving Moment=1161.52 kN-m
- Resisting Horizontal Force=76.2923 kN
- Driving Horizontal Force=66.0399 kN
- Total Slice Area=8.91642 m<sup>2</sup>



## Slide Analysis Information

**T-220303**

### Project Summary

- File Name: T-220303\_EMP.SAT.vert.01.slim
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-220303
- Date Created: 30/11/2022, 11:41:02

### General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

## ***Analysis Options***

---

### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
  - Janbu simplified
  - Janbu corrected
  - Spencer
- 
- Number of slices: 25
  - Tolerance: 0.005
  - Maximum number of iterations: 50
  - Check  $m\alpha < 0.2$ : Yes
  - Initial trial value of FS: 1
  - Steffensen Iteration: Yes

## ***Groundwater Analysis***

---

- Groundwater Method: Ru Coefficient
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

## ***Random Numbers***

---

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## ***Surface Options***

---

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

## ***Loading***

---

- 2 Distributed Loads present




### Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 10
- Orientation: Vertical

### Distributed Load 2

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 27
- Orientation: Horizontal

### Material Properties

Property	RELLENO	ROCA METEO	ROCA SANA
Color			
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength
Unit Weight [kN/m3]	20	25	26
Cohesion [kPa]	0	50	
Friction Angle [deg]	35	30	
Ru Value	0.4	0.2	0

### Global Minimums

#### Method: bishop simplified

- FS: 0.838277
- Center: 42.144, 29.010
- Radius: 6.166
- Left Slip Surface Endpoint: 35.979, 28.906
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.684
- Left Slope Intercept: 35.979 28.906
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Moment=205.353 kN-m
- Driving Moment=244.971 kN-m
- Total Slice Area=4.85071 m2

#### Method: janbu simplified

- FS: 1.156550

- Center: 43.942, 35.794
- Radius: 13.044
- Left Slip Surface Endpoint: 32.636, 29.291
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.314
- Left Slope Intercept: 32.636 29.291
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Horizontal Force=80.2815 kN
- Driving Horizontal Force=69.4147 kN
- Total Slice Area=13.6837 m<sup>2</sup>

#### **Method: janbu corrected**

- FS: 1.179110
- Center: 43.942, 35.794
- Radius: 13.044
- Left Slip Surface Endpoint: 32.636, 29.291
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.314
- Left Slope Intercept: 32.636 29.291
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Horizontal Force=81.8473 kN
- Driving Horizontal Force=69.4147 kN
- Total Slice Area=13.6837 m<sup>2</sup>

#### **Method: spencer**

- FS: 1.123310
- Center: 43.942, 35.794
- Radius: 13.044
- Left Slip Surface Endpoint: 32.636, 29.291
- Right Slip Surface Endpoint: 37.750, 24.314
- Left Slope Intercept: 32.636 29.291
- Right Slope Intercept: 37.750 28.642
- Resisting Moment=1367.27 kN-m
- Driving Moment=1217.18 kN-m
- Resisting Horizontal Force=78.7607 kN
- Driving Horizontal Force=70.115 kN
- Total Slice Area=13.6837 m<sup>2</sup>

## ***Slide Analysis Information***

### ***SLIDE - An Interactive Slope Stability Program***

#### ***Project Summary***

---

- File Name: T-220303\_Cálculo escollera\_PROBABILÍSTICO (Escollera).slim
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-220303
- Date Created: 14/12/2022, 8:43:14

#### ***General Settings***

---

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: days
- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Left to Right
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

#### ***Analysis Options***

---

##### **Analysis Methods Used**

- Bishop simplified
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Spencer
- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

#### ***Groundwater Analysis***

---

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m<sup>3</sup>
- Advanced Groundwater Method: None

#### ***Random Numbers***

---

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

## Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Invalid Surfaces
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined






## Loading

- 1 Distributed Load present

### Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kPa]: 10
- Orientation: Normal to boundary

## Material Properties

Property	Relleno	Roca G IV-III	Roca G II	Escollera	Escollera hormigonada
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Infinite strength	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	20	25	26	20	22
Cohesion [kPa]	0	50		0	1
Friction Angle [deg]	35	30		72	50
Water Surface	None	None	None	None	None
Ru Value	0.2	0	0	0	0

## Probabilistic Analysis Input

### General Settings

- Sensitivity Analysis: Off
- Probabilistic Analysis: On
- Sampling Method: Monte-Carlo
- Number of Samples: 1000
- Analysis Type: Global Minimum

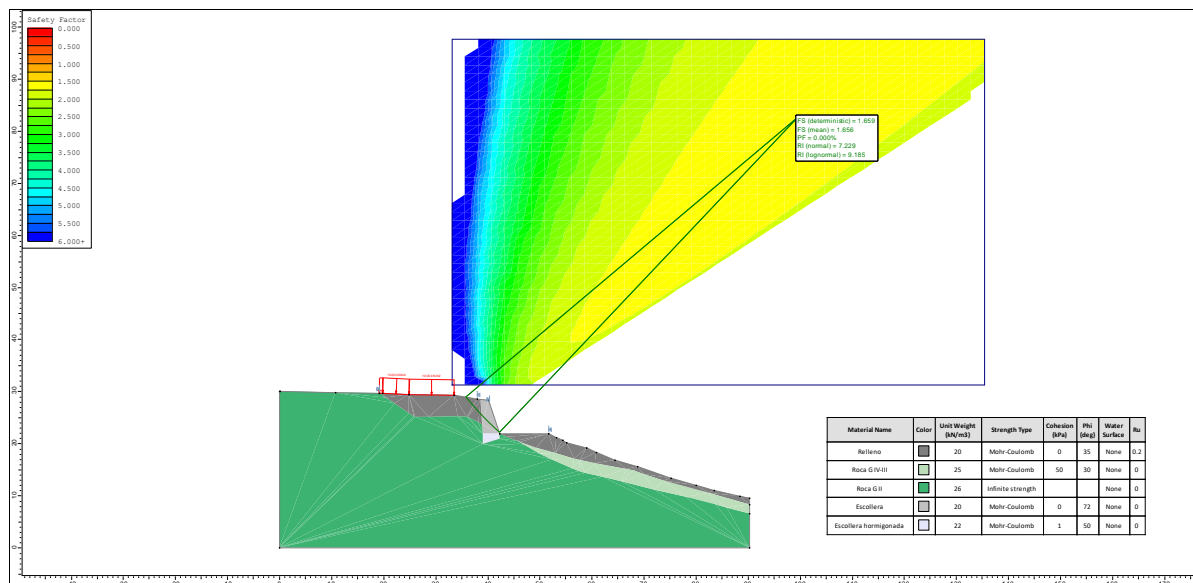
## Variables

Material	Property	Distribution	Mean	Min	Max	Standard Deviation
Relleno	Ru Coefficient	Normal	0.2	0	0.4	0.2

## Global Minimums

### Method: bishop simplified

- FS: 1.659050
- Center: 99.575, 82.706
- Radius: 83.475
- Left Slip Surface Endpoint: 35.717, 28.945
- Right Slip Surface Endpoint: 42.203, 22.071
- Resisting Moment=28108.7 kN-m
- Driving Moment=16942.7 kN-m
- Total Slice Area=14.0642 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.65905

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.259291	0.694599	Relleno	0	35	0.603948	1.00198	1.96675	0.535768	1.43098
2	0.259291	2.07611	Relleno	0	35	1.81099	3.00452	5.89228	1.60137	4.29091
3	0.259291	3.44238	Relleno	0	35	3.01233	4.99761	9.79255	2.65522	7.13733
4	0.259291	4.79365	Relleno	0	35	4.20796	6.98122	13.6677	3.69751	9.9702
5	0.259291	6.13018	Relleno	0	35	5.39785	8.95531	17.5179	4.72842	12.7895
6	0.259291	7.4522	Relleno	0	35	6.58202	10.9199	21.3433	5.74813	15.5952
7	0.259291	8.75994	Relleno	0	35	7.76041	12.8749	25.144	6.75684	18.3872
8	0.259291	10.0536	Relleno	0	35	8.933	14.8203	28.9201	7.75469	21.1654
9	0.259291	11.3337	Relleno	0	35	10.1	16.7564	32.6726	8.74205	23.9306
10	0.259291	12.608	Relleno	0	35	11.2683	18.6946	36.4237	9.72497	26.6987
11	0.259291	13.8728	Relleno	0	35	12.4343	20.6291	40.1618	10.7005	29.4613
12	0.259291	15.1243	Relleno	0	35	13.5945	22.554	43.8763	11.6659	32.2104
13	0.259584	16.382	Escollera	0	72.0002	39.626	65.7415	21.3607	0	21.3607
14	0.259584	17.6104	Escollera	0	72.0002	42.8524	71.0942	23.0999	0	23.0999
15	0.259584	18.8261	Escollera	0	72.0002	46.0826	76.4533	24.8412	0	24.8412
16	0.259584	20.0293	Escollera	0	72.0002	49.3164	81.8184	26.5844	0	26.5844
17	0.259584	21.2201	Escollera	0	72.0002	52.5538	87.1893	28.3296	0	28.3296
18	0.259584	21.1432	Escollera	0	72.0002	52.6668	87.3769	28.3905	0	28.3905
19	0.259584	18.4327	Escollera	0	72.0002	46.1794	76.6139	24.8934	0	24.8934
20	0.259584	15.6283	Escollera	0	72.0002	39.3771	65.3286	21.2266	0	21.2266
21	0.259584	12.8122	Escollera	0	72.0002	32.4647	53.8605	17.5003	0	17.5003
22	0.259584	9.98453	Escollera	0	72.0002	25.442	42.2096	13.7147	0	13.7147
23	0.259584	7.14542	Escollera	0	72.0002	18.3093	30.376	9.86978	0	9.86978
24	0.259584	4.29505	Escollera	0	72.0002	11.0666	18.3601	5.96554	0	5.96554
25	0.259584	1.43353	Escollera	0	72.0002	3.71397	6.16167	2.00205	0	2.00205

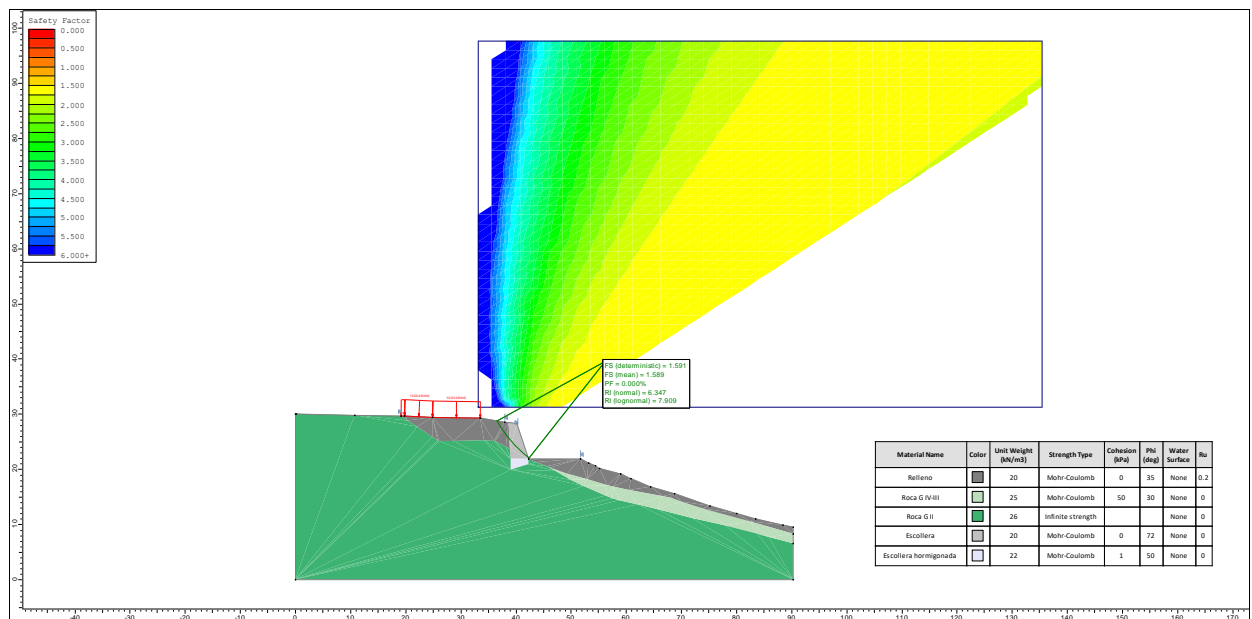
## Interslice Data

• Global Minimum Query (bishop simplified) - Safety Factor: 1.65905

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	35.7167	28.945	0	0	0
2	35.976	28.6385	0.446595	0	0
3	36.2353	28.335	1.7667	0	0
4	36.4946	28.0344	3.93139	0	0
5	36.7539	27.7366	6.91261	0	0
6	37.0132	27.4417	10.6831	0	0
7	37.2725	27.1495	15.2162	0	0
8	37.5318	26.8601	20.4863	0	0
9	37.7911	26.5734	26.4682	0	0
10	38.0504	26.2893	33.1377	0	0
11	38.3096	26.0078	40.4756	0	0
12	38.5689	25.7289	48.4608	0	0
13	38.8282	25.4526	57.0709	0	0
14	39.0878	25.1784	52.6674	0	0
15	39.3474	24.9067	47.8483	0	0
16	39.607	24.6374	42.6056	0	0
17	39.8666	24.3705	36.9313	0	0
18	40.1261	24.106	30.8174	0	0
19	40.3857	23.8438	24.6242	0	0
20	40.6453	23.5839	19.1365	0	0
21	40.9049	23.3263	14.4089	0	0
22	41.1645	23.0709	10.472	0	0
23	41.4241	22.8178	7.35633	0	0
24	41.6836	22.5668	5.09257	0	0
25	41.9432	22.318	3.71142	0	0
26	42.2028	22.0713	0	0	0

## Method: janbu simplified

- FS: 1.590810
- Center: 56.104, 39.559
- Radius: 22.414
- Left Slip Surface Endpoint: 36.419, 28.840
- Right Slip Surface Endpoint: 42.244, 21.944
- Resisting Horizontal Force=236.674 kN
- Driving Horizontal Force=148.775 kN
- Total Slice Area=14.141 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.59081

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.241908	0.959828	Relleno	0	35	0.781966	1.24396	2.57012	0.793547	1.77657
2	0.241908	2.8281	Relleno	0	35	2.35493	3.74625	7.68835	2.33816	5.35019
3	0.241908	4.59892	Relleno	0	35	3.90685	6.21505	12.6782	3.8022	8.87602
4	0.241908	6.28199	Relleno	0	35	5.43599	8.64762	17.5438	5.19369	12.3501
5	0.241908	7.8854	Relleno	0	35	6.94124	11.0422	22.2892	6.51933	15.7698
6	0.241908	9.41601	Relleno	0	35	8.42187	13.3976	26.9185	7.78477	19.1337
7	0.241908	10.8808	Relleno	0	35	9.87855	15.7149	31.4389	8.99577	22.4431
8	0.241908	12.2914	Relleno	0	35	11.3173	18.0037	35.8739	10.162	25.7119
9	0.241908	13.646	Relleno	0	35	12.7325	20.255	40.2093	11.282	28.9273
10	0.241908	14.9469	Relleno	0	35	14.1229	22.4669	44.4437	12.3575	32.0862
11	0.227085	15.1703	Escollera	0	72.0002	39.1914	62.3461	20.2575	0	20.2575
12	0.227085	16.233	Escollera	0	72.0002	42.8653	68.1906	22.1565	0	22.1565
13	0.227085	17.2586	Escollera	0	72.0002	46.5506	74.0531	24.0613	0	24.0613
14	0.227085	18.2489	Escollera	0	72.0002	50.2454	79.9309	25.9711	0	25.9711
15	0.227085	19.2058	Escollera	0	72.0002	53.9487	85.8221	27.8853	0	27.8853
16	0.227085	20.1171	Escollera	0	72.0002	57.6202	91.6628	29.783	0	29.783
17	0.227085	19.2234	Escollera	0	72.0002	56.1165	89.2707	29.0058	0	29.0058
18	0.227085	17.0586	Escollera	0	72.0002	50.7297	80.7013	26.2215	0	26.2215
19	0.227085	14.8658	Escollera	0	72.0002	45.0179	71.615	23.2691	0	23.2691
20	0.227085	12.646	Escollera	0	72.0002	38.9821	62.0131	20.1493	0	20.1493
21	0.227085	10.4003	Escollera	0	72.0002	32.6226	51.8964	16.8622	0	16.8622
22	0.227085	8.12964	Escollera	0	72.0002	25.9396	41.2649	13.4078	0	13.4078
23	0.227085	5.83481	Escollera	0	72.0002	18.9324	30.1179	9.7859	0	9.7859
24	0.227085	3.51665	Escollera	0	72.0002	11.6005	18.4542	5.99611	0	5.99611
25	0.227085	1.17592	Escollera	0	72.0002	3.94256	6.27187	2.03786	0	2.03786

