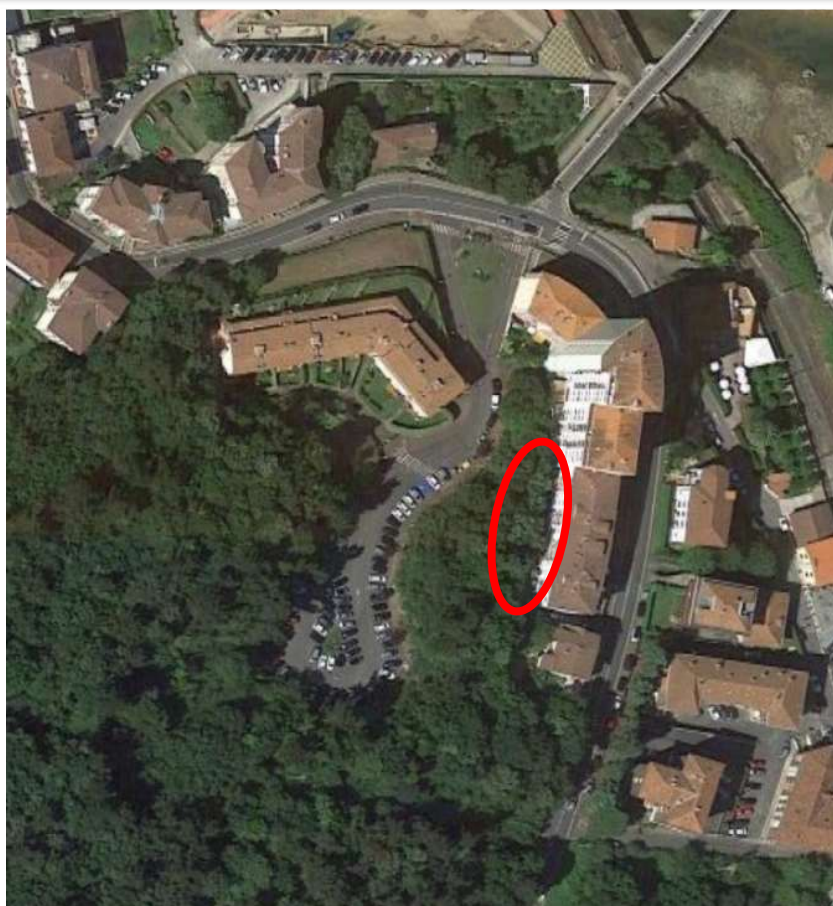


**INESTABILIDAD DE LADERA EN ITXASBEGI
T.M DE BUSTURIA**



Busturiko Udala

Agustín Larrea Bergaretxe
Geólogo Colegiado nº 1625
GEOLOGIA Y GEOTECNIA LARREA S.L.

15 de mayo de 2026

INDICE

Página

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETO Y ALCANCE	1
3. METODOLOGÍA.....	1
4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE.....	1
5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES.....	10
5.1. Marco Geológico.....	10
5.2. Sismicidad.....	12
5.3. Estudio Fotogeológico	13
6. CONDICIONES DE ESTABILIDAD	17
6.1. Geometría	17
6.2. Características Geotécnicas de los Taludes.....	17
6.3. Condiciones de Estabilidad Actuales	17
6.4. Riesgos	33
7. ESTABILIZACIÓN-PROTECCIÓN PROPUESTA.....	34
7.1. Conceptos Básicos.....	34
7.2. Justificación y Desarrollo de la Solución	34
7.2.1. Comentarios Preliminares	34
7.2.2. Definición de la Solución	35
7.2.3. Justificación Soportes Sistema Flexible de Estabilización.....	36
7.2.4. Verificación de los Niveles de Soporte del Sistema.....	37
7.2.5. Definición Longitud Bulonado	39
7.2.6. Plazo de Instalación	41
8. PRESUPUESTO	42

ANEXOS

1725-1/01	Emplazamiento		1:7.500
1725-1/02	Implantación Zona	1 de 2	1:500
1725-1/02	Solución Propuesta	2 de 2	S/E

1. INTRODUCCIÓN

BUSTURIKO UDALA ha encargado la Revisión de las Características geológico-geotécnicas y de Estabilidad de un Estudio Geotécnico Valorado relativo a las Condiciones de Estabilidad de ladera en Itxasbegi, en el T.M. de Busturia, redactado por GEOLOGIA Y GEOTECNIA LARREA S.L. con fecha de 14 de diciembre de 2021.

En el citado estudio se analizan y valoran dos taludes:

- TALUD TRASERO DE LAS VIVIENDAS 126, 127 Y 128.
- TALUD JUNTO AL APARCAMIENTO PUBLICO DE LA UED ARTADI.

En el talud primero no se han realizado trabajos de Estabilización, mientras que sí en el talud junto al aparcamiento.

2. OBJETO Y ALCANCE

- Definir las condiciones de Estabilidad actuales del talud trasero de las viviendas 126, 127 y 128.
- Revisar las obras definidas a la situación actual tanto desde el punto de vista técnico como económico.

3. METODOLOGÍA

- Análisis de la Documentación Existente
- Inspección visual
- Toma de datos
- Cálculos
- Redacción Estudio Geotécnico Valorado.

4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

- Con fecha 22 de abril de 2021 Don Ion Martínez San Martín (Geólogo) redacta un Informe de Revisión Geotécnica del talud trasero de las viviendas en cuyas Conclusiones y Recomendaciones se indica:

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De todos los aspectos expuestos anteriormente se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El principal riesgo geológico del talud se produce en la mitad derecha del alzado propuesto visto de frente. Este riesgo se asocia a la posible caída de bloques decimétricos y métricos de roca sana potencialmente inestables y quizás generados durante las labores de voladura del talud durante su excavación.
- La mitad derecha del talud visto de frente presenta menor riesgo en este sentido y en general tiene indicios de mayor estabilidad probablemente por encontrarse en su estado natural, sin excavaciones asociadas.

- Otro riesgo, aunque menor, es la posible caída de suelos desde coronación asociado a episodios de intensas lluvias.

Por tanto, se puede recomendar:

- Un estudio más detallado del estado del talud, con adquisición de datos estructurales del macizo rocoso que permitan conocer su factor de seguridad.
- Control mediante auscultación, topografía principalmente mediante dianas, de los bloques más inestables para verificar si existe movimiento o no.
- Por último, diseñar alguna medida de contención que pudiera retener o estabilizar los bloques en caso de desprendimiento (mallas cableadas adosadas al talud, pantallas dinámicas o estáticas al pie, bulones para cosido de bloques, etc.

- Con fecha 26 de julio de 2021 Don Agustín Larrea Bergaretxe (Geólogo) realiza una visita a la zona a petición del Ayuntamiento de Busturia y redacta 1 Nota Técnica, correspondiente al talud trasero de las viviendas, donde se indica:



Emplazamiento de la zona referenciada



Vista general del Talud

Se ha dividido el talud en 4 zonas:

ZONA DERECHA (vista desde la parte inferior)



Bloques rocosos que van “perdiendo” las arcillas entre bloques y disminuyen su estabilidad.

Parte de los bloques pueden alcanzar la terraza situada algo más al Norte (la de la sombrilla).



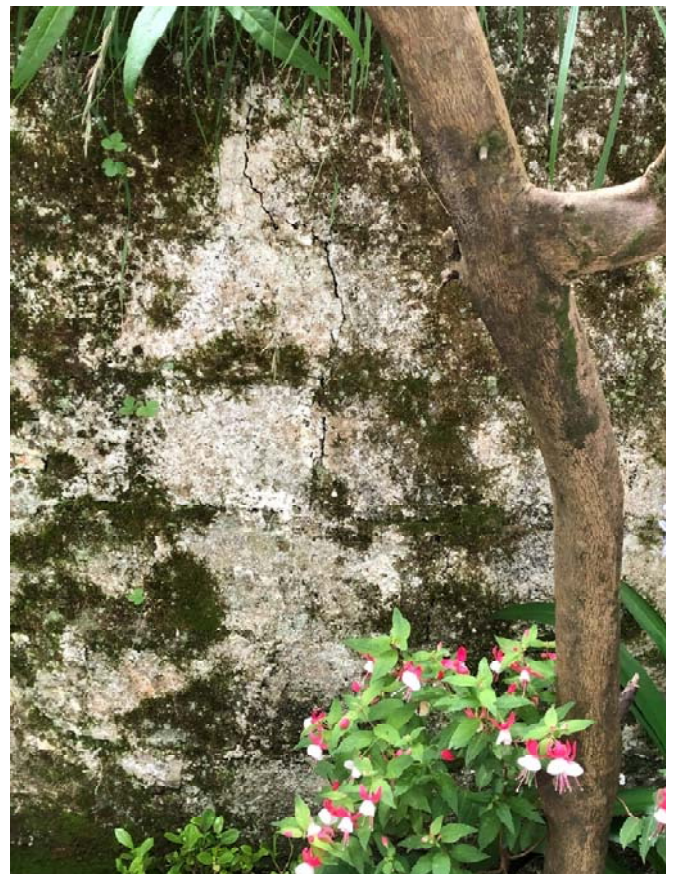
Detalle de cuñas potencialmente inestables



Detalle de cuña inestable



Muro de bloques con vuelco



Muro con grieta

ZONA CENTRAL



Zona con refuerzos



Bloques rocosos que van “perdiendo” las arcillas y disminuye su estabilidad.

Se observan zonas muy húmedas, lo que denota surgencias de agua (en épocas de lluvias).



En esta zona no se han podido observar las características del Muro inferior debido al estado abundante de la vegetación.

ZONA IZQUIERDA (vista desde la parte inferior)



Bloque saliente en la zona izquierda y bloque en forma de “bisera” a la derecha

ZONA SUPERIOR

Presentan suelos con abundante vegetación (mimosas).



Vista zona superior

El Riesgo es la combinación de Peligrosidad y Vulnerabilidad.

La Peligrosidad se asocia con la posibilidad o probabilidad de que surja una inestabilidad.

En nuestro caso:

- Bloques inestables en zona izq. y central: Media-Baja. Los suelos y las arcillas dejan suelto a un bloque que puede caer, la caída de éste, provoca el descalce de los bloques superiores que pueden, asimismo caer.
- Muro inferior: Media-Alta: por acumulación y empuje de aguas y tierras. No se observan mechinales o drenes.
- Bloques en la zona dcha.: Baja.
- Suelos superiores: Baja-Media.

La Vulnerabilidad se asocia a los daños que originará una inestabilidad.

En nuestro caso:

- Terrazas (bienes y personas): Muy Alta, en especial en la zona central, izquierda y la terraza situada más al Norte.

