

proyecto de construcción para la supresión del paso a nivel de bernabeitia

bernabeitiako trenbide pasagunearen kentzeko eraikuntza proiektua

anejo nº5. estudio geotécnico



mayo 2021
2021ko maiatza



p2001

INFORME GEOTÉCNICO

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPRESIÓN
DEL PASO A NIVEL DE BERNABEITIA**

- AMOREBIETA-ETXANO -



T-200606 – Octubre 2020



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



INFORME GEOTÉCNICO

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPRESIÓN
DEL PASO A NIVEL DE BERNABEITIA**

- AMOREBIETA-ETXANO -

T-200606

Octubre 2020



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



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1.- LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS ... | 1 |
| 2.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO | 8 |
| 2.1.- RELLENOS ARTIFICIALES | 9 |
| 2.2.- SUELOS ALUVIALES | 9 |
| 2.3.- SUBSTRATO ROCOSO | 11 |
| 2.4.- INESTABILIDADES DEL TERRENO-DESLIZAMIENTOS | 13 |
| 2.5.- PARÁMETROS GEOTÉCNICOS | 13 |
| 2.6.- CONDICIONES HIDROLÓGICAS | 14 |
| 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 16 |
| 3.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS..... | 17 |
| 3.1.1.- <i>Excavaciones</i> | 17 |
| 3.1.1.1.- <i>Excavabilidad de los materiales</i> | 17 |
| 3.1.1.2.- <i>Aprovechamiento de los materiales excavados.....</i> | 17 |
| 3.1.1.3.- <i>Taludes de excavación</i> | 17 |
| 3.1.2.- <i>Rellenos</i> | 17 |
| 3.1.2.1.- <i>Características y puesta en obra de rellenos</i> | 17 |
| 3.1.2.2.- <i>Taludes de relleno</i> | 18 |
| 3.1.2.3.- <i>Asientos previsibles</i> | 18 |
| 3.2.- CIMENTACIÓN DEL PUENTE | 20 |
| 3.2.1.- <i>Tipología de cimentación y carga admisible del terreno</i> | 20 |
| 3.2.1.1.- <i>Cimentación superficial en roca</i> | 20 |
| 3.2.1.2.- <i>Cimentación profunda mediante pilotes</i> | 24 |
| 3.2.1.3.- <i>Cimentación profunda mediante micropilotes</i> | 27 |
| 3.2.3.- <i>Agresividad del terreno</i> | 33 |
| 3.2.4.- <i>Sismicidad</i> | 33 |
| 3.3.- CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA | 33 |

FIGURAS

- Figura 1.- Plano de Situación. E= 1/25.000
- Figura 2.- Planta Geotécnica General. E= 1/1.000
- Figura 3.- Corte interpretado del terreno por perfil longitudinal P-1. Eh= 1/1.000; Ev= 1/250

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 de sondeos
- A-5.- Ensayos de campo y de laboratorio
- A-6.- Cálculos

1.- LOCALIZACIÓN, OBJETIVOS Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

En el presente Informe se exponen las recomendaciones geotécnicas para el “*Proyecto de supresión del paso a nivel de Bernabeitia*”, en el Término Municipal de Amorebieta -Etxano.

Euskal Trenbide Sarea (ETS) ha definido una política de actuación sobre la red ferroviaria de su propiedad en la que, de forma paulatina, se está procediendo a la supresión de los pasos a nivel. Así, basándose en el “*Estudio de los Pasos a Nivel de la Red de Euskal Trenbide Sarea (ETS)*” se plantea la necesidad de proyectar la supresión del Paso a Nivel de Bernabeitia.

El PaN de Bernabeitia es un paso a nivel situado en el P.K. 27+042 de la línea Bilbao-Donostia. Se trata de un paso a nivel actualmente para el acceso a fincas y viviendas dispersas, siendo el uso de este paso, tanto peatonal, como rodado.

La eliminación del PaN conllevará la construcción de una estructura en puente sobre las vías. En total esta estructura tendrá unos 25 metros de longitud, con su estribo N de unos 150 metros y el Sur de 130 metros, aproximadamente.

En la Figura 1, a escala 1/25.000 puede verse un Plano de Situación de la zona, y más detalladamente en la Planta Geotécnica General a escala E= 1/1.000 de la Figura 2, donde se refleja la alternativa elegida para la supresión del PaN de Bernabeitia. En el Reportaje Fotográfico se adjuntan unas fotografías del estado actual de la parcela.

El Estudio ha sido realizado por encargo de la Ingeniería ANTA, responsable de la redacción del Proyecto de Construcción a desarrollar para ETS.

El objeto de este Estudio es determinar las características geotécnicas de los materiales que constituyen el subsuelo, así como analizar la excavabilidad, la carga admisible y la tipología de cimentación más adecuadas.

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

A- Consulta de la bibliografía geológica de la zona:

Se han recopilado aquellos datos geológicos, geotécnicos e hidrogeológicos de interés preexistentes.

Concretamente, se ha consultado la siguiente documentación:

- “Mapa Geológico del EVE a escala 1/25.000, Hoja 62-IV (Durango) y 62-III (Galdakao)”
- Cartografía geológico-geotécnica y registro de sondeos del Anejo Geológico-Geotécnico del “*Proyecto de Construcción del desdoblamiento del tramo Euba-Iurreta de la línea férrea Bilbao-Donostia de Eusko Trenbideak-Ferrocarriles Vascos, S.A.*”, redactado por la Ingeniería Fulcrum en 2.004. Esta información nos fue facilitada por ETS.

B- Cartografía geológico-geotécnica:

Reconocimiento de superficie de la parcela y realización de un levantamiento geológico-geotécnico sobre topografía a escala E= 1/1.000 facilitada por el Cliente. En esta cartografía se diferencia la composición y disposición de los materiales, que ha permitido identificar los diferentes tipos suelos y rocas, así como la estructura geológica en la zona de estudio.

Se han identificado todas las zonas que pueden o no dar lugar a algún tipo de problemática de índole geológico – geotécnico. Se ha prestado atención al agua superficial y subterránea, así como a las propiedades de los suelos con una clara incidencia en las excavaciones.

En la cartografía geológico-geotécnica se indican las zonas en las que la roca aparece superficial (a menos de 1,50 m de profundidad), con su litología, datos geoestructurales y grado de meteorización.

Se han delimitado las formaciones de suelos (vertidos y rellenos antrópicos, coluviales y aluviales, con estimación de su espesor), deslizamientos y zonas potencialmente inestables.

También se indican los puntos de reconocimiento (sondeos), tanto preexistentes, como el sondeo efectuado para este estudio, y la profundidad de aparición del macizo rocoso sano comprobada en dichos puntos. La cartografía se completa con la red de drenaje: cursos de agua permanentes e intermitentes, zonas encharcadas, surgencias, manantiales, etc.

En el apartado “Reportaje fotográfico” de este documento, se incluye una fotografía aérea de la zona de actuación.

C- Reconocimientos directos del terreno

C.1.- Sondeos

El reconocimiento del subsuelo ha consistido en la realización de un sondeo mecánico (S-01) de 10 metros de profundidad, situado en el estribo Norte de la estructura a proyectar. Este sondeo sirvió para completar la campaña de sondeos preexistente (SE-14 y SE-15), realizados en el año 2.004.

El registro de todos estos sondeos se presenta en el Apéndice A-4, que incluye, a su inicio, la “Tabla 1-Resumen SONDEOS” donde, para S-01, se presenta la cota de inicio, la profundidad final y las profundidades de aparición de la roca meteorizada y roca sana.

La perforación del sondeo, realización de ensayos SPT y toma de muestras, corrieron a cargo de IKERLUR S.L., 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 con el Real Decreto 1627/1997 (Seguridad y salud en el desarrollo de los trabajos).

La dirección y supervisión de los sondeos corrió a cargo de un Geólogo de IKERLUR S.L. con amplia experiencia en Geotecnia, que se encargó, de manera permanente y a pie de obra, del registro completo de los testigos obtenidos, así como de la supervisión de los ensayos SPT, y de la toma de muestras inalteradas representativas.

Finalizadas las labores de perforación se instaló en el sondeo tubería ranurada de PVC, para el control del posible nivel freático.

D- Ensayos SPT y toma de muestras

Durante la perforación del sondeo S-01, se efectuaron los siguientes ensayos SPT y toma de muestras, tanto inalteradas, como parafinadas:

- ✓ 1 ensayos de penetración estándar SPT
- ✓ 1 muestra inalterada
- ✓ 2 muestras parafinadas de roca

Los resultados de los ensayos SPT y la extracción de muestras, con los golpes obtenidos, se presentan en la “Tabla 2-Resumen muestras y ensayos SPT” incluido al comienzo del Apéndice A-5.

E- Ensayos de campo y de laboratorio

A partir de diversas muestras representativas del terreno extraídas en los sondeos se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- ✓ 3 Ud. transporte de muestra inalterada o testigo parafinado al laboratorio.
- ✓ 2 Ud. apertura y descripción de muestras.
- ✓ 1 Ud. ensayo granulométrico por tamizado (UNE 103-101).
- ✓ 1 Ud. de determinación de la humedad (UNE 103-300).
- ✓ 1 Ud. determinación de la densidad aparente o seca (UNE 103-301).
- ✓ 1 Ud. determinación de límites de Atterberg (UNE 103-103 y 103- 104).
- ✓ 1 Ud. ensayo de consolidación en edómetro (célula de 45 ó 70mm.), incluyendo curvas edométricas y de consolidación (mínimo 8 escalones de carga y 3 de descarga). (UNE 103-405).
- ✓ 1 Ud. ensayo de compresión simple, incluido diagrama, tensión deformación en suelos (muestra inalterada) (UNE 103-400).
- ✓ 1 Ud. incremento por remoldeo o preparación de probetas para ensayo de corte directo o triaxiales a humedad y/o densidad prefijada.
- ✓ 1 Ud. ensayo de corte directo sobre muestra inalterada (3 puntos), consolidado y drenado (CD) (UNE 103-401).
- ✓ 2 Uds. determinación de la densidad aparente de una roca.
- ✓ 2 Uds. determinación de la humedad natural de una roca.
- ✓ 2 Uds. determinación de resistencia a compresión simple de testigos en roca, incluido tallado (UNE 22950-1).
- ✓ 5 Uds. ensayo de determinación de la resistencia a carga puntual (UNE 22 950-5:96).
- ✓ 3 Uds. determinación de sulfatos cuantitativos (EHE anexo 5).
- ✓ 3 Ud. determinación del grado de acidez Baumann-Gully de un suelo (EHE anexo 5).

- ✓ 1Ud. ensayo de agresividad del agua al hormigón (según EHE anexo 5).

Los ensayos de laboratorio fueron efectuados por GEOTEK Cantabria, SLP (Nombre comercial GTK Laboratorio geotécnico), laboratorio acreditado e incorporado al registro General de Laboratorios de ensayo para la calidad de la edificación del CTE (Ministerio de Fomento) con el código RG LECCE: CTBL-L-008 para el área de actuación de ensayos de geotecnia (GT).

Los resultados de todos estos ensayos se incluyen en el Apéndice A-5, donde se adjuntan los informes entregados por el laboratorio. También se incluyen las Tablas correspondientes con el resumen de los resultados.

F- Figuras

Los datos de campo obtenidos sirvieron para completar la Planta Geotécnica General a escala 1/1.000, elaborándose posteriormente un corte interpretado del terreno por perfil longitudinal, a escala deformada Eh= 1/1.000 y Ev= 1/250, indispensable a la hora de visualizar las diferentes capas del subsuelo.

G- Cálculos y conclusiones

En fase de gabinete, tras el análisis de los datos de campo y laboratorio, se realizaron una serie de cálculos destinados a estimar los taludes estables y asientos previsibles, redactándose, en fusión de éstos, las conclusiones y recomendaciones del Estudio Geotécnico, que, junto a los planos, diagramas y registros, conforman el presente Informe.

A continuación, en el Apartado 2, se describen las características del terreno en la parcela, redactándose las conclusiones y recomendaciones del Informe en el Apartado 3.

En el Apartado de Figuras se presentan: en la Figura 1, un Plano de situación de la zona a escala 1/25.000; en la Figura 2, a escala 1/1.000, una Planta Geotécnica General, y en la Figura 3, un Corte interpretado del terreno realizado por un perfil longitudinal, a escalas Eh= 1/1.000 y Ev= 1/250.

Se completa el Informe con un Reportaje fotográfico de la zona de actuación, y una serie de apéndices que incluyen: en A-1, una tabla con la “Escala de meteorización de la roca”; en A-2 el registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso; A-3 la “Clave de descripción de suelos” y una tabla con el “Sistema unificado de clasificación de suelos – USCS”; en A-4 los registros de los sondeos; en A-5 los resultados de los ensayos de campo y de los ensayos de laboratorio, y finalmente, en A-6 los cálculos efectuados.

2.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El PaN de Bernabeitia es un paso a nivel situado en el P.K. 27+042 de la línea Bilbao-Donostia. El paso a nivel da acceso rodado y también peatonal a fincas y viviendas dispersas.

En esta zona, el trazado del ferrocarril discurre paralelo al cauce del Ibaizabal. Este río circula en dirección O-E a unos 75 metros de distancia al Norte de la línea ferroviaria. Antes de llegar al PaN de Bernabeitia desde la N-634 es necesario atravesar un estrecho puente sobre el río Ibaizabal.

En la Figura 2 (Planta Geotécnica General, E= 1/1.000), se indica la Alternativa de trazado estudiada para la eliminación del paso a nivel.

El trazado del ferrocarril a su paso por la parcela configura dos sectores: sector Norte, entre el río Ibaizabal y la línea ferroviaria, y sector Sur, correspondiente a la franja de terreno comprendida entre el ffcc y una ladera de suave pendiente.

La morfología del terreno es subhorizontal. En el sector Norte varía entre las cotas +92 y +93, en el Sector Sur entre la +93 y +95, aproximadamente. Estas cotas están referidas a la altimetría de la Figura 2.

En la Planta Geotécnica General a escala E= 1/1.000 de la Figura 2 se indican los elementos anteriormente citados, así como la situación de los sondeos, cuyos registros se presentan en el Apéndice A-4.

Los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados se incluyen en el Apéndice A-4.

El substituto de la zona investigada se caracteriza por existir sobre la roca una terraza de suelos aluviales de aproximadamente 4,00-4,50 metros de espesor. Existe acumulaciones de rellenos artificiales bien compactados asociados a la plataforma del ferrocarril, y puntuales acopios de relleno sin compactar.

A continuación, se describen, en diferentes subapartados, las características geotécnicas de los diferentes materiales presentes en la franja de terreno atravesada por la alternativa de trazado estudiada.

En el corte interpretado del terreno por un perfil longitudinal, a escalas Eh= 1/1.000 y Ev= 1/250, se puede observar la distribución en profundidad de las diferentes capas del terreno que se describen a continuación:

2.1.- RELLENOS ARTIFICIALES

Se trata de materiales antropogénicos, generalmente asociados a obras lineales y zonas urbanizadas.

En la Planta Geotécnica General de la Figura 2 se indican, en gris los rellenos bien compactados constitutivos de la plataforma del ferrocarril.

En la parcela existen otros rellenos vertidos, que constituyen acopios de balasto, dispuestos en montoneras. Estas zonas de indican en color beige en la Figura 2.

En el sector Norte de la parcela existe, sobre el terreno natural, una pequeña acumulación de rellenos artificiales, de espesor inferior a 1,50 metros.

Estos rellenos, investigados con el sondeo S-01, donde alcanza 0,90 m de espesor, están constituidos por gravas y bolos grises con indicios de arcilla y arena, medianamente densos.

En el Apéndice A-3 se adjunta una Clave de descripción y Clasificación de suelos, que deberá consultarse para comprender la terminología seguida en las descripciones del terreno.

2.2.- SUELOS ALUVIALES

Bajo 20-40 cm de tierra vegetal aparece una terraza aluvial que alcanza 4,0-4,50 metros de espesor.

Está constituida por una capa superficial de arcilla limosa, veteada marrón anaranjado y gris, con indicios de arena, moderadamente firme a firme (CL según la clasificación del S.U.C.S.), con frecuentes intercalaciones de arena arcillosa marrón anaranjado, floja (SC según el S.U.C.S.).

En el Apéndice A-3 se adjunta una Clave de descripción y Clasificación de Suelos.

En los puntos de investigación (sondeos), el espesor de esta capa aluvial queda comprendido entre 1,0-3,0 metros, aproximadamente.

Ensayos Vane Test efectuados sobre esta capa de arcilla revelan valores de Cu generalmente comprendidos entre 0,40-0,80 kg/cm². Para esta capa, en S-01 se ha obtenido Nspt= 4.

Sobre una muestra de esta capa obtenida en el sondeo S-01 se han realizado ensayos de identificación y agresividad, resistencia a compresión simple y de corte directo consolidado-drenado.

Por debajo de este nivel superficial de composición arcillo-arenosa aparece una capa de grava marrón con indicios a algo de arcilla y arena, medianamente densa a densa (GC del S.U.C.S.).

Las gravas están bien rodadas, y son de granulometría media a gruesa (6,3 a 63 mm.), si bien en profundidad aparecen algunas intercalaciones de bolos grises (GP siguiendo el S.U.C.S.), también perfectamente rodados.

Estas gravas y bolos son predominantemente de limolita, arenisca y caliza.

Los mayores espesores de la capa de grava a parecen en las cercanías del cauce del Ibaizabal, acuñándose conforme nos alejamos del río. En SE-14, el más próximo al cauce, se midió un espesor para esta capa de grava de 2,8 metros; en SE-15, su espesor fue 1,40 metros, y en S-01, alcanzó 0,85 metros de potencia.

2.3.- SUBSTRATO ROCOSO

El substrato rocoso presente en el subsuelo de la zona investigada es de edad Cretácico Inferior (Albiense superior-Cenomaniense inferior) y está constituido por limolitas y argilitas gris oscuras, con intercalaciones de areniscas gris claras, depositadas en estratos de espesor cm-mm.

La profundidad de aparición de la roca, comprobada en los sondeos, se indica en la Planta Geotécnica General de la Figura 2.

En los sondeos disponibles se han comprobado que la roca aparece meteorizada en los primeros 4,70 m (S-01); 9,80 metros (SE-14) y 1,60 metros (SE-15).

Hasta esas profundidades, la roca aparece muy meteorizada o moderadamente meteorizada (Grados IV y III de la escala de meteorización de la roca que se adjunta en el Apéndice A-1), de color gris oscuro, con tonalidades marrones.

En el corte interpretado del terreno de la Figura 3, a escalas Eh= 1/1.000 y Ev= 1/250, se representa el contacto de la roca meteorizada con la roca sana (— · · — —).

Esta roca da lugar a la roca sana (Grado II) de una forma gradual, de manera que dentro de la roca Grado II pueden existen intercalaciones de roca Grado III.

En S-01, la roca aparece fracturada, generalmente con 4-16 fracturas/30 cm de testigo.

En cuanto al índice R.Q.D. de la roca, en S-01, varía entre 40-60 (roca de calidad Mala-Media).

En los registros de sondeos que se presentan en A-4 se indica, en diferentes columnas, la evolución en profundidad de la meteorización de la roca, su fracturación (expresada en nº fracturas/30 cm), y el índice RQD (relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigo mayores de 10 cm y la longitud total del tramo de maniobra considerado).

Se han efectuado dos ensayos de compresión simple sobre sendos testigos de roca sana G-II, del sondeo S-01, obteniéndose un valor de resistencia a la compresión simple que varía entre $q_u= 3,51$ y $8,54$ MPa ($35,79$ kp/cm 2 y $87,08$ kp/cm 2). Estos valores resultan muy bajos, debido a que la rotura de la probeta se realizó en algún caso a través de un plano de debilidad (estratificación).

Los 5 ensayos de carga puntual PLT (Point Load Test) o Franklin efectuados en roca G-III y II dan los siguientes valores de resistencia a la carga puntual corregida: 0,65; 0,48; 0,52; 0,30; 0,37 MPa. Un valor promedio de resistencia puntual corregida es 0,464 MPa, correspondiente a una resistencia a compresión simple de 108 kp/cm 2 .

Las actas de resultados de todos estos ensayos se incluyen en Apéndice A-5.

Se puede concluir que las limolitas ensayadas, atendiendo a la resistencia a la compresión simple, se trata de una roca Blanda (5-12,5 MPa según la ISRM (1981), Moderadamente blanda (5-12,5 MPa según la Geological Society of London (1970), o Muy baja según Bieniawski (1.973).

Con respecto a la estructura que presenta el macizo rocoso, se han podido medir buzamientos de los planos de estratificación y de las juntas en los testigos de roca obtenidos en los sondeos.

En el sondeo S-01 la estratificación presenta valores de buzamiento comprendidos entre 20° y 45° .

A partir de la toma de datos geoestructurales efectuada en afloramientos de roca próximos (Véase, en Apéndice A-2, el Registro de caracteres geomecánicos del macizo rocoso), se han obtenido valores medios de dirección de buzamiento/buzamiento, próximos a E= $105^\circ/35^\circ$.

2.4.- INESTABILIDADES DEL TERRENO-DESLIZAMIENTOS

La ladera existente al Sur de la zona de actuación está afectada por deslizamientos e inestabilidades superficiales.

Se trata de deslizamientos rotacionales que afectan a acumulaciones de suelos coluviales y a la roca muy meteorizada (Grado IV-V).

La alternativa de trazado estudiada no queda afectada por estas inestabilidades de ladera.

2.5.- PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

En el Cuadro I que se incluye en la página siguiente se presentan los parámetros geotécnicos de las diferentes capas del terreno.

Los parámetros geomecánicos para rellenos, suelos aluviales y roca, han sido obtenidos mediante los diferentes ensayos realizados “in situ” y en laboratorio, y se han confrontado también con los valores orientativos establecidos para estos materiales en la bibliografía geotécnica y CTE.

Por otro lado, todos estos parámetros están suficientemente avalados por la experiencia de IKERLUR en los numerosos estudios realizados en la zona.

En alguno de estos parámetros existe dificultad a la hora de establecer unos valores específicos, ya que puede existir una ligera variabilidad entre unas zonas y otras dentro de la misma parcela.

En estos casos se ha optado por establecer unos intervalos generales de mínimos y máximos. Los valores más frecuentes se encontrarán en la parte central de este intervalo.

| | Relleno | Aluvial: Arcilla limosa (CL) | Aluvial: Arena arcillosa (SC) | Aluvial: Grava con arcilla y arena (GC) | Roca: Limolita GM IV-V | Roca: Limolita GM III - II |
|--|-------------------|------------------------------------|--|--|------------------------------|----------------------------------|
| Densidad aparente γ_{ap} (kN/m³) | 18,0-19,0 | 19,5-20,0 | 19,5-20,5 | 18,5-19,5 | 22,0-24,0 | 24,0-27,0 |
| Resistencia al corte sin drenaje (C_u) (kPa) | 0 | 40-80 | 20-30 | — | 150-200 | — |
| Rozamiento interno ϕ' (°) | 30-32 | 24-26 | 28-30 | 32-34 | 25-30 | 30-40 |
| Cohesión (c') - (kPa) | 0 | 25-35 | 0-10 | 0 | 200-250 | 250-300 |
| Resistencia a compresión simple q_u - (kPa) | — | 80-100 | — | — | 300-400 | 10.000- 35.000 |
| Módulo de elasticidad E (MPa) | 30-50 | 40-60 | ≤8 | 60-100 | 100-200 | 1.000- 10.000 |
| Coeficiente de permeabilidad k_z (cm/s) | $1 \cdot 10^{-1}$ | $10^{-3} \cdot 10^{-4}$ | $10^{-2} \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-1}$ | $10^{-4} \cdot 10^{-6}$ | $10^{-5} \cdot 10^{-7}$ |

Cuadro I - Parámetros geotécnicos del terreno

2.6.- CONDICIONES HIDROLÓGICAS

Se ha realizado un seguimiento de los niveles de agua existentes en el sondeo durante su ejecución, así como una vez finalizado.