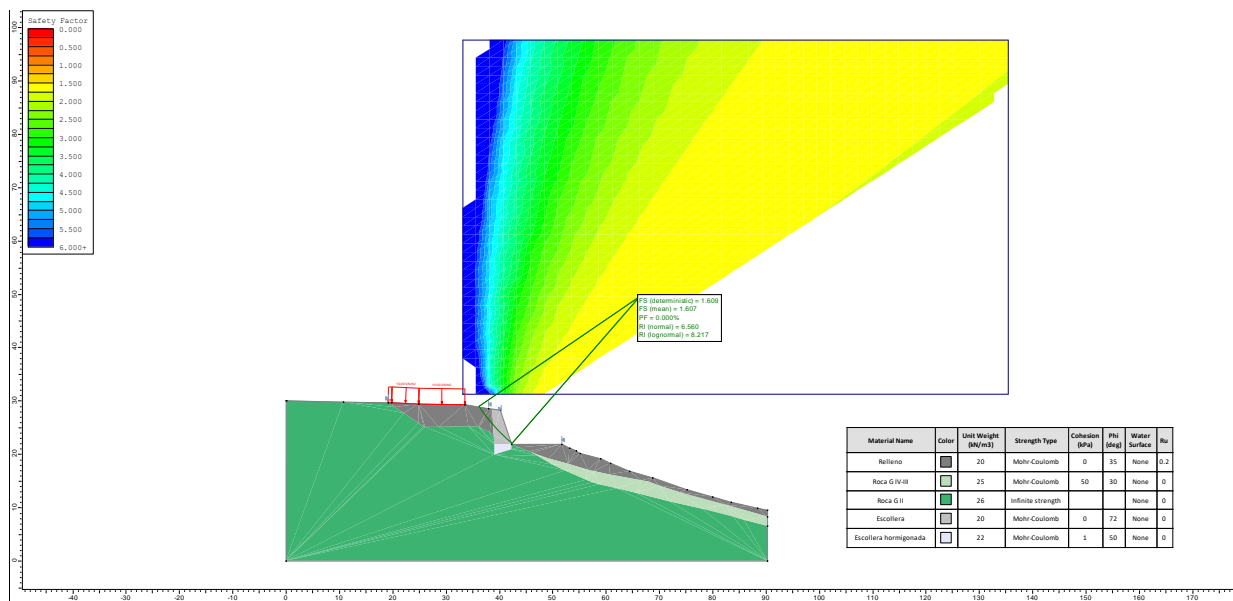
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu simplified) - Safety Factor: 1.59081

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.4189	28.8404	0	0	0
2	36.6608	28.4076	0.923354	0	0
3	36.9027	27.9961	3.51842	0	0
4	37.1446	27.6036	7.55057	0	0
5	37.3865	27.2283	12.8207	0	0
6	37.6284	26.8687	19.158	0	0
7	37.8703	26.5235	26.4145	0	0
8	38.1122	26.1916	34.4617	0	0
9	38.3542	25.8721	43.1912	0	0
10	38.5961	25.564	52.5029	0	0
11	38.838	25.2666	62.3061	0	0
12	39.0651	24.9966	58.8841	0	0
13	39.2921	24.735	54.9553	0	0
14	39.5192	24.4814	50.4974	0	0
15	39.7463	24.2353	45.4892	0	0
16	39.9734	23.9965	39.9111	0	0
17	40.2005	23.7645	33.7486	0	0
18	40.4276	23.5391	27.5561	0	0
19	40.6547	23.32	21.7928	0	0
20	40.8817	23.1069	16.5376	0	0
21	41.1088	22.8997	11.8697	0	0
22	41.3359	22.6981	7.86888	0	0
23	41.563	22.5018	4.61516	0	0
24	41.7901	22.3108	2.18929	0	0
25	42.0172	22.1249	0.672603	0	0
26	42.2442	21.9438	0	0	0

## Method: janbu corrected

- FS: 1.608920
- Center: 66.333, 49.516
- Radius: 36.597
- Left Slip Surface Endpoint: 36.104, 28.887
- Right Slip Surface Endpoint: 42.235, 21.973
- Resisting Horizontal Force=233.74 kN
- Driving Horizontal Force=145.278 kN
- Total Slice Area=14.0705 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.60892

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.24805	0.798552	Relleno	0	35	0.685578	1.10304	2.21917	0.643863	1.5753
2	0.24805	2.37354	Relleno	0	35	2.0576	3.31051	6.64166	1.91375	4.72791
3	0.24805	3.90535	Relleno	0	35	3.4172	5.498	11.0008	3.14884	7.85195
4	0.24805	5.39605	Relleno	0	35	4.76408	7.66502	15.2976	4.35077	10.9468
5	0.24805	6.84751	Relleno	0	35	6.09799	9.81118	19.5329	5.52107	14.0118
6	0.24805	8.26146	Relleno	0	35	7.41877	11.9362	23.7077	6.66111	17.0466
7	0.24805	9.63948	Relleno	0	35	8.72623	14.0398	27.8232	7.7722	20.051
8	0.24805	10.9837	Relleno	0	35	10.0209	16.1228	31.8818	8.85606	23.0258
9	0.24805	12.3029	Relleno	0	35	11.3095	18.1961	35.9065	9.91971	25.9868
10	0.24805	13.5926	Relleno	0	35	12.5868	20.2512	39.8812	10.9595	28.9217
11	0.24805	14.8515	Relleno	0	35	13.8507	22.2847	43.8005	11.9746	31.8259
12	0.243003	15.7417	Escollera	0	72.0002	39.0328	62.8007	20.4052	0	20.4052
13	0.243003	16.8948	Escollera	0	72.0002	42.4685	68.3284	22.2013	0	22.2013
14	0.243003	18.0218	Escollera	0	72.0002	45.9133	73.8708	24.0021	0	24.0021
15	0.243003	19.1237	Escollera	0	72.0002	49.3662	79.4262	25.8071	0	25.8071
16	0.243003	20.2012	Escollera	0	72.0002	52.8266	84.9937	27.6161	0	27.6161
17	0.243003	20.8892	Escollera	0	72.0002	55.3245	89.0127	28.9219	0	28.9219
18	0.243003	18.9579	Escollera	0	72.0002	50.8412	81.7995	26.5783	0	26.5783
19	0.243003	16.4971	Escollera	0	72.0002	44.7897	72.063	23.4147	0	23.4147
20	0.243003	14.0146	Escollera	0	72.0002	38.5136	61.9653	20.1338	0	20.1338
21	0.243003	11.511	Escollera	0	72.0002	32.0135	51.5071	16.7357	0	16.7357
22	0.243003	8.98682	Escollera	0	72.0002	25.2894	40.6887	13.2206	0	13.2206
23	0.243003	6.44263	Escollera	0	72.0002	18.3417	29.5104	9.5885	0	9.5885
24	0.243003	3.8789	Escollera	0	72.0002	11.1703	17.9721	5.83949	0	5.83949
25	0.243003	1.2961	Escollera	0	72.0002	3.77494	6.07358	1.97342	0	1.97342

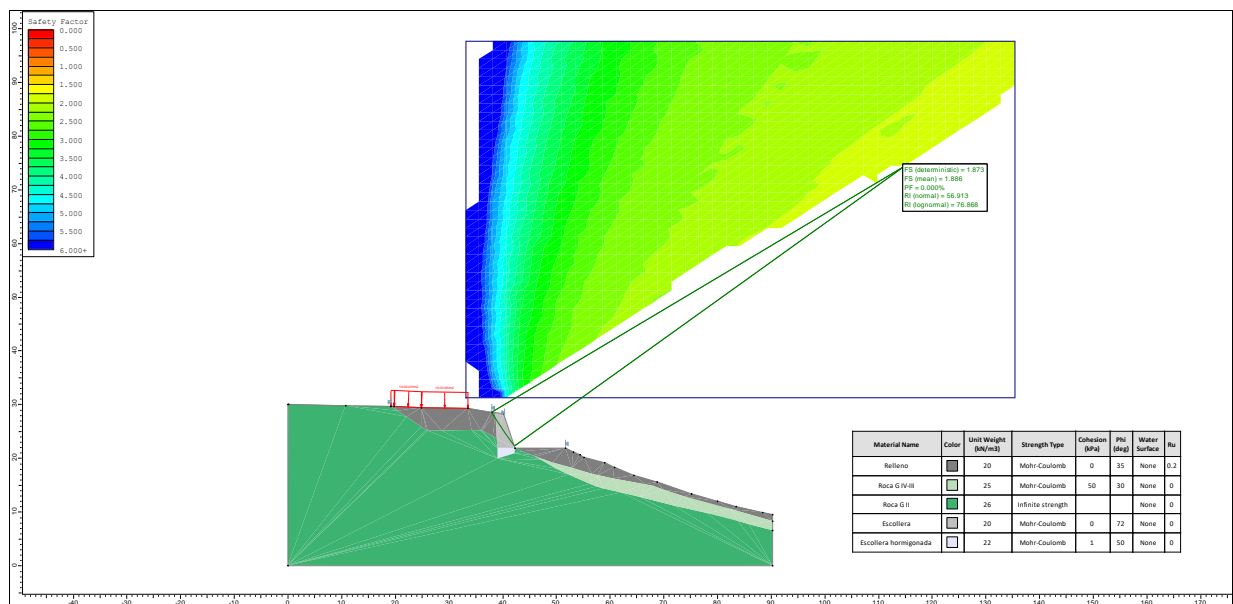
## Interslice Data

• Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.60892

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	36.104	28.8873	0	0	0
2	36.3521	28.5285	0.62491	0	0
3	36.6001	28.1785	2.43451	0	0
4	36.8482	27.837	5.33618	0	0
5	37.0962	27.5037	9.2444	0	0
6	37.3443	27.178	14.08	0	0
7	37.5923	26.8598	19.7694	0	0
8	37.8404	26.5486	26.2443	0	0
9	38.0884	26.2442	33.4414	0	0
10	38.3365	25.9464	41.3063	0	0
11	38.5845	25.6549	49.7844	0	0
12	38.8326	25.3694	58.8233	0	0
13	39.0756	25.0955	54.8494	0	0
14	39.3186	24.8269	50.4051	0	0
15	39.5616	24.5636	45.4743	0	0
16	39.8046	24.3055	40.0411	0	0
17	40.0476	24.0522	34.0909	0	0
18	40.2906	23.8037	27.7207	0	0
19	40.5336	23.5599	21.743	0	0
20	40.7766	23.3206	16.371	0	0
21	41.0196	23.0857	11.6631	0	0
22	41.2626	22.8551	7.6781	0	0
23	41.5056	22.6287	4.47492	0	0
24	41.7486	22.4063	2.11272	0	0
25	41.9916	22.1879	0.65094	0	0
26	42.2346	21.9734	0	0	0

## Method: spencer

- FS: 1.873480
- Center: 114.918, 74.408
- Radius: 89.555
- Left Slip Surface Endpoint: 37.958, 28.611
- Right Slip Surface Endpoint: 42.166, 22.185
- Resisting Moment=19346.9 kN-m
- Driving Moment=10326.7 kN-m
- Resisting Horizontal Force=118.92 kN
- Driving Horizontal Force=63.4755 kN
- Total Slice Area=6.90096 m<sup>2</sup>



## Slice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.87348

Slice Number	Width [m]	Weight [kN]	Base Material	Base Cohesion [kPa]	Base Friction Angle [degrees]	Shear Stress [kPa]	Shear Strength [kPa]	Base Normal Stress [kPa]	Pore Pressure [kPa]	Effective Normal Stress [kPa]
1	0.154168	0.363624	Relleno	0	35	0.150368	0.281711	0.874048	0.471725	0.402323
2	0.154168	1.08969	Relleno	0	35	0.457533	0.857178	2.63782	1.41364	1.22418
3	0.154168	1.80994	Relleno	0	35	0.771094	1.44463	4.41115	2.34801	2.06314
4	0.154168	2.52432	Relleno	0	35	1.09055	2.04313	6.19266	3.27477	2.91789
5	0.154168	3.23293	Relleno	0	35	1.41552	2.65194	7.98139	4.19404	3.78735
6	0.171829	4.43123	Escollera	0	72.0002	11.6896	21.9003	7.11585	0	7.11585
7	0.171829	5.29669	Escollera	0	72.0002	14.1014	26.4187	8.58394	0	8.58394
8	0.171829	6.15456	Escollera	0	72.0002	16.5349	30.9778	10.0653	0	10.0653
9	0.171829	7.00495	Escollera	0	72.0002	18.99	35.5774	11.5598	0	11.5598
10	0.171829	7.848	Escollera	0	72.0002	21.4666	40.2173	13.0674	0	13.0674
11	0.171829	8.68382	Escollera	0	72.0002	23.9646	44.8972	14.588	0	14.588
12	0.171829	9.51254	Escollera	0	72.0002	26.4839	49.617	16.1216	0	16.1216
13	0.171829	10.3343	Escollera	0	72.0002	29.0243	54.3765	17.668	0	17.668
14	0.171829	10.874	Escollera	0	72.0002	30.8065	57.7153	18.7529	0	18.7529
15	0.171829	10.1129	Escollera	0	72.0002	28.8981	54.14	17.5912	0	17.5912
16	0.171829	9.17955	Escollera	0	72.0002	26.4565	49.5658	16.1049	0	16.1049
17	0.171829	8.23968	Escollera	0	72.0002	23.9504	44.8706	14.5793	0	14.5793
18	0.171829	7.29335	Escollera	0	72.0002	21.3794	40.0539	13.0143	0	13.0143
19	0.171829	6.34066	Escollera	0	72.0002	18.7432	35.1151	11.4096	0	11.4096
20	0.171829	5.38169	Escollera	0	72.0002	16.0416	30.0536	9.76503	0	9.76503
21	0.171829	4.41655	Escollera	0	72.0002	13.2742	24.8689	8.08038	0	8.08038
22	0.171829	3.44531	Escollera	0	72.0002	10.4406	19.5603	6.35554	0	6.35554
23	0.171829	2.46808	Escollera	0	72.0002	7.54062	14.1272	4.59022	0	4.59022
24	0.171829	1.48493	Escollera	0	72.0002	4.57387	8.56906	2.78426	0	2.78426
25	0.171829	0.495941	Escollera	0	72.0002	1.56562	2.93316	0.953043	0	0.953043

## Interslice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.87348

Slice Number	X coordinate [m]	Y coordinate - Bottom [m]	Interslice Normal Force [kN]	Interslice Shear Force [kN]	Interslice Force Angle [degrees]
1	37.9585	28.6112	0	0	0
2	38.1126	28.3531	0.202335	0.182101	41.9871
3	38.2668	28.097	0.807241	0.726517	41.9872
4	38.421	27.8428	1.80942	1.62848	41.9872
5	38.5751	27.5904	3.20341	2.88307	41.9872
6	38.7293	27.34	4.98369	4.48532	41.9872
7	38.9011	27.063	4.9409	4.44681	41.9872
8	39.073	26.7882	4.87012	4.38311	41.9872
9	39.2448	26.5156	4.76506	4.28855	41.9872
10	39.4166	26.2452	4.61948	4.15753	41.9872
11	39.5885	25.9769	4.42721	3.98449	41.9872
12	39.7603	25.7106	4.18217	3.76395	41.9872
13	39.9321	25.4465	3.8783	3.49047	41.9872
14	40.1039	25.1843	3.50964	3.15868	41.9872
15	40.2758	24.9241	3.08112	2.773	41.9871
16	40.4476	24.6659	2.64476	2.38028	41.9872
17	40.6194	24.4096	2.21428	1.99285	41.9872
18	40.7913	24.1552	1.79695	1.61726	41.9873
19	40.9631	23.9027	1.40015	1.26013	41.9871
20	41.1349	23.652	1.03129	0.928165	41.9873
21	41.3067	23.4031	0.697924	0.628131	41.9872
22	41.4786	23.156	0.407645	0.36688	41.9872
23	41.6504	22.9107	0.168151	0.151336	41.9872
24	41.8222	22.6671	-0.0127806	-0.0115025	41.9871
25	41.9941	22.4252	-0.127287	-0.114558	41.9871
26	42.1659	22.185	0	0	0



**DESLIZAMIENTO ETAP DE BARRENDIOLA EN EL T.M. DE  
LEGAZPI, (GIPUZKOA)  
ESTUDIO GEOTÉCNICO**



Gipuzkoako Ur Kontsultak  
Gipuzkoako Urak



Agustín Larrea Bergaretxe  
Geólogo. Colegiado nº 1625  
GEOLOGIA Y GEOTECNIA LARREA S.L.  
19 de junio de 2023