Por lo tanto, se puede concluir que el Riesgo es Alto y se requieren medidas de contención.

Estas medidas pueden ser del tipo malla de triple torsión adosada al terreno con bulones en la zona superior (con drenaje) y refuerzo del muro inferior.

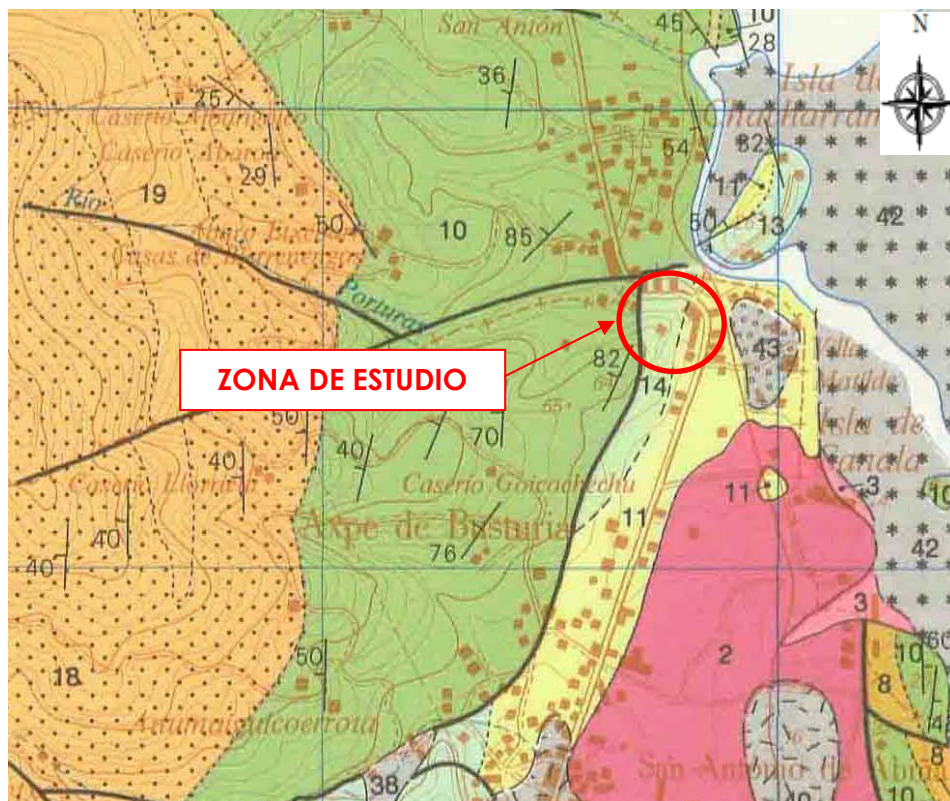
Una solución similar se ha adoptado en la urbanización situada al Oeste.

5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES

5.1. Marco Geológico

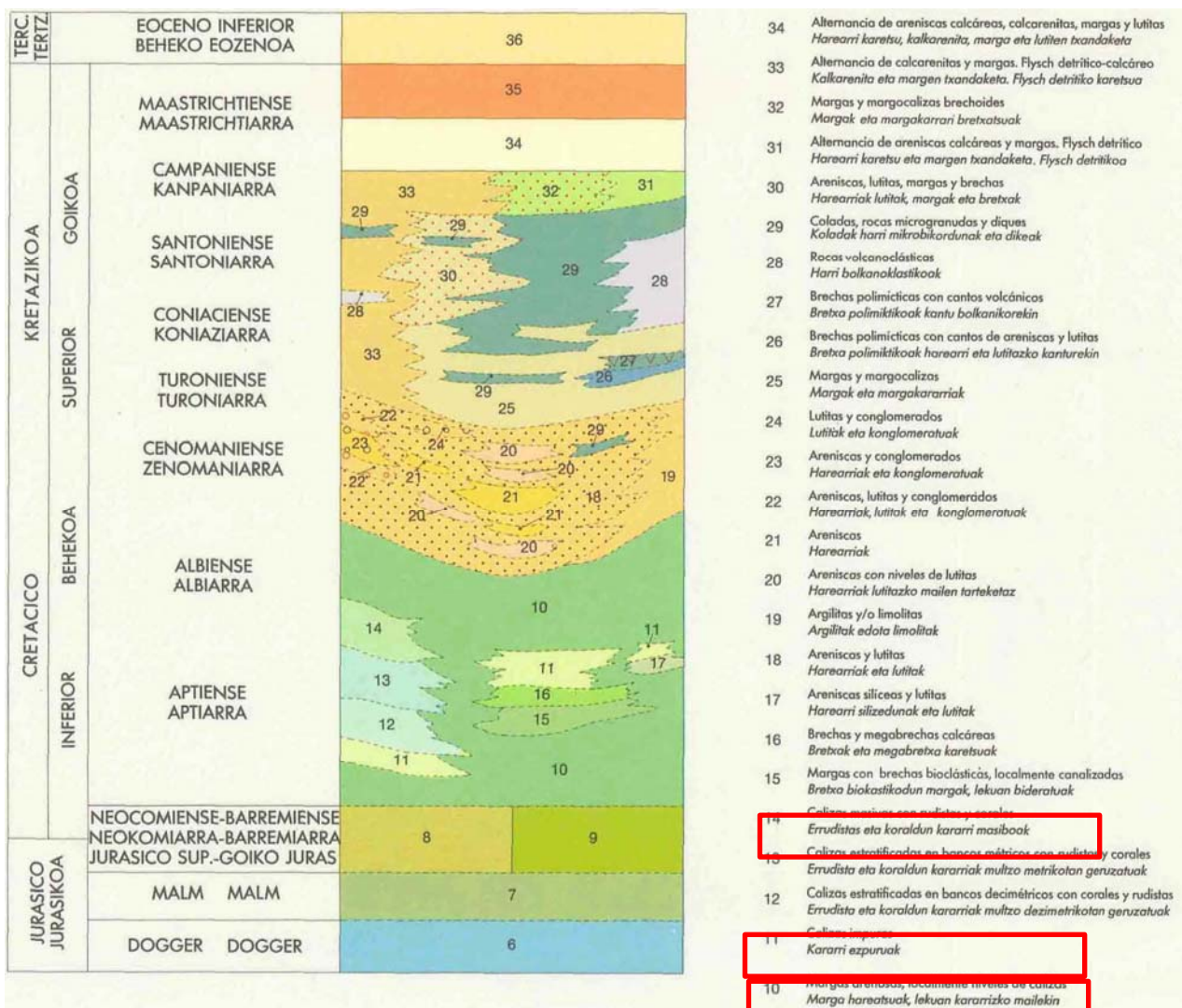
La zona de estudio se sitúa geológicamente en el denominado Sector de Gernika (Unidad de Oiz) y con una orientación preferente Norte-Sur y afectado por el diapiro de Gernika situado al Este.

Los materiales aflorantes son del tipo calizas (materiales 11 y 14) de edad Aptiense-Albiense (Cretácico inferior). Desde el punto de vista geotécnico presentan condiciones similares.



Hoja 38-III MUNGIA del Mapa Geológico del País Vasco, editado por el EVE

Leyenda

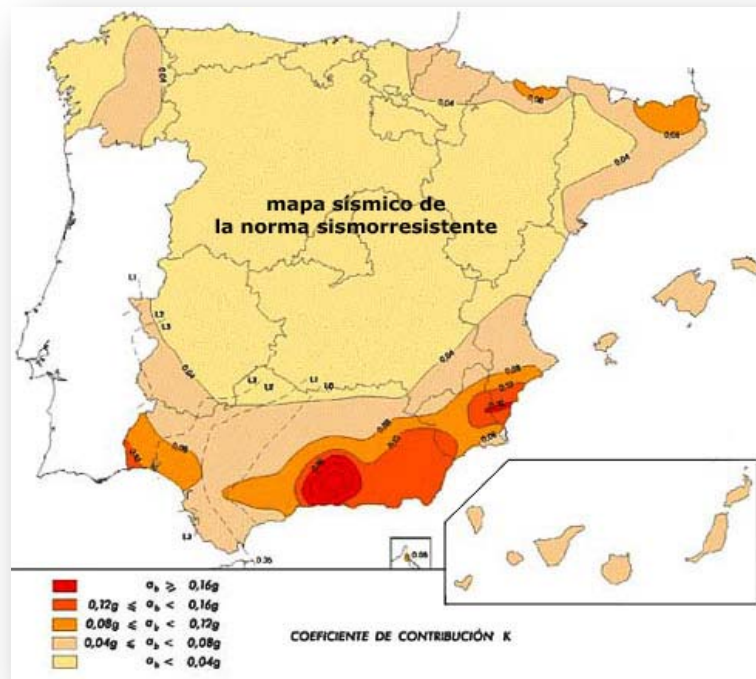


SIMBOLOS CONVENCIONALES OHIZKO SINBOLOAK

	Contacto normal o concordante Ikura normala edo baterakorra		Eje anticlinal con sentido del buzamiento axial Ardatz antíclinala okermenduren zentzuz
	Contacto normal o concordante supuesto Ustezko ikura normala edo baterakorra		Eje anticlinal deducido Ardatz antíclinala ondorioztatua
	Contacto discordante Ikura desbaterakorra		Eje sinclinal con sentido del buzamiento axial Ardatz sinklinala okermenduren zentzuz
	Contacto discordante supuesto Ustezko ikura desbaterakorra		Eje sinclinal deducido Ardatz sinklinala ondorioztatua
	Contacto mecánico Ikura mekanikoa		Dirección y cantidad de buzam. de la estratificación Geruzapenaren okermenduren zentzua eta zenbatekoa
	Falla Falla		Estratificación subvertical Geruzapen azpibertikala
	Falla supuesto Ustezko falla		Estratificación subhorizontal Geruzapen azpiborizontala
	Falla inversa Falla alderantzia		Estratificación con buzamiento invertido Geruzapen okermendu alderantziaz
	Falla inversa supuesto Ustezko falla alderantzia		Dirección y cantidad de buzamiento de la esquistosidad Eskistositatearen okermenduren zentzua eta zenbatekoa
	Eje anticlinal Ardatz antíclinala		

5.2. 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 inferior a 0,04 (con un coeficiente de contribución "K" de 1,0).



Mapa de Peligrosidad Sísmica de la Norma Sismorresistente

5.3. Estudio Fotogeológico

Ya en el año 1945-1946 se observa la antigua explotación (cantera) existente en la zona y una edificación junto a la carretera BI-2235.



1945-1946

Hasta el año 1965 no se observan grandes modificaciones.