Para conocer las condiciones hidrogeológicas del subsuelo, en S-01 se instaló tubería ranurada de PVC, con el fin de poder medir, si existiera, el nivel freático o piezométrico.

Finalizado el sondeo, se efectuó a su achique, y posteriormente, una vez transcurrido el tiempo suficiente para que el nivel de agua se recuperara se procedió a su medida mediante sonda hidronivel.

Con el seguimiento de niveles de agua efectuado se pudo comprobar que existe nivel freático.

En la zona de estudio, el nivel de agua se sitúa en la parte inferior de suelos aluviales (gravas), cerca de la roca.

En el Cuadro II se representan los niveles freáticos medidos en el sondeo S-01.

| SONDEO | PROF. SONDEO (m) | FECHA | PROFUNDIDAD NIVEL (m) | OBSERVACIONES |
|--------|------------------|----------|-----------------------|---|
| S-01 | 10,00 | 22/07/20 | 2,91 | 1 h tras finalizar el sondeo |
| S-01 | 10,00 | 22/07/20 | 3,11 | 2,5 h tras finalizar sondeo |
| S-01 | 10,00 | 23/07/20 | 3,24 | Al día siguiente de finalizar sondeo |
| S-01 | 10,00 | 29/07/20 | 3,29 | Se obtiene muestra de agua a los 7 días de la finalización del sondeo |
| S-01 | 10,00 | 15/09/20 | 3,43 | Nf. a largo plazo |

Cuadro II – Resumen de mediciones de nivel de agua en S-01

3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El PaN de Bernabeitia, en el Término Municipal de Amorebieta-Etxano, es un paso a nivel situado en el P.K. 27+042 de la línea Bilbao-Donostia. Se trata de un paso a nivel que da actualmente acceso a fincas y viviendas dispersas, siendo su uso, tanto peatonal, como rodado.

Euskal Trenbide Sarea (ETS), basándose en el “*Estudio de los Pasos a Nivel de la Red de Euskal Trenbide Sarea (ETS)*”, plantea la necesidad de proyectar la supresión del Paso a Nivel de Bernabeitia.

El “*Proyecto de supresión del paso a nivel de Bernabeitia*”, conllevará la construcción de una estructura en puente sobre las vías. En total esta estructura tendrá 25 metros de longitud, con su estribo N de unos 150 metros y el Sur de 130 metros, aproximadamente.

La alternativa de trazado estudiada se puede observar en la Planta Geotécnica General de la Figura 2.

En el Reportaje Fotográfico anejo a este informe se adjuntan unas fotografías del estado del terreno durante la investigación de campo del presente Informe Geotécnico.

Los reconocimientos de campo y ensayos de laboratorio se describen en el Capítulo 1. Las características geotécnicas del terreno han sido descritas en el apartado anterior.

En Figura 3 se presenta un corte interpretado del terreno efectuado por un perfil longitudinal, a escala deformada, Eh= 1/1.000 y Ev= 1/250, se puede observar la distribución en profundidad de las diferentes capas del terreno.

A continuación, se describen, en diferentes subapartados, las recomendaciones geotécnicas para el movimiento de tierras y la cimentación del puente.

3.1.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.1.1.- Excavaciones

3.1.1.1.- Excavabilidad de los materiales

Para el acondicionamiento del terreno previo a la ejecución del terraplén se recomienda efectuar una sobreexcavación del terreno, de al menos, los 1,50 m más superficiales.

Estas excavaciones afectarán a rellenos y suelos aluviales, y se podrán efectuar utilizando medios mecánicos convencionales.

3.1.1.2.- Aprovechamiento de los materiales excavados

Los materiales que se obtengan de las excavaciones de rellenos y suelos aluviales, debido a su alto contenido en finos y humedad, no deberán utilizarse en los rellenos, debiendo transportarse a vertedero o utilizarse para crear zonas ajardinadas.

3.1.1.3.- Taludes de excavación

Se recomienda tender los taludes de excavación resultantes a una pendiente 4V:5H (38, 5°).

3.1.2.- Rellenos

3.1.2.1.- Características y puesta en obra de rellenos

Para la ejecución de los rellenos deberá cumplirse con el PG-3 (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes del Ministerio de Fomento), en sus Capítulos 330 Terraplenes, y/o 331 Pedraplenes, y/o 333 todo uno.

3.1.2.2.- Taludes de relleno

En los estribos, la altura máxima de rellenos alcanzará los 7,50 m, con inclinaciones de talud 1V: 2H (26, 5°). Respetando estas inclinaciones, los taludes resultarán estables (Véase los cálculos efectuados en Apéndice A-6).

Se ha analizado, mediante el programa SLIDE de Rocscience para el cálculo de estabilidad de taludes, la estabilidad del nuevo relleno a ejecutar.

Para ello, se han seguido los métodos de Spencer, Lowi-Karafiath y Gle/Morgenstern-Price, obteniéndose en todos los casos FS=1,50 y observando que no se produce rotura a través del terreno bajo el relleno terraplén.

3.1.2.3.- Asientos previsibles

También en el Apéndice A-6, se presentan los cálculos realizados para evaluar los posibles asientos que se pudieran generar en el terreno tras la ejecución del nuevo relleno.

Para ello se ha utilizado el programa PHASE2 de Rocscience, que utiliza el método de elementos finitos (MEF) para calcular los desplazamientos generados en el terreno, asientos en este caso.

El modelo utilizado, ha sido idéntico al utilizado para el cálculo de la estabilidad de los taludes del nuevo relleno a colocar, con los mismos parámetros, añadiendo los módulos de elasticidad considerados para cada capa.

Asientos generados por el nuevo relleno sobre el terreno actual

En el primer cálculo que se puede apreciar en el Anejo A-6, se han calculado los asientos generados sobre el terreno actual, prestando especial atención, tanto a las dos capas superiores (relleno medianamente denso y arena floja), como a la tercera (arcilla moderadamente firme a firme).

Tal y como se puede observar, el máximo asiento calculado se produciría en el cuerpo del nuevo relleno, el cual sería del orden de 4,50 cm.

Para calcular el asiento del terreno actual se han generado dos líneas de consulta: una sobre el relleno actual y otra sobre la capa arcillosa. Se puede comprobar que el asiento máximo, en el centro del modelo, sobre las dos capas superiores sería de unos 3,80 cm y sobre la capa arcillosa de unos 2,20 cm.

Asientos generados por el nuevo relleno sobre un relleno que sustituya las dos capas superiores

En el segundo cálculo incluido en el Anejo A-6, se han calculado los asientos generados por el relleno sobre un nuevo relleno que sustituya las dos capas superiores (relleno medianamente denso y arena floja).

Tal y como se puede observar, el máximo asiento calculado que se produciría en el nuevo relleno, bajaría hasta los 3,00 cm aproximadamente.

Se han vuelto a generar las dos mismas líneas de consulta que para el cálculo anterior: sobre el relleno que sustituye las dos capas actuales y sobre la capa arcillosa. Se puede comprobar que el asiento máximo, en el centro del modelo, en el nuevo relleno que sustituye las dos capas superficiales, sería de unos 2,40 cm, casi 1,50 cm menos que en el cálculo anterior. El asiento que se produciría en la capa arcillosa no variaría, manteniéndose en 2,10 cm.

Cabe destacar, que a la hora de realizar el cálculo mediante elementos finitos no se ha tenido en cuenta la ejecución del relleno mediante tongadas, ni el espesor de estas, por lo que los asientos obtenidos son orientativos y podrían ser algo superiores, del orden del 1% de la altura del relleno colocado.

3.2.- CIMENTACIÓN DEL PUENTE

3.2.1.- Tipología de cimentación y carga admisible del terreno

En el emplazamiento previsto para el puente, el substrato rocoso aparecerá a unos 4-5 metros de profundidad (Ver Corte interpretado del terreno por perfil longitudinal P-01).

En estas circunstancias, y también considerando las características geotécnicas de la roca y su horizonte de meteorización, se plantea, como opción más apropiada, recurrir a una cimentación profunda mediante pilotes o micropilotes empotrados en roca. En este informe se ha analizado también la cimentación superficial.

En los siguientes subapartados se exponen las recomendaciones de diseño, para el caso de una cimentación superficial o profunda de la estructura del puente.

Debido a la heterogeneidad de los suelos aluviales, arcilla limosa moderadamente firme, con presencia de intercalaciones de arena arcillosa floja, se desaconseja cimentar el puente y sus estribos en las arcillas aluviales.

Se estudia por tanto la cimentación sobre el macizo rocoso tanto superficial como profunda.

3.2.1.1.- Cimentación superficial en roca

En este subapartado se analiza la cimentación superficial en roca grado II-III (ver Apéndice A-1), siguiendo los criterios del Código Técnico de la Edificación (CTE 2006) y la Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (GCOC 2009).

El substrato rocoso grado II-III aparece entre cinco y nueve metros de profundidad con respecto a la superficie del terreno. Señalar, por tanto, que la cimentación en roca, conllevará la ejecución de pozos de cimentación muy profundos, por lo que esta alternativa no parece la más adecuada.

Código Técnico de la Edificación (CTE 2006)

Para la utilización de la formulación propuesta por el CTE, el macizo rocoso debe cumplir entre otras las siguientes condiciones:

- Resistencia a compresión simple de la roca sana, $q_u \geq 2,5 \text{ mPa}$.
- Grado de meteorización > IV.
- Valor del RQD ≥ 25 .

El CTE para estimar la carga admisible de cimentación directa en roca utiliza la siguiente formulación (apartado 4.3.4.2):

$$q_d = K_{SP} \cdot q_u (*)$$

Donde:

q_d : carga admisible de la cimentación directa en roca.

q_u : resistencia a la compresión simple de la roca sana. En el caso que nos ocupa considerar un valor desfavorable **$q_u = 10 \text{ MPa}$** .

K_{SP} : coeficiente que es función de las dimensiones de la zapata y de las fracturación y distribución de las discontinuidades. En concreto, toma el siguiente valor:

$$K_{SP} = \frac{3 + \frac{s}{B}}{10 \cdot \sqrt{1 + 300 \cdot \frac{a}{s}}}$$

Donde:

s : espaciamiento entre juntas; $s > 300 \text{ mm}$. **Considerar en este caso $s = 30 \text{ cm}$** .

B : anchura de cimiento en metros; $0,05 < s/B < 2$

a : apertura de juntas; $a < 5 \text{ mm}$ en junta limpia; $a < 25 \text{ mm}$ en junta rellena con suelo o con fragmentos de roca alterada; siendo $0 < a/s < 0,02$. **Considerar $a = 0,50 \text{ cm}$** .

Se trata de una expresión que considera un coeficiente de minoración variable en función de la calidad de la roca, con valores comprendidos entre 0,115 y 0,5.

A efectos de verificación del estado límite último de hundimiento el valor de q_d determinado a través de la expresión (*) puede considerarse que lleva incorporado un coeficiente de seguridad $\gamma_R = 3$.

Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (GCOC 2009)

Para la utilización de la formulación propuesta por el GCOC, el macizo rocoso debe cumplir entre otras las siguientes condiciones:

- Resistencia a compresión simple de la roca sana, $q_u \geq 1$ mPa.
- Grado de meteorización \geq IV.
- Valor del RQD ≥ 10 .

La presión admisible puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$p_{v,adm} = p_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \sqrt{\frac{q_u}{p_0}}$$

Donde:

$p_{v,adm}$ = Presión admisible.

p_0 = Presión de referencia. Deberá tomarse un valor de 1 MPa.

q_u = Resistencia a compresión simple de la roca sana. En el caso que nos ocupa considerar un valor desfavorable $q_u = 10$ MPa.

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = Parámetros adimensionales que dependen del tipo de roca, de su grado de alteración y del espaciamiento de las litoclasas, según se indica a continuación:

α_1 : influencia del tipo de roca

Coeficiente definido por la siguiente expresión:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{10 \cdot q_t}{q_u}}$$

Donde:

q_t : resistencia a tracción simple

q_u : resistencia a compresión simple. **Considerar 10 MPa**

A falta de información específica respecto al parámetro q_t se puede utilizar el valor que se obtenga de la tabla siguiente tomada de GCOC (tabla 4.3). **Considerar $\alpha_1 = 0,6$.**

TABLA 4.3. VALORES DE α_1 SEGÚN EL TIPO DE ROCA

| GRUPO N. ^º | NOMBRE GENÉRICO | EJEMPLOS | α_1 |
|-----------------------|---|--|------------|
| 1 | Rocas carbonatadas con estructura bien desarrollada | <ul style="list-style-type: none"> Calizas, dolomías y mármoles puros Calcarenitas de baja porosidad | 1,0 |
| 2 | Rocas ígneas y rocas metamórficas (*) | <ul style="list-style-type: none"> Granitos, cuarcitas Andesitas, riolitas Pizarras, esquistos y gneises (esquistosidad subhorizontal) | 0,8 |
| 3 | Rocas sedimentarias (**) y algunas metamórficas | <ul style="list-style-type: none"> Calizas margosas, argilitas, limolitas, areniscas y conglomerados Pizarras y esquistos (esquistosidad verticalizada) Yesos | 0,6 |
| 4 | Rocas poco soldadas | <ul style="list-style-type: none"> Areniscas, limolitas y conglomerados poco cementados Margas | 0,4 |

(*) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 3.

(**) A excepción de las indicadas en los grupos 1 y 4.

α_2 : influencia del grado de meteorización

Coeficiente definido en Cuadro III: **Considerar $\alpha_2 = 0,50$**

| DESCRIPCIÓN | α_2 |
|--|------------|
| GM-I: Roca sana o fresca | 1,0 |
| GM-II: Roca ligeramente meteorizada | 0,7 |
| GM-III: Roca moderadamente meteorizada | 0,5 |

Cuadro III – Coeficiente α_2 para carga admisible según la Guía de Carreteras de 2009

α_3 : *Influencia del espaciamiento entre litoclasas*

Coeficiente definido por la siguiente expresión:

$$\alpha_3 = \min\left(\sqrt{\frac{s}{1m}}; \sqrt{\frac{RQD(\%)}{100}}\right)$$

Donde:

s: espaciamiento entre las juntas expresado en metros. **Considerar 0,30 m.**

RQD: relación entre la suma de las longitudes de los fragmentos de testigo mayores de 10 cm y la longitud total del tramo de maniobra considerado). Considera en este caso **RQD=40**

3.2.1.2.- Cimentación profunda mediante pilotes en roca

El substrato rocoso grado II-III aparece entre cinco y nueve metros de profundidad con respecto a la superficie del terreno, por lo que se ha estudiado también la posibilidad de cimentar el puente y estribos mediante pilotes.

La estimación de la capacidad de carga de los pilotes se podrá hacer en base a los criterios recogidos en el “Código Técnico de Edificación (CTE-2006)” y la “Guía de Cimentaciones en Obras de Carreteras (2009)” publicada por el Ministerio de Fomento.

Para el dimensionamiento de los pilotes, se recomienda llevarlo a su tope estructural en aquellos casos en los que se garantice el empotramiento adecuado en roca.

La longitud de empotramiento en roca deberá definirse para cada caso en concreto.

La carga de hundimiento Q_h del pilote se obtiene a partir de la expresión siguiente:

$$Q_h = A_p \cdot r_p + A_f \cdot r_f$$

Donde:

A_p : área de la punta del pilote

r_p : resistencia unitaria por punta del pilote

A_f : área del fuste del pilote

r_f : resistencia unitaria por fuste del pilote

En fase de diseño de la cimentación, se determinará el diámetro de la punta del pilote (A_p), el perímetro de la sección transversal del pilote (p_f) y su empotramiento (L) en roca.

Seguidamente se definen los criterios para estimar el valor de la resistencia por punta y por fuste para la litología que constituye el substrato rocoso en la zona de proyecto.

Resistencia por punta

Código Técnico de la Edificación (CTE 2006)

En el caso de pilotes en roca, se puede determinar directamente el valor de la resistencia por punta de cálculo (R_{cd}), es decir, afectada por el factor de seguridad, a través de los valores $q_{p,d}$ y $\tau_{f,d}$ determinados según se indica en el anexo F.2.4.

En concreto, el CTE recoge la siguiente expresión:

$$q_{p,d} = K_{SP} \cdot q_u \cdot d_f$$

Donde:

$q_{p,d}$: valor de cálculo de la resistencia unitaria por punta.

K_{sp} : coeficiente utilizado en cimentaciones superficiales en roca definido en subapartado 3.2.1.1. del presente informe.

d_f : coeficiente que tiene en cuenta el empotramiento y que se define mediante la siguiente expresión:

$$d_f = 1 + 0,4 \cdot \frac{L_r}{D} \leq 2$$

Donde:

L_r : longitud de empotramiento

D: diámetro del pilote

Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (GCOC 2009)

Por su parte, la *Guía de Cimentaciones de Carreteras* del Ministerio de Fomento recomienda la siguiente expresión:

$$q_p = 2 \cdot p_{v,adm}$$

Donde:

q_p : resistencia unitaria por punta para estimar la carga de hundimiento

$p_{v,adm}$: carga admisible en cimentaciones superficiales en roca definido en subapartado 3.2.1.1.

En cualquier caso, y salvo justificación expresa en contra, el valor de q_p se limitará a un valor máximo de 20 MPa.

Resistencia por fuste

Por su parte, la estimación de la **resistencia unitaria por fuste** suele referirse a la resistencia unitaria por punta obtenida, o bien a la resistencia a compresión simple.

Código Técnico de la Edificación (CTE 2006)

El CTE recoge la siguiente expresión:

$$\tau = 0,2 \cdot q_u^{0,5}$$

Donde:

τ : resistencia unitaria por fuste de cálculo.

q_u : resistencia a compresión simple, expresada en MPa. **Considerar 10 MPa.**

Guía de Cimentaciones en Obras de Carretera (GCOC 2009)

La *Guía de Cimentaciones de Carreteras* dentro de la zona de empotramiento en roca se puede considerar, para la evaluación de la capacidad de carga de los pilotes perforados, una resistencia unitaria por fuste, τ_f , igual a:

$$\tau_f = 0,1 \cdot q_p$$

Donde:

τ_f = Resistencia unitaria por fuste, dentro del empotramiento en roca.

q_p = Resistencia unitaria por punta que correspondería a dicha roca según se ha determinado en este epígrafe, antes de ser afectada por el factor d_f , en su caso.

En cualquier caso, y salvo justificación expresa en contra, el valor y τ_f se limitará a un valor máximo de 2 MPa.

3.2.1.3.- Cimentación profunda mediante micropilotes

En caso de optarse por una cimentación del puente y estribos mediante micropilotes, se pueden seguir las indicaciones recogidas en la “*Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera*”, editada por el Ministerio de Fomento, octubre de 2.005.

Se define como micropilote al elemento estructural cilíndrico, de diámetro inferior a 300 mm, perforados en el terreno y armados con tubería de acero, en ocasiones reforzada con una o varias barras corrugadas, e inyectado con lechada o mortero de cemento en una o varias fases.

Estos elementos resisten fundamentalmente frente a esfuerzos axiales, presentando una resistencia frente a corte y a flexión generalmente baja.

El que se inyecte la perforación en la que se aloja la armadura metálica puede suponer una mejora del terreno circundante, efecto beneficioso de difícil cuantificación.

Mediante la investigación geotécnica realizada se ha comprobado la relativa proximidad del substrato rocoso respecto a la superficie del terreno actual, por lo que se deberán empotrar los micropilotes en la roca sana.

La respuesta resistente de los micropilotes es análoga a la de los pilotes, componiéndose de resistencia por punta y resistencia por fuste.

Generalmente, la resistencia por punta será baja, dado el escaso valor del área de un micropilote, por lo que el mecanismo resistente fundamental de un micropilote suele ser la resistencia por fuste, incluso en el caso de empotrar en roca.

En consecuencia, la resistencia frente a hundimiento de un micropilote puede indicarse de la siguiente manera:

$$R_{c,d} = R_{p,d} + R_{fc,d}$$

Donde:

$R_{c,d}$: Resistencia de cálculo frente al modo de fallo de hundimiento

$R_{p,d}$: Resistencia por punta de cálculo

$R_{fc,d}$: Resistencia por fuste de cálculo frente a esfuerzo de compresión

Para considerar que un micropilote está empotrado en roca, han de verificarse las siguientes condiciones:

- El grado de meteorización de la roca será inferior o igual a GM-III.
- El valor del RQD será mayor del 60%.
- **La resistencia a compresión simple de la roca será superior a 20 MPa.**
- El empotramiento en la roca será superior a seis diámetros, medidos sobre el nivel de la punta.

En el caso de empotrar los micropilotes en roca, las resistencias por punta y por fuste pueden calcularse según las siguientes expresiones:

$$R_{c,d} = A_{l,e} \cdot f_{e,d} + A_{p,e} \cdot q_{pe,d}$$

Donde:

$A_{l,e}$: área lateral del micropilote en el empotramiento en roca

$A_{p,c}$: área de la sección recta de la punta en el empotramiento de la roca

$f_{e,d}$: resistencia unitaria por fuste de cálculo en el empotramiento en roca

$q_{pe,d}$: resistencia unitaria por punta de cálculo en el empotramiento en roca

Los valores de cálculo son los indicados en el siguiente Cuadro:

| TIPO DE ROCA | $f_{e,d}$ (MPa) | $q_{pc,d}$ |
|----------------------------|-----------------|--------------|
| Margas y margocalizas | 0,15 – 0,40 | 0,07 · q_u |
| Pizarras y otros esquistos | 0,20 – 0,30 | 0,07 · q_u |
| Areniscas | 0,30 – 0,45 | 0,07 · q_u |
| Calizas y dolomías | 0,40 – 0,50 | 0,10 · q_u |
| Granitos y basaltos | 0,40 – 0,60 | 0,10 · q_u |

Cuadro IV – Resistencia unitaria de cálculo para micropilotes empotrados en roca

Donde:

q_u : Resistencia a compresión simple de la roca matriz

En las expresiones anteriores, al tratarse de valores de cálculo, ya llevan implícitos los factores de seguridad a aplicar.

La “*Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera*” **no contempla el caso de rocas blandas**, ya que las exigencias para considerar un micropilote en roca exigen una resistencia a compresión simple de 20 MPa, mientras que para suelos la resistencia a compresión máxima considerada es de 0,4 MPa.

En nuestro caso en concreto, se han alcanzado valores de resistencia a compresión simple para la roca GM-III-II del orden de 10 MPa. En este caso extremo, este tipo de roca blanda es asimilable a un suelo cohesivo duro.

En la Imagen 1, extraída de la Guía de referencia, se adjuntan los valores de rozamiento unitario límite de los micropilotes empotados en suelos granulares y en suelos cohesivos a partir de correlaciones con parámetros geotécnicos habituales (golpeos SPT, presiones límite medidas en presiómetros y resistencias a compresión simple).