## INDICE

## Página

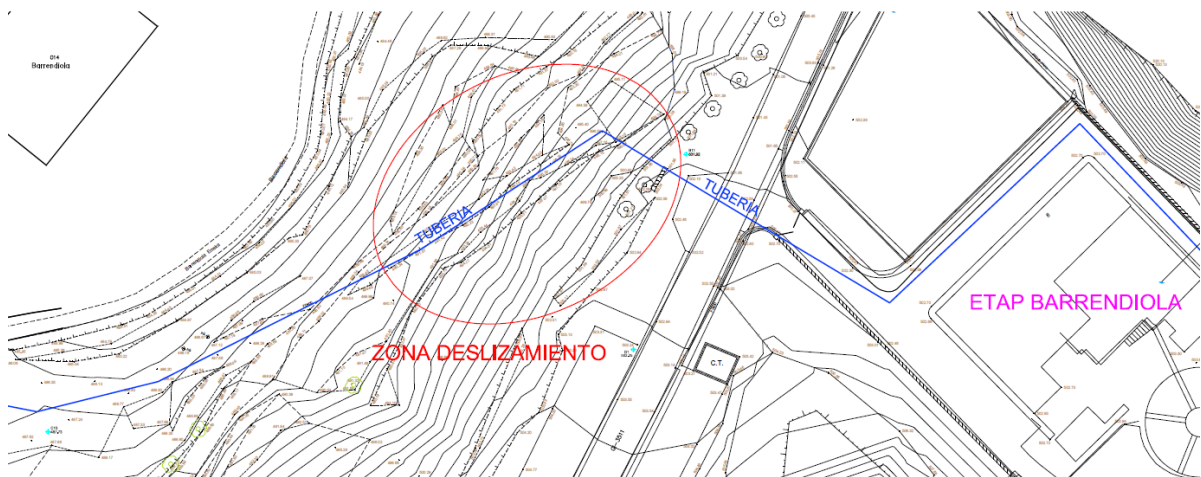
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
2. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN .....	8
2.1. Inspección Visual .....	8
2.2. Catas .....	9
2.2.1. Cortes y Fotografías de las Catas .....	11
3. GEOLOGÍA .....	19
3.1. Marco Geológico .....	19
3.2. Geología de detalle .....	20
3.3. Geomorfología .....	21
3.4. Sismicidad .....	23
4. GEOTECNIA .....	24
4.1. Perfil tipo del Subsuelo .....	24
4.2. Parámetros Geotécnicos .....	24
4.3. Inestabilidades .....	26
5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....	27
5.1. Consideraciones Previas .....	27
5.2. Cálculos de Estabilidad .....	28
5.3. Empujes .....	29
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30

## ANEXOS

1821-1/01	Cartografía geológica-geotécnica de detalle	1:250
1821-1/02	Perfiles Geotécnicos	1:750
1821-1/03	Cálculos	1:1.000/1:400/1:300

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

GIPUZKOAKO UR KONTSORTZIOA a través de SALABERRIA INJENIARITZA ha encargado la realización de un Estudio Geotécnico en un deslizamiento ocurrido en la ETAP de Barrendiola, concretamente en la ladera Oeste de la ETAP (cruzando la GI3511) donde se sitúa la tubería de conducción entre la ETAP y la presa de Barrendiola.



Con fecha 5 de junio GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LARREA S.L. redactó el Informe donde se recogen los resultados de la Campaña de Investigación realizada.

En el presente Documento se recoge la información anterior y se redacta un Estudio con las Conclusiones y Recomendaciones deducidas de la anterior Campaña.

### 1.1. Antecedentes

Con fecha diciembre 2022 IKERLUR INGENIERÍA GEOTÉCNICA redactó un Informe donde se exponen las conclusiones y recomendaciones relativas al Estudio Geotécnico efectuado para la Estabilización del deslizamiento.

Como metodología se realizó:

- Cartografía Geológico-Geotécnica
- 1 cata
- 2 sondeos mecánicos
- Ensayos de campo (SPT, Martillo Schmidt) y muestras
- Cálculos

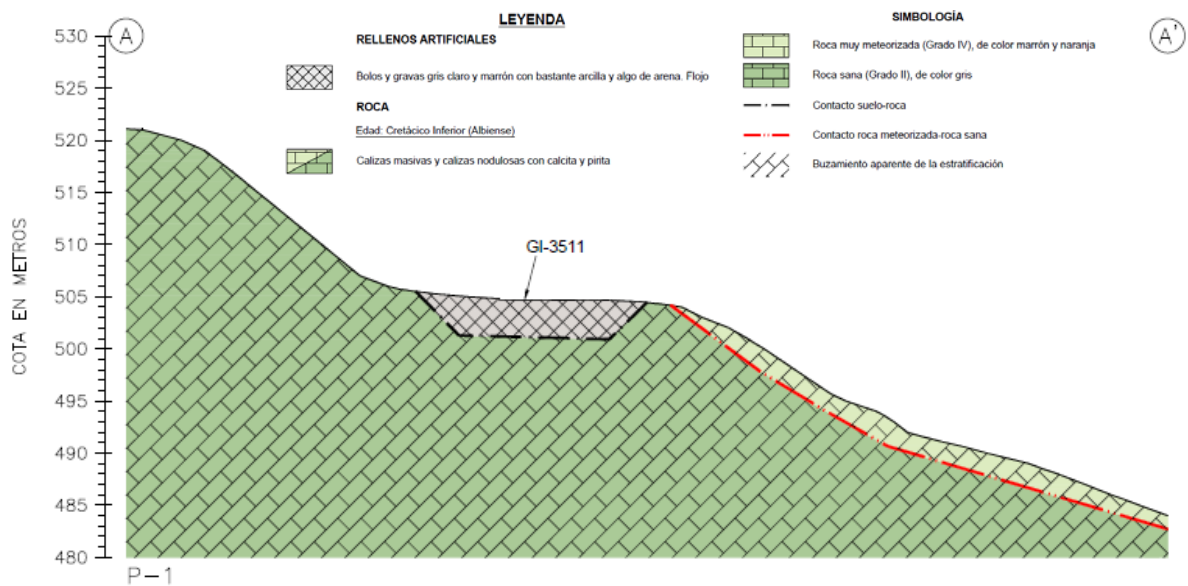
A continuación, se recopila la información relevante del mismo:

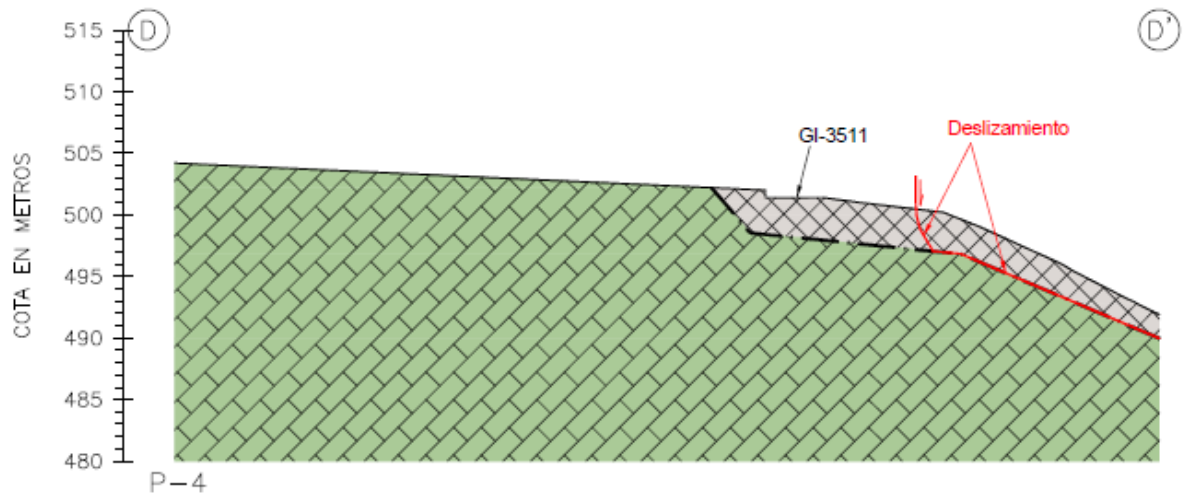
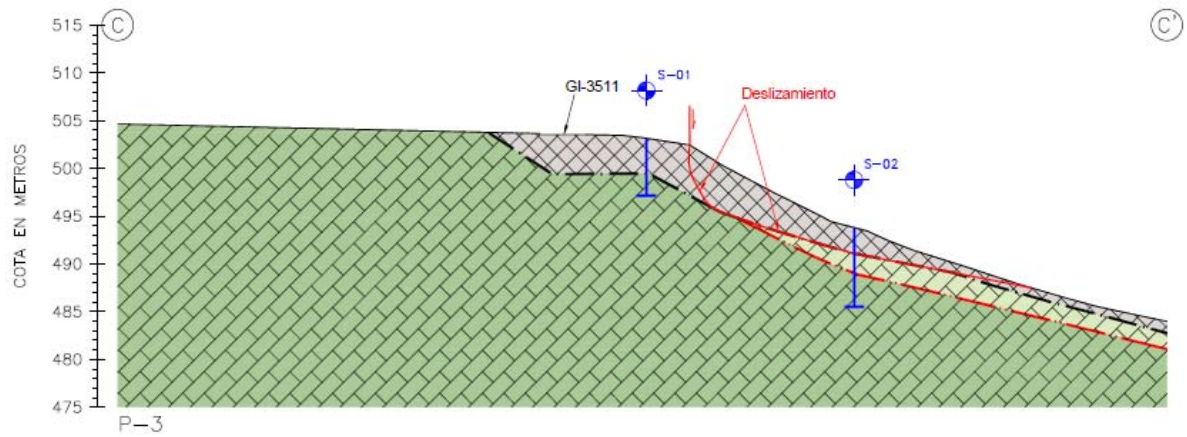
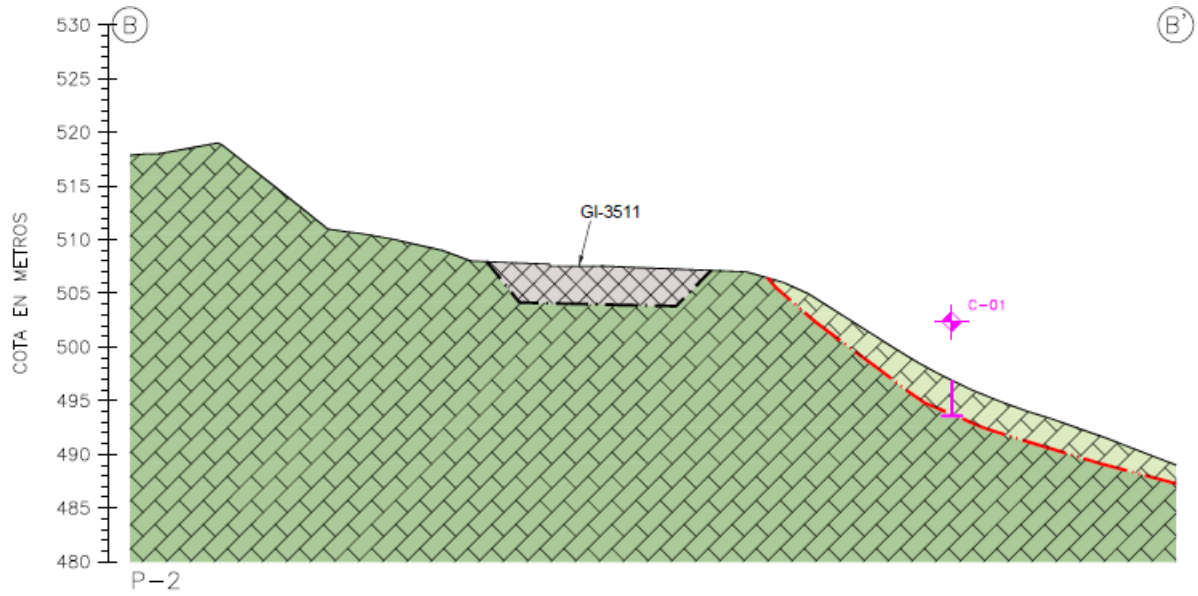
## LEVANTAMIENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DE LA ZONA Y PERFILES