1965

En el año 1977-1978 se ha construido la zona de viviendas Itxasbegi



1977-1978

En el año 1983 se aprecia el acondicionamiento de la antigua cantera como aparcamiento de vehículos.



1983

En el año 1984 parece una remodelación-adequación de la zona de la cantera.



1984

En el año 2001 se ha construido el edificio de la zona Oeste y aparece el aparcamiento con su planta y distribución actuales.



2001



2002

Desde el año 2002 hasta la fecha 2021 no se observan actuaciones, anomalías, etc. en el registro fotográfico.

6. CONDICIONES DE ESTABILIDAD

6.1. Geometría

Los taludes ejecutados en la trasera de las viviendas se realizan partiendo de la antigua "plaza de cantera" actual aparcamiento dejando una zona interior a modo de "dique" de separación y excavaciones de pendiente variable (en gran altura) entre las cotas +28 ó +27 m hasta las de la terraza inferior +15 ó +16.

Las excavaciones se realizan principalmente mediante voladuras debido a la alta resistencia de la roca.

Debido a esta morfología se inestabilizan las zonas señaladas en el Informe de fecha 26 de julio de 2021.

Zona Norte: talud rocoso vertical con abundantes "marcas" de voladuras.

Zona Sur: con un perfil tipo constituido por dos taludes, una superior arcillosa y otro inferior rocoso similar al de la zona central, aunque con pendientes algo inferiores.

Zona Central: constituye la franja entre la zona Norte y zona Sur.

6.2. Características Geotécnicas de los Taludes

La zona de Suelos de la zona superior presenta pendientes entre 15 y 25 ° respecto a la horizontal y está constituida por suelos arcillosos semicompactos con espesores entre 1 y 3 m y a continuación aparece el sustrato rocoso de tipo calizo.

No se aprecian aguas, salvo algunas zonas de flujo en el contacto con la roca.

La zona en Roca las pendientes son elevadas 50-90° respecto a la horizontal y están constituidas por calizas con una intensa karstificación a arcillas o cavidades.

No se detecta un sistema de juntas homogéneo particular aunque de manera general se aprecia una orientación preferente Norte-Sur.

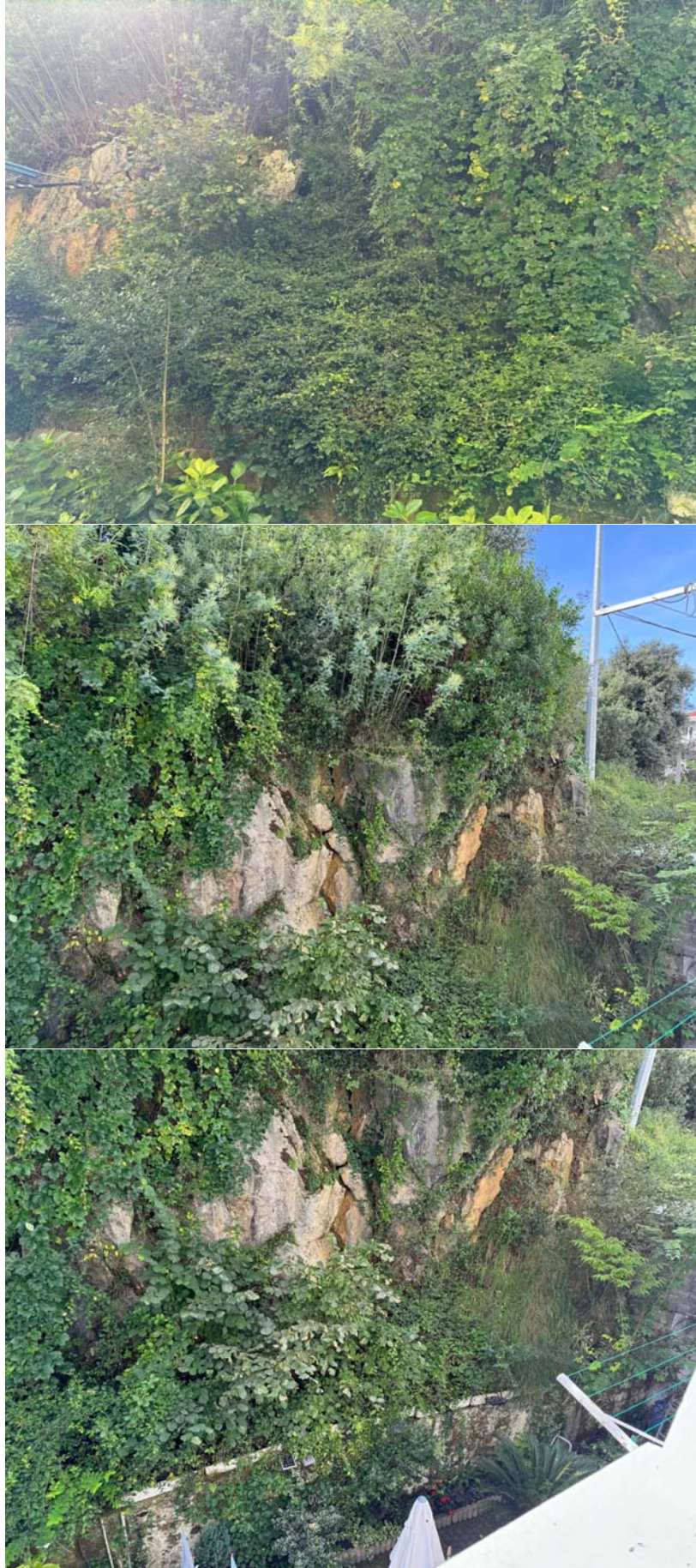
6.3. Condiciones de Estabilidad Actuales

Con fecha 16 de septiembre de 2024 se ha efectuado una inspección detallada de la zona. En el siguiente reportaje fotográfico se comparan fotos del año 2021 y las actuales:

ZONA DERECHA
Año 2021



Año 2024/09/16



ZONA CENTRAL
Año 2021



Año 2024/09/16



ZONA IZQUIERDA
Año 2021



Año 2024/09/16



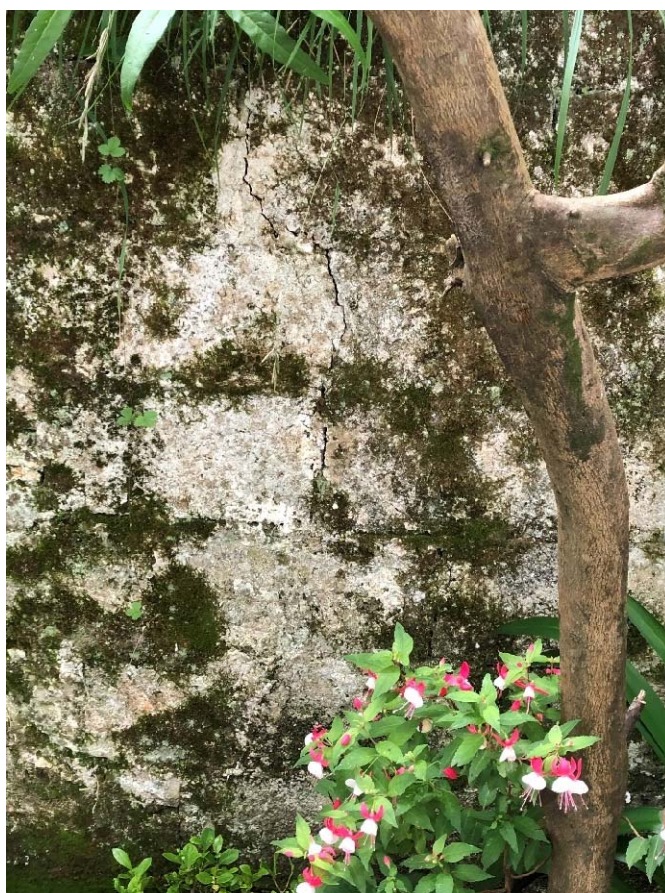
ZONA SUPERIOR
Año 2021



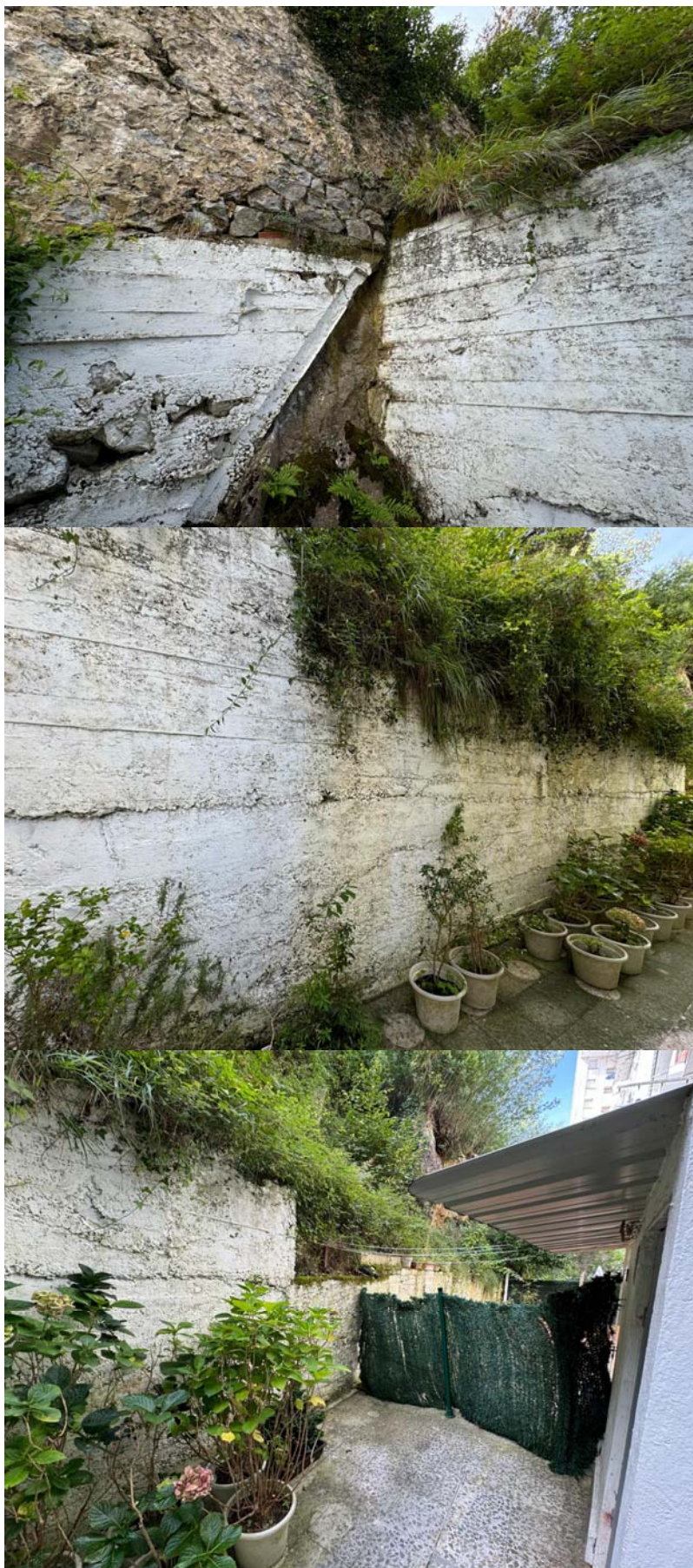
Año 2024/09/16

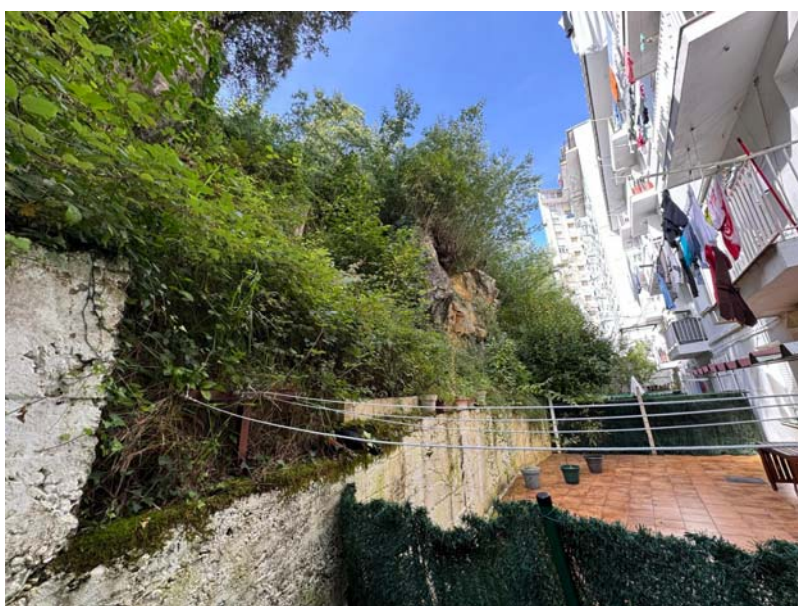
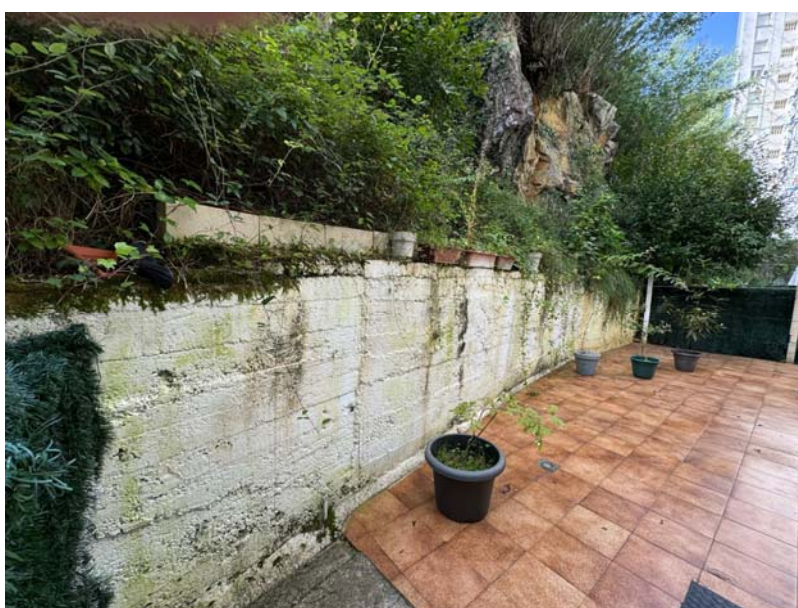


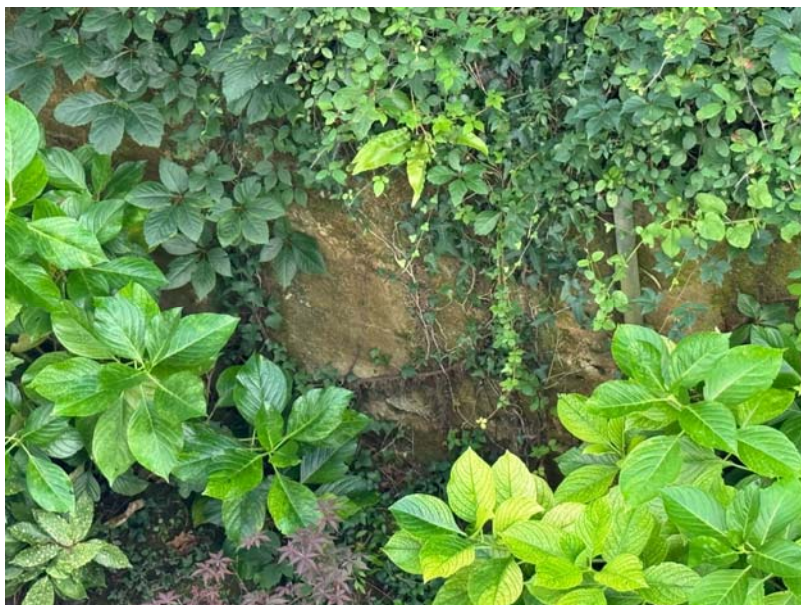
ZONA TERRAZAS
Año 2021



Año 2024/09/16







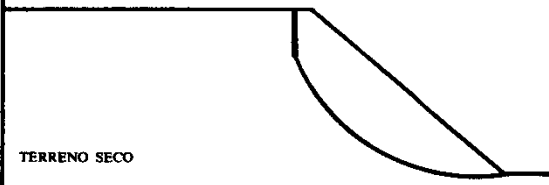
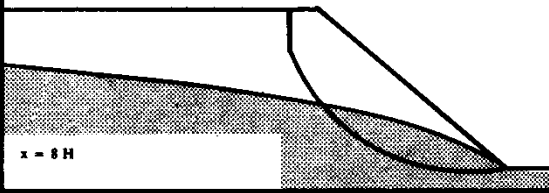
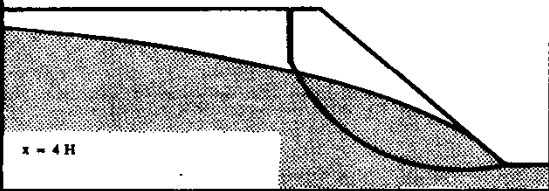
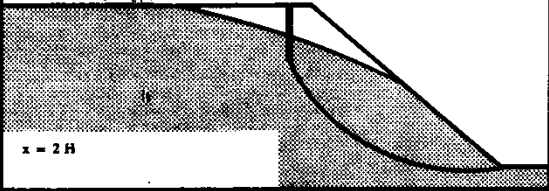
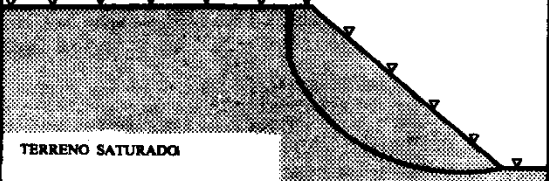


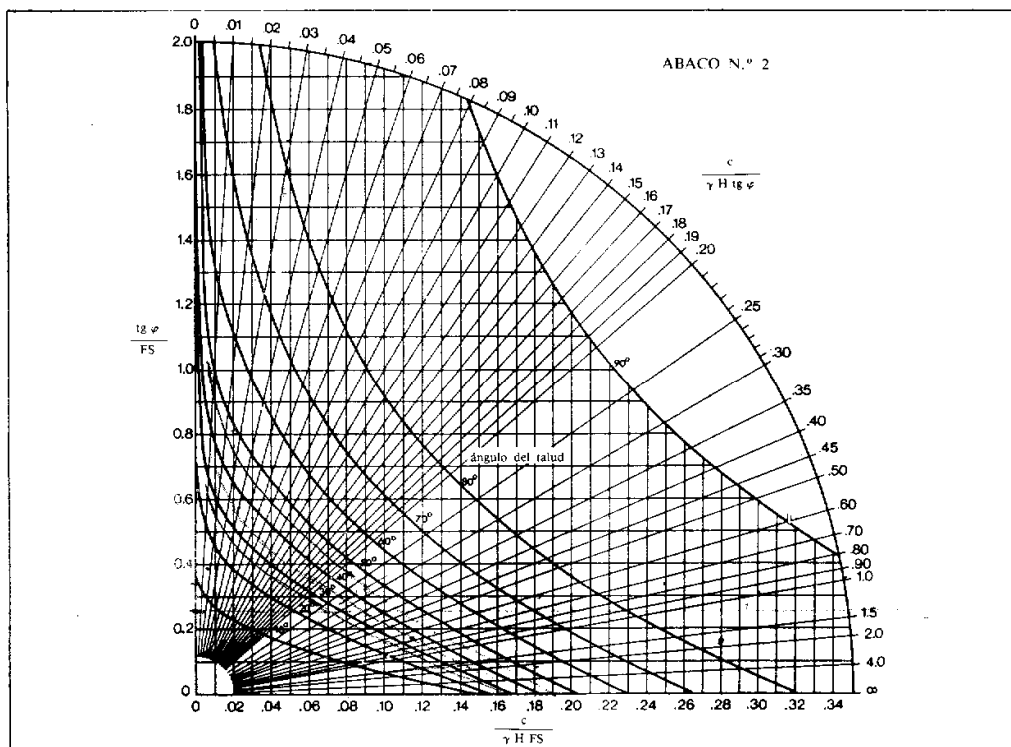
Las condiciones actuales de estabilidad respecto a las del año 2021 con algunos matices:

- Fuerte incremento de la vegetación lo que puede implicar una mayor meteorización a suelos.
- Los bloques rocosos siguen en condiciones similares pero el envolvente arcilloso puede aumentar y disminuir la estabilidad.
- El aspecto de los muros de terrazas es similar apreciándose humedad.

Suelos

Se utilizan los ábacos de Hoek y Bray para suelos semicompactos y una altura de 3,0 m y flujo por el pie.

SITUACION DE LA LINEA DE SATURACION	NUMERO DE ABACO
 TERRENO SECO	1
 $x = 8H$	2
 $x = 4H$	3
 $x = 2H$	4
 TERRENO SATURADO	5



Parámetros de suelos semicompactos (Normas ROM):

- γ : densidad = $2,0 \text{ tn/m}^3$
- c : cohesión = $2,0 \text{ tn/m}^2$
- ϕ : Fricción = 23°

Ángulo talud ($^\circ$)	Valor tg/FS	FS (Factor de Seguridad)
15	0,29	1.44
20	0,35	1.20
25	0,39	1.08

Se trata de Factores de Seguridad estables ($\text{FS} > 1.0$) pero bajos (valores óptimos a considerar $\text{FS} > 1.5$).