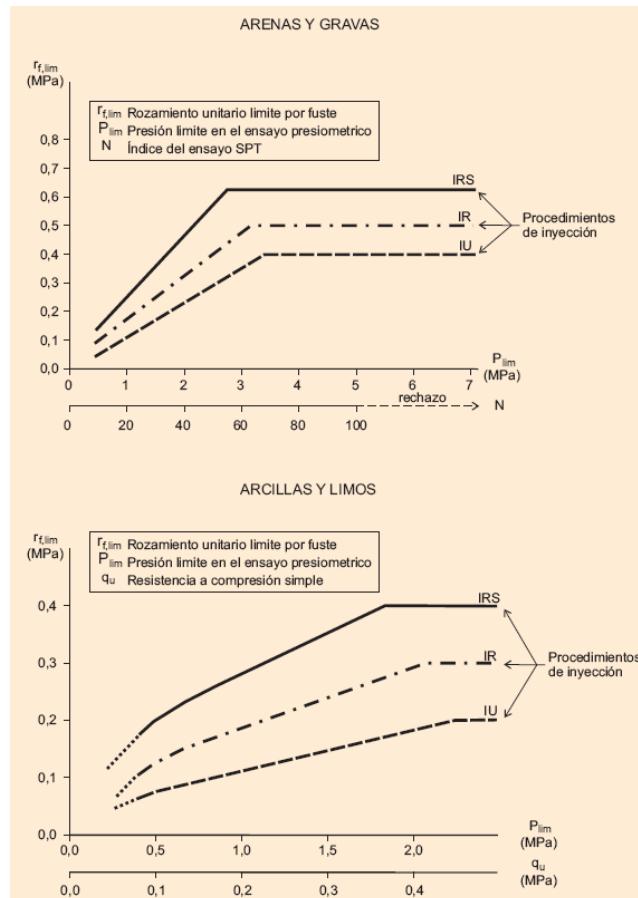


Imagen 1 – Rozamiento unitario límite por fuste para micropilotes en suelos

Teniendo en cuenta que los valores de las gráficas anteriores son valores últimos o límite, los valores de cálculo se obtendrán aplicando los siguientes factores de seguridad:

| DURACIÓN | F.S. |
|---|------|
| Obras donde los micropilotes tienen una función estructural de duración inferior o igual a seis meses | 1,45 |
| Obras donde los micropilotes tienen una función estructural de duración superior a seis meses | 1,65 |

Cuadro V – Factores de seguridad para micropilotes empotados en suelos

A la vista de los diseños desarrollados en proyecto, no se prevé que ninguna de las cimentaciones previstas sea necesario colocar pilotes inclinados con el objeto de soportar esfuerzos horizontales.

En principio, no se prevé la ejecución de pilotes inclinados. Si se diera esta posibilidad, se recomienda no inclinarlos más de 20º a 30º respecto la vertical.

En esta situación, es posible que los esfuerzos horizontales se repartan en la distribución geométrica de micropilotes como esfuerzos de compresión y tracción. En el caso de que alguno de los pilotes se vea sometido a una resultante de tracción, de cara al diseño y al cálculo deberán tenerse en cuenta las consideraciones de la “*Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera*” del Ministerio de Fomento.

En concreto, la resistencia del fuste a tracción debe minorarse según el siguiente Cuadro:

| SITUACIÓN DE CÁLCULO | COEFICIENTE DE MINORACIÓN |
|--|---------------------------|
| Micropilotes sometidos alternativamente a esfuerzos de compresión y tracción | 0,60 |
| Micropilotes sometidos únicamente a esfuerzos de tracción | 0,75 |

Cuadro VI – Coeficientes de minoración de fuste en micropilotes bajo tracción

3.2.2.- Excavación de pozos de cimentación y medidas de achique

Los pozos de cimentación para los encepados de los micropilotes o de los pilotes se excavarán con medios mecánicos convencionales.

El talud de excavación de las zapatas o encepados no será más vertical que el 1(H):1(V) para facilitar la salida de la trinchera del personal y equipos.

Deberá disponerse en obra de los medios de achique necesarios para evitar la inundación de los pozos y zanjas por agua proveniente de la escorrentía superficial.

3.2.3.- Agresividad del terreno

La muestra de agua tomada en el sondeo S-01, ha resultado agresiva con un grado de agresividad Débil (Qa) según el contenido de sulfatos y CO₂ libre, de acuerdo con las indicaciones de la norma vigente EHE-08.

3.2.4.- Sismicidad

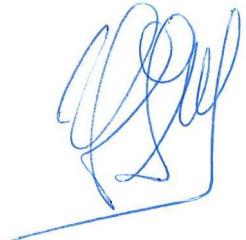
Para valorar la sismicidad se ha empleado la normativa vigente NCSE-02. Según esta norma, la valoración de la aceleración de cálculo dependerá de la situación geográfica (aceleración sísmica básica a_b), el riesgo admisible de la obra en diseño y el comportamiento del terreno frente a las acciones sísmicas.

De acuerdo con el Mapa de Peligrosidad Sísmica incluido anteriormente, la zona estudiada se localiza en una zona cuyo valor de la aceleración sísmica básica a_b< 0,04 g, donde no es necesario considerar las acciones sísmicas sobre las estructuras proyectadas.

3.3.- CONFIRMACIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO EN FASE DE OBRA

Se recomienda que los trabajos de movimiento de tierras y de cimentación del puente, sean 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 oportunas.

San Sebastián, a 30 de octubre de 2.020



Fdo.: **Ioseba Jugo Meabe**
Ingeniero de Caminos
(Col. N°: 6.963)

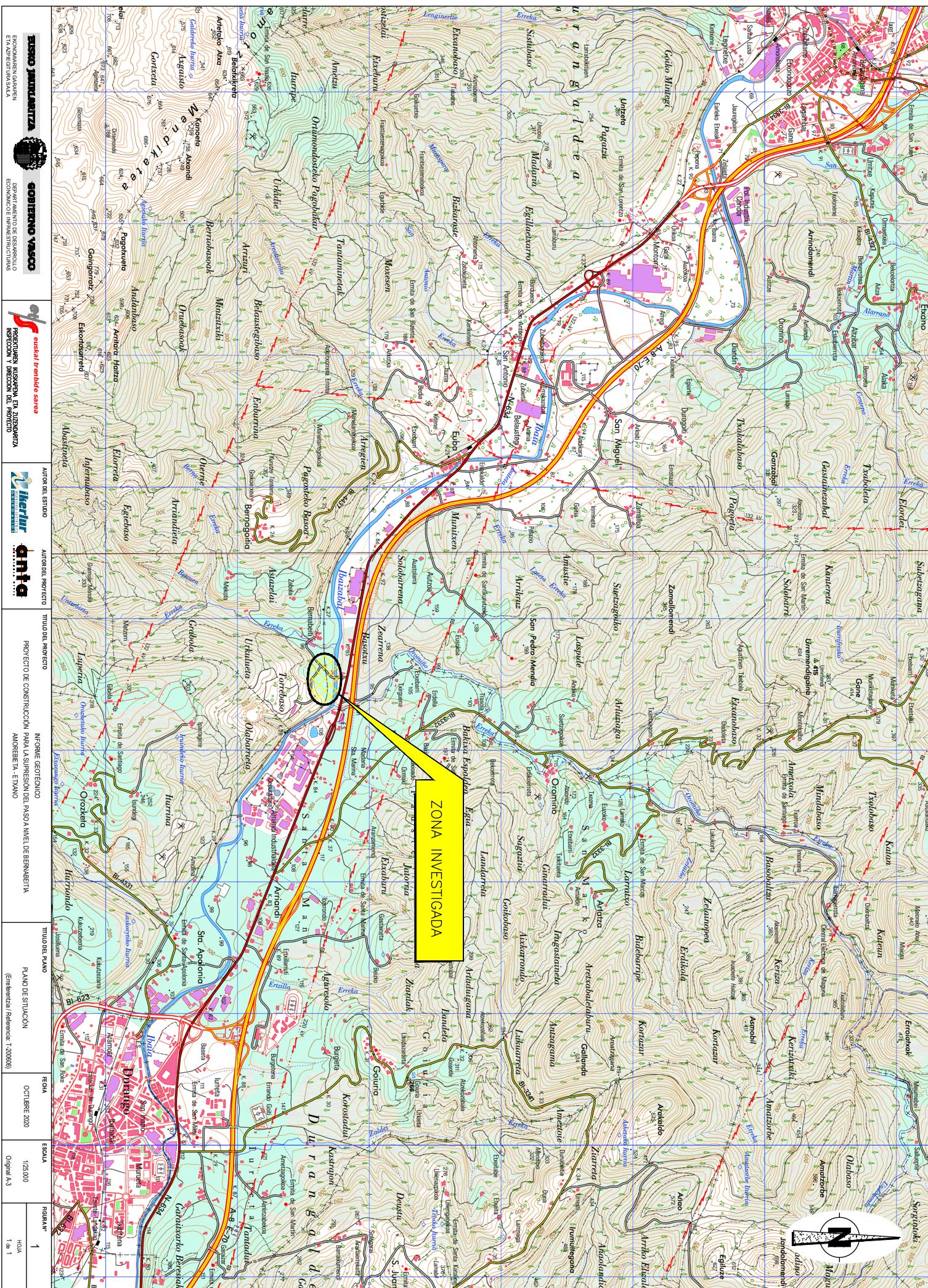


Fdo.: **Iñaki Ibarbia Ilarraz**
Geólogo
(Col. N°: 1.452)



Fdo.: **Alejandro Bocanegra Manzano**
Ingeniero de Caminos
(Col. N°: 32.430)

FIGURAS



LEYENDA

RELEÑOS ANTRÓPICOS

Rellenos compactados



Rellenos vertidos



SUELOS

Edad: Cuaternario

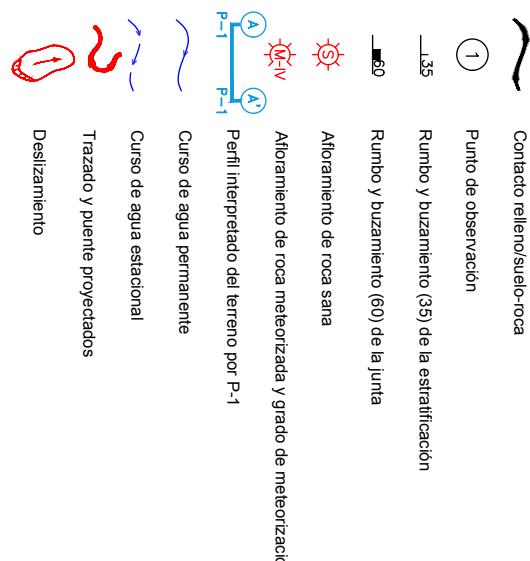


ROCA

Edad: Cretácico Inferior (Albiense Superior-Cenomaniense Inferior)
Complejo Supraurgoniano

Limolitas y argilitas gris oscuras con ocasionales intercalaciones de arenisca gris clara, en estratos de espesor cm-mm

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 1,50 m.



SÍMBOLOGÍA

Contacto relleno/suelo-roca

Punto de observación



Rumbo y buzamiento (35) de la estratificación



Rumbo y buzamiento (60) de la junta



Afloramiento de roca sana



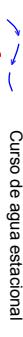
Afloramiento de roca meteorizada y grado de meteorización (IV)



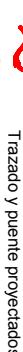
Perfil interpretado del terreno por P-1



Curso de agua permanente



Curso de agua estacional



Trazado y puente proyectados

Deslizamiento



PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

S-01

Sondeo con extracción continua de testigo (supervisado por IKERLUR)

SE-14



Sondeo geotécnico preexistente (*)

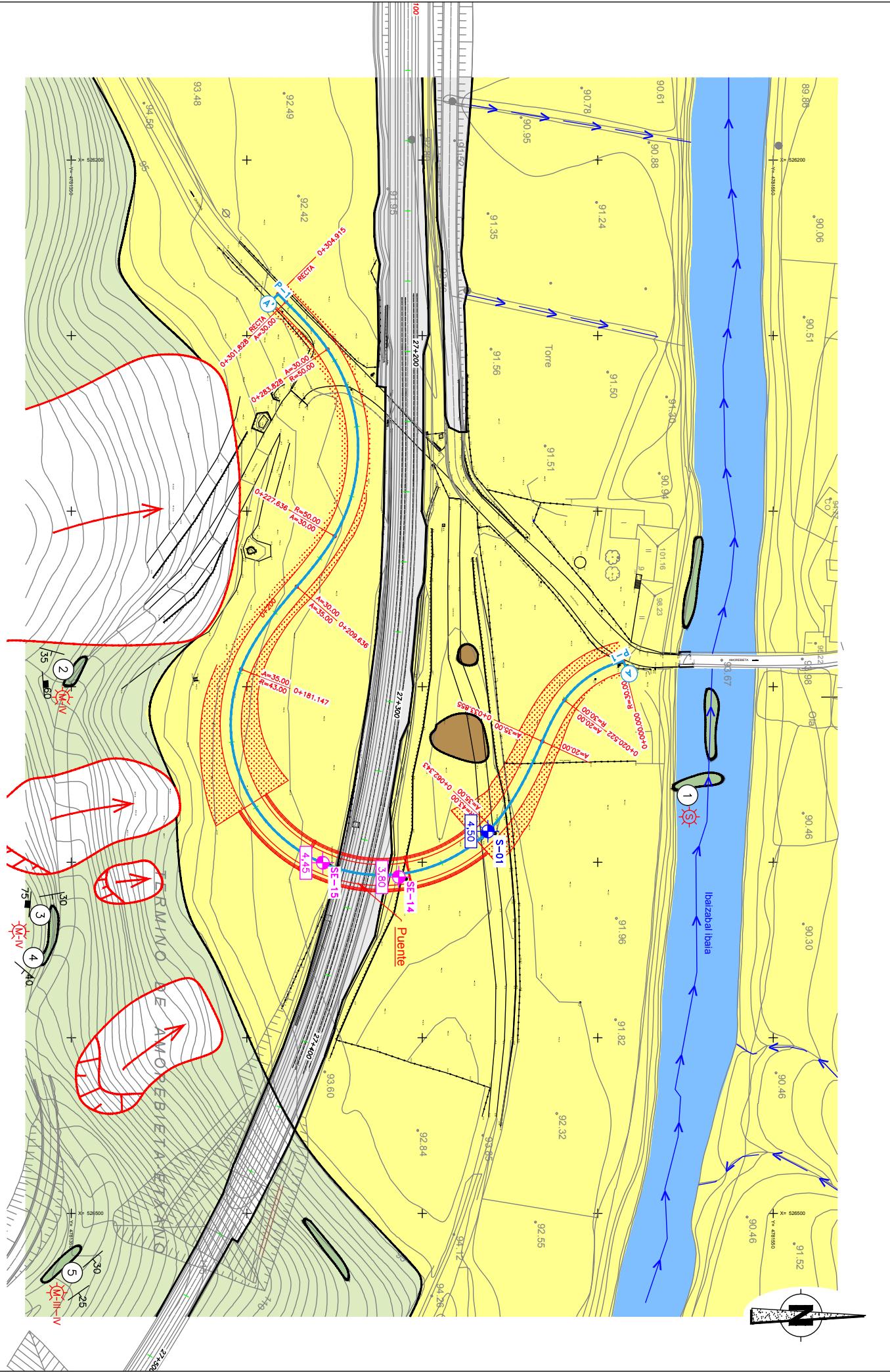
(*) "Proyecto de construcción del desdoblamiento del tramo Eibar-Iurreta de la línea ferroviaria Bilbao-Domínguez de Eusko Trenbideak-Ferrocarriles Vascos S.A", redactado por la Ingeniería Fulcrum en 2.004

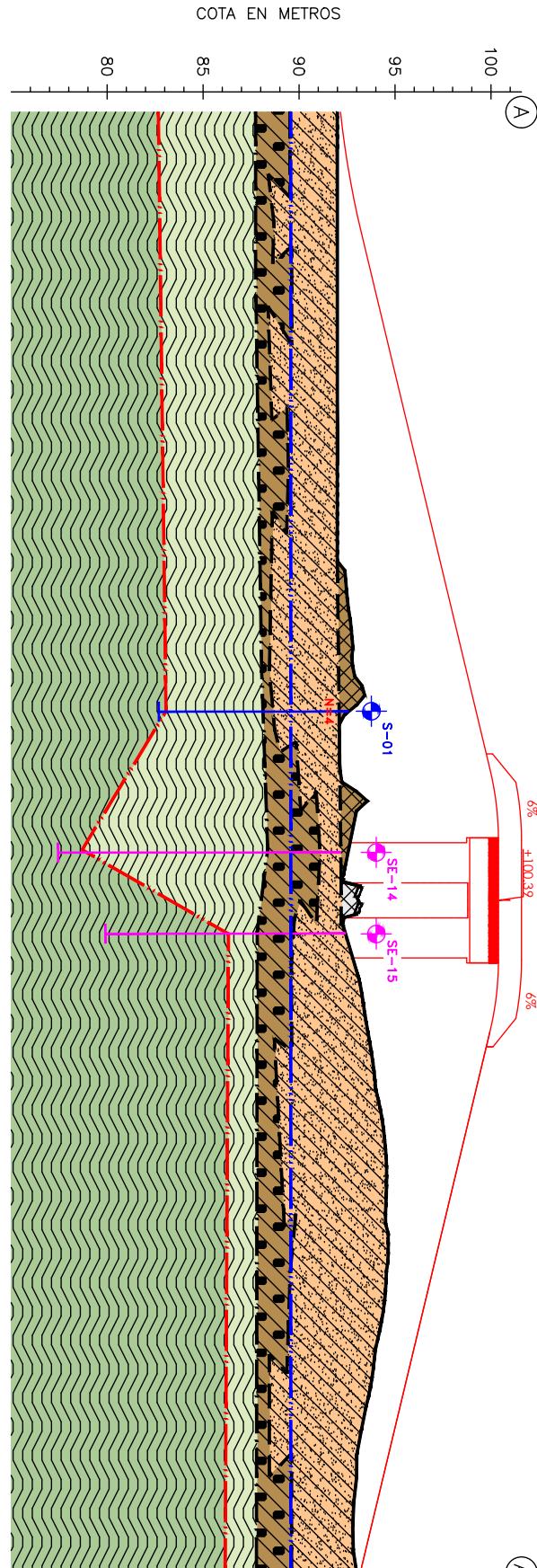
4,50



Profundidad comprobada de aparición de la roca (en m)

| | | |
|--|--|--|
| EUSKO TRENDEAK | IKERLUR | ANTA |
| EKO KONAREN GRUPEN DEPARTAMENTO DE DESARROLLO PROYECTO EN MUSKETA, EL ZUBI DORRETA INVESTIGACION Y DIRECCION DEL PROYECTO | euskotrenbide sarea | ikertur |
| AUTOR DEL ESTUDIO | AUTOR DEL PROYECTO | TIPO DEL PROYECTO |
| INFORME GEOTÉCNICO PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPERFICIE DEL PASO A NIVEL DE BERNABEITA, AMOREBIETA, ETXANO | INFORME GEOTÉCNICO PLANTA GEOTÉCNICA GENERAL LEYENDA (Referencia T-20066) | TIPO DEL PLANO PLANTA GEOTÉCNICA GENERAL LEYENDA (Referencia T-20066) |





RELEÑOS ARTIFICIALES

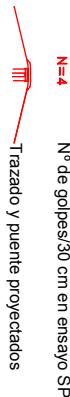
Plataforma FFC (rellenos compactados)
Rellenos heterogéneos sin compactar
Gravas y bolos gruesos con indicios de arcilla y arena.
Medianamente densos

SUELOS

Edad: Cuaternario

Aluvial

(C/U/SC) arena, moderadamente firme a firme. Frecuentes intercalaciones de arena arcillosa marrón anaranjada. Flota (GC) Grava marrón con indicios a algo de arcilla y arena. Medianamente densa a densa. Ocasionales bolos



SÍMBOLOGÍA

Roca meteorizada (Grado V-III), de color marrón grisáceo o gris oscuro
Roca sana (Grado II), de color gris oscuro
Contacto entre diferentes tipos de rellenos y/o suelos
Contacto suelo-roca

PUNTOS DE INVESTIGACIÓN

S-01 Sondaje con extracción continua de testigo (supervisado por IKERLUR)
SE-14 Sondeo geotécnico preexistente (*)
(*) "Proyecto de construcción del desdoblamiento del tramo Eibar-Iurreta de la línea férrea Bilbao-Donostia-Trenbideak-Ferrocarril Vasco S.A.", redactado por la Ingeniería Fulcrum en 2.004

LEYENDA

ROCA

Edad: Cretácico Inferior (Albiense Superior-Cenomaniense Inferior)
Complejo Supauruguiniano
Limolitas y argilitas gris oscuras con ocasionales intercalaciones de arenisca gris clara, en estratos de espesor cm-mm

ROCA

Edad: Cretácico Inferior (Albiense Superior-Cenomaniense Inferior)
Complejo Supauruguiniano

| | |
|---|--|
| EUSKOTREN TRENDEAK | IKERLUR |
| ECONOMICO GRABEN DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONOMICO INFRAESTRUCTURAS ETIA ADIF/ENDESA/ENKA | PROYECTO EN RENFE, EN ZUZENETA INVESTIGACION Y DIRECCION DEL PROYECTO |

| AUTOR DEL ESTUDIO | AUTOR DEL PROYECTO |
|--|--------------------|
| PROYECTO EN RENFE, EN ZUZENETA INVESTIGACION Y DIRECCION DEL PROYECTO | |

| TITULO DEL PROYECTO | INFORME GEOTÉCNICO | TITULO DEL PLANO | FECHA |
|--|--|--|--------------|
| PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPERFICIE DEL PASO A NIVEL DE BERNABEITA, AMOREBIETA, ETXANO | CORTE INTERPRETADO DEL TERRENO POR PERFIL LONGITUDINAL P-01 (Referencia T-20066) | CORTE INTERPRETADO DEL TERRENO POR PERFIL LONGITUDINAL P-01 (Referencia T-20066) | OCTUBRE 2020 |

| | |
|--|----------------------------------|
| ESCALA EV: 1/250 EH: 1/1.000 Original A-3 | FIGURA N° 3 HOJA 1 de 1 |
|--|----------------------------------|

REPORTAJE FOTOGRÁFICO

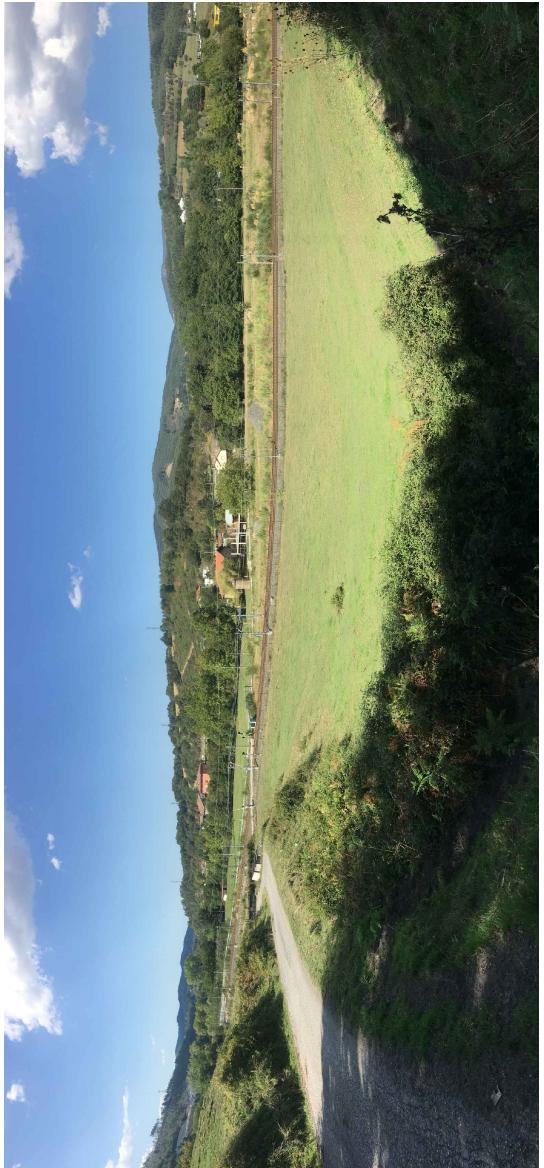


FOTO 1. VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA INVESTIGADA



FOTO 2: PANORÁMICA DEL SECTOR SUR DE LA ZONA DE ACTUACIÓN

| EUSKO JAJIKINTZA | CONSEJERÍA DE ECONOMÍAS GABARDEN ET ANIZKETAKA | euskal trenbide sarea PROYECTO DE DESARROLLO INTEGRAL EN ZORNABURTA INSPECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL PROYECTO | AUTOR DEL ESTUDIO | AUTOR DEL PROYECTO | TÍTULO DEL PROYECTO | TÍTULO DEL PLANO | FECHA | ESCALA | HOJA |
|------------------|--|--|-------------------|--------------------|---|---|-----------------|--------|------------------------|
| | | | | | PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPERFICIE DEL PASO A NIVEL DE BERNABEITA AMOREBIETA - ETXANO | REPORTAJE FOTOGRÁFICO (En la fotografía se refleja el punto de referencia 1-20066) | SEPTIEMBRE 2020 | SIE | Original A-3 1 de 2 |



FOTO 4: ACTUAL PASO A NIVEL DE BERNABEITIA



FOTO 6: AFLORAMIENTO DE ROCA EN CAUCE DE RÍO IBÁZBAL,
CORRESPONDIENTE AL PUNTO DE OBSERVACIÓN ① DE LA FIGURA 02



FOTO 3: VISTA GENERAL. PASO A NIVEL DE BERNABEITIA



-OTO 5: SECTOR NORTE. ESTADO ACTUAL

| | | | |
|---|--|---|--|
|  EUSKO JAURLARITZA |  Gobierno Vasco | PROYECTO DE DESARROLLO ECONÓMICO INFRAESTRUCTURAS | INFORME GEOTÉCNICO A MOREBIETA - ETXANO |
|  IKERLAN |  anta | TITULO DEL PROYECTO PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN PARA LA SUPRESIÓN DEL PASO ANWEL DE BERNABEITIA | FECHA SEPTIEMBRE 2020 |
| AUTOR DEL ESTUDIO | AUTOR DEL PROYECTO | TITULO DEL PLAN REPORTAJE FOTOGRÁFICO | ESALÁ SIE |

APÉNDICES

A-1

Escala de meteorización de la roca

ESCALA DE METEORIZACIÓN DE LA ROCA¹

| Grado de meteorización | Denominación | Criterios de reconocimiento |
|------------------------|---|---|
| I | Sana | Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa. |
| II | Sana con juntas teñidas de óxido | 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. |
| III | Moderadamente Meteorizada | 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 cm² de sección no pueden romperse a mano</i> . |
| IV | Muy Meteorizada | Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles. |
| V | Completamente Meteorizada | 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. |

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

A-2

Caracteres geomecánicos del macizo rocoso

| Título Trabajo | | | | | | | Localidad | | | | Fecha | | | | | Ref. Trabajo | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------|-----|-----------------|---------------|---------------|------------|------------|-------|---------|------------|-------------------------|-------------|------|----|--------------|----|-----------|---------------|-------------|--------|---------------|---|
| Supresión Paso a nivel Bernabeitia | | | | | | | AMOREBIETA | | | | 15/09/2020 | | | | | T-200606 | | | | | | | |
| Punto observación | TIPO DE PLANO | ORIENTACIÓN | | CONTINUIDAD (m) | | ESPACIADO (m) | | SUPERFICIE | | RELLENO | | PARÁMETROS GEOMECAÑICOS | | | | | | LITOLOGÍA | METEORIZACIÓN | RESISTENCIA | AGUA | Observaciones | |
| | | Dir Buzam. | (º) | s/ RUMBO | s/ BUZAMIENTO | 0,5 | > 0,5 | 0,5 - 2 | 2 - 4 | 4 | ONDUL. | RUGOS. | ESPES. (mm) | TIPO | Jv | Jn | Jr | Ja | Jw | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | L | II | | 1 |
| 2 | E | 105 | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | L Arg | IV | | 2 |
| | J | 355 | 60 | x | /x | / | / | / | / | / | X | | | | | | | | | | | | |
| 3 | E | 80 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | Arg | IV | | 3 |
| | J | 185 | 75 | x | /x | / | / | / | / | / | X | | | | | | | | | | | | |
| 4 | E | 130 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | L | III-IV | | |
| 5 | E | 55 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | L | III-IV | | |
| | E | 50 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Observaciones

- 1 Afloramiento en cauce de río.
- 2 Limolitas y argilitas Grado IV.
- 3 Limolitas y argilitas, con intercalaciones de arenisca (dm-cm). Las argilitas cm.