### PLANTA



### PERFILES

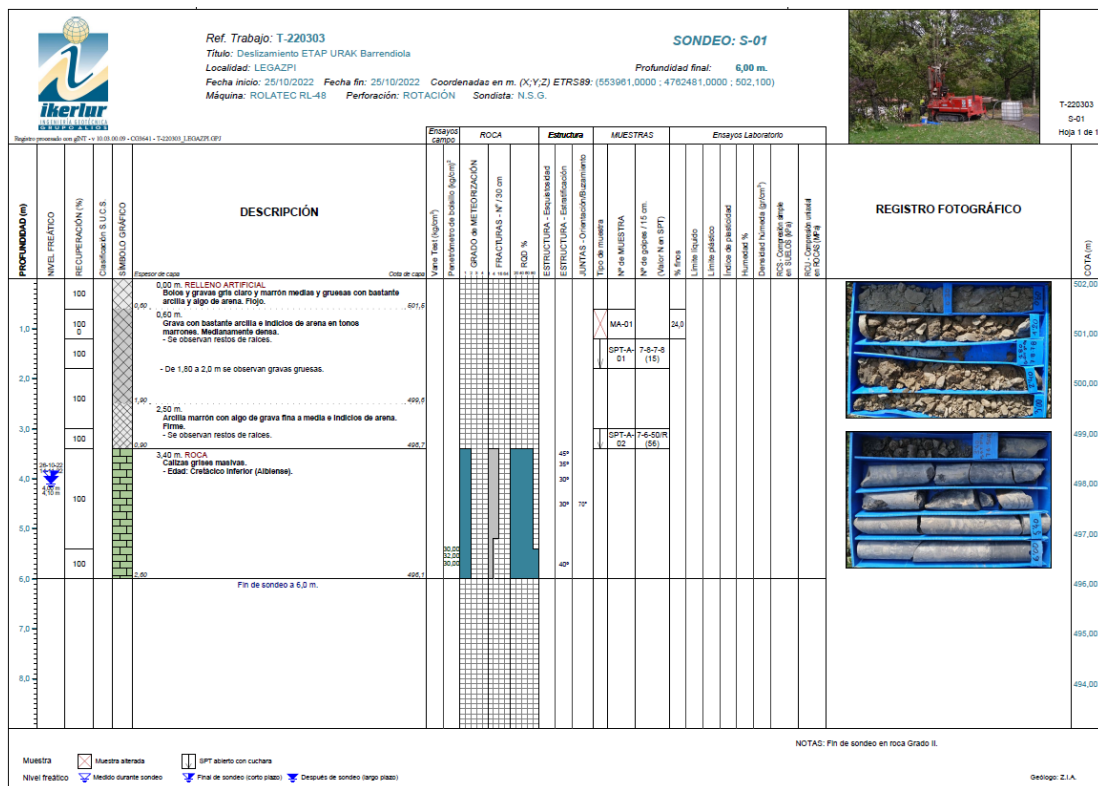


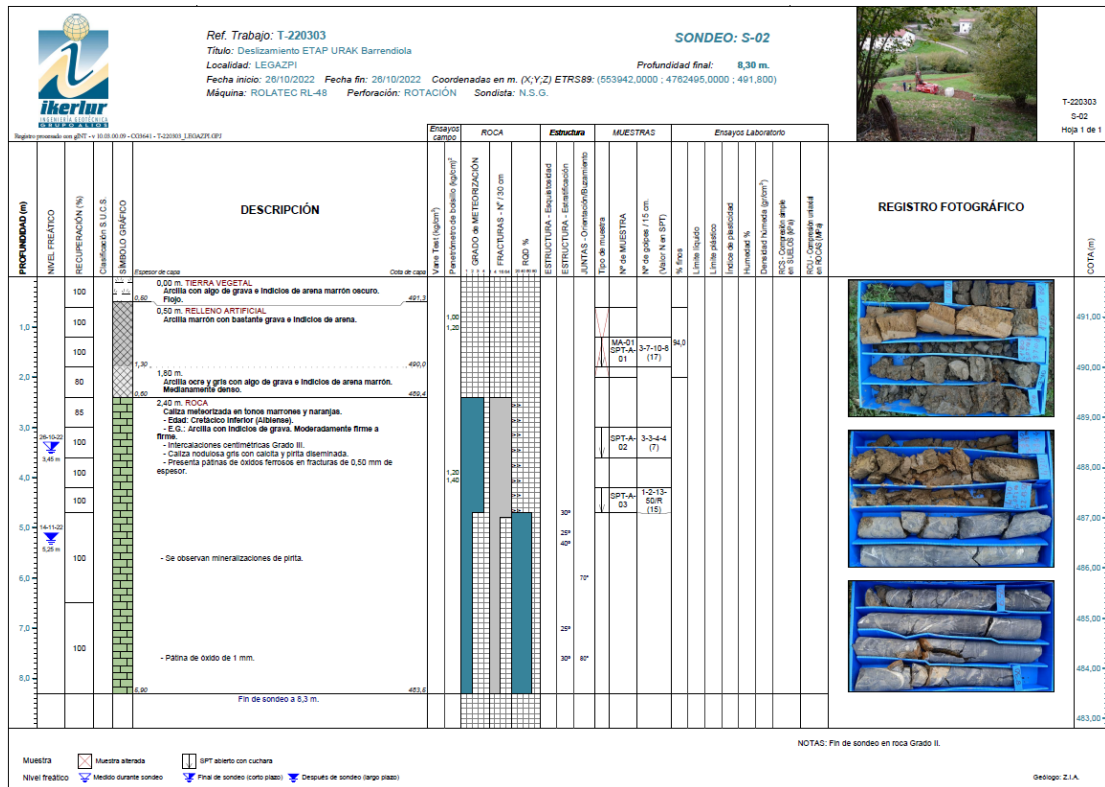


## TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

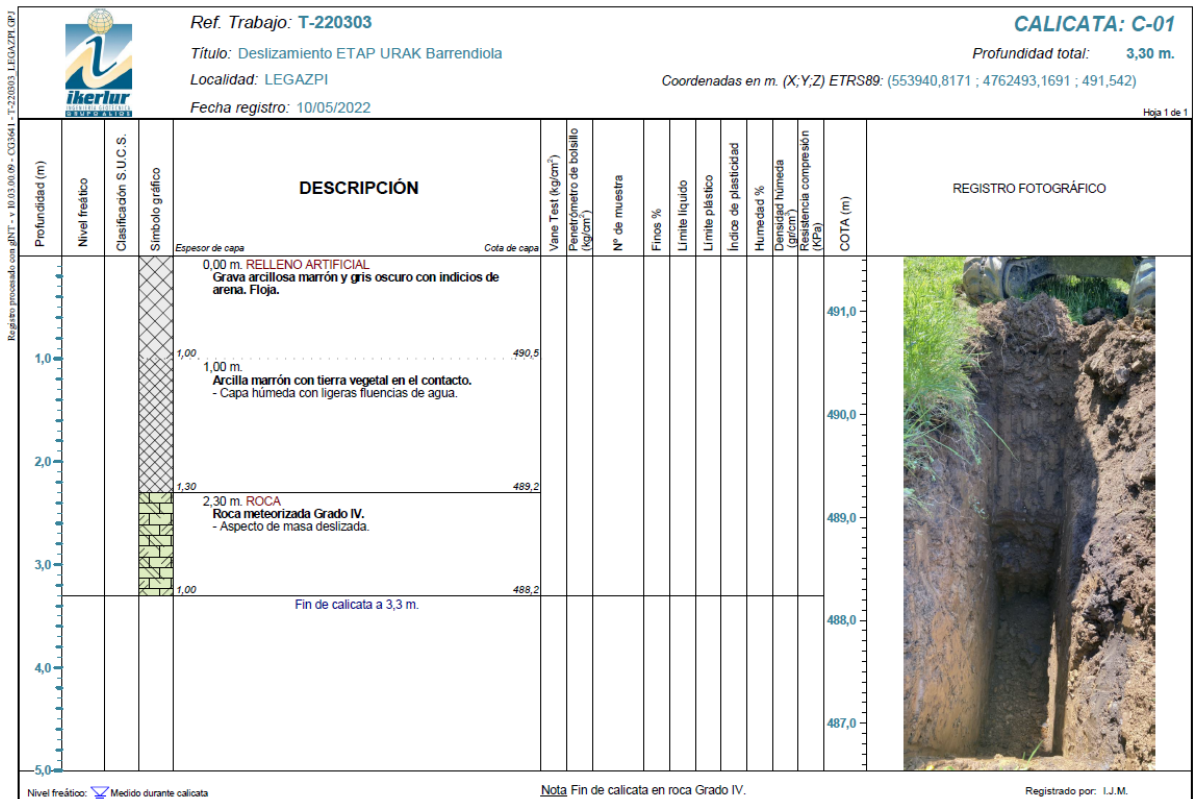
### SONDEOS

Sondeo	Cota inicio (m)	Prof. ROCA meteorizada (m)	Prof. ROCA SANA (m)	Profundidad FINAL (m)
S-01	502,100	3,40	3,40	6,00
S-02	491,800	2,40	4,70	8,30





CATA



PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE LAS CAPAS

Parámetros geotécnicos	Relleno artificial	Roca Meteorizada: Grado IV	Roca sana Grado II
Densidad aparente $\gamma_{ap}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19,0 – 20,0	23,0 – 25,0	25,0 – 27,0
Rozamiento interno $\varphi'$ (°)	33-35	30-35	35-45
Cohesión C' (kPa)	0	50-150	200-300
Resistencia a compresión simple $q_u$ (kPa)	-	1 000 – 5 000	10000-30000
Módulo de elasticidad $E_y$ (MPa)	30-100	100-1500	1000-2500
Permeabilidad	Alta	Media	Muy baja
Coefficiente de permeabilidad $k_z$ (m/s)	$10^{-1} - 10^{-3}$	$10^{-3} - 10^{-5}$	$10^{-7} - 10^{-9}$

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

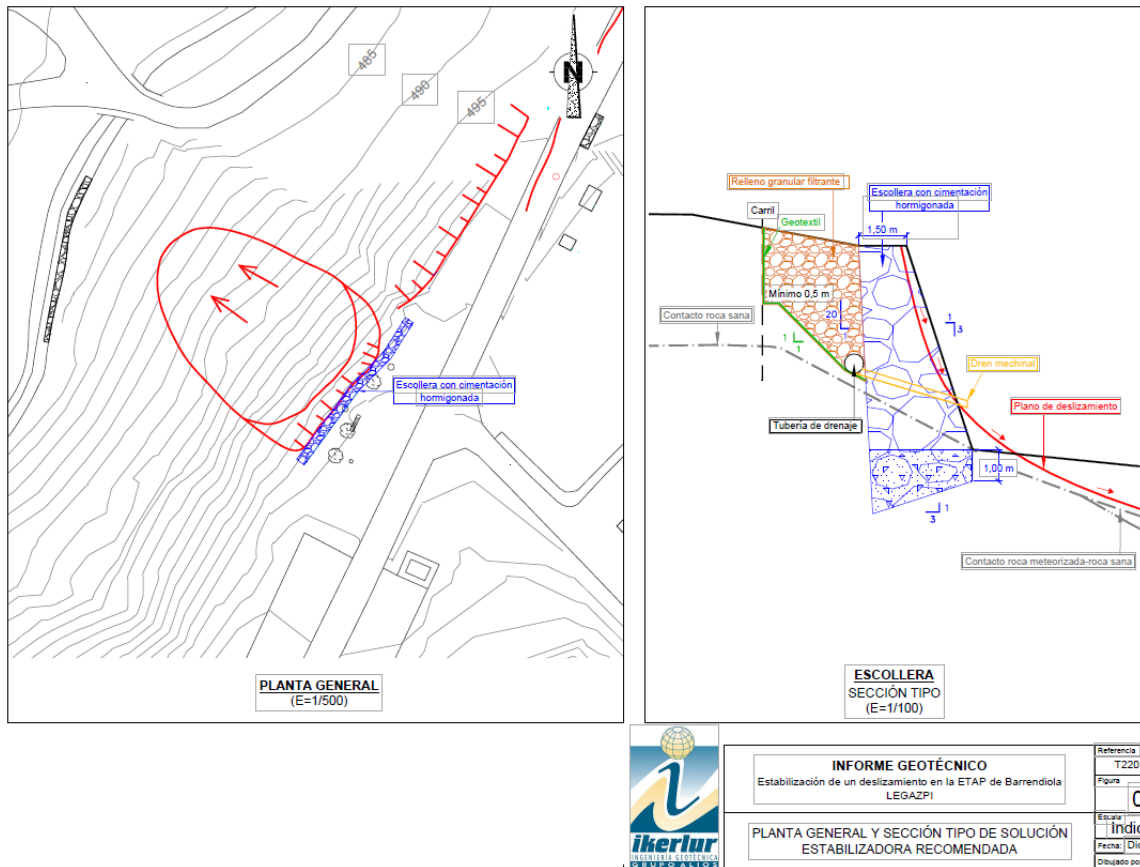
Tras el estudio efectuado, se concluye que la ladera está afectada por un deslizamiento de tipo rotacional y que dicha inestabilidad se da en condiciones de saturación del terreno.

Para la contención de la ladera, será necesario realizar un sostenimiento en la zona superior de la misma, así como un correcto drenaje de la zona afectada para evitar la saturación del terreno.

En estas condiciones de inestabilidad, se plantean dos alternativas para a la estabilización de la ladera.

### 4.2 ESCOLLERA

Para estabilizar la ladera frente a roturas superficiales se recomienda ejecutar un muro de escollera. Mediante esta solución también se evitará que las aguas de escorrentía acaben erosionando y alterando los materiales del relleno que constituyen esta ladera.



La esollera presentará una altura en torno a los 8,00 m de altura, por lo que para su ejecución será necesaria la excavación por bataches alternos (uno abierto y dos cerrados) de 4,00 m anchura, protegidos mediante la hinca de carriles, con el fin de evitar desprendimientos o movimientos en la parte superior del relleno, dado que por limitaciones de espacio no se puede retaluzar completamente toda la excavación.

#### 4.3 SOLUCIÓN ALTERNATIVA

Como solución alternativa para la estabilización de la ladera, se podría ejecutar una pantalla anclada de micropilotes empotrados en roca sana.

En la parte superior de los micropilotes se realizaría una viga de atado o arriostramiento de hormigón de al menos 1,00 m de altura bajo la cota de la coronación. Posteriormente, conforme se va excavando, será necesario ejecutar un nivel de anclajes de barra de acero tipo Gewi apoyados sobre una viga de reparto. El diseño de los bulones estará condicionado por las características de la pantalla, del empotramiento y de la cota final de excavación. De esta forma se evita que el escarpe continúe avanzando.

## 2. CAMPAÑA DE INVESTIGACIÓN

- Inspección visual
- 8 Catas

### 2.1. Inspección Visual

En el momento de la visita se observa en la zona superior de la ladera, antiguas cicatrices de deslizamiento y signos de reptación de suelos-rellenos.

También se ha observado que se han realizado pequeñas pistas, donde se observan materiales de rellenos (gravas y bolos). Véase el anexo 1836/01 donde aparece la cartografía geológico-geotécnica de detalle.



*Deslizamiento zona superior*



*Rellenos zona de pistas*

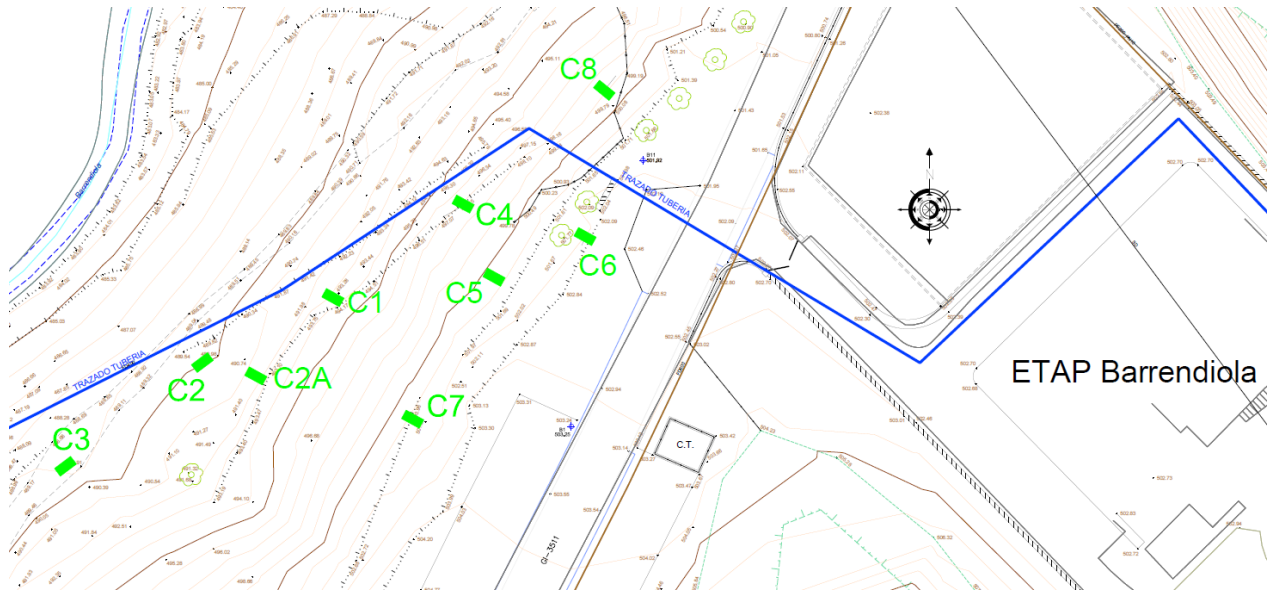


*Vista general de la ladera, situación actual*

## **2.2. Catas**

Se han realizado 8 catas mediante retroexcavadora.

A continuación, aparece el plano de emplazamiento de las catas.



Las profundidades alcanzadas, contadas a partir de la cota del terreno en el momento de ejecución de las mismas han sido:

Cata nº	Profundidad (m)
C1	1,30-2,80
C2	3,30
C3	3,20
C4	2,00
C5	3,00
C6	2,30
C7	2,30
C8	3,40

### 2.2.1. Cortes y Fotografías de las Catas

CATA C1	
	
Profundidad (m)	Descripción
0,00-2,60	ARCILLAS; ocres a marrones, semicompactas a compactas
2,60-2,80	ROCA ALTERADA Y FRACTURADA; margas, margocalizas de color gris y ocre.
> 2,80	ROCA RELATIVAMENTE SANA; margocalizas de color gris

**CATA C2**



Profundidad (m)	Descripción
0,00-3,30	ARCILLAS; ocre a marrones, semicompactas a compactas.
3,30-3,50	ROCA ALTERADA Y FRACTURADA; margas, margocalizas de color gris y ocre.

**CATA C3**



Profundidad (m)	Descripción
0,00-2,50	ARCILLAS; ocre a marrones, semicompactas a compactas
2,50-3,20	ROCA ALTERADA Y FRACTURADA; margas, margocalizas de color gris y ocre.
> 3,20	ROCA RELATIVAMENTE SANA; margocalizas de color gris

CATA C4	
	
Profundidad (m)	Descripción
0,00-2,00	RELLENOS; gravas y bolos de tamaños centimétricos, en una matriz arcillosa, rellenos semidensos a flojos.

**CATA C5**




Profundidad (m)	Descripción
0,00-2,80	RELLENOS; gravas y bolos de tamaños centimétricos a decimétricos, en una matriz arcillosa, rellenos semidensos a flojos.
2,80-3,00	ARCILLAS; ocre a marrones compactas a semicompactas.

**CATA C6**



Profundidad (m)	Descripción
0,00-2,30	RELLENOS; gravas y bolos de tamaños centimétricos, en una matriz arcillosa, rellenos semidensos a flojos.

CATA C7	
	
Profundidad (m)	Descripción
0,00-1,30	RELLENOS; gravas y bolos de tamaños centimétricos, en una matriz arcillosa, rellenos semidensos a flojos.
>1,30	ARCILLAS -ROCA; ocre, se observan zonas de lateral de la cata afloramiento rocoso, margocalizas grises.