Es importante señalar que la vegetación de la zona cumple con 2 aspectos positivos:

- Mejora la estabilidad por el enraizamiento
- Mejora la estabilidad por absorber agua.

No obstante se debe considerar el efecto negativo que constituye en el caso de la vegetación-arbolado de gran porte que, por efecto del viento, puede removilizar las rocas y afectar negativamente a la estabilidad.

Roca

La estabilidad está condicionada por 2 fenómenos:

- Huecos entre bloques rocosos
- Zonas arcillosas entre juntas

Algunas de estas juntas son naturales y otras son producto de las voladuras.

No existe riesgo de tipo vuelco de estratos, rotura planar, cuñas, etc.

Los riesgos se originan por roturas aisladas de bloques de forma ocasional o caída de zonas arcillosas.

6.4. Riesgos

El Riesgo es la combinación de Peligrosidad y Vulnerabilidad.

La Peligrosidad se asocia con la posibilidad o probabilidad de que surja una inestabilidad.

En nuestro caso:

- Bloques inestables en zonas izquierda y central: Media-Baja. Los suelos y las arcillas dejan suelto a un bloque que puede caer, la caída de éste, provoca el descalce de los bloques superiores que pueden, asimismo caer.
- Muro inferior: Media-Alta: por acumulación y empuje de aguas y tierras. No se observan mechinales o drenes.
- Bloques en la zona derecha: Baja.
- Suelos superiores: Baja-Media.

La Vulnerabilidad se asocia a los daños que originaría una inestabilidad.

En nuestro caso:

- Terrazas (bienes y personas): Muy Alta, en especial en la zona central, izquierda y la terraza situada más al Norte.

Por lo tanto, se puede concluir que el Riesgo es Alto y se requieren medidas de contención.

Estas medidas pueden ser del tipo malla o sistema flexible metálico adosada al terreno con bulones en la zona superior (con drenaje) y refuerzo del muro inferior.

Una solución similar (malla de simple torsión) se ha adoptado en la urbanización situada al Oeste.

7. ESTABILIZACIÓN-PROTECCIÓN PROPUESTA

7.1. Conceptos Básicos

Las obras de Estabilización para estos riesgos de afección a Personas y Bienes están condicionadas tanto por la Propiedad de las zonas afectadas como por las potenciales inestabilidades o riesgos.

Sin entrar en consideraciones de Propiedad se plantean las soluciones más adecuadas tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Se pueden plantear diversas soluciones dada la evolución de los procesos inestables, desde excavaciones hasta alcanzar taludes estables, hasta medios de contención (muros, anclajes, etc.).

Dadas las características de la zona se plantea:

Talud Zona	Solución Propuesta
Trasero Viviendas	Malla metálica reforzada con cables y bulones

7.2. Justificación y Desarrollo de la Solución

7.2.1. Comentarios Preliminares

Según lo observado en el emplazamiento, se esboza a continuación la medida de estabilización mediante malla metálica reforzada y bulonado pasivo al terreno. De este modo, se establece que:

- Se propone emplear una medida de actuación de tipo uniforme en la superficie del talud.
- Consistirá en una malla metálica adosada con cables de refuerzo horizontal y bulones pasivos.
- Se determina, según cálculos geotécnicos y el análisis geoestructural como presión de diseño o de sostenimiento para garantizar la seguridad a largo plazo el valor de 15 kPa (1.5 t/m²).
- Se confiere por tanto la solución a un sistema S-15 (15 kPa = 15 kN/m²) mediante mallas metálicas reforzadas con cables horizontales de refuerzo y anclajes pasivos de bulones de barra con 3,0 m bulbo, en una medición de aproximadamente 33 x 12 m (396 m²) a mayorar por solapes e irregularidades del terreno en aprox. 15 % dando una medición total de 450 m².
- Para el soporte establecido se establece un patrón regular de 2,5 x 3,6 m , aproximadamente 1 bulón cada 9,0 m². La tipología de bulonado recomendada es el GEWI 25mm de longitud máxima 3,0 m, diámetro de perforación mínimo de 50 mm e inyección en toda su longitud con lechada de cemento .
- No obstante, por la irregularidad del terreno, el bulonado se debe disponer en las llagas o zonas deprimidas del terreno, sin necesidad de disponer el mismo al tresbolillo.

- En el emplazamiento se estiman un número de 10 líneas verticales necesarias de bulonado mas 2 adicionales para considerar bulones aislados, dando un total de 12 líneas verticales. Se dispondrá un bulón en cabecera, otro en pie y dos interiores, obteniendo un total de 48 cabezas de bulón.
- Es necesario ejecutar dos líneas en los bordes laterales de anclajes flexibles, por tanto son necesarias 8 unidades.
- En zona de suelos y material suelto (aproximadamente un tercio del talud) se propone geomalla antierosión para control del fenómeno erosivo y en zona de suelos.
- Se dispondrán unos mechinales pasamuros en el muro existente en el pie hacia los patios para facilitar el drenaje del mismo.

7.2.2. Definición de la Solución

La definición de los sistemas flexibles de estabilización de taludes se establece combinando todos los parámetros estructurales y geométricos de los diferentes componentes (membrana, cable de refuerzo y conjunto de anclaje) que intervienen en la definición de soporte o presión de sostenimiento del sistema para garantizar la estabilidad del talud a largo plazo de cada uno de los componentes en comparación al valor de la presión o sostenimiento de diseño.

Por ello, la definición específica de cada uno de los componentes puede hacer variar la concepción del resto de componentes de la solución, pero siempre se debe garantizar la presión de diseño. Cada uno de los componentes debe de revisarse en función del resto de condicionantes impuestos, para verificar y garantizar el soporte de diseño para garantizar la estabilidad a largo plazo establecida en 1,5 t/m², teniendo en cuenta lo siguiente:

- Para definir la membrana flexible (malla metálica) es necesario disponer de la resistencia a tracción de la misma (T_y , en kN/m) bajo condiciones de confinamiento lateral y la distancia de separación de líneas de anclaje medida sobre el desarrollo del talud (S_y , en metros), para obtener el soporte ofrecido en condiciones de trabajo, el cual debe ser mayor o igual al soporte de diseño.
- Para definir el refuerzo horizontal, se debe tener en cuenta el número de cables dispuestos por línea (n), y se debe considerar la resistencia a tracción de los mismos (T_c) y la cuadrícula propuesta de bulonado (S_x y S_y en metros), para obtener el soporte ofrecido en condiciones de trabajo, el cual debe ser mayor o igual al soporte de diseño.
- Para definir el conjunto de anclajes, es necesario definir la cuadrícula de anclaje, así como la tipología de anclaje a emplear en función de la carga del bulón de barra en el límite elástico considerando además el diámetro de perforación y la longitud de bulbo requerida en función de la adherencia estimada, para obtener el soporte ofrecido en condiciones de trabajo, el cual debe ser mayor o igual al soporte de diseño.

Se debe definir por tanto, a nivel de proyecto, la solución específica de estabilización en base a la presión de diseño establecida en el informe geotécnico, requiriendo que cada uno de los componentes del sistema flexible de estabilización de taludes ofrezca un soporte igual o superior al de diseño en base a las características de las membranas flexibles, el refuerzo de cables y de la tipología de anclaje a emplear, todo ello teniendo en cuenta las características específicas del emplazamiento y los condicionantes constructivos.

Por tanto, de lo observado en el emplazamiento tras una nueva inspección más reciente y en detalle del emplazamiento, se observa lo siguiente:

- La abundante vegetación presente en la actualidad, especialmente en la montera, hace que se debe tener en cuenta su eliminación (actividad de desbroce y tala) no solo en la zona de actuación sino en las zonas por la que se pueden acceder a ejecutar los trabajos, los cuales, por su singularidad, requieren de una zona donde se pueda acceder e implantar la línea de vida de los trabajos en altura a realizar.
- La falta de espacio, hace que no sea recomendado el empleo de medios de elevación para realizar las labores de perforación, por lo que se debe tener en cuenta la perforación manual y sus condicionantes, en particular respecto a la longitud máxima de anclaje y diámetro de perforación, pero respetando el soporte de diseño establecido en 1,5 t/m².
- El grado de fracturación y la irregularidad de la pared rocosa, hace recomendable la ejecución de una solución con un patrón de bulonado cerrado de tipo "soil nailing" donde se recomienda bulones de anclaje de tipo pasivo garantizando la solución por su trabajo conjunto en base a una cuadrícula de anclaje recomendada y que en todo caso deberá ajustarse a la propuesta de perforación en zonas deprimidas localizando las mismas en la vertical sin necesidad de disposición al tresbolillo.

Todo ello permite facilitar un correcto funcionamiento del conjunto de la solución, por lo que se establece como solución, conforme a los condicionantes actuales del terreno y las recomendaciones geotécnicas, la disposición de un sistema flexible de estabilización de taludes compuesto por una membrana flexible de alta resistencia y baja deformación combinada con un sistema de anclajes de tipo "soil nailing" y con refuerzos horizontales de cable para garantizar los niveles de soporte.

7.2.3. Justificación Soportes Sistema Flexible de Estabilización

En lo siguiente, se verifica el cumplimiento de los niveles de soporte de diseño del sistema propuesto a continuación, mediante empleo de malla 3STUTOR® Plus o similar. Esta verificación se realiza en lo adelante atendiendo a la resistencia a tracción bajo confinamiento lateral de la misma según EAD 230025-00-01-06 (obtención de marcado CE) y a la cuadrícula de anclaje propuesta, definiendo además los cables de refuerzo horizontal, tanto en número como en diámetro, bajo la modelización estructural de comportamiento físico denominado como "unidireccional".

Se definirá también la solución de "soil nailing" de tipo GEWI 500/550 y diámetro de barra 25 mm, con diámetro de perforación mínimo recomendado de 50 mm, bajo los criterios de seguridad y acorde a las condiciones de ejecución posibles y tipología de materiales presentes en el emplazamiento de obra. Se recomienda disponer la solución de anclajes al tresbolillo para facilitar un mejor comportamiento de la solución.

7.2.4. Verificación de los Niveles de Soporte del Sistema

SISTEMA DE SOPORTE S-15 (soporte garantizado de la solución >1,5 tn/m²)

Sistema flexible de estabilización de taludes, compuesto por una membrana flexible de alta resistencia y baja deformación del tipo 3STUTOR® 100/3,4 o similar con una resistencia a tracción con confinamiento lateral según EAD 230025-00-01-06 (obtención de marcado CE) de 100 kN/m.l.