A-3

Clave de descripción y Clasificación de suelos

CLAVE DE DESCRIPCIÓN DE SUELOS

CLASIFICACIÓN DE LAS PARTÍCULAS DE SUELO SEGÚN SU TAMAÑO¹

| Tipo de suelo | Denominación | Tamaño de partículas en mm. | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------------------|---|-------|
| GRANO MUY GRUESO | Bloques Grandes | > 630 | | |
| | Bloques | > 200 | a | 630 |
| | Bolos | > 63 | a | 200 |
| GRANO GRUESO | 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 |
| GRANO FINO | 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.

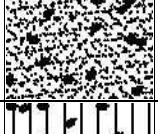
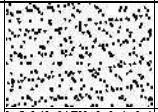
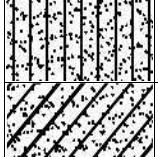
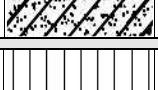
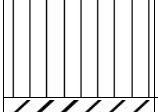
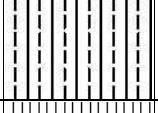
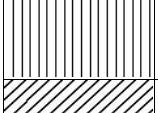
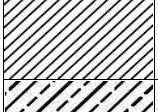
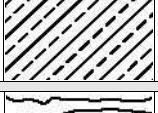
| Densidad | Golpeo S.P.T. / 30 cm. |
|--------------------|------------------------|
| Muy Flojo | < 5 |
| Flojo | 5 a 10 |
| Medianamente Denso | 11 a 30 |
| Denso | 31 a 50 |
| Muy Denso | > 50 |

SUELOS DE GRANO FINO – Resistencia según COHESIÓN sin drenaje

| Resistencia | Cohesión (Kp/cm ²) |
|---------------------|--------------------------------|
| 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 |

¹ 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 |
|--|---|---|---|--|
| SUELOS DE GRANO GRUESO Más del 50% material <u>retenido</u> por tamiz nº 200 | GRAVA Y SUELOS CON GRAVA 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. |
| | | GRAVA con FINOS (Finos en cantidad apreciable) |  | GP Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena, con pocos finos o sin finos. |
| | | ARENA LIMPIA |  | GM Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo. |
| | | ARENA con FINOS (Finos en cantidad apreciable) |  | GC Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-limo |
| | ARENA Y SUELOS ARENOSOS 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. |
| | | ARENA con FINOS (Finos en cantidad apreciable) |  | 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. |
| | | ARENA con FINOS (Finos en cantidad apreciable) | | SC Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla. |
| SUELOS DE GRANO FINO Más del 50% material <u>pasa</u> por tamiz nº 200 | LIMO Y ARCILLA 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 plásticas |
| | LIMO Y ARCILLA 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 |
| | | SUELOS MUY ORGÁNICOS |  | PT Turba, humus, suelos de pantanos con mucha materia orgánica. |

A-4

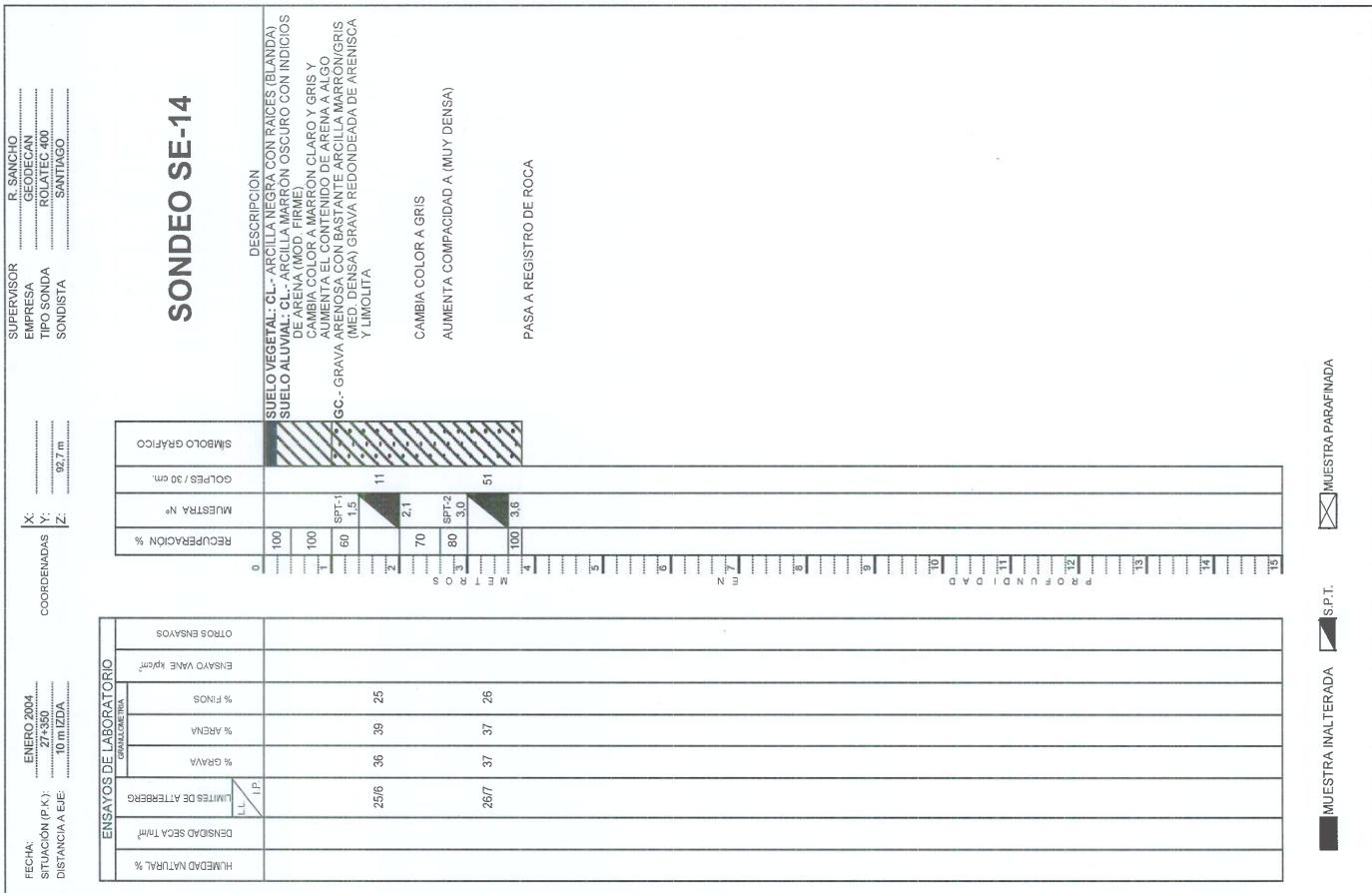
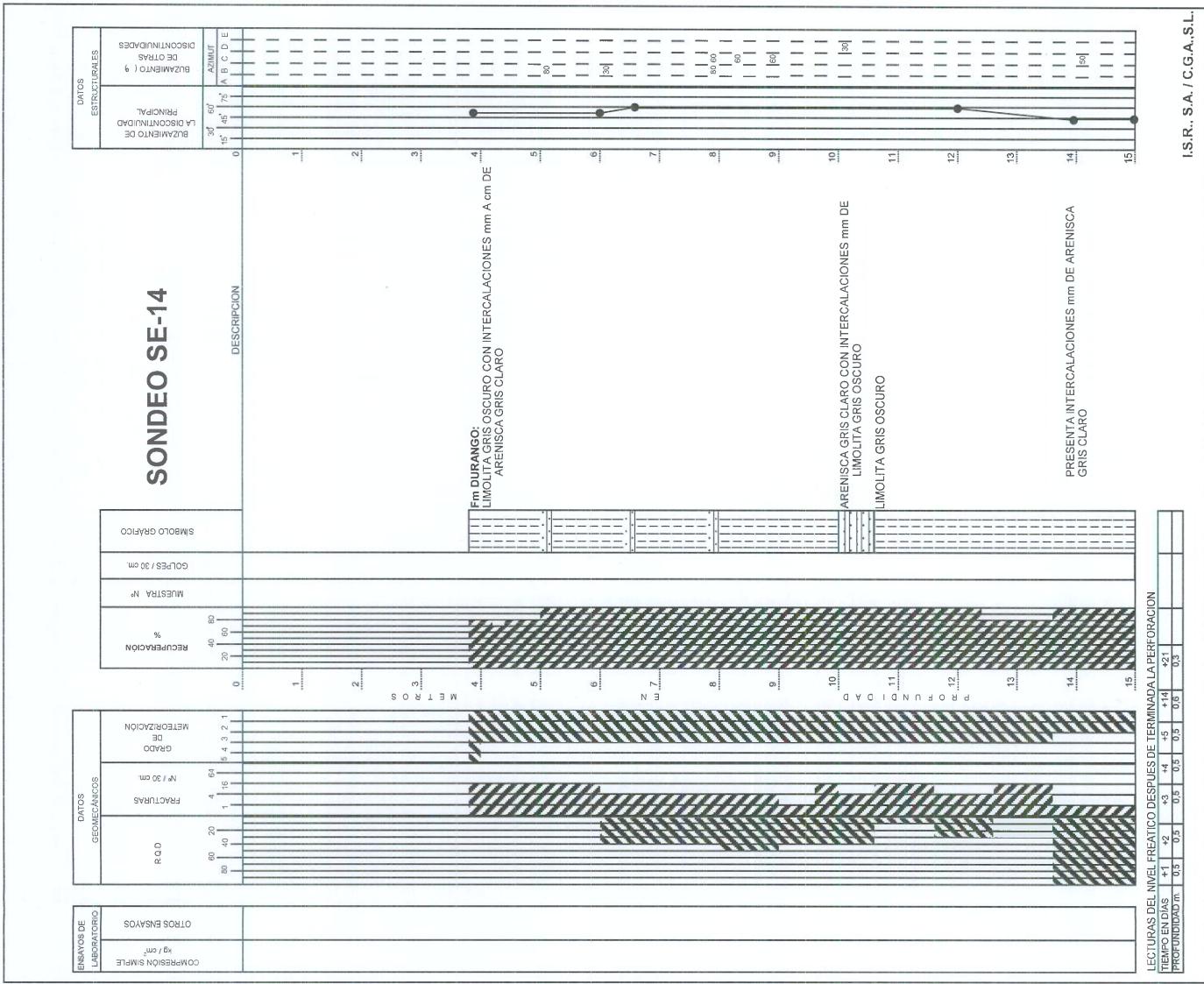
Registro de sondeos

- Resumen de sondeos
- Presentación de los registros de sondeos
 - o Sondeos preexistentes: Fulcrum, 2.004, “*Proyecto de Construcción del desdoblamiento del tramo Euba-Iurreta de la línea férrea Bilbao-Donostia de Eusko Trenbideak-Ferrocarriles Vascos, S.A.*”
 - o Sondeos efectuados para este estudio

Ref. Trabajo: **T-200606** Supresión Paso a nivel Bernabeitia

Localidad: AMOREBIETA

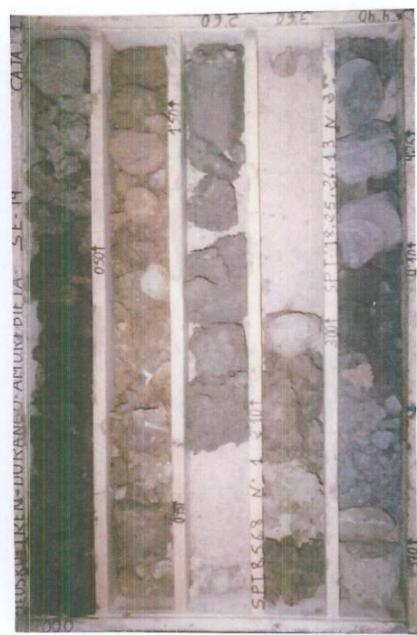
| Sondeo | Cota inicio (m) | Prof. roca METEORIZADA (m) | Prof. roca SANA (m) | Profundidad FINAL (m) | Fecha inicio sondeo | Fecha fin sondeo |
|-------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| S-01 | 93.000 | 4.45 | 6.00 | 10.00 | 22-07-20 | 22-07-20 |





**PROYECTO CONSTRUCTIVO DEL DESDoblamiento DEL TRAMO EUBA-URRETA DE LA
LÍNEA FÉRRERA BILBAO-DONOSTIA DE EUSKO TRENBIDEAK-FERROCARRILES VASCOS, S.A.
FOTOGRAFIAS DEL SONDEO SE-14**

I.S.R., S.A./C.G.A., S.L.



SONDEO SE-15

| DATOS GEOMECÁNICOS | | R.Q.D | Nº / 30 cm | PRÁCTURAS | GRADO DE METEORIZACIÓN | RECUPERACIÓN % | MUESTRA N° | GOLPES / 30 cm | SMBOLO GRAFOICO | DESCRIPCION | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
|------------------------|-------------------|---------------------|---------------|-----------|------------------------|----------------|------------|----------------|-----------------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|--|
| ENSAYOS DE LABORATORIO | COMPRESIÓN SIMPLE | kg / m ³ | OTROS ENSAYOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DATOS ESTADÍSTICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

BLAZAMIENTO DE PRINCIPAL DISCONTINUIDADES DE ORITAS EN LAZOS CONTINUAS

BLAZAMIENTO 19

AZIMUT 75°

ALTURA 15°

LECCIONES DEL NIVEL FREÁTICO DESPUES DE TERMINADA LA PERFORACION

FINAL DEL SONDEO A 12.50 m

PRESENTA LENTES E INTERCALACIONES mm DE ARENISCA GRIS CLARO

**Fm DURANGO:
LIMOLITA BRECHOIDE GRIS OSCURO**

The diagram illustrates the geological profile of Sondeo SE-15. The vertical axis represents depth in meters, ranging from 0 to 15. The horizontal axis represents distance along the borehole. The lithology is shown as various patterns: white for sandstone, black for shale, and diagonal lines for dolomite. Key features include a thick dolomitic limestone layer (black) at the bottom, followed by alternating sandstone and shale layers. Specific horizons are labeled with numbers 1 through 15. Borehole data points are plotted along the profile, with labels such as 'SP1-1' and 'R7/10'. A legend indicates symbols for 'RECORRIDO' (solid line), 'INTERCAMBIOS' (dashed line), 'INTERCAMBIOS' (dotted line), and 'INTERCAMBIOS' (dash-dot line). A scale bar at the bottom right shows distances up to 100 meters.

REGISTRO DE SONDEO

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com



PROYECTO CONSTRUCTIVO DEL DESDOBLEMENTO DEL TRAMO EUBA-URRETA DE LA
LÍNEA FÉRREA BILBAO-DONOSTIA DE EUSKO TRENBIDEAK-FERROCARRILES VASCOS, S.A.
FOTOGRAFIAS DEL SONDEO SE-15



Ref. Trabajo: T-200606

Título: Supresión Paso a nivel Bernabeitia

Localidad: AMOREBIETE

Fecha inicio: 22/07/2020 **Fecha fin:** 22/07/2020

Registro procesado con gINT -v 8.30.004 - CG3641 - T-200606_AMOREBIETA.GPJ

SONDEO: S-01

Profundidad final: **10.00 m**

I-200606
S-01

S-01

REGISTRO FOTOGRÁFICO



NOTAS: Fin del sondeo en roca Grado II. Se instala tubería piezométrica de PVC.

| | |
|---------------|---|
| Muestra |  SPT cerrado con punzeta |
| Nivel térmico |  Muestra inalterada |
| |  Final de sondeo (corto plazo) |
| |  Despues de sondeo (largo plazo) |

Ref. Trabajo: T-200606

Título: Supresión Paso a nivel Bernabéitia

Localidad: AMOREBIETA

Fecha inicio: 22/07/2020 **Fecha fin:** 22/07/2020

Coordenadas en m. (X;Y;Z) ETRS89: (526391.0000 ; 4781468.0000 ; 93.000)



Registro procesado con INT - v 8.30.004 - CG341 - T-200606_AMOREBIETA.GPJ

SONDEO: S-01
Profundidad final:
10.00 m.



T-200606
S-01
Hoj 2 de 2

DESCRIPCIÓN

| PROFUNDIDAD (m) | NIVEL FREÁTICO | RECUPERACIÓN (%) | Clasificación S.U.C.S. | SÍMBOLO GRÁFICO |
|-----------------|----------------|------------------|--|---|
| 10.00 | 100 | 83.0 | Espesor de capa | Cota de capa |
| 11.00 | 100 | 83.0 | - La roca presenta aspecto algo tectonizado. | Vane Test (kg/cm ²) |
| 12.00 | 100 | 83.0 | - | Penetrómetro de bolsillo (kg/cm) ² |
| 13.00 | 100 | 83.0 | - | GRADO de METEORIZACIÓN |
| 14.00 | 100 | 83.0 | - | FRACTURAS - N° / 30 cm |
| 15.00 | 100 | 83.0 | - | RQD % |
| 16.00 | 100 | 83.0 | - | ESTRUCTURA - Esquistosidad |
| 17.00 | 100 | 83.0 | - | ESTRUCTURA - Estratificación |
| | | | - | JUNTAS - Orientación/Buzamiento |
| | | | - | Tipo de muestra |
| | | | Nº de MUESTRA | |
| | | | Nº de golpes / 15 cm. (Valor N en SPT) | |
| | | | % finos | |
| | | | Límite líquido | |
| | | | Límite plástico | |
| | | | Índice de plasticidad | |
| | | | Humedad % | |
| | | | Densidad húmeda (gr/cm ³) | |
| | | | RCS-Resistencia compresión simple (kPa) | |
| | | | COTA (m) | |

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Muestra

SPT cerrado con puntaza
Nivel freático

Medido durante sondeo

Final de sondeo (corto plazo)

Despues de sondeo (largo plazo)

NOTAS: Fin del sondeo en roca Grado II. Se instala tubería plazométrica de PVC.

Geólogo: I.I.I.

A-5

Ensayos de campo y de laboratorio

- Resumen de ensayos SPT y muestras extraídas
- Ensayos de campo
- Ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE CAMPO

Realizados por: **IKERLUR S.L.**

- Resumen de ensayos realizados

Ref. Trabajo: **T-200606** Supresión Paso a nivel Bernabeitia
Localidad: AMOREBIETA

| Sondeo | Prof. superior (m) | Prof. inferior (m) | MUESTRA | Golpeo1 | Golpeo2 | Golpeo3 | Golpeo4 |
|-------------|-----------------------|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| S-01 | 1.20 | 1.80 | SPT-C-01 | 3 | 1 | 3 | 5 |
| S-01 | 3.00 | 3.60 | MI-01 | 3 | 5 | 6 | 16 |
| S-01 | 6.10 | 6.40 | MP-01 | | | | |
| S-01 | 7.50 | 7.70 | MP-02 | | | | |

ENSAYOS DE LABORATORIO

Subcontratados a: **GTK, S.L.P.**

- Acta de resultados de ensayo



GTK Laboratorio Geotécnico

Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil
Bº Iseca Vieja, 51 - 39776 Liendo (CANTABRIA)
Tfno: 942 64 39 81
info@gtklaboratorio.com

INFORME DE RESULTADOS

INFORME Nº: E130820

REF. MUESTRAS: 7152-7155 / 7360 - 7364

PETICIONARIO: IKERLUR GEOLOGÍA Y GEOTECNIA
Edificio Ondarreta, Planta 2^a, Local 5
20018 SAN SEBASTIÁN

SOLICITUD / OBRA:

Ensayos de suelos, rocas y aguas / T-200606 - Amorebieta (Bizkaia).

El presente Informe técnico se emite bajo las condiciones siguientes:

1. Se prohíbe la reproducción total o parcial de los datos presentados.
2. La información contenida en este documento es estrictamente confidencial. GTK Laboratorio Geotécnico no facilitará información relativa a este Informe a terceras personas, salvo autorización escrita del cliente o en los casos previstos por las leyes vigentes.
3. Los resultados de ensayos tienen valor únicamente en relación con las muestras referidas en las actas.
4. GTK Laboratorio Geotécnico emplea para la realización e interpretación de los ensayos y pruebas, el personal y los medios adecuados en cada caso, no aceptando más responsabilidad ni obligaciones que la repetición gratuita de los ensayos sobre nuevas muestras, en el caso de fallos ajenos a su intención.
5. GTK Laboratorio Geotécnico no se responsabiliza de la veracidad de los datos aportados por el cliente.

El presente informe consta de 31 hojas, incluida ésta.