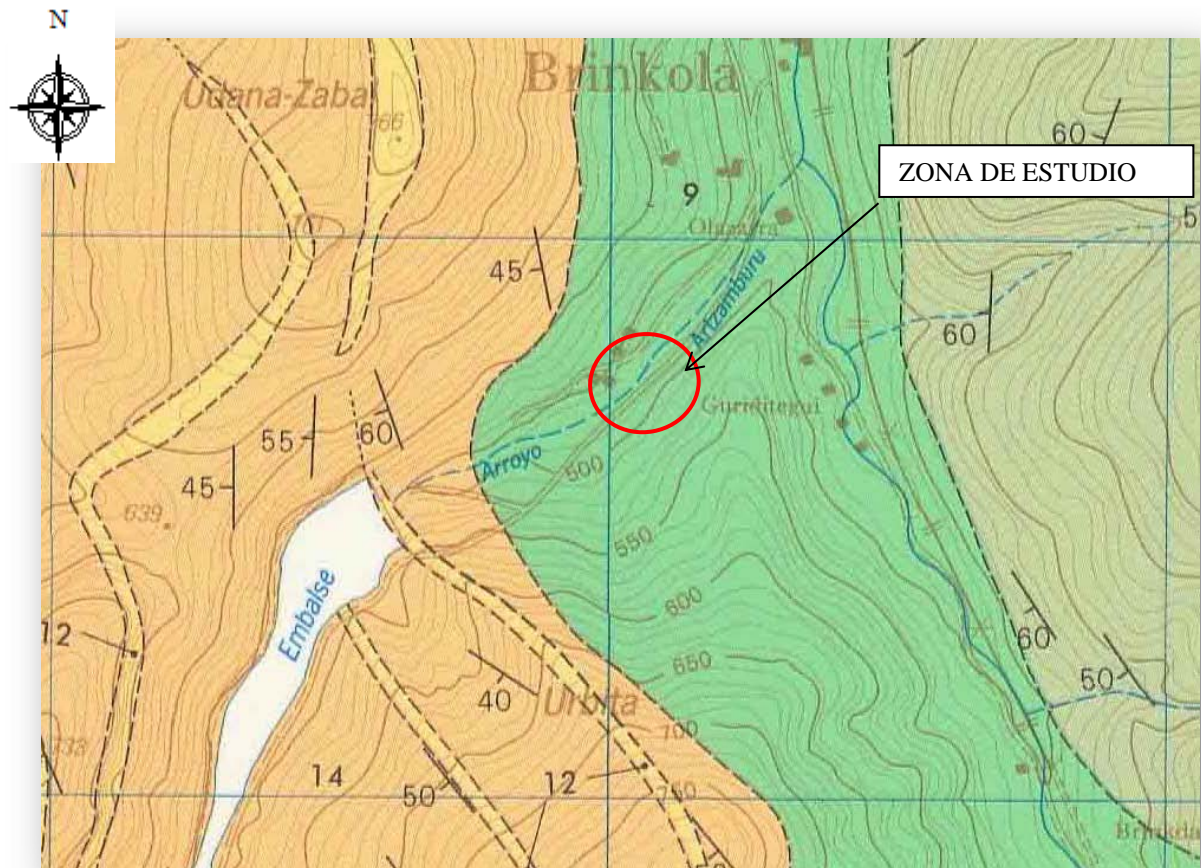
**CATA C8**



Profundidad (m)	Descripción
0,00-1,20	RELLENOS; gravas y bolos de tamaños centimétricos, en una matriz arcillosa, rellenos semidensos a flojos.
1,20-3,40	ARCILLAS; ocre, compactas a semicompactas, suelo residual.

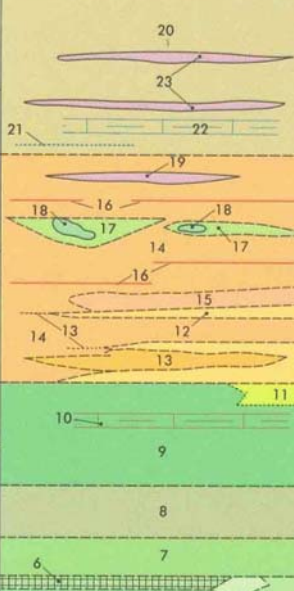
### 3. GEOLOGÍA

#### 3.1. Marco Geológico



*Hoja 88-IV Beasain del Mapa Geológico editado por el EVE*

#### UNIDAD DE OIZ OIZ UNITATEA

CRETACICO SUPERIOR GOI-KRETAZIKOA	TURONIENSE		
	TURONIARRA		
	SUPERIOR GOIKOIA		
	INFERIOR		
CENOMANIENSE ZENOMANIARRA	BEHEKOIA		
	SUPERIOR		
	GOIKOIA		
	INFERIOR		
ALBIENSE ALBIARRA	BEHEKOIA		
	SUPERIOR		
	GOIKOIA		
	INFERIOR		
CRETACICO INFERIOR BEHE-KRETAZIKOA	SUPERIOR		
	GOIKOIA		
	INFERIOR		
	ALPTIENSE ALPTIARRA		

FLYSCH DEL CRETACICO SUPERIOR (Flysck calcáreo)	23	Sill básico Sill basikoa
	22	Margocalizas y calizas margosas Margakarriak eta karari margatsuak
	21	Alternancia de calizas arenosas y margas Karari hareatsu eta margen txandaketa
	20	Margas grises, esquistosas, con intercalaciones de calizas arenosas, margocalizas y calizas en niveles centi-decimétricos Marga grisak, eskistatsuak, karari hareatsu, margakarari eta kararizko tarteketa zenti-dezimetrokoekin
GOI-KRETAZIKOKO FLYSCHA (Flysck karetsua)	19	Sill básico Sill basikoa
	18	Olistolitos de calizas Kararizko olistolitoak
	17	Brechas olistostrómicas. Material eslampizado y resedimentado Brecha olistostramikoak. Eslumpizatu eta bimetatutako materiala
	16	Alternancia de areniscas en bancos delgados y lutitas. Niveles poco potentes y continuos Marga meheak eta jarraituak
SUPRAURGONIANO (Formaciones Balmeda y Zúfia)	15	Limolitos calcáreos y margas masivas, con nódulos y septarias Limolito karetsuak eta marga masiboak, nodulo eta septariekin
	14	Limolitos calcáreos en la mitad oriental micáceos, gris azulado o negros, generalmente masivos. Intercalaciones de areniscas Limolito mikatsuak (karetsuak eskidearen erdian), gris urdinko-beltzak, masiboak gehienetan. Harearizko tarteketak
	13	Alternancia de areniscas y lutitas Hareari eta lutiten txandaketa
	12	Areniscas silíceas estratificadas. Paquetes de mayor continuidad lateral Hareari silizetsu gertzatuak. Albo-karriaren handiagoko multzoak
GAINURGONDARRA (Balmeda eta Zúfia Formazioak)	11	Turbiditas calcáreas y brechas calcáreas Turbidita karetsuak eta brecha karetsuak
	10	Calizas, calizas margosas y margocalizas nodulosas Karariak, karari margatsuak eta margakarari nodulosuak
	9	Alternancia de margocalizas y margas grises Margakarari eta marga grisen txandaketa
	8	

El sustrato rocoso está constituido por una alternancia de margas y margocalizas grises de resistencia media a elevada.

Las discontinuidades rocosas (estratificación) presentan una orientación Norte-Sur e inclinación hacia el Oeste.

### 3.2. Geología de detalle

Con los resultados obtenidos de la Campaña de Investigación se ha realizado una Cartografía Geológico-Geotécnica de detalle de la zona analizada que aparece en el anexo 1836/01.

Se han identificado las siguientes unidades:

- Rellenos
- Arcillas-Coluvial
- Roca

#### RELLENOS

Gravas y bolos de tamaño centimétrico a decimétrico en una matriz arcillosa escasa.

Presentan una densidad floja a demidensa.

Constituyen esencialmente los rellenos de la carretera GI-3511.

#### ARCILLAS-COLUVIAL

De colores ocres o naranjas pueden presentar un origen mixto: eluvial producto de la meteorización del sustrato rocoso o incluso coluvial, es decir como suelos inestabilizados.

Presentan una compacidad semicompacta a compacta.

#### ROCA

En la inspección visual se observan materiales con mayor contenido carbonatado (margocalizas-calizas) en relación al descrito en el Mapa del EVE y una distribución de las discontinuidades rocosas (estratificación) con inclinación hacia el Este, lo que favorece la estabilidad en la ladera analizada, ya que presenta inclinación hacia el Oeste.

Presentan una capa superior de roca meteorizada. Su resistencia es elevada.

### 3.3. Geomorfología

La zona analizada corresponde a una zona de media ladera con pendiente hacia el NW.

En las imágenes antiguas de GEOEUSKADI se observa, el año 1977 la existencia de un vial aproximadamente en la zona de la carretera actual.



En las imágenes de GEOEUSKADI se observa, el año 1983 la ampliación del citado vial generándose excavaciones en el lado monte (al SE) y rellenos en el lado valle (al NW).



En las imágenes de GEOEUSKADI posteriores no se observan cambios en la zona analizada.

Las investigaciones realizadas han permitido determinar una zona de suelos coluviales que la conducción atraviesa, así como un tramo de Río con modificación en planta y que afecta al trazado de la conducción. Esta modificación-canalizada del Río se observa a partir de imágenes antiguas de GEOEUSKADI y se efectuó entre los años 1983 y 1991.



*Año 1983*

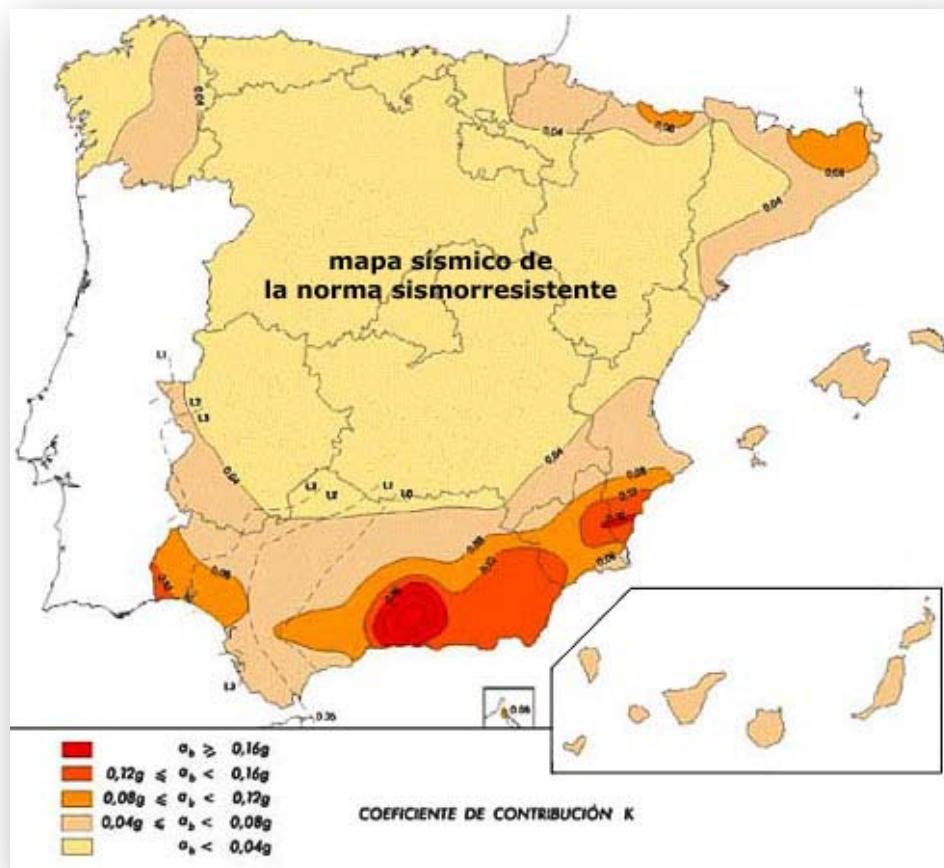


*Año 2001*

### 3.4. Sismicidad

De acuerdo con la NCSE-02, la zona presenta una relación entre el valor de la aceleración sísmica básica y el de la gravedad esta entre 0,04 y 0,08 (con un coeficiente de contribución "K" de 1,0).

Por lo tanto, se deben aplicar acciones sísmicas en cálculos según la normativa vigente.



*Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Norma Sismorresistente*

## 4. GEOTECNIA

### 4.1. Perfil tipo del Subsuelo

Se han distinguido las siguientes capas:

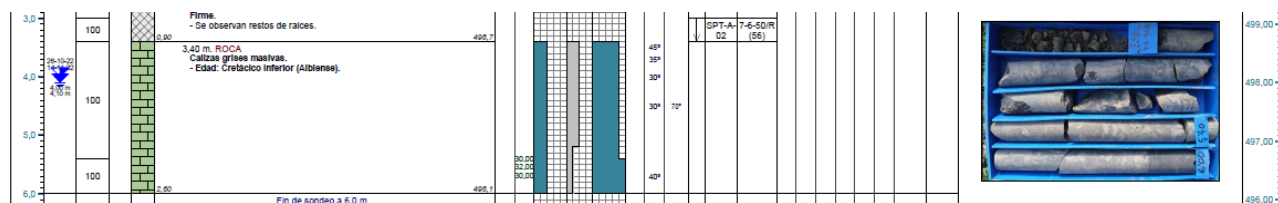
- Rellenos
- Arcillas
- Roca Alterada y Fracturada
- Roca Relativamente Sana

No se ha detectado presencia de Nivel Freático ni aguas, aunque en el Estudio de IKERLUR se indica la presencia de fluencia de aguas en el nivel de rellenos en la cata realizada.

Se ha realizado diversos perfiles geotécnicos a solicitud de la Ingeniería en una zona determinada. Dichos perfiles aparecen en el anexo 1836/02.

Para la interpretación geotécnica del subsuelo en toda la zona de los perfiles indicados, por su proximidad resulta importante el análisis del sondeo S-02 realizado por IKERLUR. En el corte del sondeo no coinciden la "Descripción" con el "Registro Fotográfico" ni con los "Valores N en SPT".

En la descripción indica roca a partir de 2,40 de profundidad y hasta los 8,30 m (fin del sondeo), sin embargo, en las fotografías se observa la roca (sana) a partir de 4,70 m de profundidad.



Desde el punto de vista geotécnico valores de SPT de 7 corresponden a suelos arcillosos de resistencia semicompacta ( $q_u=0,75 \text{ kg/cm}^2$ ) por lo que se ha interpretado como una capa de suelos arcillosos semicompactos que no se define en el Informe de IKERLUR. Esta capa ha sido identificada en las catas realizadas en esta nueva campaña.

### 4.2. Parámetros Geotécnicos

No se han realizado Ensayos de Laboratorio al respecto por lo que se analizan los parámetros de través de correlaciones tanto bibliográficas como de estudios en zonas próximas y sobre materiales similares.

## RELLENOS

Se trata de suelos granulares sin apenas arcillas por lo que se considera una cohesión nula.

Para rellenos compactos la fricción es superior a  $31^\circ$  según NAVFAC 1971.

Según las normas ROM la fricción es de  $35^\circ$  para rellenos muy flojos y  $40^\circ$  para relleno flojos.

Por otra parte y considerando las pendientes del terreno actual de  $25-30^\circ$  respecto a la horizontal la fricción debe ser superior a la pendiente en condiciones normales.

Finalmente se adopta:

Densidad:  $2,0 \text{ kg/cm}^2$

Cohesión:  $0 \text{ kN/m}^2$

Fricción:  $35^\circ$

## ARCILLAS

Se consideran los parámetros recomendados por la Normas ROM para arcillas semicompactas:

Densidad:  $2,2 \text{ kg/cm}^2$

Cohesión:  $20 \text{ kN/m}^2$

Fricción:  $23^\circ$

Estos valores corresponden a la zona analizada (cata) y pueden variar (descender) en la zona del coluvial o zona más próxima al arroyo.

## ROCA ALTERADA Y FRACTURADA

Dado el tránsito roca sana-roca alterada-arcillas, se consideran los parámetros recomendados por las Normas ROM para arcillas compactas:

Densidad:  $2,5 \text{ kg/cm}^2$

Cohesión:  $50 \text{ kN/m}^2$

Fricción:  $28^\circ$

## ROCA SANA

Se consideran las habituales en esta capa:

Densidad:  $2,6 \text{ kg/cm}^2$

Cohesión:  $100 \text{ kN/m}^2$

Fricción:  $45^\circ$

### 4.3. Inestabilidades

La ubicación de la inestabilidad puede observarse en el Informe de IKERLUR



Como puede observarse las inestabilidades aparecen asociadas al relleno instalado en la carretera y en concreto al talud que se genera en el tránsito hacia ladera abajo.

Además, son evidentes los signos de reptación de suelos, arbolado inclinado, etc.

Esto implica una Primera Condición sobre la potencial inestabilidad de esta zona y la generación de asentamientos, desprendimientos y empujes que, lógicamente afectan a la conducción de agua.

En la zona donde se evidencia la conducción afectada, ésta se sitúa de forma perpendicular a la ladera, de la forma mas favorable a la estabilidad.

Para su ejecución se realizaría una zanja, instalaría la conducción y posterior relleno lo que puede facilitar el acceso de las aguas por esta zona a modo de dren.