La membrana ofrece un soporte superior a los 15 kN/m², y se refuerza con DOS cables de horizontales de refuerzo de 14 mm.

Se combina con bulonado pasivo de tipo GEWI 500/550 de 25 mm de diámetro en cuadrícula de 2,5 x 3,6 m ejecutados según recomendación en las llagas verticales o zonas deprimidas identificadas en el talud.

Se confiere el control de las inestabilidades superficiales y de la estabilización del talud a la combinación de un **sistema flexible de estabilización de taludes con un bulonado de tipo pasivo al terreno ("soil nailing" o claveteado del terreno), con un requerimiento de soporte de al menos 15 kN/m².**

El valor del soporte de diseño mínimo a garantizar por la solución se obtiene del cálculo de empuje ejercido por el terreno para las condiciones geométricas del talud y geotécnicas de los materiales existentes según cálculo geotécnico.

Para ello, se propone el empleo de una membrana flexible del tipo **3STUTOR® Plus o similar 100/3,4** con una resistencia a tracción de **100 kN/ml** en ensayo de tracción con confinamiento lateral (*Ensayos de tracción conforme al Marcado CE según ETA 16/0238 de acuerdo a EAD 230025-00-0106 y con Certificado de Conformidad de control de prestaciones: 1301-CPR-1240*).

Bajo el planteamiento del modelo unidireccional de comportamiento de las membranas flexibles en estabilización de taludes por desarrollo de una presión estabilizadora al generar una curvatura en la misma, para una distancia entre líneas de refuerzos (coincidentes con las líneas horizontales de bulones de anclaje) de valor **Sy=2,5 m** (para las condiciones de proyecto) medidos sobre el desarrollo del talud, el sistema ejercerá un nivel de soporte superior a los **15 kN/m².**

A. Verificación de soporte según modelo físico unidireccional.-

El soporte ofrecido por la membrana, según lo recogido en el proyecto y según lo recogido en el libro "Aplicación de Membranas Flexibles para la Prevención de Riesgos Naturales" Luis Fonseca, R.L. ISBN.- 978-84-613-6018-5) el soporte unitario de la malla se establece dividiendo la resistencia a tracción bajo confinamiento lateral en condiciones de trabajo (afectando la de rotura por un factor de seguridad usual para estas mallas de $FS=1,67$) entre la distancia entre líneas de refuerzo.

$$S_{UM} = (T_y / F.S) / S_y$$

$$S_{UM} = (100 \text{ kN/m} / 1,67) / 2,5 \text{ m}$$

$$S_{UM} = 23 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Verifica } S_{UM} \geq 15 \text{ kN/m}^2$$

B. Soporte ofrecido por la solución de bulones de anclaje.-

La solución se complementa con un sistema de bulones de anclaje, (soil nailing) compatibles para el nivel de soporte propuesto (Bulones **GEWI 25 mm** con carga de rotura de 270 kN, de límite elástico de 245 kN y carga de trabajo para factor de seguridad de 1,5 de valor $T_{bw}=163 \text{ kN}$ en cuadrícula **2,5x3,6 m**). Por tanto, el soporte unitario del sistema de bulonado se obtiene dividiendo la carga de trabajo del bulón entre la superficie tributaria dada por la cuadrícula de anclajes:

$$S_{UB} = T_{bw} / (S_x * S_y)$$

$$S_{UB} = 163 \text{ kN} / (2,5 \text{ m} \times 3,6 \text{ m})$$

$$S_{UB} = 18 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Verifica } S_{UB} \geq 15 \text{ kN/m}^2$$

C. Verificación del soporte ofrecido por la solución de cables de refuerzo.-

Para completar el sistema éste se refuerza interiormente mediante líneas de horizontales compuestas de **DOS cables de acero galvanizado de alma metálica HORIZONTALES de 14 mm** de diámetro.

Estos cables, combinados con la instalación de placas especiales tipo PI ("U") en la cabeza del anclaje para la conexión cables-anclaje, permiten garantizar el soporte unitario del sistema para las condiciones de trabajo.

En coronación y pie, se recomienda utilizar un único cable horizontal de igual diámetro al anterior, combinados con la instalación de placas especiales tipo DELTA ("Ranas") en la cabeza del anclaje para la conexión cables-anclaje, permiten garantizar el soporte unitario del sistema para las condiciones de trabajo.

El cable empleado para la ejecución de las líneas interiores de refuerzo horizontal es un **DOBLE cable de acero con alma metálica, diámetro 14 mm** y resistencia mínima de 1.770 N/mm² en los alambres de trenzado que lo componen. Este tipo de cable ofrece una carga de rotura de 115 kN y una carga en condiciones trabajo de trabajo de 77 kN para factor de seguridad de 1,5.

Para que el sistema sea equilibrado, el soporte unitario de los cables de refuerzo debe ser del orden del soporte unitario de la membrana flexible (S_{UM}) y del bulonado (S_{UB}). Para determinar teóricamente el soporte ofrecido los cables de refuerzo en condiciones de trabajo, se debe definir el ángulo de tiro que forman en la cabeza del anclaje. Experimentalmente se ha obtenidos valores relativos a este ángulo, siendo de unos 30° para las condiciones de trabajo de los componentes del sistema.

$$S_{UC} = [(4 * T_{W \text{ CABLE}}) * \text{sen}(30^\circ)] / (S_x * S_y)$$

$$S_{UC} = [(4 * 77 \text{ kN}) * \text{sen}(30^\circ)] / (2,5 \text{ m} \times 3,6 \text{ m})$$

$$S_{UC} = 17 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Verifica } S_{UC} \geq 15 \text{ kN/m}^2$$

7.2.5. Definición Longitud Bulonado

Revisada las condiciones mínimas del anclaje a emplear, a continuación, se pasa a verificar la longitud del bulbo necesaria, así como la longitud total de anclaje mínima, en función de las hipótesis de consideradas para el funcionamiento del sistema como un sistema flexible de estabilización de taludes en combinación con anclajes al terreno que conformen un soil nailing, con bulonado de tipo pasivo inyectado en toda su longitud.

La longitud total de anclaje (L_T) será la suma de la longitud mínima del bulbo requerido para las hipótesis asumidas (L_B), más la longitud no considerada en la superficie por meteorización del material rocoso existente o tamaño medio de bloques observados (L_M), y que según lo visto en campo, tiene un espesor de 0,5 m. La longitud total de anclaje es la longitud del bulbo incrementada en la longitud de la zona meteorizada.

$$L_T = L_M + L_B$$

El cálculo del bulbo (L_B , zona de anclaje efectivo) se realiza en base a la siguiente formulación:

$$L_B = T_{bw} / (D \cdot \pi \cdot \tau_u)$$

donde:

- L_B : longitud necesaria de empotramiento del anclaje o bulbo.

- **T_{bw}**: carga de trabajo del anclaje en kN (según el valor calculado anteriormente para FS= 1,5). Para incrementar el factor de seguridad se puede emplear un coeficiente de mayoración de las cargas aplicadas, que dependerá de la importancia de la obra en cuestión, que puede llegar a ser de hasta un 1,35 (Autopistas, carreteras importantes, vías ferroviarias, obras de edificación en casco urbano) a 1,0 en obras de menor importancia (caminos de acceso de bajo intensidad de tráfico). Para evitar incertidumbres, se considera de aplicación este factor en su consideración máxima para asegurar la longitud calculada.
- **D**: diámetro de la boca de la batería de perforación que se recomienda utilizar para la ejecución de los taladros en los que se alojará el anclaje, en metros. Los valores recomendables de diámetro de perforación en función del diámetro de la barra se pueden ver en la tabla adjunta.

Diámetro de la barra de anclaje	Diámetro de perforación recomendable, en función del tipo de terreno					
	Roca sana, poco fracturada		Roca blanda fracturada		Conglomerados y rocas muy fracturadas	
25mm	50,8mm	2"	50,8mm	2"	63,5mm	2,5"
28mm	50,8mm	2"	63,5mm	2,5"	76,2mm	3"
32mm	63,5mm	2,5"	76,2mm	3"	88,9mm	3,5"
40mm	76,2mm	3"	88,9mm	3,5"	101,6mm	4"

Diámetros de perforación recomendables para barras macizas GEWI o similar

- **T_u**: resistencia media al arrancamiento según recomendación tabla adjunta, en kN/m². En general a falta de datos específicos, para estar del lado seguro se suele emplear en el diseño, el menor valor de rango. Se empleará un valor medio de 1.000 kN/m² para consideración de roca dura.

Tipo de terreno	Resistencia media al arrancamiento, T _u [kN/m ²]
Roca dura (granito, gneis, caliza, etc.)	1000 - 2500
Roca blanda (margas, esquistos, pizarras, etc.)	300 - 1000
Roca calizas carstificadas	150 - 300
Gravas y arenas gruesas	700 - 1000
Arenas finas y medias, arenas limosas y arcillas arenosas	300 - 600
Arcillas de consistencia	
rígida (C < 200kN/m ²)	600 - 800
firme (100kN/m ² < C < 200kN/m ²)	200 - 600
media (50kN/m ² < C < 100kN/m ²)	50 - 200

Resistencia media al arrancamiento

En este caso, por entenderse que el valor considerado para la resistencia media al arrancamiento es un valor medio coincidente con rocas blandas, y dado que el bulbo se establece en la zona competente de la roca, generalmente compacta y dura, no se considera necesario minorar la calidad de la adherencia pared mortero, por considerar estos criterios del lado de la seguridad.

a) DIÁMETRO RECOMENDADO Y LONGITUD MÍNIMA DEL BULONADO INTERIOR DEL SISTEMA DE SOPORTE S-15

El bulón recomendado es el **GEWI 25** con carga de trabajo $T_{bw}=163$ kN para $FS= 1,5$, y para un diámetro mínimo considerado de 50 mm, considerando todo lo anterior:

- Diámetro mínimo (ROCA SANA POCO FRACTURADA)= 50 mm
- Resistencia media al arrancamiento (ROCA CALIZA) = 1000 kN/m²
- Coeficiente de mayoración de la Carga de Trabajo = 1,35

Se obtiene una longitud de bulón de:

$$L = (163 \times 1,35) / (\pi \times 0,050 \times 1000) = 1,4 \text{ m}$$

Considerando que de lo observado en la zona a estabilizar (la parte exterior más expuesta del talud y meteorizada, o el espesor de los bloques caídos presentes en el pie del talud), tiene un espesor máximo de 0,5 m por tanto, la **LONGITUD TOTAL MÍNIMA** a emplear en los bulones autoperforantes pasivos en este sistema será de:

$$L = 1,4 + 0,5 \approx \mathbf{2,0 \text{ m}}$$

En resumen, y por razones constructivas, se recomienda establecer la LONGITUD TOTAL MÍNIMA de anclaje en 2,0 m y por razones constructivas no sobrepasar los 3,0 m de longitud.