En Liendo, a 1 de octubre de 2020

Pablo Salvarrey Isequilla
Geólogo Colegiado nº 3974

Director de Laboratorio

Ignacio San José Carrasco
Geólogo Colegiado nº 3972

Director Técnico

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS

| PROCEDENCIA (OBRA/CLIENTE): | | T-200606 Amorebieta | | | | | Ikerlur, S.L. | |
|--|--|---------------------------------|--------------|-----------|-----------|------|---------------|--|
| Nº REFERENCIA DE LAS MUESTRAS | | | | | | | | |
| LOCALIZACIÓN | CALICATA / SONDEO | | 7152 | 7153 | 7154 | 7155 | 7360 | |
| | TIPO DE MUESTRA | | S-01 | S-01 | S-01 | S01 | S01 | |
| | PROFUNDIDAD (m) | | MI-1 | TP-1 | TP-2 | Aqua | MR1 | |
| | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | | 3,00-3,60 | 6,10-6,40 | 7,50-7,70 | - | 4,80-5,70 | |
| ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN y ESTADO | GRANULOM. | FINOS INFERIORES A 80 μ (%) | SC | | | | | |
| | | SUPERIOR A 5 mm (%) | 38,2 | | | | | |
| | LÍMITES DE ATTERBERG | LÍMITE LÍQUIDO W_L | 0,0 | 28,9 | | | | |
| | | LÍMITE PLÁSTICO W_P | | 17,8 | | | | |
| | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD I_p | | | 11,1 | | | |
| | HUMEDAD NATURAL ω (%) | | | 22,9 | | | | |
| | DENSIDAD APARENTE (g/cm^3) | | | | 2,02 | | | |
| | DENSIDAD SECA (g/cm^3) | | | | | 1,65 | | |
| | PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm^3) | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| ENSAYOS QUÍMICOS | DETERMINACIÓN DEL Ph (UNE 77305:99) | | | | | | | |
| | ACIDEZ BAUMANN-GULLY (EHE) | | 40 | 16 | 16 | | | |
| | CONT. SULFATOS SOLUBLES (EHE; mg SO ₄ /kg) | | 39 | 119 | 71 | | | |
| | CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA (%) | | | | | | | |
| | CONTENIDO EN YESO (%) | | | | | | | |
| | CONTENIDO EN SALES (%) | | | | | | | |
| | CONTENIDO EN CARBONATOS (%CaCO ₃) | | | | | | | |
| ENSAYOS DE EXPANSIVIDAD y DEFORMABILIDAD | AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN (EHE) | | | | | | DÉBIL | |
| | ÍNDICE DE HINCHAMIENTO (LAMBE), MPa | | | | | | | |
| | CAMBIO DE VOLUMEN POTENCIAL (LAMBE) | | | | | | | |
| | HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (%) | | | | | | | |
| | PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓM. (kPa) | | | | | | | |
| | INDICE DE COLAPSO (EDÓMETRO), (%) | | | | | | | |
| | INDICE DE POROS INICIAL (CONSOLID. EDÓM.) | | 0,365 | | | | | |
| | INDICES compresión y Entumecimiento (CONSOLID. EDOM.) | | 0,068/0,098 | | | | | |
| ENSAYOS DE RESISTENCIA | MODULOS Edometrico secante y compresibilidad (CONSOLID. EDOM.) | | 2,454/0,0031 | | | | | |
| | COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (kPa) | | 95 | | | | | |
| | ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (°) | | 48 | | | | | |
| | COHESIÓN (kPa) | | 57 | | | | | |
| | COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS (MPa) | | | 8,54 | 3,51 | | | |
| | RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (MPa) | | | | | | 0,65 | |
| ENSAYOS DE COMPACTACIÓN | ENSAYO BRASILEÑO (MPa) | | | | | | | |
| | DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR (g/cm^3) | | | | | | | |
| | HUMEDAD ÓPTIMA PROCTOR (%) | | | | | | | |
| | ÍNDICE C.B.R. 100% | | | | | | | |
| | ÍNDICE C.B.R. 95% | | | | | | | |

RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE SUELOS

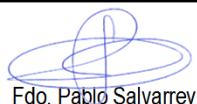
| PROCEDENCIA (OBRA/CLIENTE): | | T-200606 Amorebieta | | | | Ikerlur, S.L. | |
|--|--|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|--|
| REFERENCIA | | 7361 | 7362 | 7363 | 7364 | | |
| LOCALIZACIÓN | CALICATA / SONDEO | S01 | S01 | S01 | S01 | | |
| | TIPO DE MUESTRA | MR2 | MR3 | MR4 | MR5 | | |
| | PROFUNDIDAD (m) | 5,70-7,00 | 7,00-7,80 | 7,80-8,40 | 8,40-9,30 | | |
| ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN y ESTADO | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | | | | | | |
| | GRANULOM. | FINOS INFERIORES A 80 μ (%) | | | | | |
| | | SUPERIOR A 5 mm (%) | | | | | |
| | LÍMITES DE ATTERBERG | LÍMITE LÍQUIDO W_L | | | | | |
| | | LÍMITE PLÁSTICO W_P | | | | | |
| | | ÍNDICE DE PLASTICIDAD I_p | | | | | |
| | HUMEDAD NATURAL ω (%) | | | | | | |
| | DENSIDAD APARENTE (g/cm^3) | | | | | | |
| | DENSIDAD SECA (g/cm^3) | | | | | | |
| | PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS (g/cm^3) | | | | | | |
| ENSAYOS QUÍMICOS | DETERMINACIÓN DEL Ph (UNE 77305:99) | | | | | | |
| | ACIDEZ BAUMANN-GULLY (EHE) | | | | | | |
| | CONT. SULFATOS SOLUBLES (EHE; mg SO ₄ /kg) | | | | | | |
| | CONTENIDO EN MATERIA ORGÁNICA (%) | | | | | | |
| | CONTENIDO EN YESO (%) | | | | | | |
| | CONTENIDO EN SALES (%) | | | | | | |
| | CONTENIDO EN CARBONATOS (%CaCO ₃) | | | | | | |
| | AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN (EHE) | | | | | | |
| ENSAYOS DE EXPANSIVIDAD y DEFORMABILIDAD | ÍNDICE DE HINCHAMIENTO (LAMBE), MPa | | | | | | |
| | CAMBIO DE VOLUMEN POTENCIAL (LAMBE) | | | | | | |
| | HINCHAMIENTO LIBRE EN EDÓMETRO (%) | | | | | | |
| | PRESIÓN DE HINCHAMIENTO EN EDÓM. (kPa) | | | | | | |
| | INDICE DE COLAPSO (EDÓMETRO), (%) | | | | | | |
| | INDICE DE POROS INICIAL (CONSOLID. EDÓM.) | | | | | | |
| | INDICES compresión y Entumecimiento (CONSOLID. EDOM.) | | | | | | |
| | MODULOS Edometrico secante y compresibilidad (CONSOLID. EDOM.) | | | | | | |
| ENSAYOS DE RESISTENCIA | COMPRESIÓN SIMPLE EN SUELOS (kPa) | | | | | | |
| | ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO (°) | | | | | | |
| | COHESIÓN (kPa) | | | | | | |
| | COMPRESIÓN UNIAXIAL EN ROCAS (MPa) | | | | | | |
| | RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (MPa) | 0,48 | 0,52 | 0,30 | 0,37 | | |
| | ENSAYO BRASILEÑO (MPa) | | | | | | |
| | | | | | | | |
| ENSAYOS DE COMPACTACIÓN | DENSIDAD MÁXIMA PROCTOR (g/cm^3) | | | | | | |
| | HUMEDAD ÓPTIMA PROCTOR (%) | | | | | | |
| | ÍNDICE C.B.R. 100% | | | | | | |
| | ÍNDICE C.B.R. 95% | | | | | | |

APERTURA Y DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

Hoja 1 de 2

| | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|--|------------|
| PETICIONARIO (CLIENTE): | Ikerlur, S.L. | | | |
| OBRA: | T-200606 Amorebieta | | | |
| REALIZADO POR: | MIGUEL ANGEL ORTIZ FDEZ. | INFORME N°: | | E130820 |
| REVISADO POR: | PABLO SALVARREY ISEQUILLA | FECHA DE EMISIÓN: | | 01/10/2020 |

| Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico | Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico |
|---|-------------|--------------|------|-------------------------------|--|-------------|--------------|------|-------------------------------|
| 7152 | 3,00-3,60 | S-01 | MI-1 | - | 7153 | 6,10-6,40 | S-01 | TP-1 | Positiva |
|  7152 | | | | | La foto de la muestra se puede ver en el acta de compresión uniaxial | | | | |
| Arena arcillosa color anaranjado/gris, con algún fragm. rocoso | | | | | Limosita calcárea gris | | | | |
| Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico | Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico |
| 7154 | 7,50-7,70 | S-01 | TP-2 | Positiva | 7155 | - | S01 | Agua | - |
| La foto de la muestra se puede ver en el acta de compresión uniaxial | | | | | | | | | |
| Limosita calcárea gris | | | | | Agua | | | | |
| Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico | Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico |
| | | | | Positiva | | | | | Positiva |
|  7154 | | | | |  7155 | | | | |
| Limosita calcárea y arenisca gris | | | | | Limosita calcárea gris | | | | |


 Fdo. Pablo Salvarrey
 Director del Laboratorio

Observaciones:


 Fdo. Ignacio San José
 Director Técnico

APERTURA Y DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

Hoja 2 de 2

| | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------|------------|
| PETICIONARIO (CLIENTE): | Ikerlur, S.L. | | |
| OBRA: | T-200606 Amorebieta | | |
| REALIZADO POR: | MIGUEL ANGEL ORTIZ FDEZ. | INFORME N°: | E130820 |
| REVISADO POR: | PABLO SALVARREY ISEQUILLA | FECHA DE EMISIÓN: | 01/10/2020 |

| Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico | Ref. Muestra | Profundidad | Localización | Tipo | Reacción al ácido clorhídrico |
|--------------|-------------|--------------|------|-------------------------------|--------------|-------------|--------------|------|-------------------------------|
| 1 | 7,00-7,80 | S01 | MR3 | Positiva | 2 | S01 | 7,80-8,40 | MR4 | Positiva |



Limolita calcárea gris

Limolita calcárea gris



Limolita calcárea gris

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Observaciones:


Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|--|---|-------------|
|  Laboratorio Geotécnico | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil | Hoja 1 de 1 |
| DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD (UNE-EN ISO 17892-1) | | |

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 3,00-3,60 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 24/07/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | | |
|---------------------|----------------------|--------|
| Masa del agua | m_w (g) | 22,27 |
| Muestra húmeda | m_1 (g) | 179,11 |
| Muestra seca | m_2 (g) | 156,84 |
| Masa del recipiente | m_c (g) | 59,45 |
| Masa muestra seca | m_d (g) | 97,39 |
| % Humedad | $m_w/m_d \times 100$ | 22,9 |

OBSERVACIONES: _____

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | | | |
|---------------------------------|------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 3,00-3,60 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | | |
| Fecha de Ensayo: | 24/07/2020 | | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | | |
|------------------|----------------------|-------------|
| Agua | $a = (t+s+a)-(t+s)$ | 22,27 |
| Tara+suelo+agua | $t+s+a$ | 179,11 |
| Tara+suelo | $t+s$ | 156,84 |
| Tara | t | 59,45 |
| Suelo | s | 97,39 |
| % Humedad | $w = a/s \times 100$ | 22,9 |

| | | |
|--------------------------------------|---|-------------|
| Masa muestra | m (g) | 54,32 |
| Masa muestra con relleno de huecos | m_f (g) | 54,32 |
| Masa muestra+parafina | m_c (g) | 56,27 |
| Densidad parafina | γ_p (Mg/m ³) | 0,84 |
| Densidad Fluido de inmersión a 25 °C | γ_{fl} (Mg/m ³) | 1,00 |
| Masa sumergida muestra+parafina | m_g (g) | 27,10 |
| Volumen muestra | $V = [(m_c - m_g) / \gamma_{fl}] - [(m_c - m_f) / \gamma_p] \times 10^{-6} (m^3)$ | 26,85 |
| Densidad húmeda | $\gamma_{ap} = m / V$ (Mg/m ³) | 2,02 |
| Densidad seca | $\gamma_d = \gamma_{ap} / [1 + (w / 100)]$ (Mg/m ³) | 1,65 |

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|---|--|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA Método del Tamizado (UNE-EN ISO 17892-4) | Hoja 1 de 2 |
|---|--|-------------|

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 3,00-3,60 m | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 31/07/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| CÁLCULOS PREVIOS | | |
|------------------|-------------------------------------|--------|
| A | Muestra total seca (m) | 876,30 |
| B | Muestra tratam. M.O. | . |
| C | Muestra tratam. Carb. | . |
| D | Gruesos lavados y secados (m_r) | 0,00 |
| E | Fracción fina previa al cuarteo | 876,30 |
| E | Relac. Masas por el cuarteadoo | 13,65 |
| G | Fracción fina ensayada (m_s) | 64,20 |

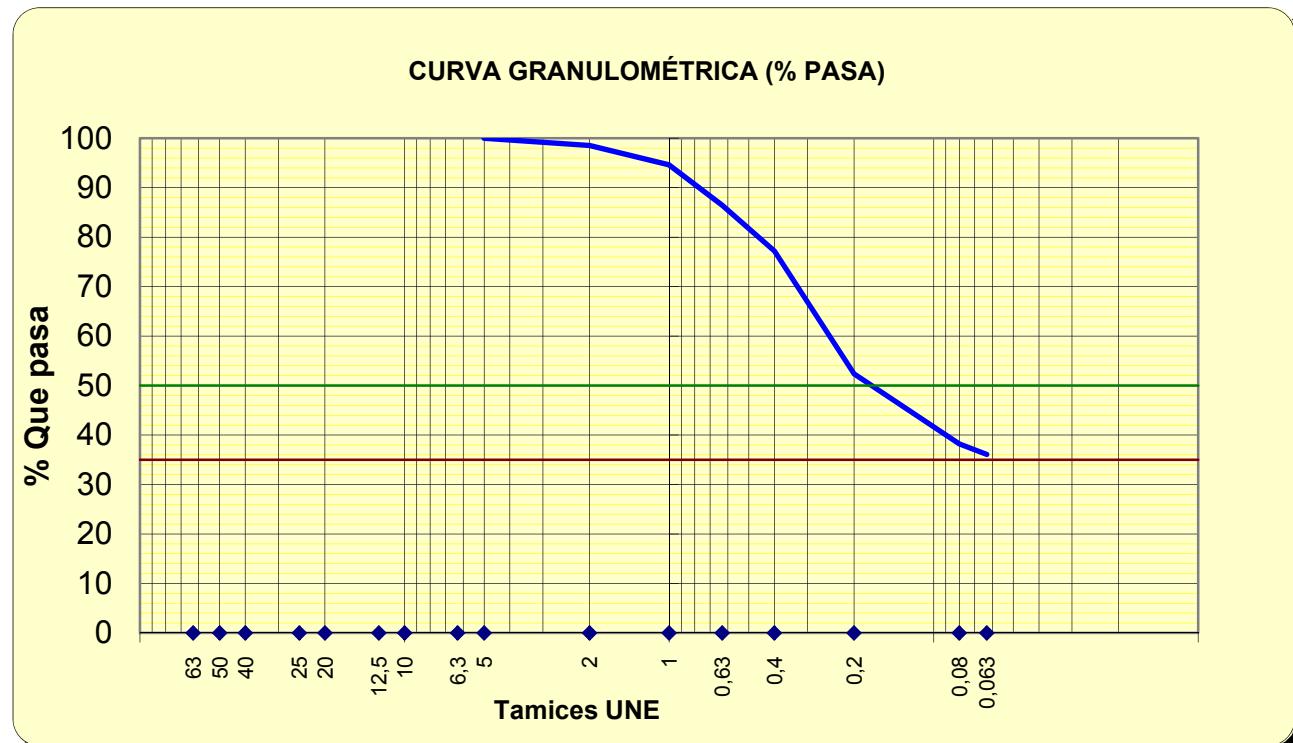
| | | |
|---------------------|----------------------|--------|
| Masa del agua | m_w (g) | 1,33 |
| Muestra húmeda | m_1 (g) | 169,10 |
| Muestra seca | m_2 (g) | 167,77 |
| Masa del recipiente | m_c (g) | 60,80 |
| Masa muestra seca | m_d (g) | 106,97 |
| % Humedad | $m_w/m_d \times 100$ | 1,2 |

Es fracción gruesa el material retenido por el tamiz nº20, correspondiendo a la separación de gravas medias y gruesas y a la fracción fina el que pasa por el mismo tamiz

| TAMICES | | | Retenido en tamices | | | Pasa en muestra total | | Observaciones |
|---------------------------------------|-------------|--------------|--|---|--|-----------------------|------------------|---------------|
| U.N.E. | A.S.T.M. | | Grs.en la parte fina ensay. (m_{sn}) | Grs.en la parte fina ajust. (m'_{sn}) | Grs.en la muestra total (m'_{ssn}) | Porcentaje | % Pasa (f_n) | |
| | Designación | Abertura mm. | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| 1 | 2 A | 2 B | 3 | 4 | 5 | 876,3 | 100,0 | |
| 63 | 2,5" | 63,500 | | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | |
| 50 | 2 " | 50,800 | | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | |
| 40 | 1,5" | 38,100 | | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | |
| 25 | 1" | 25,400 | | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | |
| 20 | 3/4" | 19,100 | | | 0,00 | 0,00 | 100,0 | |
| 12,5 | 1/2" | 12,700 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 100,0 | |
| 10 | 3/8" | 9,520 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 100,0 | |
| 6,3 | 1/4" | 6,350 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 100,0 | |
| 5 | Nº 4 | 4,750 | 0,00 | 0,00 | | 0,00 | 100,0 | |
| 2 | Nº 10 | 2,000 | 0,93 | 12,69 | | 0,01 | 98,6 | |
| 1 | Nº 18 | 1,000 | 2,53 | 34,53 | | 0,05 | 94,6 | |
| 0,63 | Nº 30 | 0,590 | 5,23 | 71,39 | | 0,14 | 86,5 | |
| 0,40 | Nº 40 | 0,420 | 5,94 | 81,08 | | 0,23 | 77,2 | |
| 0,20 | Nº 80 | 0,180 | 15,95 | 217,71 | | 0,48 | 52,4 | |
| 0,08 | Nº 200 | 0,074 | 9,08 | 123,94 | | 0,62 | 38,2 | |
| 0,063 | Nº 230 | 0,063 | 1,38 | 18,84 | | 0,64 | 36,1 | |
| Mat. Bandeja (<0,063 mm) (m_p) | | | 0,11 | | | | | |
| Masa total de mat. retenido (m_t) | | | 876,30 | | | | | |
| Diferencia entre m y m_t (%) | | | 0,00 | | | | | |

| | | | |
|--------------------------------|----------------------|------|-------------------|
| Densidad de partículas sólidas | G; Mg/m ³ | 2,75 | (Valor calculado) |
|--------------------------------|----------------------|------|-------------------|

Nº Referencia Muestra: 7152



| Tamices | 63 | 50 | 40 | 25 | 20 | 12,5 | 10 | 6,3 | 5 | 2 | 1 | 0,63 | 0,4 | 0,2 | 0,08 | 0,063 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| % pasa | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 98,6 | 94,6 | 86,5 | 77,2 | 52,4 | 38,2 | 36,1 |

| % | SUCS | CTE |
|-------|------|------|
| GRAVA | 0,0 | 1,4 |
| ARENA | 61,8 | 62,5 |
| FINOS | 38,2 | 36,1 |

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE y LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO (UNE-EN ISO 17892-12)

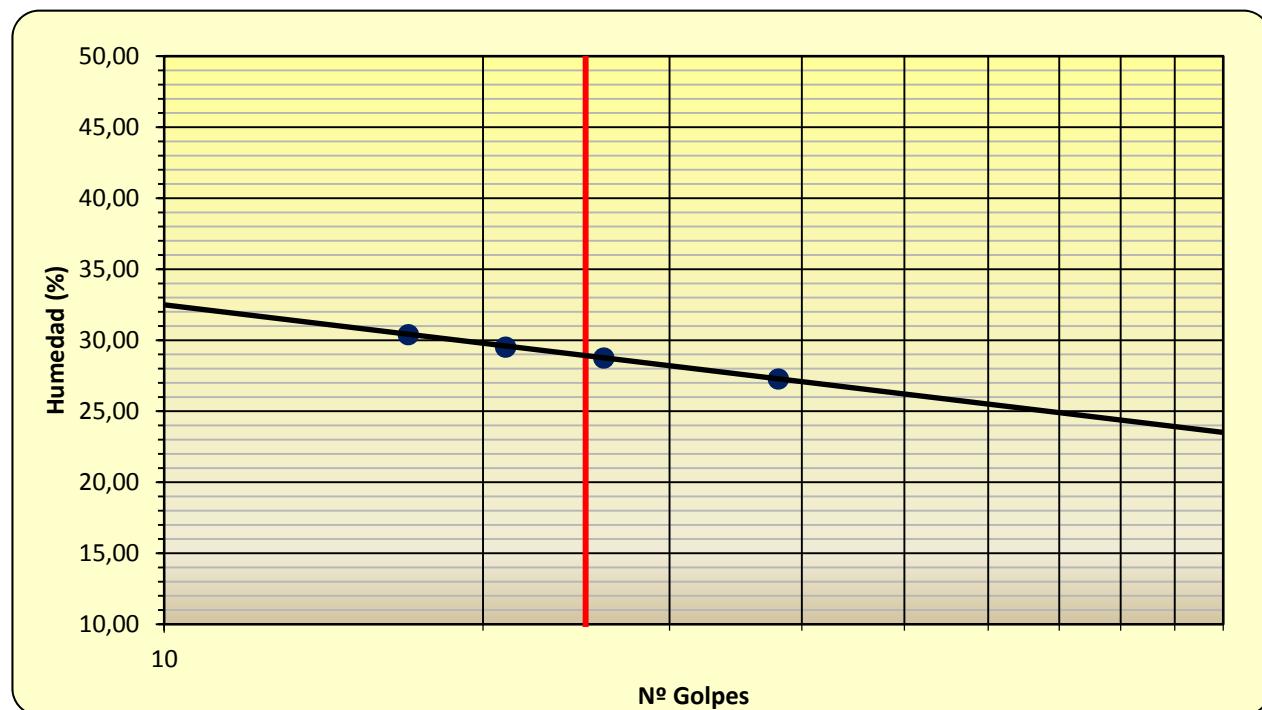
| | | | | |
|--|------------|----------------------------|---|----------------------|
| Nº Referencia Muestra: | | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | | S-01 | 3,00-3,60 m | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | | |
| Fecha de Ensayo: | 03/08/2020 | | Fecha de emisión del Informe: 01/10/2020 | |
| Procedencia (Obra / Cliente): | | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

Método empleado:

| | | | |
|-------------------------------|----|-------------------------------|---|
| Cono de caída: | NO | Tipo de Cono empleado: | - |
| Cuchara de Casagrande: | SI | Método de un punto: | - |

| LÍMITE LÍQUIDO (UNE-EN ISO 17892-12) | Número de golpes | 17 | 21 | 26 | 38 |
|---|-------------------------|------------------------------|--------|---------------|--------|
| | | Referencia tara | 1 | 2 | 3 |
| t+s+a | Tara+suelo+agua | 26,42 | 28,94 | 26,70 | 25,64 |
| t+s | Tara+suelo | 25,35 | 27,96 | 25,78 | 24,71 |
| t | Tara | 21,83 | 24,64 | 22,58 | 21,30 |
| s=(t+s)-t | Suelo | 3,52 | 3,32 | 3,20 | 3,41 |
| a=(t+s+a)-(t+s) | Aqua | 1,07 | 0,98 | 0,92 | 0,93 |
| w=100x a / s | Humedad (%) | 30,40 | 29,52 | 28,75 | 27,27 |
| K Material con tamaño < 0,4 mm (%) (Material seco en estufa a 50º) | 70,1 | W (Muestra original): | | 22,87 | |
| | | W (Previa al ensayo): | | 1,24 | |
| | | m1 (g) | 345,20 | mr (g) | 101,88 |
| | | LÍMITE LÍQUIDO: | | 28,9 | |

Suelo secado en estufa a no más de 50 ° C



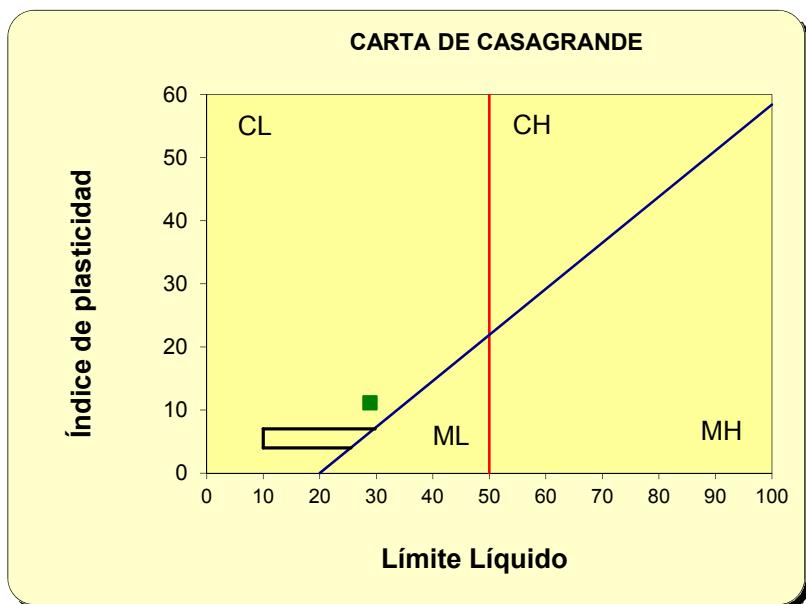
| | | |
|---|--|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DEL APARATO DE CASAGRANDE y LÍMITE PLÁSTICO DE UN SUELO (UNE-EN ISO 17892-12) | Hoja 2 de 2 |
|---|--|-------------|

Nº Referencia Muestra: 7152

| LÍMITE PLÁSTICO (UNE-EN ISO 17892-12) | Referencia tara | 1 | 2 |
|--|-----------------|-------|-------|
| t+s+a | Tara+suelo+agua | 27,30 | 23,68 |
| t+s | Tara+suelo | 26,90 | 23,30 |
| t | Tara | 24,67 | 21,14 |
| s=(t+s)-t | Suelo | 2,23 | 2,16 |
| a=(t+s+a)-(t+s) | Agua | 0,40 | 0,38 |
| w=100x a / s | Humedad (%) | 17,94 | 17,59 |

| |
|------------------------|
| LÍMITE PLÁSTICO |
| 17,8 |

| | |
|--|------|
| FRACCIÓN > 5,00 mm, % | 0,0 |
| FRACCIÓN < 0,08 mm, % | 38,2 |
| LÍMITE LÍQUIDO, LL | 28,9 |
| LÍMITE PLÁSTICO, LP | 17,8 |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD, IP | 11,1 |
| CLASIFICACIÓN SUCS | SC |
| DESCRIPCIÓN ASTM D-2486 | |
| Arena arcillosa | |
| ÍNDICE DE LIQUIDED, I _L | 0,5 |
| ÍNDICE DE CONSISTENCIA, I _c | 1,2 |
| ÍNDICE DE ACTIVIDAD, I _a | - |



Método de preparación:

Tamizado para romper la estructura del suelo y ajustando la consistencia de la pasta remoldeada al rango requerido en el ensayo.