## 5. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

### 5.1. Consideraciones Previas

En el análisis de Estabilidad se debe contemplar:

- Topografía: se conocen datos reales al haberse efectuado un levantamiento detallado. Se analizan 2 perfiles geotécnicos.
- Materiales del subsuelo: se conocen al haberse realizado la campaña de investigación.
- Parámetros geotécnicos de los materiales del subsuelo: se han estimado a partir de correlaciones y empleando parámetros de terrenos próximos y similares; además deben cumplir los hechos recientemente ocurridos:
  - Talud inicial de baja estabilidad por la afección de los rellenos y presencia de aguas.
  - Talud actual inestable por la saturación de aguas.
- Acciones: sobrecarga de uso y sismicidad.

Como programa de cálculo se ha utilizado ILA 32 que emplea diversos métodos: Bishop, Janvu, Morgenstern e Price, Bell y S.K. Sarma.

El programa permite definir superficies de deslizamientos distintas: circulares, planas, por puntos, diversos planos, etc.

En nuestro caso, además de conocer la topografía, se conoce la línea de escarpe superior por lo que constituyen un punto de la zona inestabilizada que permite trasladarlo al programa.

## 5.2. Cálculos de Estabilidad

Se calcula la situación inicial drenada que debe resultar estable, pero con bajo coeficiente de seguridad.

Véanse los cálculos 1 y 01 del anexo 1836-1/03, por el perfil del Pk-10 y Pk-15 respectivamente.

Los resultados obtenidos indican:

Perfil	Cálculo N°	Factor de Seguridad
Pk-10	1	1.13
Pk-15	01	1.10

Se calcula la situación saturada hasta el contacto rellenos-arcillas (aprox. 0,5 m por encima de dicho contacto) que debe resultar inestable.

Véanse los cálculos 1 y 01 del anexo 1836-1/03, por el perfil del Pk-10 y Pk-15 respectivamente.

Los resultados obtenidos indican:

Perfil	Cálculo N°	Factor de Seguridad
Pk-10	2	0.77
Pk-15	02	0.73

Lógicamente el terreno no ha llegado a saturarse debido a que en parte los rellenos son permeables y que a partir de una saturación determinada el coeficiente de seguridad es inferior a 1.0 que es cuando se produce la inestabilidad.

### 5.3. Empujes

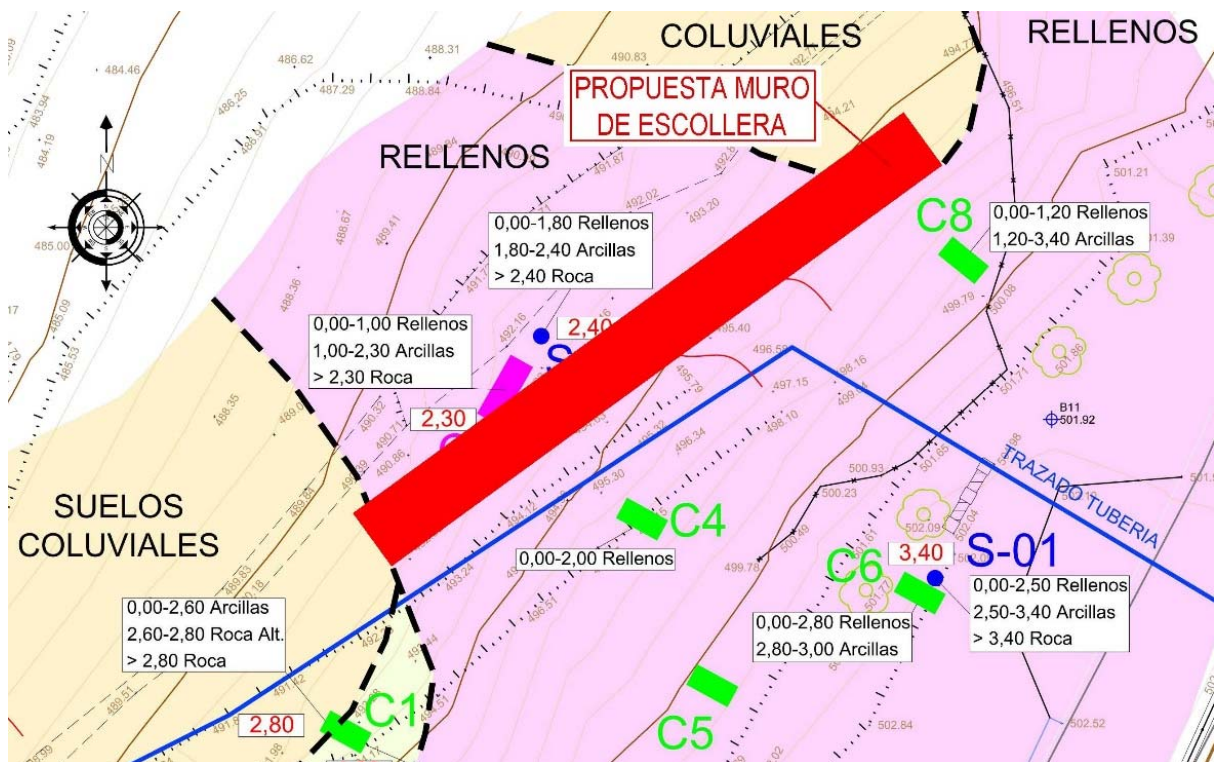
Se han efectuado cálculos sobre empujes que habría que considerar en el diseño de una solución de Estabilización.

Como como consideraciones a tener en cuenta se indican:

- Excavación hasta roca, para garantizar la cimentación (y refuerzo) del sistema estabilizante.
- Acciones: sobrecargas, sismicidad y saturación en el contacto entre la capa de rellenos y arcillas.

Los empujes resultantes, contemplando la situación saturada (antes indicada), se recoge en la tabla siguiente:

Perfil	Altura Talud (m)	Cálculo N°	Empuje Horizontal		
			Factor de Seguridad	Empuje Total (kN/ml)	Empuje Unitario (kN/m2)
Pk-10	4,76	4	1.0	91	19,11
Pk-15	4,87	04	1.0	88	18,07



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las anomalías detectadas aparecen tanto en la zona que ha afectado a la conducción como en otras zonas próximas y son debidas a una estabilidad precaria de los rellenos inestables a media ladera de la carretera GI-1511.
- Se han detectado suelos coluviales, potencialmente inestables que presentan características geotécnicas aceptables (suelos semicompactos a compactos) para que frente a unas actuaciones puedan removilizarse.

En la inestabilidad ocurrida las deformaciones se sitúan en la capa de rellenos sin alcanzar todavía la zona de suelos.

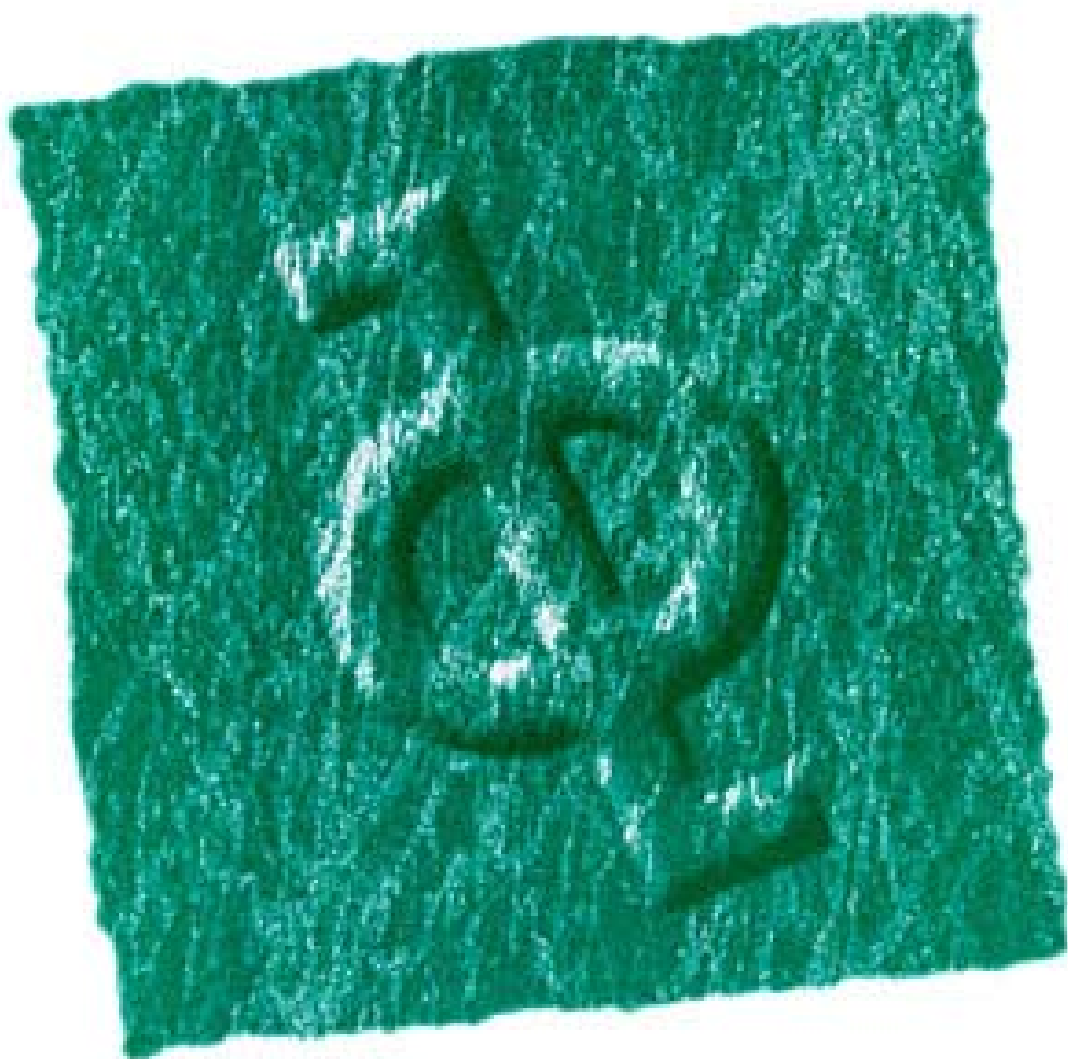
- Existen tramos de la conducción que atraviesan la ladera de forma paralela a esta, y en zonas con suelos coluviales y rellenos, por lo que sería recomendable investigar su situación y estabilidad.
- La solución de estabilización del terreno donde se inestabiliza la conducción debe apoyarse-empotrarse en la capa de roca relativamente sana y se debe prever un drenaje suficiente que impida la generación de posibles inestabilidades.