Se puede establecer como criterio, el bulonado integral del talud con longitud de perforación de 3,0 m.

7.2.6. Plazo de Instalación

El plazo de la instalación de esta solución es de DOS (2) meses.

8. PRESUPUESTO

CAPITULO 1.- TALUD TRASERO VIVIENDAS					
Partida	Ud.	Descripción	Medición	Precio €	Total €
1.1	P.A.	Jornada de desbroce de paramentos y coronación mediante personal especialista en trabajos verticales {3 operarios}, incluso de tala de árboles de porte bajo	6,00	1.200,00	7.200,00
1.2	P.A.	Jornada de saneo de superficie del talud y limpieza de bloques y elementos inestables movilizados con barra y de tamaño limitado, mediante personal especialista en trabajos verticales {3 operarios}.	3,00	1.200,00	3.600,00
1.3	P.A.	Limpieza y gestión de residuos	1,00	3.500,00	3.500,00
1.4	P.A.	Seguridad y salud, incluso redacción de documento de gestión preventiva y ejecución de medidas de seguridad y líneas de vida de trabajos verticales en taludes, incluso señalización de obra.	1,00	1.100,00	1.100,00
1.5	P.A.	Implantación y retirada de equipos y medios auxiliares para actividades de instalación y perforación de sistemas de protección y de estabilización.	2,00	2.200,00	4.400,00
1.6	Ud	Unidad de mechina ejecutado con perforación especial pasamuros con diámetro de al menos 40 mm y de hasta 0,5 m de longitud, incluso perforación, geotextil y tubería drenante, totalmente instalado.	10,00	142,80	1.428,00
1.7	ml	Bulón de barra GEWI de 25 mm de diámetro, de tipo pasivo y permanente para soil-nailing de anclaje de sistema flexible de estabilización, completamente ejecutado, para longitud máxima de 3,0 m y combinación con sistema flexible de estabilización de taludes 3STUTOR o similar, a rotoperusión realizado con martillo de mano, con cesta de perforar suspendida en camión pluma o medio de elevación similar, inyectado con lechada de cemento 32,5 R hasta 7 kg/m.l. (según plano).	144,00	90,00	12.960,00
1.8	m2	Geomalla trinter o similar, para facilitar revegetación y evitar erosión de zona de suelos y materiales sueltos.	150,00	12,00	1.800,00

1.9	m2	Sistema flexible de estabilización S-15 con malla 3STUTOR 100/3,4 o similar con SIMPLE cable de refuerzo de 14 mm, totalmente instalado, o similar. Sistema Reforzado 3STUTOR"" para la estabilización de taludes con Soporte Unitario SU $\{ > 15,0 \text{ kN/m}^2 \}$ compuesto por membrana flexible del tipo 3STUTOR' Plus 100/3,4 o similar combinado con un bulonado pasivo, NO INCLUIDO EN LA UNIDAD DE OBRA, dispuestos al tresbolillo (salvo definición expresa) con espaciamentos aproximados a lo largo del desarrollo del talud de Sy (2,5 m) en vertical y de espaciamento horizontal Sx (3,0 m) según plano.	450,00	67,00	30.150,00
1.10	ml	Anclaje flexible de hasta 3,0 m de longitud de doble cordón espiral galvanizado 2x14 (según plano).	24,00	98,00	2.352,00
TOTAL P.E.C.					67.062,00
21,00 % I.V.A					14.083,02
TOTAL BASE DE LICITACIÓN					81.145,02

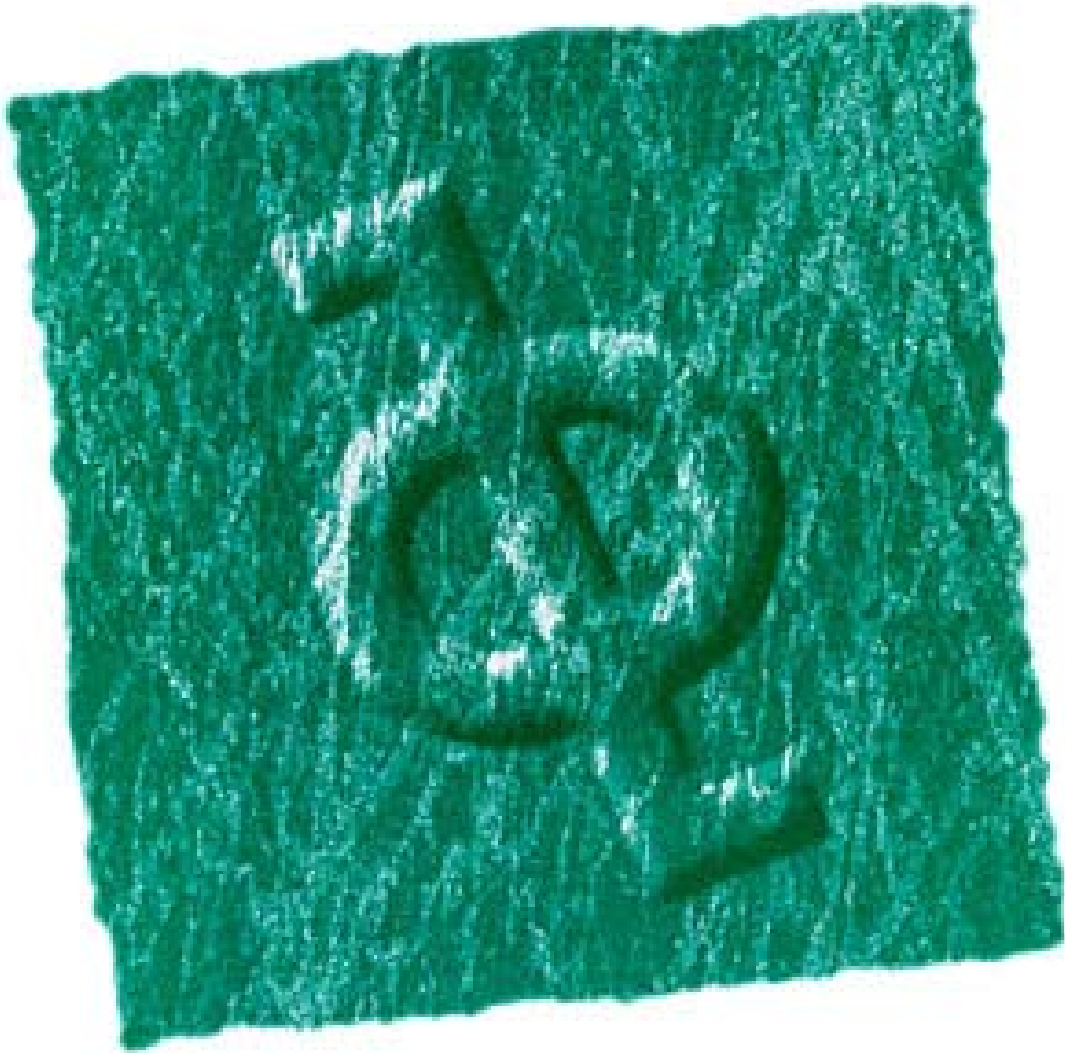
Sopela, 15 de mayo de 2026



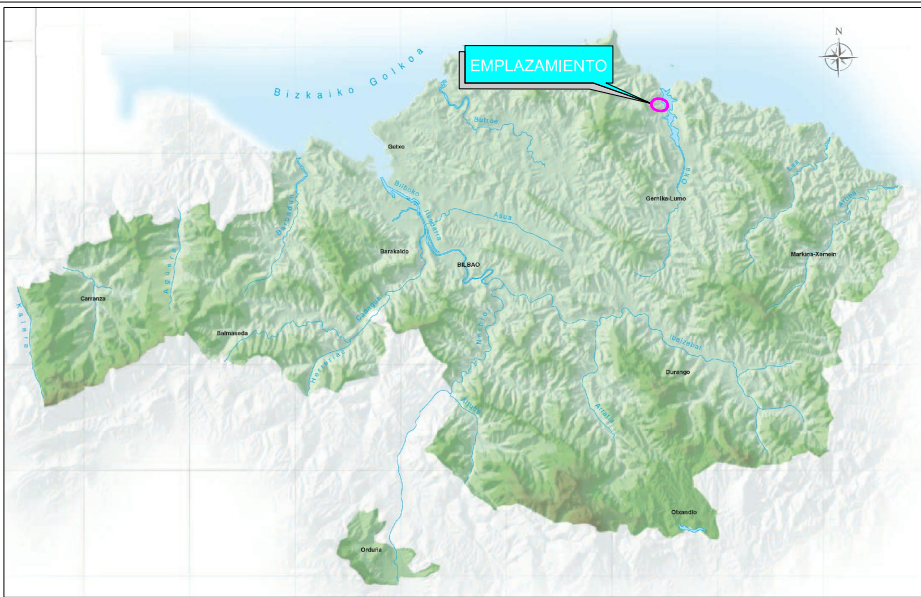
GEOLOGIAY
GEOTECNIA
LARREA, S.L.
SIPRI, 8-2º, DTO. 5 - TAF - FAX (94) 6764195
48600 SOPELA - BIZKAIA