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

DURABILIDAD DEL HORMIGÓN. SUELOS AGRESIVOS (UNE-EN 16502; UNE 83963)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 3,00-3,60 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 03/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | |
|--|-----------|
| Peso de suelo seco ensayado (g) | 100 |
| Volumen de líquido recogido para la valoración (ml) | 50 |
| Volumen de Hidróxido de Sodio empleado en la valoración (ml) | 1,0 |
| Grado de acidez (ml/kg suelo) (UNE 83962) | 40 |

| | |
|---|--------------|
| Peso de suelo analizado: M (kg) | 0,05 |
| Tara del crisol: C (g) | 126,3545 |
| Peso del filtro calcinado: F (g) | 0,0000 |
| C + F + Precipitado (g) | 126,3592 |
| Peso precipitado = (C + F + Precipitado)-(C + F) | 0,0047 |
| mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo = 411,6 x P / M | 38,6904 |
| Contenido en ión SO₄²⁻ (%) (UNE 83963) | 0,004 |

| DETERMINACIÓN | Resultado del ensayo | GRADO DE AGRESIVIDAD | | |
|---|----------------------|----------------------|--------------|-------------|
| | | Débil (Qa) | Medio (Qb) | Fuerte (Qc) |
| Acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo) | 40 | > 200 | - | - |
| Contenido en sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo) | 39 | 2000 a 3000 | 3000 a 12000 | > 12000 |

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

El suelo no es agresivo para el hormigón

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

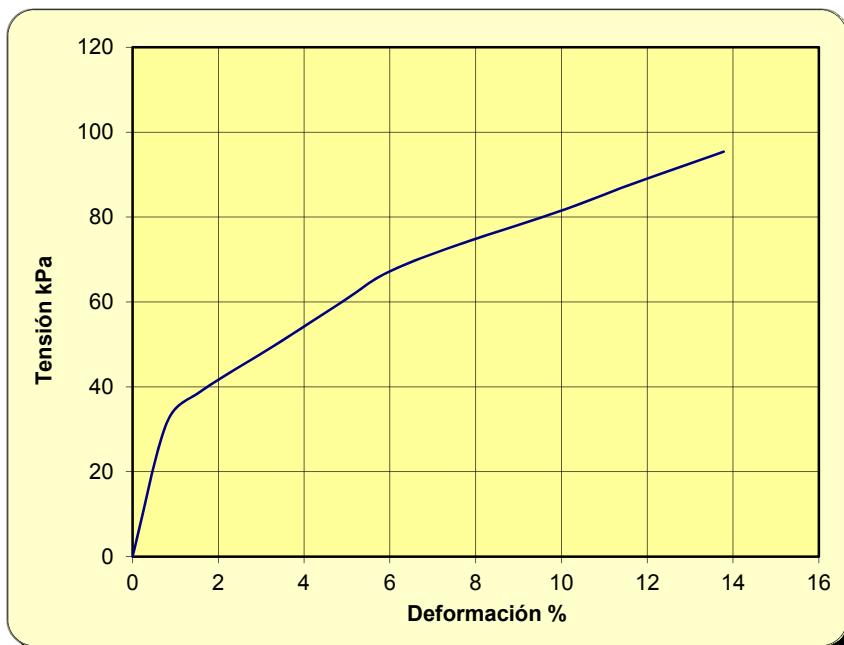
Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

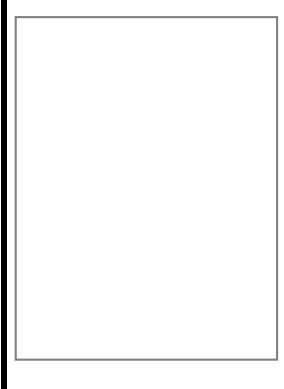
ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA EN PROBETAS DE SUELO (UNE-EN ISO 17892-7)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 3,00-3,60 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 04/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| TIPO DE MUESTRA | | | FORMA ROTURA |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------|
| Diámetro | d (mm) | 5,62 | |
| Lado | m (mm) | - | |
| Lado | n (mm) | - | |
| Altura | h (mm) | 10,97 | |
| Humedad | w (%) | 23,91 | |
| Densidad aparente | γ_{ap} (Mg/m ³) | 2,19 | |
| Densidad seca | γ_d (Mg/m ³) | 1,77 | |
| Resistencia compresión simple | q_u (kPa) | 95 | |
| Velocidad de rotura de la probeta | v (mm/min) | 2 | |
| Deformación en rotura | ϵ (%) | 13,8 | |



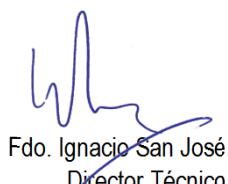
PROBETA ABIERTA



OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.


Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

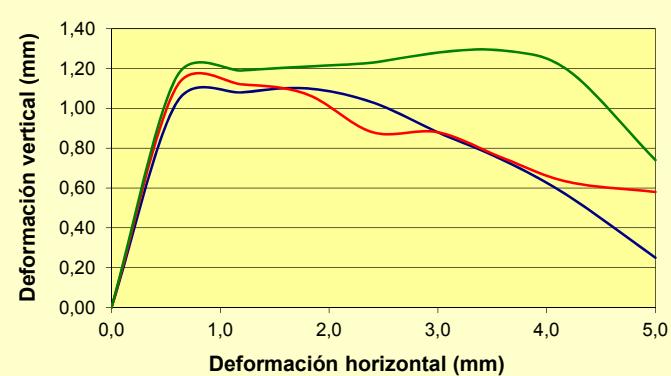
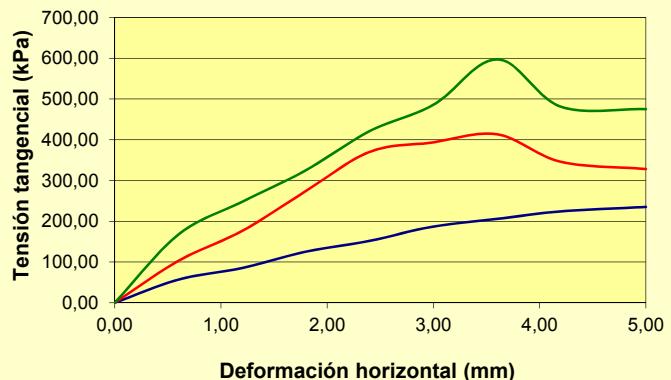
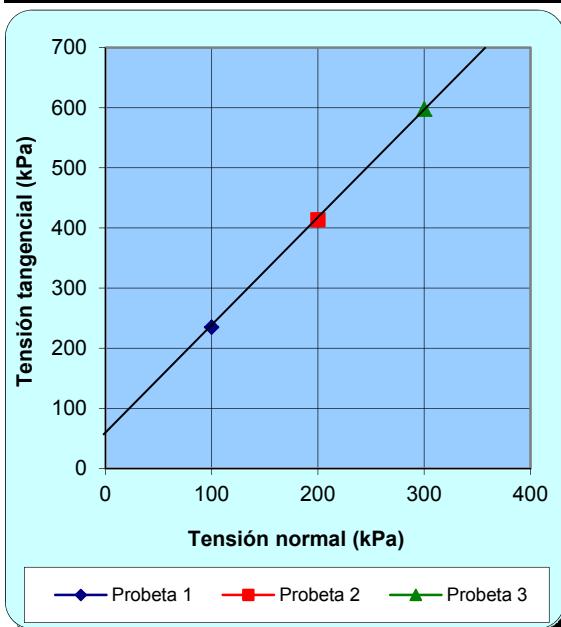

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (UNE-EN ISO 17892-10)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 3,00-3,60 m | Tipo Ensayo: | CD _{CD} |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | Tipo Muestra: | MI |
| Fecha de Ensayo: | 10/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| PROBETA | 1 | 2 | 3 |
|---|--------|--------|--------|
| Tensión normal, σ (kPa) | 100 | 200 | 300 |
| Tensión tang. de pico, r_p (kPa) | 235,09 | 413,37 | 597,53 |
| Tensión tang. residual, r_r (kPa) | - | - | - |
| Diámetro (mm) | 50,50 | 50,50 | 50,50 |
| Altura (mm) | 25,00 | 25,00 | 25,00 |
| Humedad inicial, ω_i (%) | 20,20 | 21,80 | 21,73 |
| Humedad final, ω_f (%) | 19,02 | 20,67 | 20,60 |
| Densidad aparente inicial, γ_{ap} (Mg/m ³) | 1,96 | 2,07 | 2,08 |
| Densidad seca inicial, γ_d (Mg/m ³) | 1,63 | 1,70 | 1,70 |
| Velocidad de ensayo (mm/min) | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Consolidación (mm) | 0,96 | 1,05 | 1,11 |

| | |
|--------------------------------|----|
| FRICCIÓN INTERNA EFECTIVA (°): | 48 |
| COHESIÓN EFECTIVA(kPa): | 57 |



El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

OBSERVACIONES:

El ensayo se ha realizado sobre una muestra sumergida en agua.

Presencia significativa de fragmentos rocosos en la muestra ensayada.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

ENSAYO DE EDOMÉTRICO DE CARGA INCREMENTAL (ISO 17892-5:2017)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7152 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 3,00-3,60 m | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fceha de Ensayo: | 29/07/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | | | |
|------------------------------|---------|--|-------|
| Altura del anillo h_0 (mm) | 19,98 | Diámetro interior del anillo (mm) | 49,68 |
| Sección (mm ²) | 1938,44 | Volumen interior del anillo (cm ³) | 38,73 |

| HUMEDAD INICIAL | | |
|-----------------|-------------------------------|--------|
| Tara+suelo+agua | (t+s+a) | 210,26 |
| Tara+suelo | (t+s) | 196,12 |
| Tara | (t) | 132,25 |
| Aqua | a = (t+s+a)-(t+s) | 14,14 |
| Suelo | s = (t+s)-t | 63,87 |
| % Humedad | $\omega_t = (a/s) \times 100$ | 22,14 |

| HUMEDAD FINAL | | |
|-----------------|-------------------------------|--------|
| Tara+suelo+agua | (t+s+a) | 209,10 |
| Tara+suelo | (t+s) | 196,12 |
| Tara | (t) | 132,25 |
| Aqua | a = (t+s+a)-(t+s) | 12,98 |
| Suelo | s = (t+s)-t | 63,87 |
| % Humedad | $\omega_f = (a/s) \times 100$ | 20,32 |

| | | |
|--|-------------------------------|------|
| Densidad aparente inicial (Mg/m ³) | $\gamma_{ap} = s / V$ | 2,01 |
| Densidad seca inicial (Mg/m ³) | $\gamma_d = g / 1 + (hi/100)$ | 1,65 |

| | | |
|-------|------------------|------|
| 3 kPa | 0 De deformación | 4,61 |
|-------|------------------|------|

| CARGA | | | |
|--------|------|----------|-------|
| 5 kPa | - | 150 kPa | 3,84 |
| 10 kPa | 4,52 | 300 kPa | 3,54 |
| 20 kPa | 4,40 | 600 kPa | 3,19 |
| 40 kPa | 4,27 | 1200 kPa | 2,765 |
| 80 kPa | 4,06 | 1500 kPa | - |

| DESCARGA | | | |
|----------|------|--------|-------|
| 1500 kPa | - | 80 kPa | 3,250 |
| 1000 kPa | - | 40 kPa | - |
| 600 kPa | - | 20 kPa | - |
| 300 kPa | 2,83 | 10 kPa | - |
| 150 kPa | - | 5 kPa | - |

| | |
|-----------------------------|-------|
| I. de compresión, C_c | 0,068 |
| I. de entumecimiento, C_s | 0,098 |

| | |
|---|---------|
| Módulo edo. secante, E_m (Mpa) | 2,454 |
| Coef. compresibilidad, a_v (m ² /KN) | 0,00310 |

| | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------|
| $P_{hinchamiento}$ | $(Q / S) \times 1000$ (kPa) | 0 |
| Grado saturación inicial (%) | $S_r = (W_0 G) / e_0$ | 166,66 |
| Índice de poros inicial | $e_0 = (G / g_d) - 1$ | 0,365 |
| Densidad de partículas sólidas | d_L ; Mg/m ³ | 2,75 |

OBSERVACIONES: Los parámetros C_c , E_m y a_v se han determinado para el rango 150 - 300 Kpa;

el índice de entumecimiento se ha determinado para el rango 1200 kPa - 80 kPa

La temperatura de ensayo en el laboratorio varió entre 23-25°C.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

ENSAYO DE EDOMÉTRICO DE CARGA INCREMENTAL (ISO 17892-5:2017)

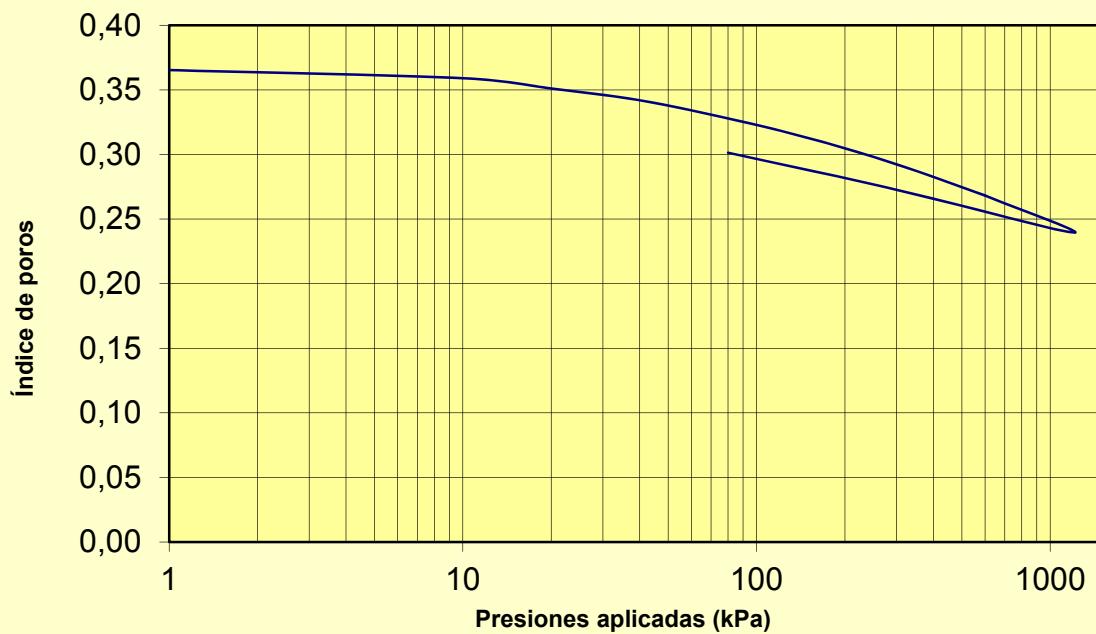
Nº Referencia Muestra:

7152

| | | |
|------------------------|-------------------------|-------|
| Altura del sólido (mm) | $H_s = H_0 / (1 + e_0)$ | 14,63 |
|------------------------|-------------------------|-------|

| Escalones de carga (kPa) | Lecturas al final de cada escalón (mm) | | Altura probeta al final de cada escalón (mm) | Índice de poros al final de cada escalón | Deformación unitaria, ϵ |
|--------------------------|--|--------|--|--|----------------------------------|
| 1 | H_0 | 0 | 19,980 | 0,365 | 0,000 |
| 10 | | 0,092 | 19,888 | 0,359 | 0,017 |
| 20 | | 0,117 | 19,771 | 0,351 | 0,039 |
| 40 | | 0,133 | 19,638 | 0,342 | 0,064 |
| 80 | | 0,206 | 19,432 | 0,328 | 0,103 |
| 150 | | 0,221 | 19,211 | 0,313 | 0,144 |
| 300 | | 0,298 | 18,913 | 0,292 | 0,200 |
| 600 | | 0,354 | 18,559 | 0,268 | 0,266 |
| 1200 | | 0,421 | 18,138 | 0,239 | 0,345 |
| 300 | | -0,065 | 18,624 | 0,273 | 0,254 |
| 80 | | -0,420 | 19,044 | 0,301 | 0,175 |

CURVA EDOMÉTRICA



Fdo. Pablo Salvarrey
 Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
 Director Técnico

Nº Referencia Muestra:

7152

Informe Nº:

E130820

CURVA DE CONSOLIDACIÓN PARA CADA ESCALÓN DE CARGA

| Tiempo | Asiento, mm | | | | | | | |
|----------------|-------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|----------|
| | 10 kPa | 20 kPa | 40 kPa | 80 kPa | 150 kPa | 300 kPa | 600 kPa | 1200 kPa |
| 10 s | 4,581 | 4,473 | 4,352 | 4,168 | 3,954 | 3,678 | 3,346 | 2,928 |
| 20 s | 4,572 | 4,467 | 4,339 | 4,149 | 3,931 | 3,643 | 3,303 | 2,890 |
| 30 s | 4,565 | 4,461 | 4,330 | 4,139 | 3,916 | 3,631 | 3,288 | 2,870 |
| 40 s | 4,560 | 4,457 | 4,325 | 4,129 | 3,908 | 3,621 | 3,275 | 2,862 |
| 50 s | 4,557 | 4,450 | 4,316 | 4,123 | 3,900 | 3,614 | 3,269 | 2,857 |
| 1 m | 4,553 | 4,447 | 4,312 | 4,120 | 3,895 | 3,610 | 3,263 | 2,851 |
| 2 m | 4,541 | 4,435 | 4,299 | 4,104 | 3,882 | 3,598 | 3,250 | 2,835 |
| 4 m | 4,530 | 4,427 | 4,293 | 4,099 | 3,872 | 3,587 | 3,239 | 2,828 |
| 8 m | 4,522 | 4,421 | 4,285 | 4,091 | 3,867 | 3,579 | 3,231 | 2,818 |
| 15 m | 4,520 | 4,419 | 4,279 | 4,088 | 3,860 | 3,573 | 3,223 | 2,810 |
| 30 m | 4,518 | 4,415 | 4,275 | 4,080 | 3,853 | 3,567 | 3,219 | 2,800 |
| 1 h | 4,515 | 4,412 | 4,272 | 4,078 | 3,850 | 3,562 | 3,216 | 2,796 |
| 2 h | 4,515 | 4,410 | 4,270 | 4,075 | 3,848 | 3,558 | 3,209 | 2,790 |
| 4 h | 4,515 | 4,410 | 4,269 | 4,072 | 3,846 | 3,551 | 3,209 | 2,787 |
| 8 h | 4,515 | 4,410 | 4,267 | 4,069 | 3,845 | 3,550 | 3,198 | 2,778 |
| 24 h | 4,515 | 4,398 | 4,265 | 4,059 | 3,838 | 3,540 | 3,186 | 2,765 |
| T ^a | 23 | 24 | 23 | 25 | 25 | 24 | 23 | 25 |