Sopela, 19 de junio de 2023

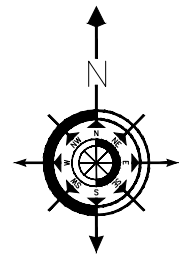


Agustín Larrea Bergaretxe  
Geólogo  
Colegiado nº 1625

## CARTOGRAFIA DE DETALLE

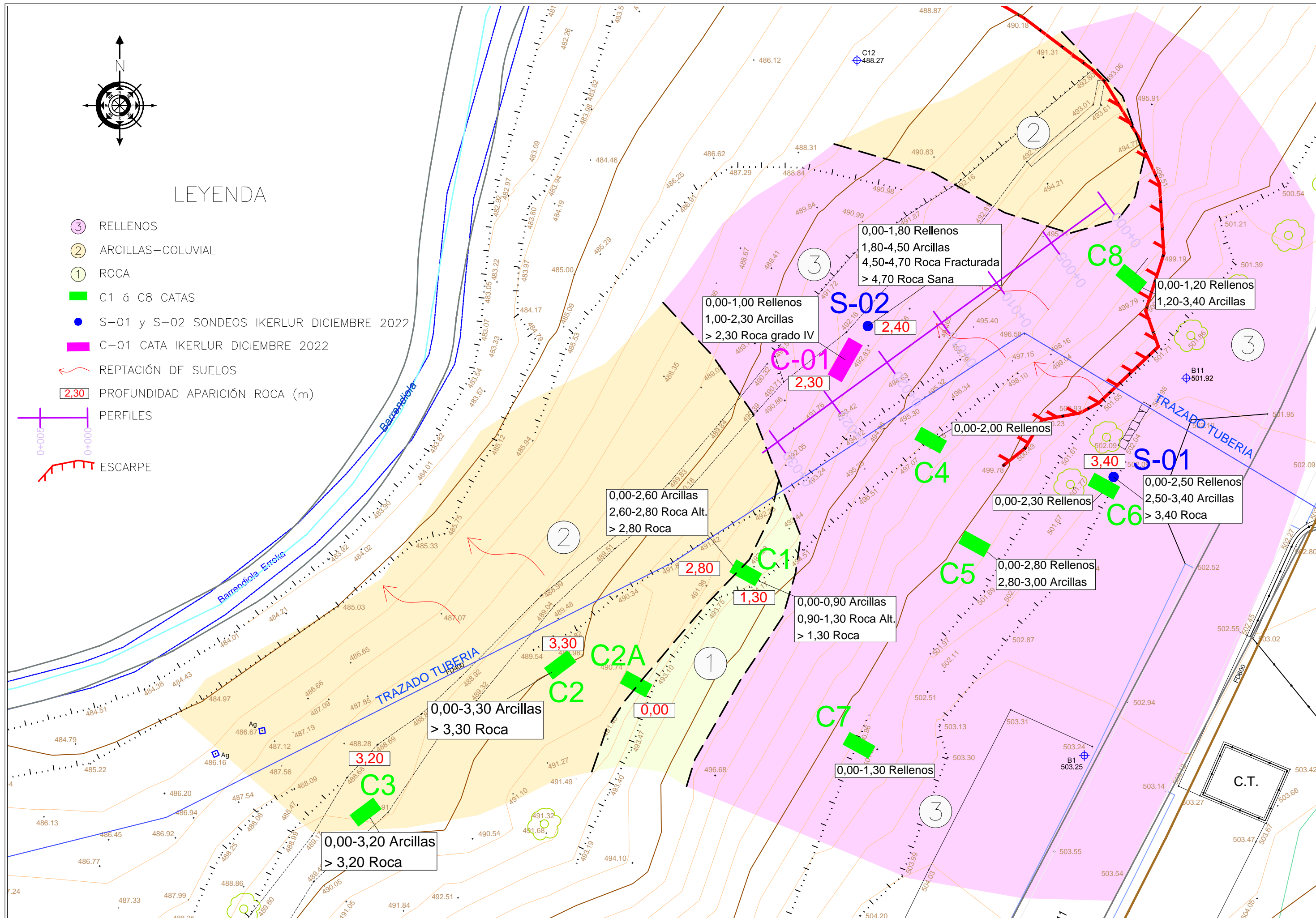


**ANEXO 1836-1/ 01**

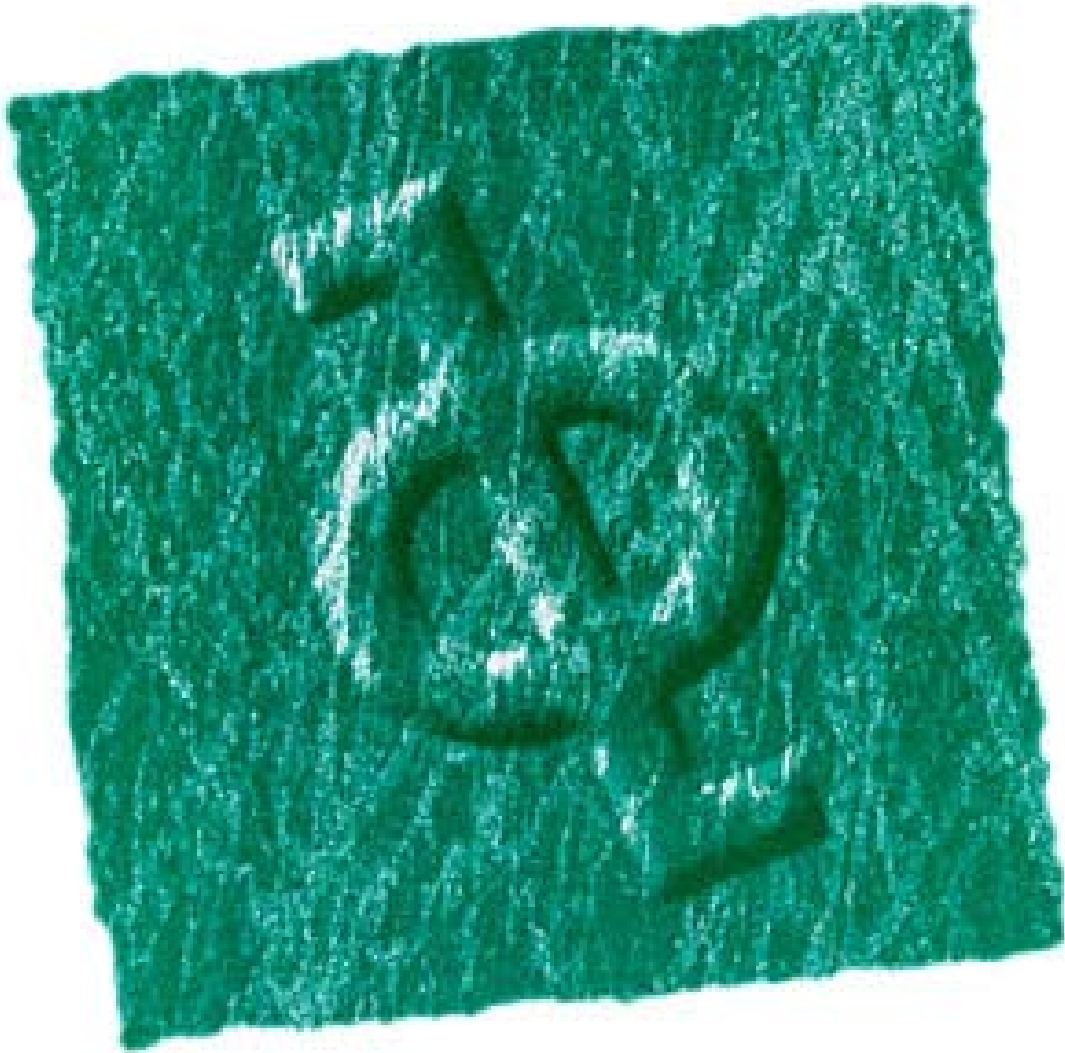


## LEYENDA

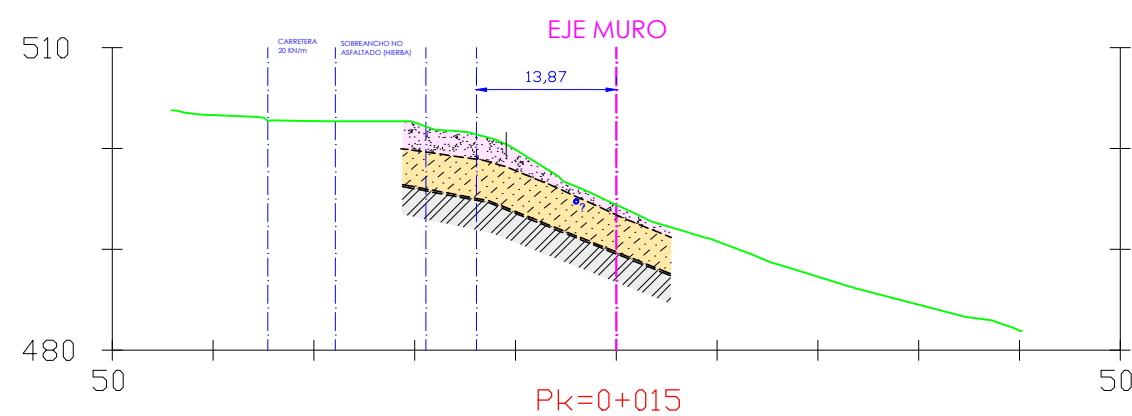
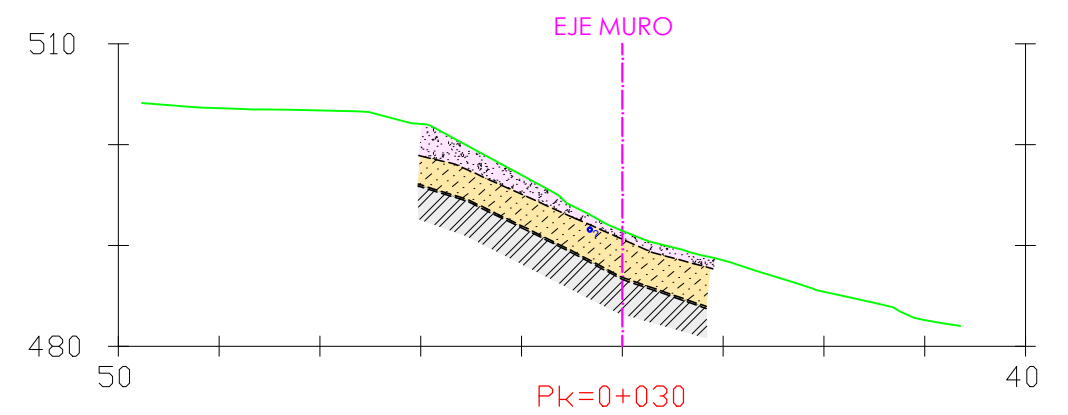
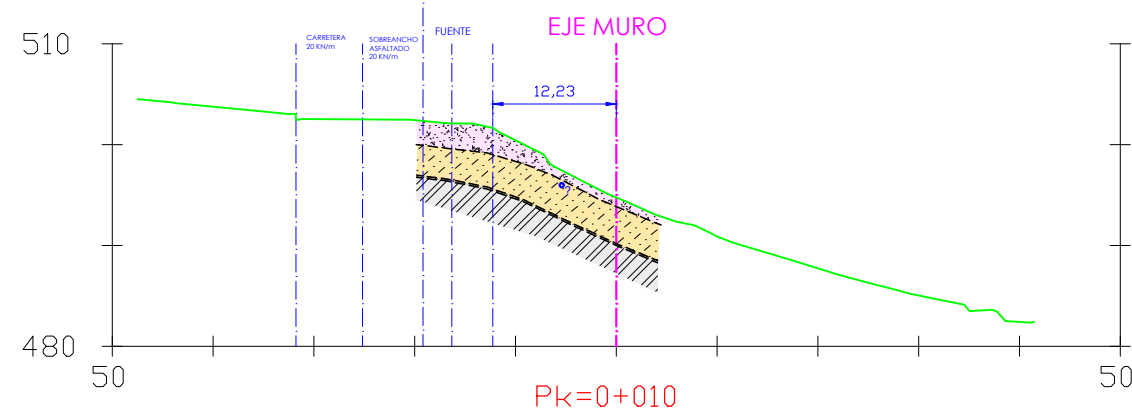
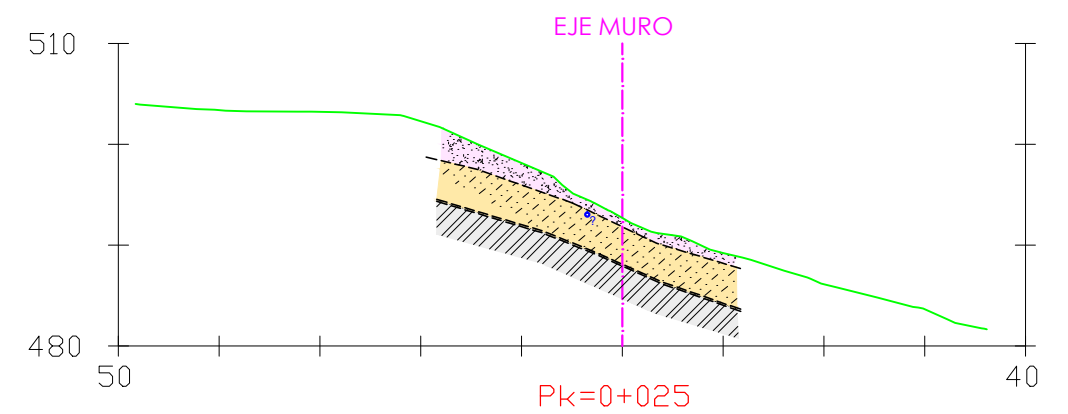
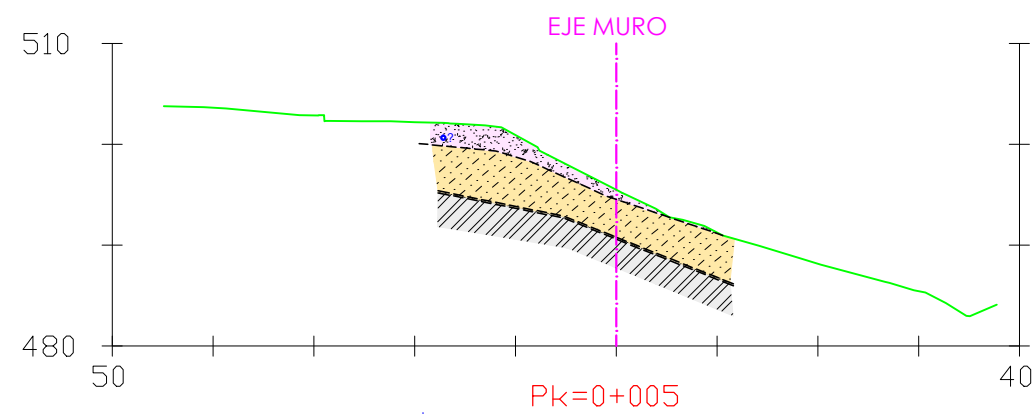
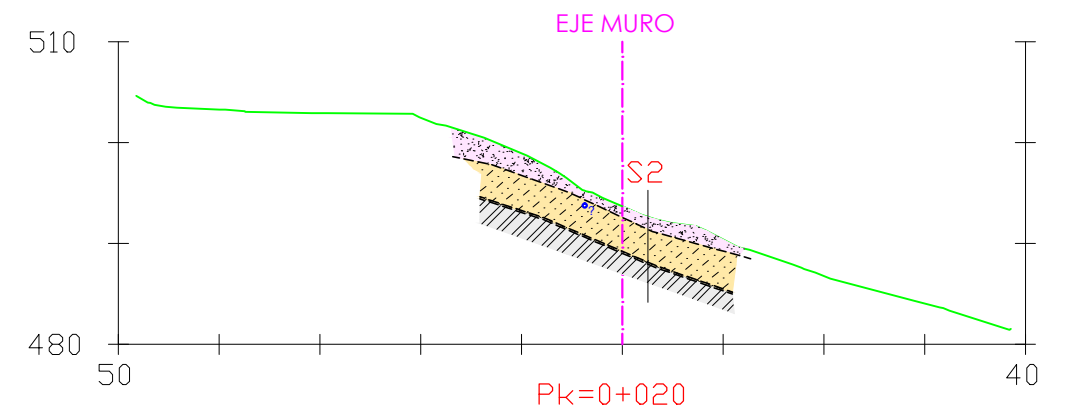
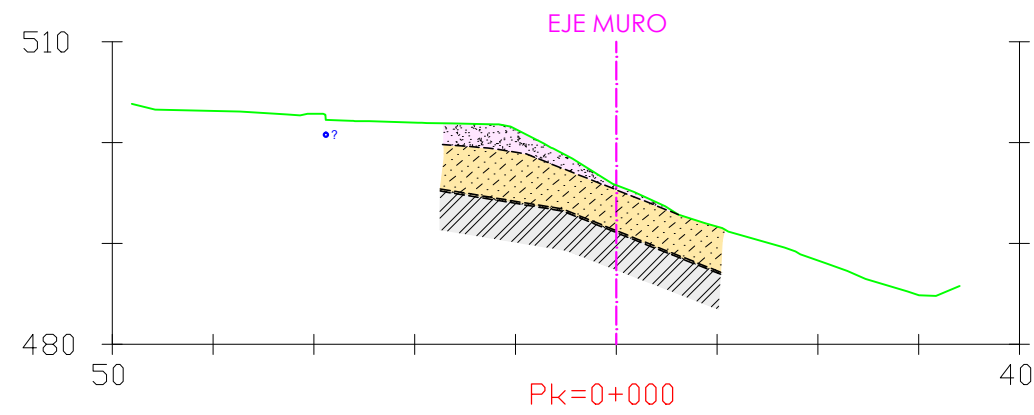
- ③ RELLENOS
- ② ARCILLAS—COLUVIAL
- ① ROCA
- C1 á C8 CATAS
- S-01 y S-02 SONDEOS IKERLUR DICIEMBRE 2022
- C-01 CATA IKERLUR DICIEMBRE 2022
- REPTACIÓN DE SUELOS
- 2,30 PROFUNDIDAD APARICIÓN ROCA (m)
- PERFILES
- ESCARPE



## PERFILES GEOTÉCNICOS



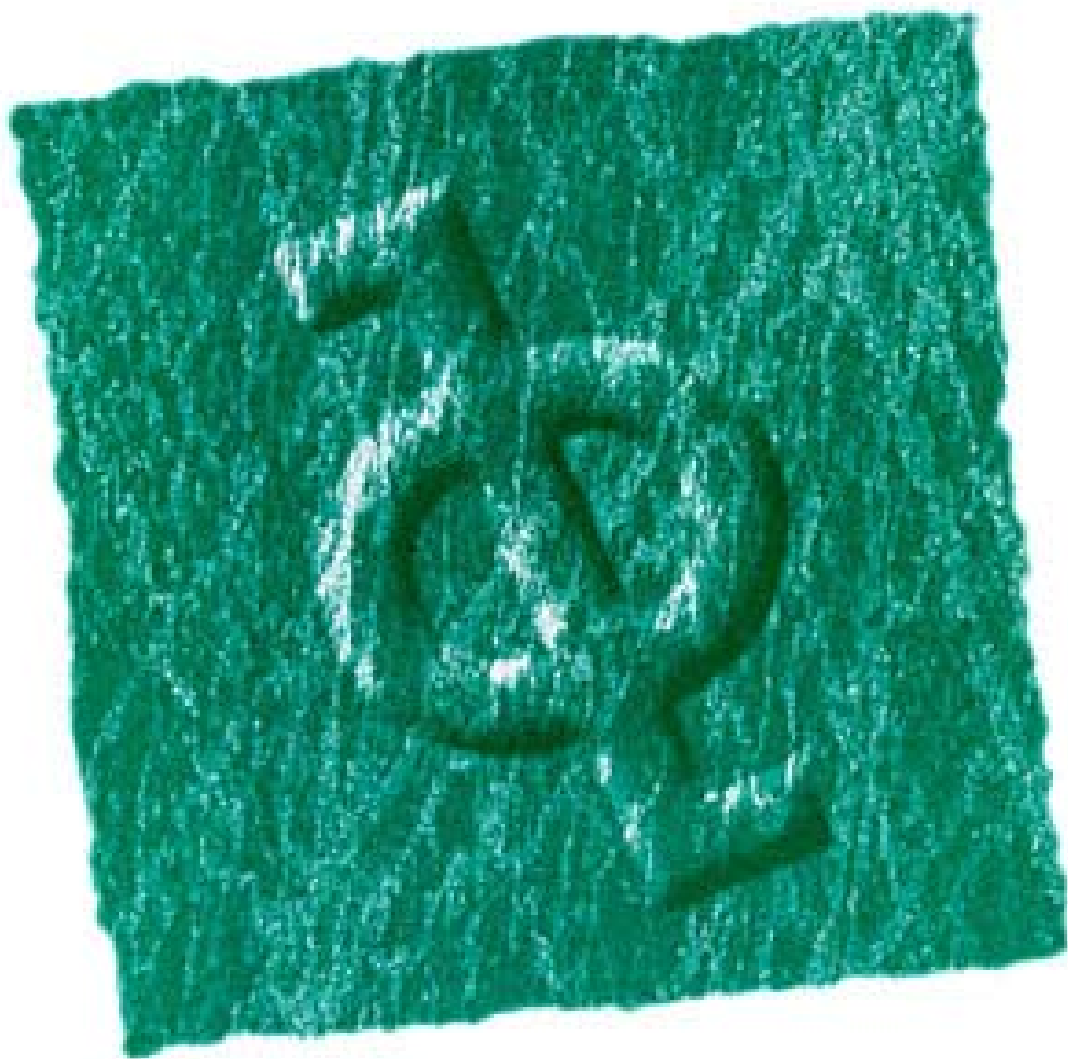
**ANEXO 1836-1/ 02**



## LEYENDA

- Ⓐ RELLENOS
- Ⓐ ARCILLAS
- Ⓑ ROCA ALTERADA Y FRACTURADA
- Ⓒ ROCA RELATIVAMENTE SANA

## CÁLCULOS



ANEXO 1836-1/ 03





## Perfil PK-10

## Condiciones saturadas+sobrecarga+sismo

## Rotura por pie

$$FS=0.59$$

### Cálculo 3

escala 1:500

Litotípo 1:

$$\phi \text{ [}^\circ\text{]} = 35$$
$$c \text{ [kN/m}^2\text{]} = 0$$

$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]} = 20$

Litotípo 2:

$$\phi \text{ [}^\circ\text{]} = 23$$
$$c \text{ [kN/m}^2\text{]} = 20$$

$\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$

Litotípo 3:

$$\phi \text{ [}^\circ\text{]} = 28$$
$$c \text{ [kN/m}^2\text{]} = 50$$

$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]} = 25$

Litotípo 4:

$$\phi = 45^\circ$$
$$c \text{ [kN/m}^2\text{]} = 100$$

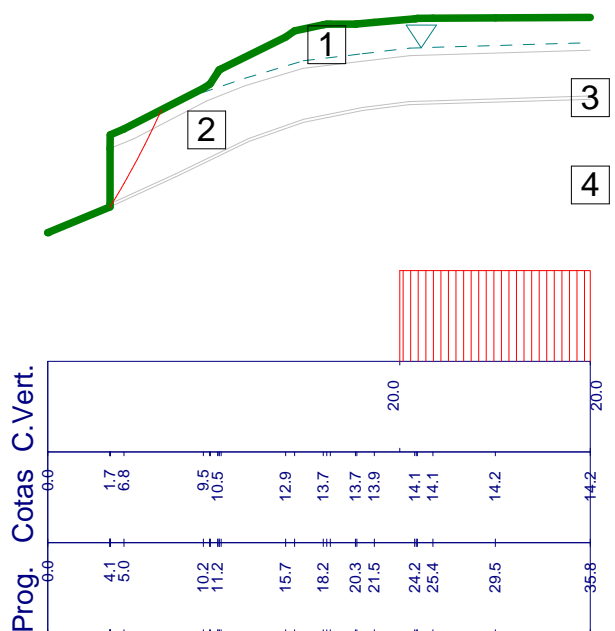
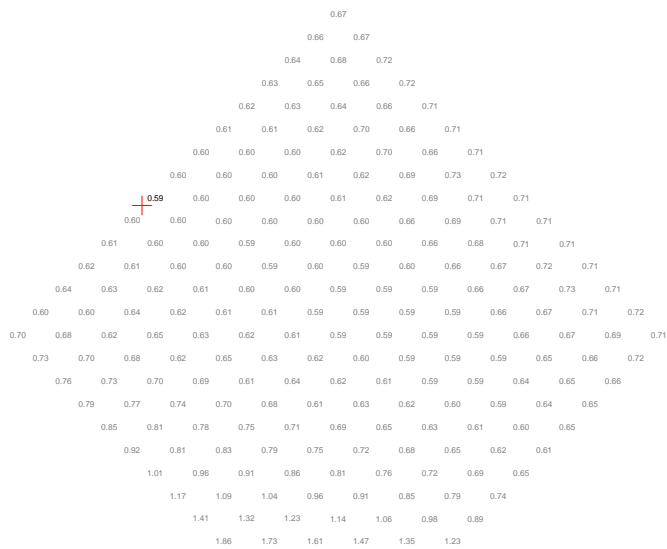
$\gamma \text{ [kN/m}^3\text{]} = 26$