Agustín Larrea Bergaretxe
Geólogo
Colegiado Nº 1625

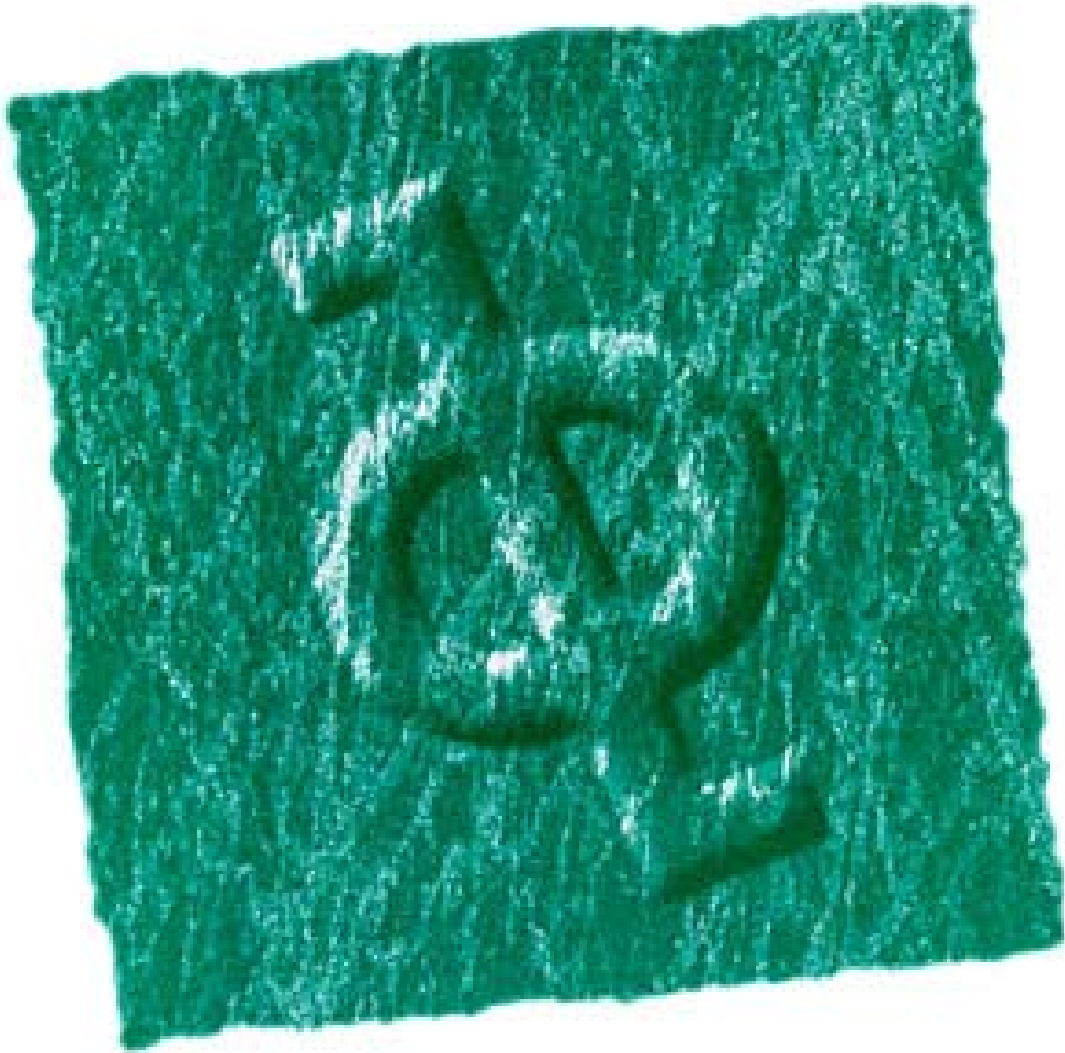
EMPLAZAMIENTO



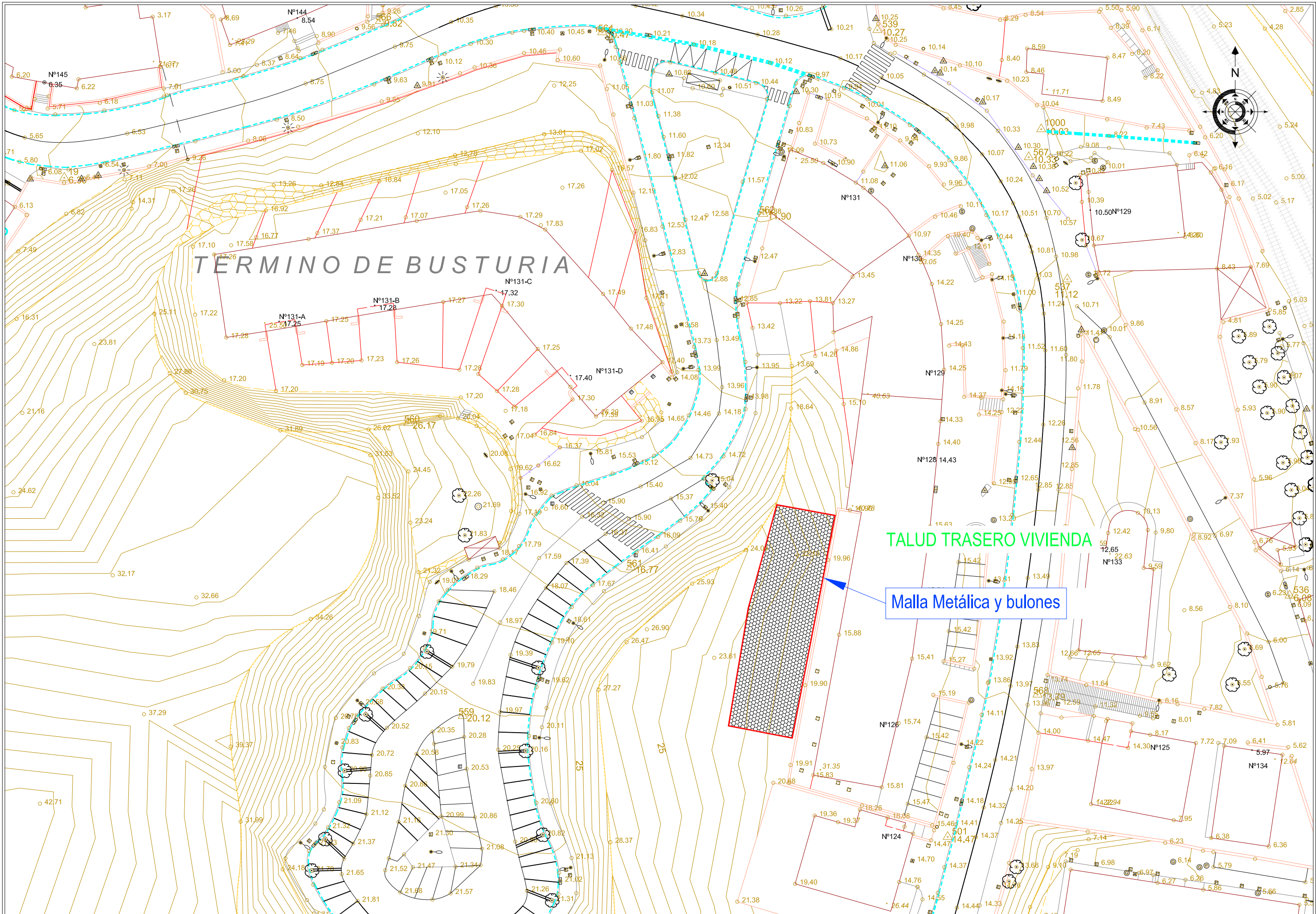
ANEXO 1725-1/01



PLANOS SOLUCIÓN PROPUESTA



ANEXO 1725-1/02



TALUD TRASERO VIVIENDA

Malla Metálica y bulones

Sistema Reforzado 3STUTOR® S-15 (15 kN/m²) Membrana Flexible

Malla de alta resistencia y baja deformación 3STUTOR® Plus 100/3,4 Con marcado CE y resistencia a tracción con confinamiento lateral de 100 kN/m.l. conforme a la Evaluación Técnica Europea (ETA) 16/0238 de acuerdo a Documento de Evaluación Europeo (EAD) 230025-00-0106 y con Certificado de Conformidad de control de prestaciones: 1301-CPR-1240.

Doble cable de refuerzo horizontal galvanizado y A.M. Øc 14 mm

Bulonado pasivo

Barra GEWI Ø 25mm (500/550 MPa)

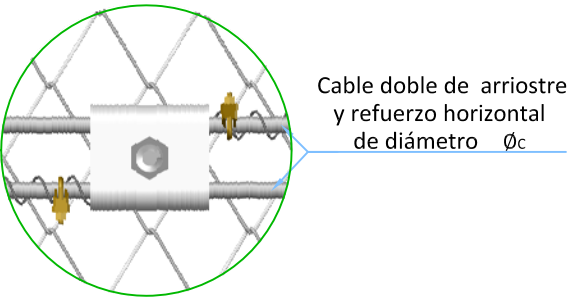
Cuadrícula Sy=2,5 x Sx=3,6 m, salvo indicación expresa de la D.O.

Longitud bulón de 3,0 m

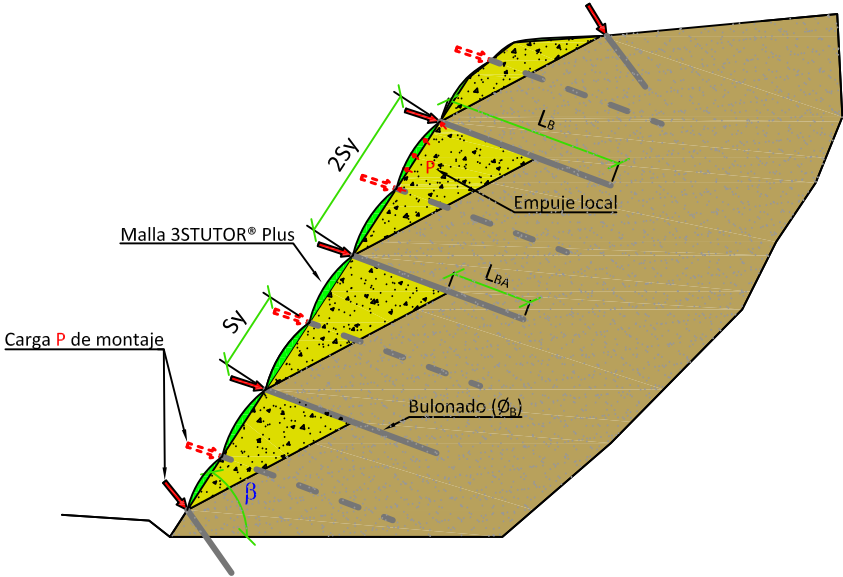
Diámetro mínimo de perforación 50 mm

Disposición al tresbolillo, salvo indicación expresa por la Dirección de Obra, totalmente inyectados con lechada cemento

Detalle unión de malla 3STUTOR® Plus con cables de arriostre horizontal por medio espira de costura 3S-SW y sujetacables



BULONADO PASIVO CON INESTABILIDAD LOCAL



El Sistema Flexible 3STUTOR® Reforzado deberá soportar el empuje del terreno potencialmente inestable ubicado en el interior de la cuadrícula de anclajes con el factor de seguridad adecuado.

El soporte requerido del Sistema dependerá de los parámetros: espaciamiento entre refuerzos (Sy), pendiente del talud (β) y del ángulo de fricción interna del terreno (φ)

La longitud, diámetro y cuadrícula de anclaje se adecuará a los resultados de los cálculos geotécnicos para la inestabilidad local, y dependerá de las características geotécnicas del terreno superficial inestable situado en el interior de la cuadrícula de anclajes

COTAS EN METROS