Gama agua [kN/m<sup>3</sup>] =10

Comp. sísmica horiz.=.0383

Comp. sísmica vert.=.0268

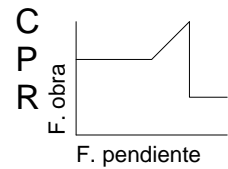
Método: Sarma



1836-1  
Perfil PK-10  
Condiciones saturadas+sobrecarga+sismo  
Empuje H=91kN/m  
FS=1.0  
Cálculo 4  
escala 1:750

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 20
Litotipo 2:	phi [°] = 23	c [kN/m²] = 20	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 3:	phi [°] = 28	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 25
Litotipo 4:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26
Gama agua [kN/m³] =10		Comp. sísmica horiz.=.0383	Comp. sísmica vert.=.0268

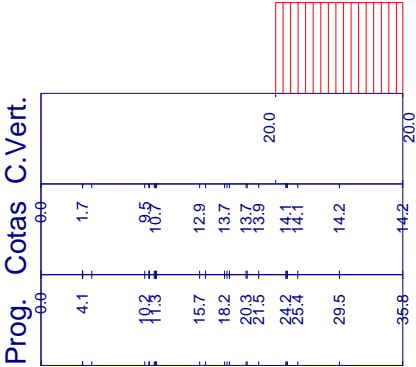
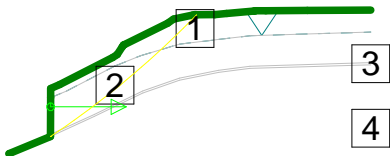
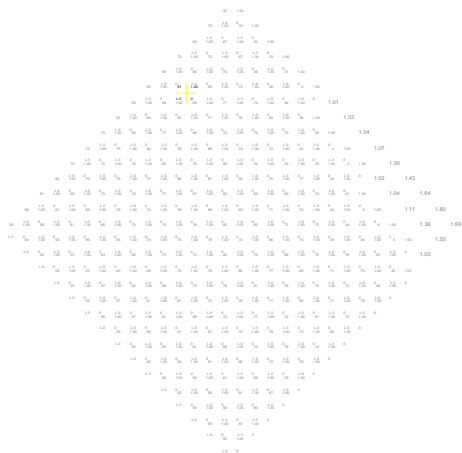
Método: Sarma



C (res. crítica)= 50000  
P (precarga)= 0  
R (res. residua)= 0

RN | FS  
X% | RT

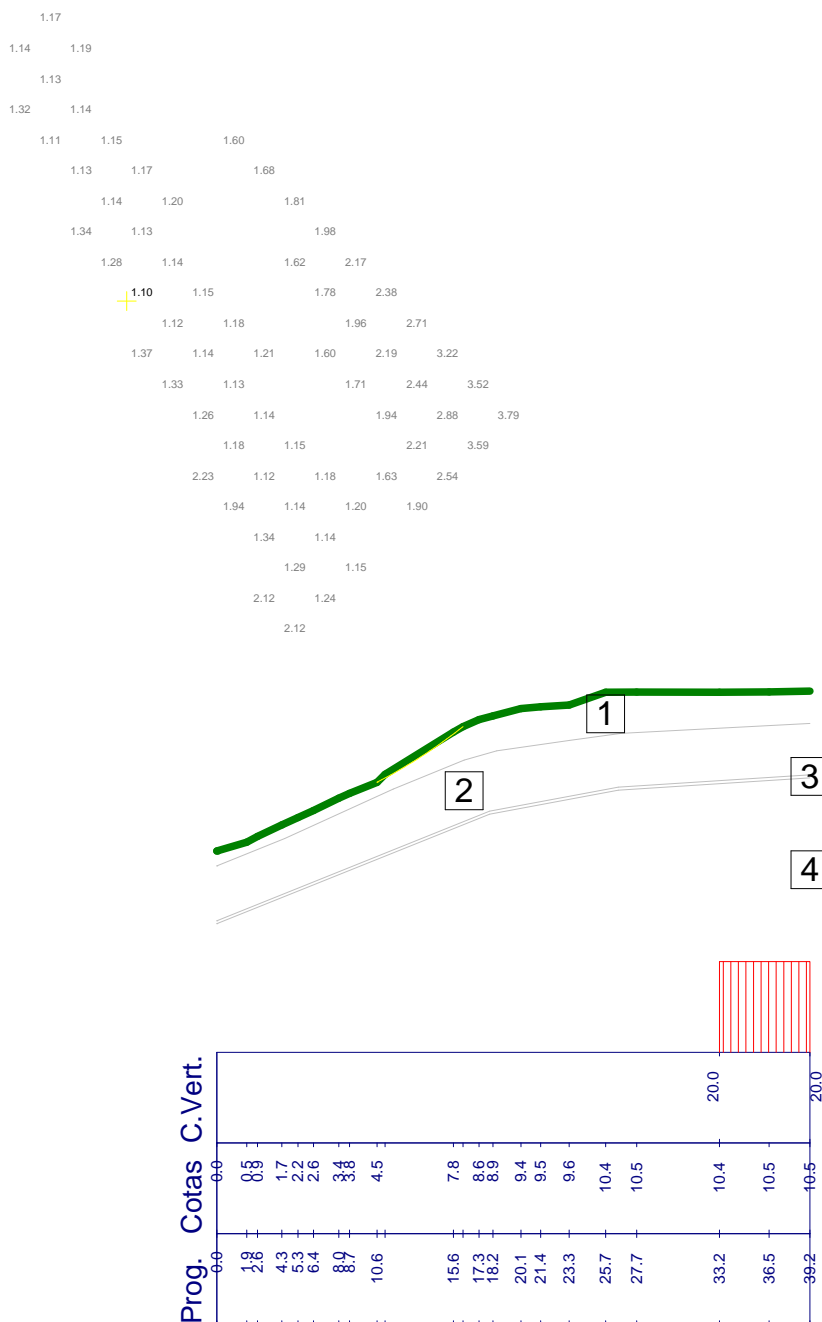
FS: fact. seguridad obtenible  
RN: reac. para conseguir FS= 1  
RT: res. a cedimiento del suelo  
X: %: utilización resist. crítica  
L=linear; T=cedimiento suelo  
P=precarga; R=residua



escala 1:500

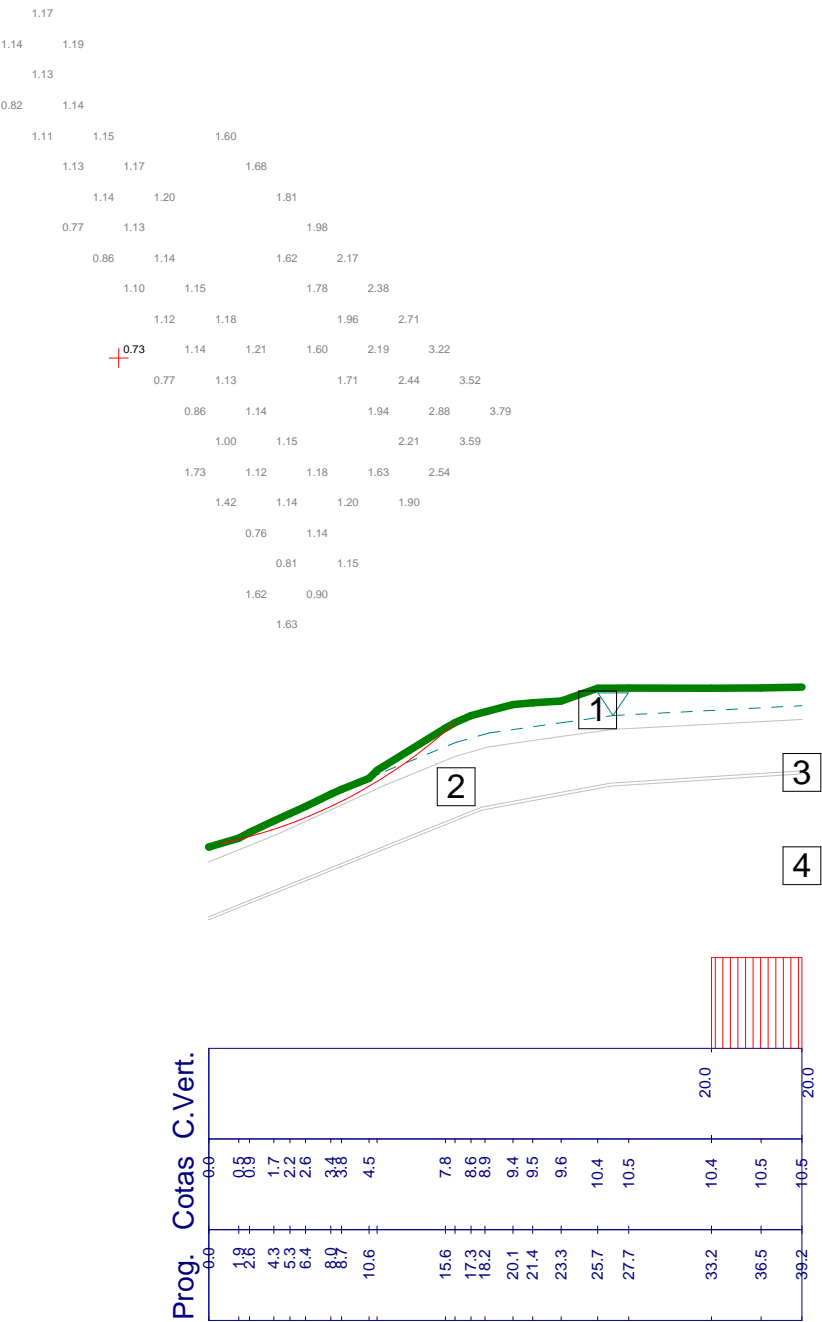
Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 0	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 20
Litotípo 2:	phi [°] = 23	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 20	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 22
Litotípo 3:	phi [°] = 28	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 50	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 25
Litotípo 4:	phi [°] = 45	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 100	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 26

Método: Sarma



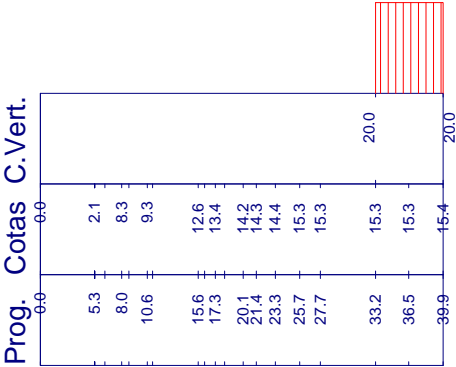
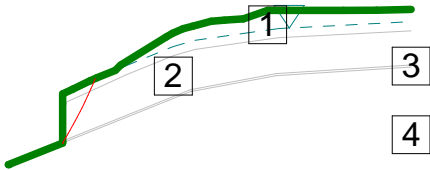
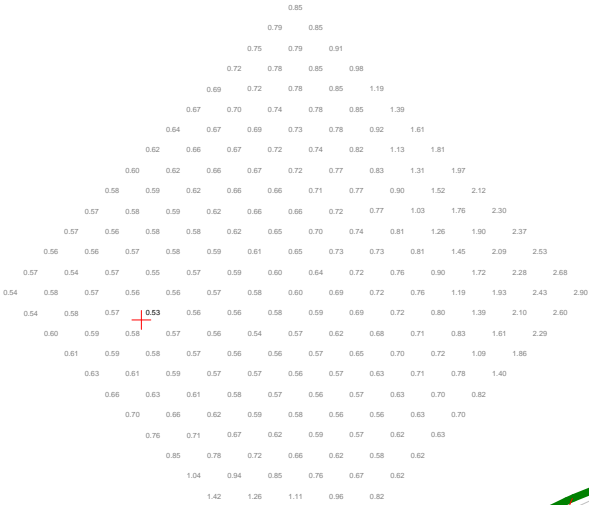
1836-1  
Perfil PK-15  
Condiciones saturadas+sobrecarga  
Rotura por cabeza  
FS=0.73  
Cálculo 02  
escala 1:500

Litotipo 1:	$\phi$ [°] = 35	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ] = 0	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] = 20
Litotipo 2:	$\phi$ [°] = 23	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ] = 20	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] = 22
Litotipo 3:	$\phi$ [°] = 28	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ] = 50	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] = 25
Litotipo 4:	$\phi$ [°] = 45	$c$ [kN/m <sup>2</sup> ] = 100	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ] = 26
Gama agua [kN/m <sup>3</sup> ] =10			
Método: Sarma			



1836-1  
Perfil PK-15  
Condiciones saturadas+sobrecarga+sismo  
Rotura por pie  
FS=0.53  
Cálculo 03  
escala 1:750

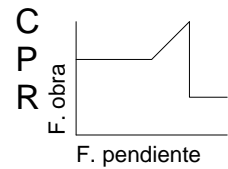
Litotipo 1:	$\phi$ [°] = 35	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 0	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 20
Litotipo 2:	$\phi$ [°] = 23	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 20	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 22
Litotipo 3:	$\phi$ [°] = 28	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 50	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 25
Litotipo 4:	$\phi$ [°] = 45	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 100	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 26
Gama agua [kN/m <sup>3</sup> ] =10		Comp. sísmica horiz.=.0383	Comp. sísmica vert.=.0268
Método: Sarma			



1836-1  
Perfil PK-15  
Condiciones saturadas+sobrecarga+sismo  
Empuje H=88 kN/m  
FS=1.0  
Cálculo 04  
escala 1:1000

Litotipo 1:	$\phi$ [°] = 35	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 0	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 20
Litotipo 2:	$\phi$ [°] = 23	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 20	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 22
Litotipo 3:	$\phi$ [°] = 28	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 50	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 25
Litotipo 4:	$\phi$ [°] = 45	c [kN/m <sup>2</sup> ] = 100	gama [kN/m <sup>3</sup> ] = 26
Gama agua [kN/m <sup>3</sup> ] =10		Comp. sísmica horiz.=.0383	Comp. sísmica vert.=.0268

Método: Sarma



C (res. crítica)= 50000  
P (precarga)= 0  
R (res. residua)= 0

RN | FS  
X% | RT

FS: fact. seguridad obtenible  
RN: reac. para conseguir FS= 1  
RT: res. a cedimiento del suelo  
%: utilización resist. crítica  
X: L=linear; T=cedimiento suelo  
P=precarga; R=residua