Escalón: 10 KPa

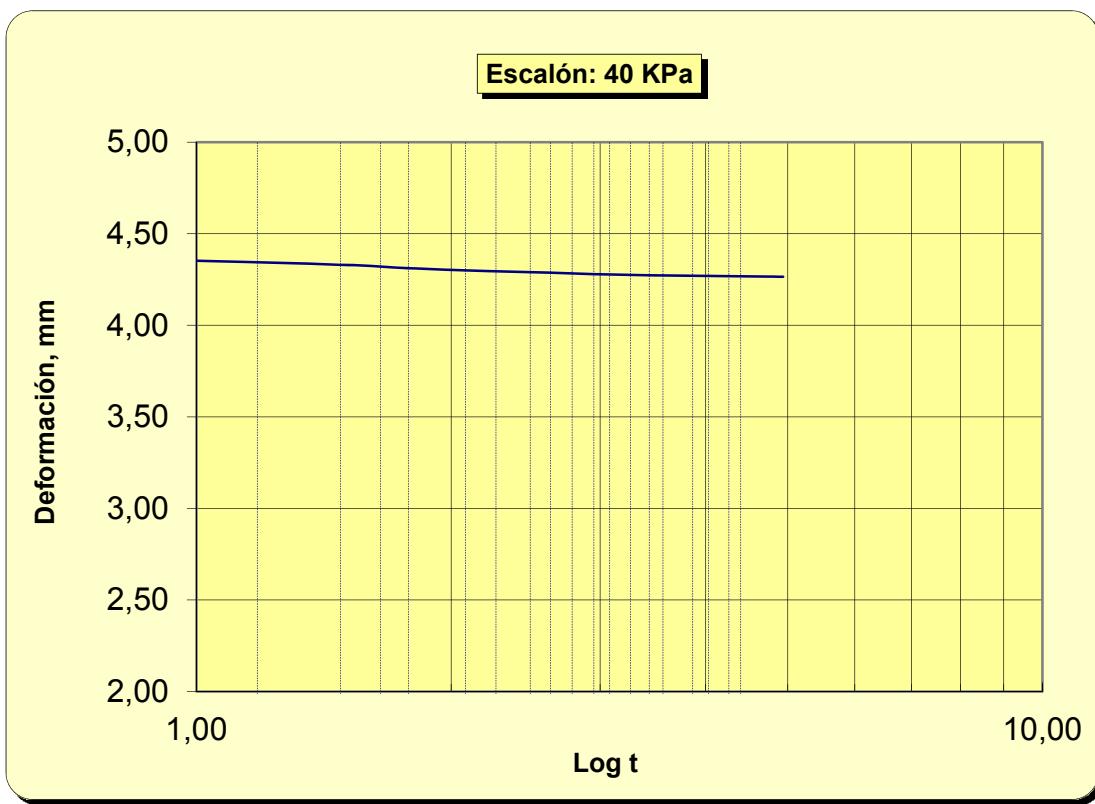
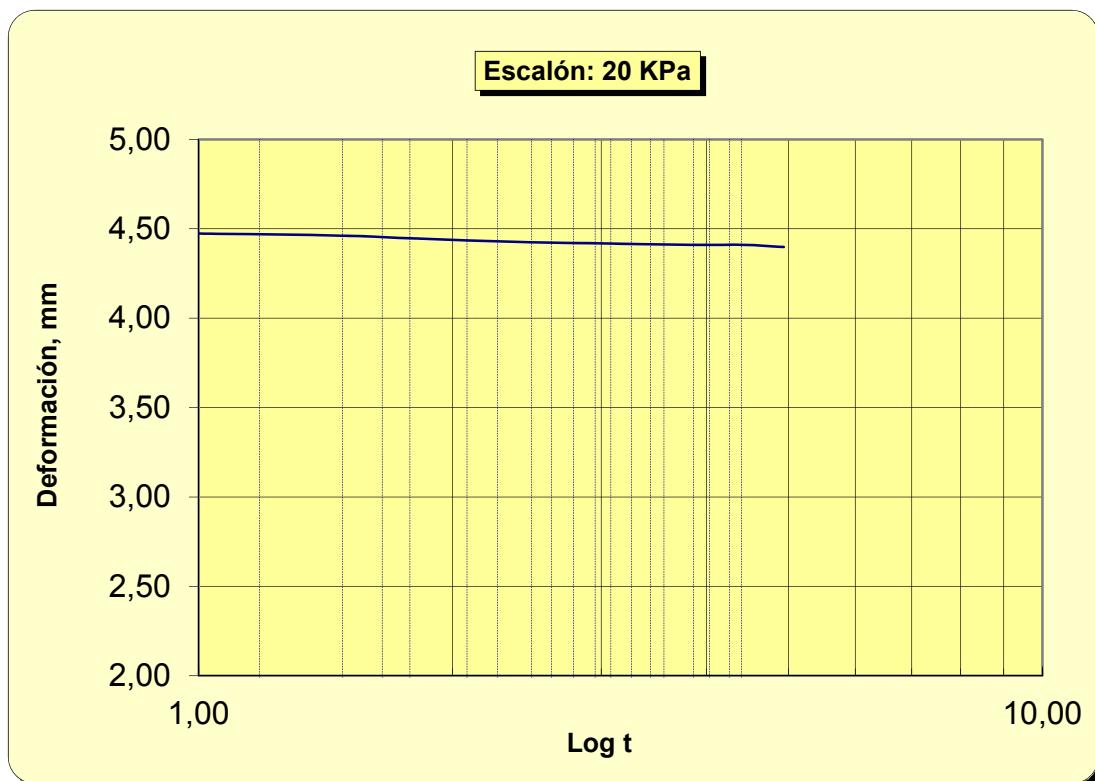


Nº Referencia Muestra:

7152

Informe Nº:

E130820



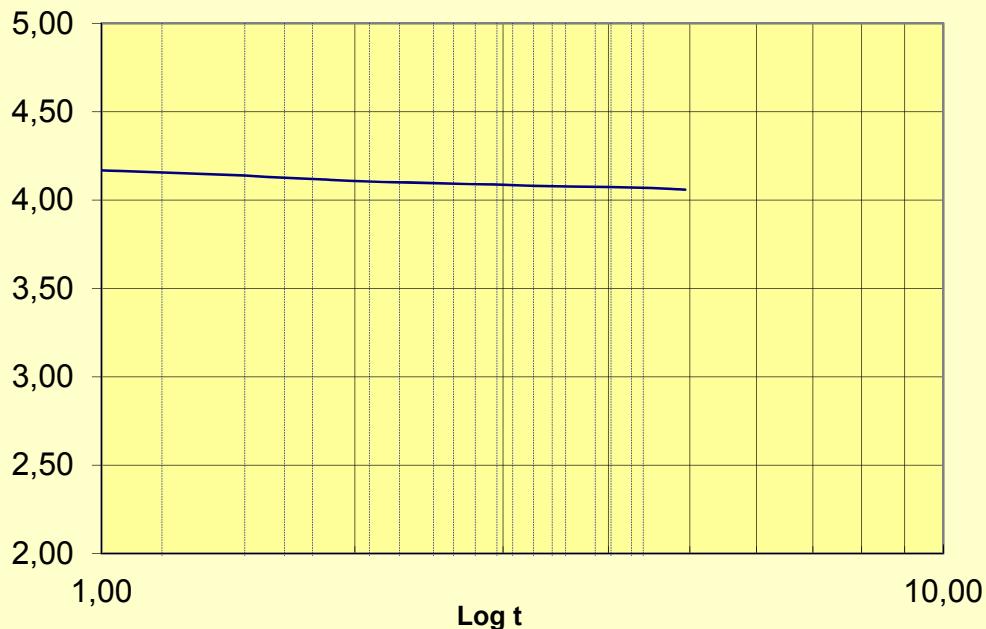
Nº Referencia Muestra:

7152

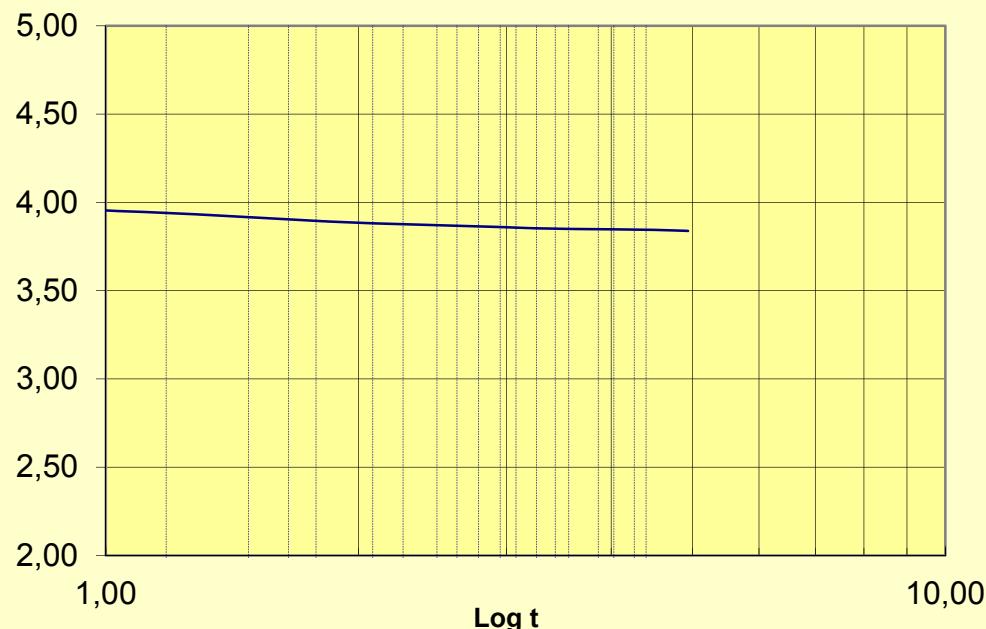
Informe Nº:

E130820

Deformación, mm

Escalón: 80 KPa

Deformación, mm

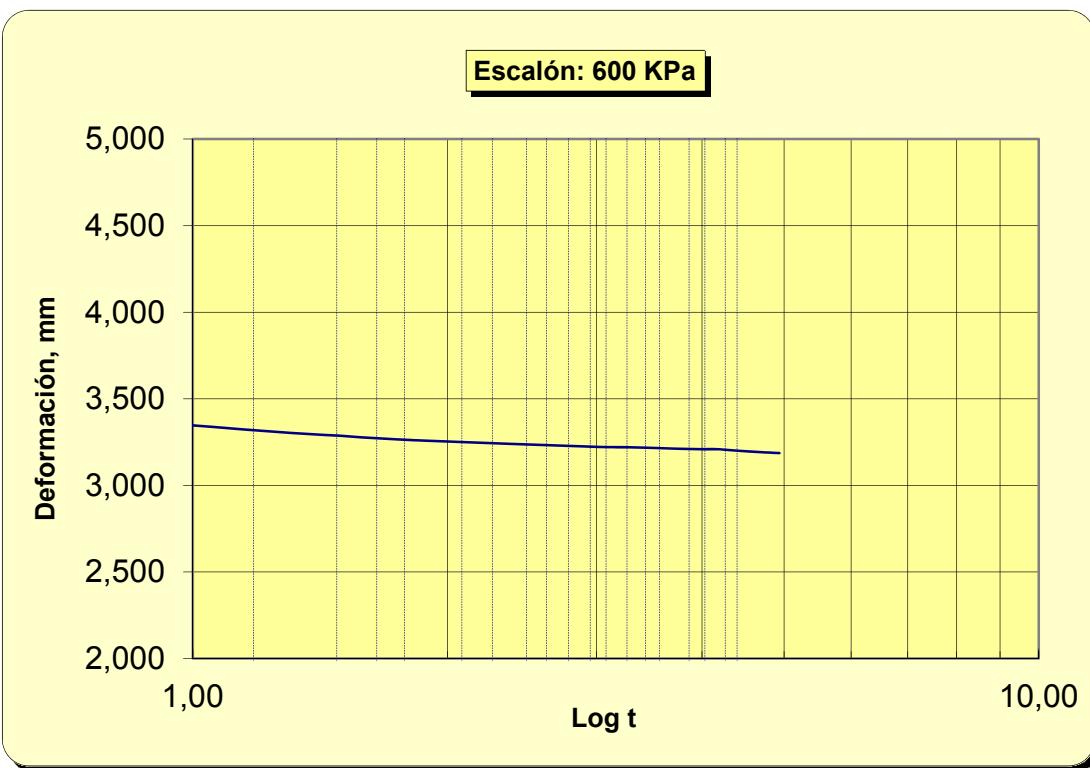
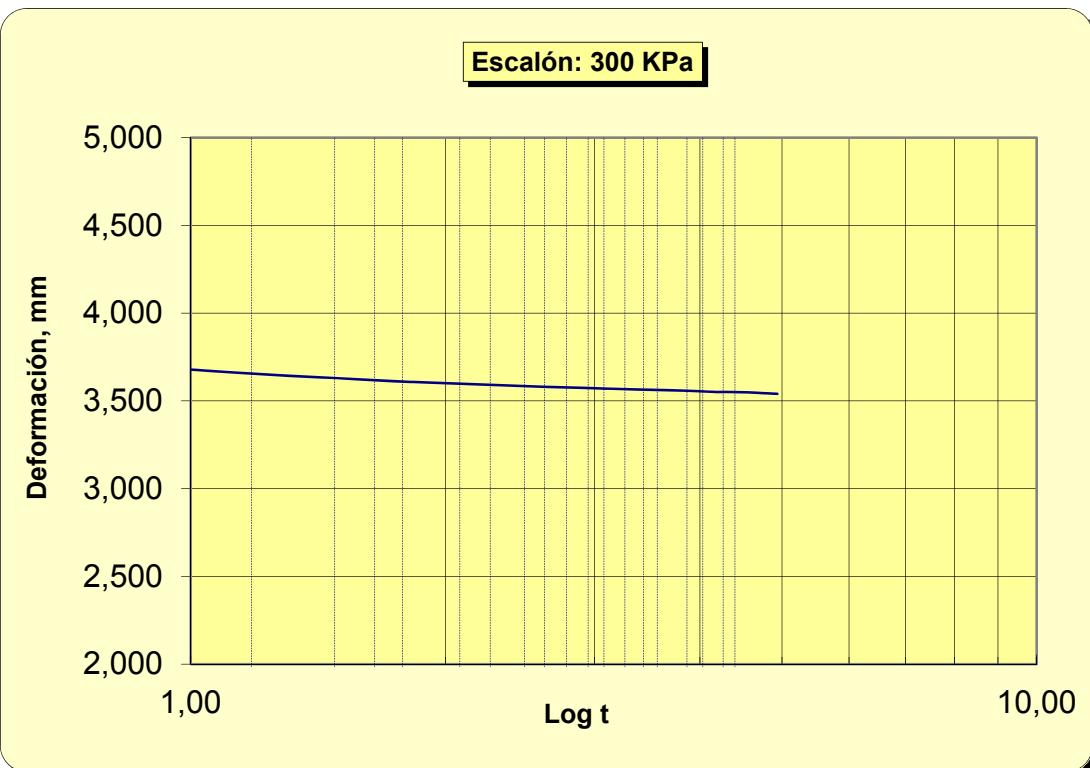
Escalón: 150 KPa

Nº Referencia Muestra:

7152

Informe Nº:

E130820

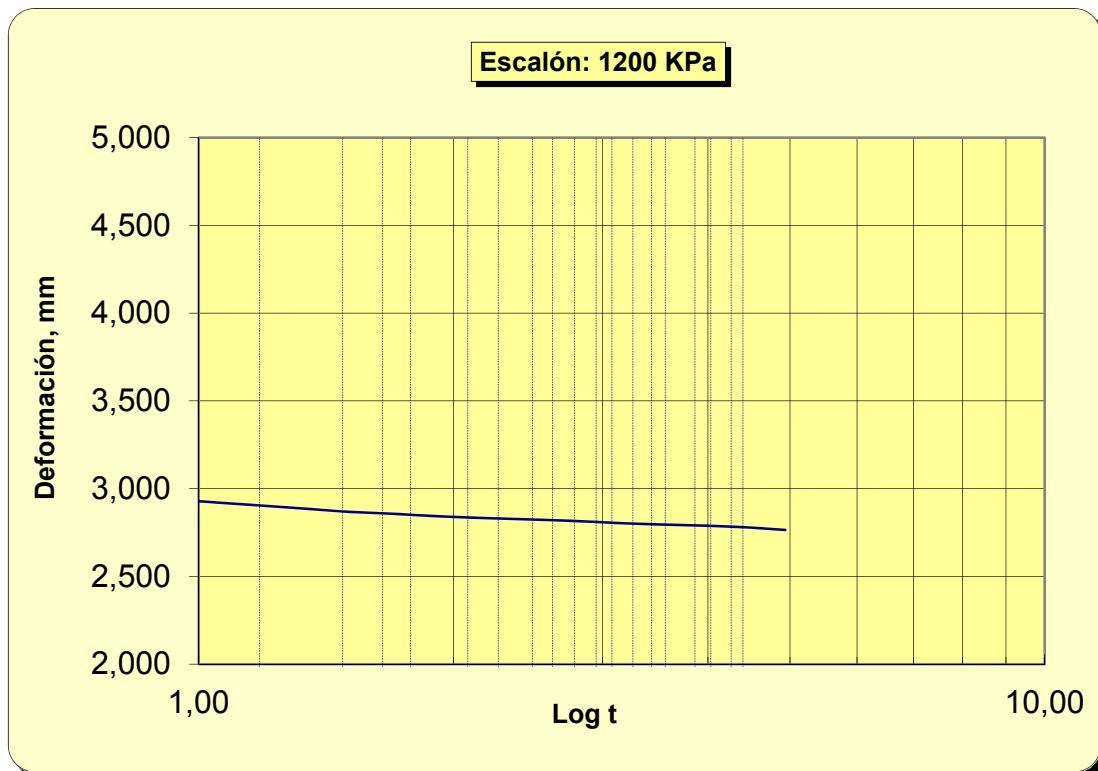


Nº Referencia Muestra:

7152

Informe Nº:

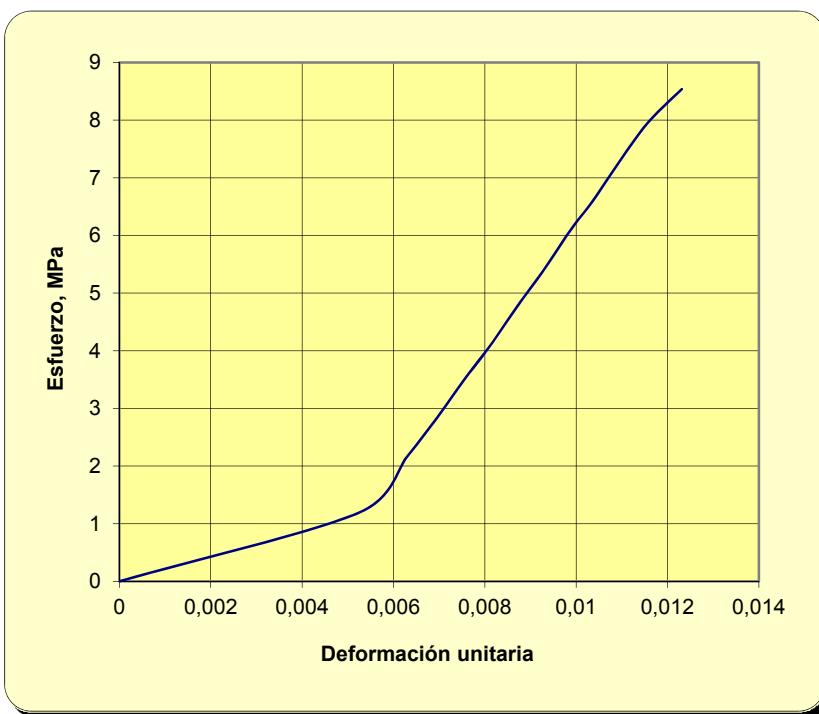
E130820



PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL (UNE 22 950-1:90)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7153 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 6,10-6,40 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 03/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | Ikerlur, S.L. | |

| | | | |
|---|-------|----------------------------|---------|
| Diámetro de la probeta D (cm) | 7,09 | PESO PROBETA HÚMEDA + tara | 2048,01 |
| Altura de la probeta L (cm) | 18,60 | PESO PROBETA SECA + tara | 2012,64 |
| Carga de rotura P (Kg) | 3438 | TARA | 142,07 |
| Humedad (%) | 1,89 | AGUA | 35,37 |
| Densidad aparente (g/cm ³) | 2,60 | ROCA SECA | 1870,57 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2,55 | | |
| Resistencia a la compresión uniaxial para la muestra $\sigma_c = P / (\pi D^2 / 4)$, MPa | | 8,54 | |



Este resultado es válido para esta muestra

OBSERVACIONES: La probeta rompe por un plano de debilidad.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

DURABILIDAD DEL HORMIGÓN. SUELOS AGRESIVOS (UNE-EN 16502; UNE 83963)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7153 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 6,10-6,40 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 06/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | |
|--|-----------|
| Peso de suelo seco ensayado (g) | 100 |
| Volumen de líquido recogido para la valoración (ml) | 50 |
| Volumen de Hidróxido de Sodio empleado en la valoración (ml) | 0,4 |
| Grado de acidez (ml/kg suelo) (UNE 83962) | 16 |

| | |
|---|--------------|
| Peso de suelo analizado: M (kg) | 0,05 |
| Tara del crisol: C (g) | 121,1979 |
| Peso del filtro calcinado: F (g) | 0,0000 |
| C + F + Precipitado (g) | 121,2124 |
| Peso precipitado = (C + F + Precipitado)-(C + F) | 0,0145 |
| mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo = 411,6 x P / M | 119,364 |
| Contenido en ión SO₄²⁻ (%) (UNE 83963) | 0,012 |

| DETERMINACIÓN | Resultado del ensayo | GRADO DE AGRESIVIDAD | | |
|---|----------------------|----------------------|--------------|-------------|
| | | Débil (Qa) | Medio (Qb) | Fuerte (Qc) |
| Acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo) | 16 | > 200 | - | - |
| Contenido en sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo) | 119 | 2000 a 3000 | 3000 a 12000 | > 12000 |

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

El suelo no es agresivo para el hormigón

OBSERVACIONES:

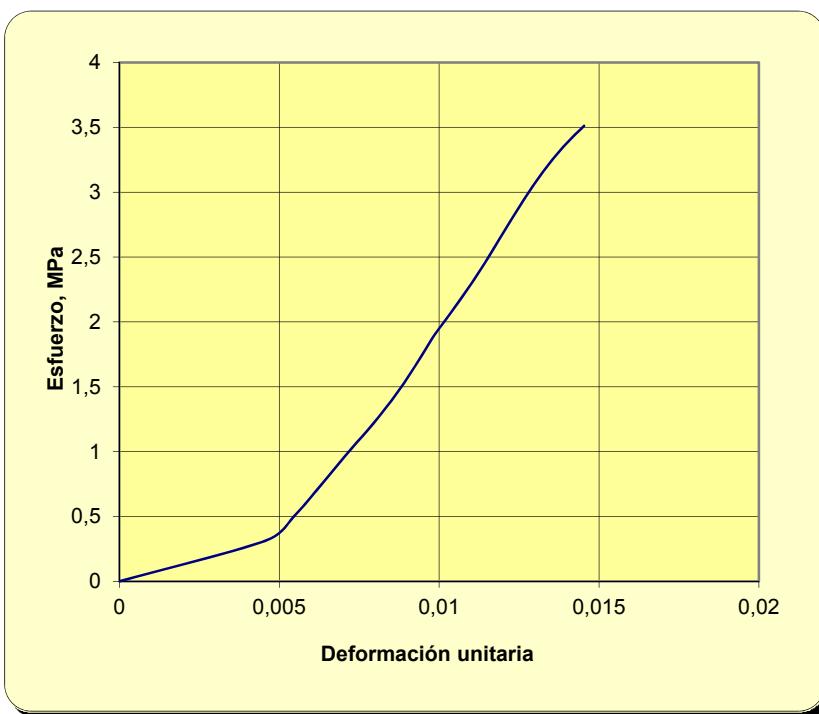
El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7154 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 7,50-7,70 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 03/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | Ikerlur, S.L. | |

| | | | |
|---|-------|----------------------------|---------|
| Diámetro de la probeta D (cm) | 7,11 | PESO PROBETA HÚMEDA + tara | 1697,57 |
| Altura de la probeta L (cm) | 15,00 | PESO PROBETA SECA + tara | 1664,49 |
| Carga de rotura P (Kg) | 1422 | TARA | 167,27 |
| Humedad (%) | 2,21 | AGUA | 33,08 |
| Densidad aparente (g/cm ³) | 2,57 | ROCA SECA | 1497,22 |
| Densidad seca (g/cm ³) | 2,51 | | |
| Resistencia a la compresión uniaxial para la muestra $\sigma_c = P / (\pi D^2 / 4)$, MPa | | 3,51 | |



Este resultado es válido para esta muestra

OBSERVACIONES: La probeta rompe por un plano de debilidad.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

DURABILIDAD DEL HORMIGÓN. SUELOS AGRESIVOS (UNE-EN 16502; UNE 83963)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7154 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 7,50-7,70 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 06/08/2020 | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | Ikerlur, S.L. |

| | |
|--|-----------|
| Peso de suelo seco ensayado (g) | 100 |
| Volumen de líquido recogido para la valoración (ml) | 50 |
| Volumen de Hidróxido de Sodio empleado en la valoración (ml) | 0,4 |
| Grado de acidez (ml/kg suelo) (UNE 83962) | 16 |

| | |
|---|--------------|
| Peso de suelo analizado: M (kg) | 0,05 |
| Tara del crisol: C (g) | 125,6619 |
| Peso del filtro calcinado: F (g) | 0,0000 |
| C + F + Precipitado (g) | 125,6705 |
| Peso precipitado = (C + F + Precipitado)-(C + F) | 0,0086 |
| mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo = 411,6 x P / M | 70,7952 |
| Contenido en ión SO₄²⁻ (%) (UNE 83963) | 0,007 |

| DETERMINACIÓN | Resultado del ensayo | GRADO DE AGRESIVIDAD | | |
|---|----------------------|----------------------|--------------|-------------|
| | | Débil (Qa) | Medio (Qb) | Fuerte (Qc) |
| Acidez Baumann-Gully (ml/kg suelo) | 16 | > 200 | - | - |
| Contenido en sulfatos (mg SO ₄ ²⁻ / kilo de suelo) | 71 | 2000 a 3000 | 3000 a 12000 | > 12000 |

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:

El suelo no es agresivo para el hormigón

OBSERVACIONES:

El resultado de este ensayo es válido para esta muestra.

Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

DETERMINACIÓN DE LA AGRESIVIDAD DEL AGUA AL HORMIGÓN (EHE)

| | | | |
|---------------------------------|---------------------|------------------------------|------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7155 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | - | |
| Fecha de Toma: | - | Hora de Toma: | - |
| Fecha de Ensayo: | 04/08/2020 | Fecha de emisión de Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | Ikerlur, S.L. | |

| ANÁLISIS DE AGUA | | GRADO DE AGRESIVIDAD | | |
|--|-------------------|----------------------|-------------|--------|
| PARÁMETROS | RESULTADO ENSAYOS | DÉBIL | MEDIO | FUERTE |
| VALOR DEL pH (UNE 83952) Tª de ensayo: 10,9°C | 7,0 | 6,5 - 5,5 | 5,5 - 4,5 | < 4,5 |
| RESIDUO SECO A 110°C (mg/l) (UNE 83957) | 608 | 150 - 75 | 75 - 50 | < 50 |
| CONTENIDO EN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l) (UNE 83956) | 248 | 200 - 600 | 600 - 3000 | > 3000 |
| CONTENIDO EN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l) (UNE 83955) | 29 | 300 - 1000 | 1000 - 3000 | > 3000 |
| CO ₂ LIBRE (mg CO ₂ /l) (UNE-EN 13577) | 37 | 15 - 40 | 40 - 100 | > 100 |
| CONTENIDO EN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l) (UNE 83954) | 1 | 15 - 30 | 30 - 60 | > 60 |

EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD

DÉBIL

OBSERVACIONES:

El resultado de este análisis es válido para esta muestra.



Fdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|---|---|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotecnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96) | Hoja 1 de 1 |
|---|---|-------------|

| | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7360 | | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 4,80-5,70 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | | |
| Fecha de Ensayo: | 01/10/2020 | | | |
| Tipo de Ensayo: | Fragments irregulares | | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | | Ikerlur, S.L. |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 62 | 54 | 61 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 64 | 68 | 68 |
| Carga de rotura P (kN) | 2,36 | 2,40 | 1,44 | 0,59 | 1,52 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 5052,20 | 4675,32 | 5281,39 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0004 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0003 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,17 | 1,15 | 1,18 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0005 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0003 |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 29 | 48 | 34 | 20 | 29 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 68 | 69 | 70 | 54 |
| Carga de rotura P (kN) | 5,93 | 1,74 | 2,96 | 1,68 | 2,61 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 2584,67 | 4155,84 | 2987,01 | 1782,53 | 1993,89 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0023 | 0,0004 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0013 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,01 | 1,12 | 1,04 | 0,93 | 0,95 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0023 | 0,0005 | 0,0010 | 0,0009 | 0,0012 |

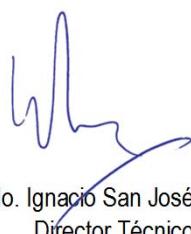
| | |
|---|--------|
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm ²) | 0,0007 |
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa) | 0,65 |

OBSERVACIONES:

El resultado es válido para esta muestra



Hdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|---|---|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotecnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96) | Hoja 1 de 1 |
|---|---|-------------|

| | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7361 | | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 5,70-7,00 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | | |
| Fecha de Ensayo: | 01/10/2020 | | | |
| Tipo de Ensayo: | Fragments irregulares | | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | | Ikerlur, S.L. |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 2,21 | 3,10 | 1,64 | 0,70 | 1,87 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0003 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0.45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \times I_s$ | 0,0004 | 0,0006 | 0,0003 | 0,0001 | 0,0004 |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 27 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 3,32 | 1,87 | 3,60 | 1,97 | 3,13 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 2406,42 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0005 | 0,0003 | 0,0006 | 0,0003 | 0,0013 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0.45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 0,99 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \times I_s$ | 0,0007 | 0,0004 | 0,0007 | 0,0004 | 0,0013 |

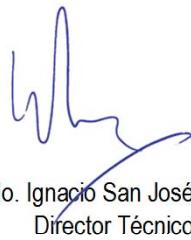
| | |
|---|--------|
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm ²) | 0,0005 |
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa) | 0,48 |

OBSERVACIONES:

El resultado es válido para esta muestra



Hdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|--|---|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil | Hoja 1 de 1 |
| PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96) | | |

| | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7362 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 7,00 - 7,80 m | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 01/10/2020 | | |
| Tipo de Ensayo: | Fragments irregulares | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta Ikerlur, S.L. | | |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 3,09 | 1,71 | 1,35 | 2,05 | 2,66 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0005 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0004 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \times I_s$ | 0,0006 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 39 | 29 | 70 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 2,64 | 2,95 | 2,24 | 2,24 | 2,55 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 3475,94 | 2584,67 | 6238,86 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0004 | 0,0005 | 0,0006 | 0,0009 | 0,0004 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,08 | 1,01 | 1,23 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \times I_s$ | 0,0005 | 0,0006 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0005 |

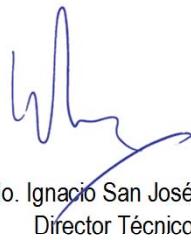
| | |
|---|--------|
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm ²) | 0,0005 |
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa) | 0,52 |

OBSERVACIONES:

El resultado es válido para esta muestra



Hdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|--|---|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil | Hoja 1 de 1 |
| PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96) | | |

| | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7363 | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 7,80 - 8,40 m | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | |
| Fecha de Ensayo: | 01/10/2020 | | |
| Tipo de Ensayo: | Fragments irregulares | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta Ikerlur, S.L. | | |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 0,63 | 1,88 | 1,11 | 1,10 | 0,97 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 | 6238,86 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0001 | 0,0003 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 | 1,23 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0001 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0002 | 0,0002 |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 35 | 34 | 37 | 41 | 38 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 70 | 68 |
| Carga de rotura P (kN) | 0,97 | 1,14 | 0,98 | 1,21 | 1,64 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 3119,43 | 3030,30 | 3297,68 | 3654,19 | 3290,04 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0005 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,05 | 1,04 | 1,06 | 1,09 | 1,06 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0003 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 |

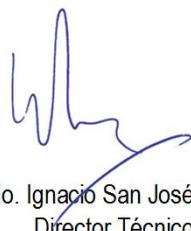
| | |
|---|--------|
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm ²) | 0,0003 |
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa) | 0,30 |

OBSERVACIONES:

El resultado es válido para esta muestra



Hdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio



Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

| | | |
|--|---|-------------|
|  | GTK Laboratorio Geotécnico Laboratorio de Control de Calidad. Edificación y Obra Civil | Hoja 1 de 1 |
| PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS ROCAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A CARGA PUNTUAL (UNE 22 950-5:96) | | |

| | | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------------|-------------------------------|---------------|
| Nº Referencia Muestra: | 7364 | | Informe Nº: | E130820 |
| Muestra (Origen / Profundidad): | S-01 | 8,40-9,30 m | | |
| Fecha de Toma: | 22/07/2020 | | | |
| Fecha de Ensayo: | 01/10/2020 | | | |
| Tipo de Ensayo: | Fragmentos irregulares | | Fecha de emisión del Informe: | 01/10/2020 |
| Procedencia (Obra / Cliente): | T-200606 Amorebieta | | | Ikerlur, S.L. |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 70 | 19 | 39 | 24 | 48 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 70 | 70 | 70 | 63 | 70 |
| Carga de rotura P (kN) | 0,53 | 0,84 | 1,67 | 0,96 | 2,58 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 6238,86 | 1693,40 | 3475,94 | 1925,13 | 4278,07 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0001 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0006 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,23 | 0,92 | 1,08 | 0,94 | 1,13 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0001 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0005 | 0,0007 |

| Nº fragmento ensayado de la muestra | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distancia entre los puntos de aplicación D (mm) | 32 | 36 | 25 | 18 | 34 |
| Diámetro de la probeta W = $(W_1+W_2)/2$ (mm) | 61 | 60 | 53 | 49 | 48 |
| Carga de rotura P (kN) | 0,47 | 0,39 | 0,68 | 0,66 | 0,73 |
| Diámetro equivalente al cuadrado $D_e^2 = 4WD/\pi$ (mm ²) | 2485,36 | 2750,19 | 1687,04 | 1122,99 | 2077,92 |
| Resistencia a la carga puntual no corregida $I_s = P/D_e^2$ | 0,0002 | 0,0001 | 0,0004 | 0,0006 | 0,0004 |
| Factor de corrección por tamaño F = $(D_e/50)^{0,45}$ | 1,00 | 1,02 | 0,92 | 0,84 | 0,96 |
| Resistencia a la carga puntual corregida $I_{s(50)} = F \cdot I_s$ | 0,0002 | 0,0001 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0003 |

| | |
|---|--------|
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (kN/mm ²) | 0,0004 |
| Resistencia a la carga puntual corregida promedio (MPa) | 0,37 |

OBSERVACIONES:

El resultado es válido para esta muestra



Hdo. Pablo Salvarrey
Director del Laboratorio

Fdo. Ignacio San José
Director Técnico

A-6

Cálculos

- Estabilidad de rellenos
- Cálculo de asientos mediante método de elementos finitos MEF

ESTABILIDAD DE RELLENOS

Programa **SLIDE 6.0**

Método de cálculo: Spencer, Lowi-Karafiath y Gle/Morgenstern-Price

CÁLCULO DE ESTABILIDAD SUPERFICIAL

Slide Analysis Information

T-200606_Supresión paso a nivel de Bernabeitia-AMOREBIETA

Project Summary

- File Name: T-200606_Supresión paso a nivel de Bernabeitia-AMOREBIETA
- Slide Modeler Version: 6.039
- Project Title: T-200606_Supresión paso a nivel de Bernabeitia-AMOREBIETA
- Company: IKERLUR SL
- Date Created: 22/10/2020, 16:00:10

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

- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Lowe-Karafiath
- 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/m³
- 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

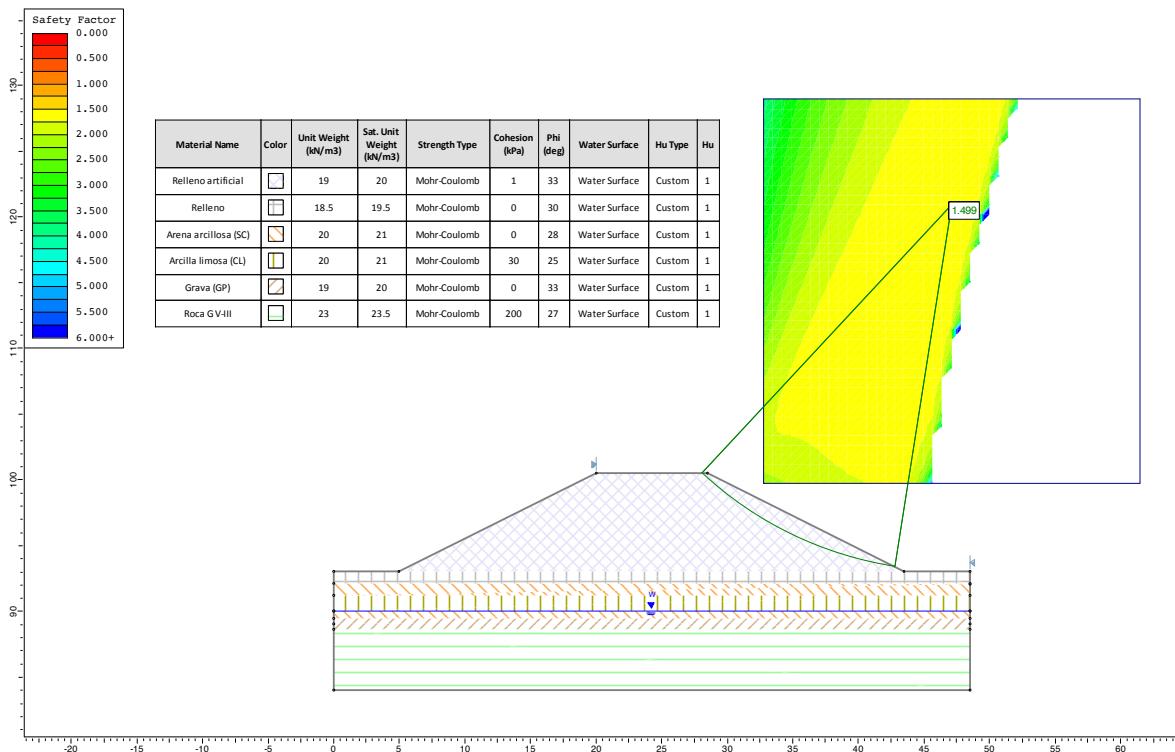
Material Properties

| Property | Relleno artificial | Relleno | Arena arcillosa (SC) | Arcilla limosa (CL) | Grava (GP) | Roca G V-III |
|---------------------------------|--------------------|--------------|----------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Color | | | | | | |
| Strength Type | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb | Mohr-Coulomb |
| Unsaturated Unit Weight [kN/m³] | 19 | 18.5 | 20 | 20 | 19 | 23 |
| Saturated Unit Weight [kN/m³] | 20 | 19.5 | 21 | 21 | 20 | 23.5 |
| Cohesion [kPa] | 1 | 0 | 0 | 30 | 0 | 200 |
| Friction Angle [deg] | 33 | 30 | 28 | 25 | 33 | 27 |
| Water Surface | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table | Water Table |
| Hu Value | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Global Minimums

Method: spencer

- FS: 1.498670
- Center: 47.092, 120.914
- Radius: 27.880
- Left Slip Surface Endpoint: 28.103, 100.500
- Right Slip Surface Endpoint: 42.754, 93.373
- Resisting Moment=5045.07 kN-m
- Driving Moment=3366.37 kN-m
- Resisting Horizontal Force=162.13 kN
- Driving Horizontal Force=108.183 kN
- Total Slice Area=14.6696 m²



Slice Data

• Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.49867

| 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 | 0.586071 | 2.78111 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.87542 | 2.81064 | 2.78814 | 0 | 2.78814 |
| 2 | 0.586071 | 6.00663 | Relleno artificial | 1 | 33 | 3.46567 | 5.19389 | 6.45802 | 0 | 6.45802 |
| 3 | 0.586071 | 8.16927 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.61065 | 6.90984 | 9.10035 | 0 | 9.10035 |
| 4 | 0.586071 | 10.0398 | Relleno artificial | 1 | 33 | 5.65935 | 8.4815 | 11.5205 | 0 | 11.5205 |
| 5 | 0.586071 | 11.6361 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.61005 | 9.90629 | 13.7145 | 0 | 13.7145 |
| 6 | 0.586071 | 12.9737 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.46102 | 11.1816 | 15.6783 | 0 | 15.6783 |
| 7 | 0.586071 | 14.0666 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.21055 | 12.3049 | 17.4079 | 0 | 17.4079 |
| 8 | 0.586071 | 14.9267 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.85672 | 13.2733 | 18.8992 | 0 | 18.8992 |
| 9 | 0.586071 | 15.5647 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.39787 | 14.0843 | 20.148 | 0 | 20.148 |
| 10 | 0.586071 | 15.9903 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.83178 | 14.7346 | 21.1495 | 0 | 21.1495 |
| 11 | 0.586071 | 16.212 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.1565 | 15.2213 | 21.8989 | 0 | 21.8989 |
| 12 | 0.586071 | 16.2375 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.3698 | 15.5409 | 22.3909 | 0 | 22.3909 |
| 13 | 0.586071 | 16.0735 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.4691 | 15.6897 | 22.6202 | 0 | 22.6202 |
| 14 | 0.586071 | 15.7264 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.4519 | 15.6639 | 22.5804 | 0 | 22.5804 |
| 15 | 0.586071 | 15.2016 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.3152 | 15.4591 | 22.2651 | 0 | 22.2651 |
| 16 | 0.586071 | 14.5043 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.0562 | 15.0709 | 21.6672 | 0 | 21.6672 |
| 17 | 0.586071 | 13.6388 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.67138 | 14.4942 | 20.7794 | 0 | 20.7794 |
| 18 | 0.586071 | 12.6095 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.15732 | 13.7238 | 19.5929 | 0 | 19.5929 |
| 19 | 0.586071 | 11.4199 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.51001 | 12.7537 | 18.0991 | 0 | 18.0991 |
| 20 | 0.586071 | 10.0733 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.72532 | 11.5777 | 16.2882 | 0 | 16.2882 |
| 21 | 0.586071 | 8.57292 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.79865 | 10.1889 | 14.1497 | 0 | 14.1497 |
| 22 | 0.586071 | 6.92129 | Relleno artificial | 1 | 33 | 5.72505 | 8.57996 | 11.6721 | 0 | 11.6721 |
| 23 | 0.586071 | 5.12085 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.49914 | 6.74272 | 8.84301 | 0 | 8.84301 |
| 24 | 0.586071 | 3.17376 | Relleno artificial | 1 | 33 | 3.11504 | 4.66841 | 5.64884 | 0 | 5.64884 |
| 25 | 0.586071 | 1.0819 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.58964 | 2.38235 | 2.12863 | 0 | 2.12863 |

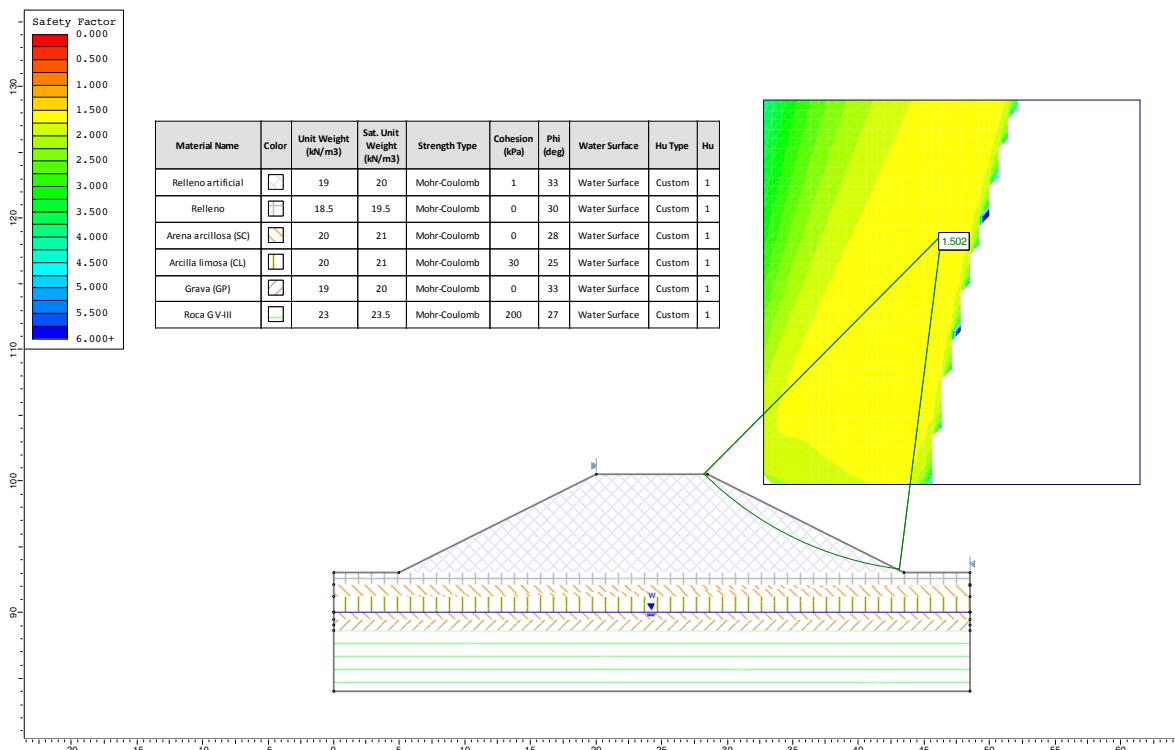
Interslice Data

- Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.49867

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.1026 | 100.5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 28.6887 | 99.9701 | 0.37843 | 0.154499 | 22.2084 |
| 3 | 29.2748 | 99.4693 | 1.58176 | 0.645774 | 22.2084 |
| 4 | 29.8608 | 98.9956 | 3.19082 | 1.3027 | 22.2085 |
| 5 | 30.4469 | 98.5473 | 5.03944 | 2.05742 | 22.2084 |
| 6 | 31.033 | 98.1228 | 6.98712 | 2.85259 | 22.2084 |
| 7 | 31.6191 | 97.721 | 8.91587 | 3.64003 | 22.2084 |
| 8 | 32.2051 | 97.3405 | 10.7278 | 4.37977 | 22.2084 |
| 9 | 32.7912 | 96.9804 | 12.3431 | 5.03923 | 22.2084 |
| 10 | 33.3773 | 96.6398 | 13.6983 | 5.59254 | 22.2085 |
| 11 | 33.9633 | 96.3179 | 14.7454 | 6.02004 | 22.2085 |
| 12 | 34.5494 | 96.0139 | 15.4504 | 6.30786 | 22.2085 |
| 13 | 35.1355 | 95.7272 | 15.7927 | 6.44759 | 22.2084 |
| 14 | 35.7216 | 95.4573 | 15.7643 | 6.43601 | 22.2085 |
| 15 | 36.3076 | 95.2035 | 15.3698 | 6.27493 | 22.2084 |
| 16 | 36.8937 | 94.9655 | 14.6254 | 5.97103 | 22.2084 |
| 17 | 37.4798 | 94.7427 | 13.5593 | 5.53579 | 22.2085 |
| 18 | 38.0658 | 94.5348 | 12.2114 | 4.98546 | 22.2084 |
| 19 | 38.6519 | 94.3415 | 10.633 | 4.34106 | 22.2084 |
| 20 | 39.238 | 94.1624 | 8.8875 | 3.62845 | 22.2084 |
| 21 | 39.824 | 93.9973 | 7.05035 | 2.87841 | 22.2085 |
| 22 | 40.4101 | 93.8459 | 5.20931 | 2.12677 | 22.2084 |
| 23 | 40.9962 | 93.7079 | 3.465 | 1.41464 | 22.2085 |
| 24 | 41.5823 | 93.5832 | 1.93144 | 0.788539 | 22.2085 |
| 25 | 42.1683 | 93.4715 | 0.736694 | 0.300766 | 22.2084 |
| 26 | 42.7544 | 93.3728 | 0 | 0 | 0 |

Method: lowe-karafiath

- FS: 1.502380
- Center: 46.374, 118.718
- Radius: 25.730
- Left Slip Surface Endpoint: 28.205, 100.500
- Right Slip Surface Endpoint: 43.107, 93.196
- Resisting Horizontal Force=179.859 kN
- Driving Horizontal Force=119.716 kN
- Total Slice Area=16.3451 m²



Slice Data

- Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 1.50238

| 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 | 0.596088 | 2.82958 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.78608 | 2.68337 | 2.59216 | 0 | 2.59216 |
| 2 | 0.596088 | 6.18644 | Relleno artificial | 1 | 33 | 3.25753 | 4.89405 | 5.99631 | 0 | 5.99631 |
| 3 | 0.596088 | 8.7441 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.52575 | 6.79939 | 8.93028 | 0 | 8.93028 |
| 4 | 0.596088 | 10.9465 | Relleno artificial | 1 | 33 | 5.7071 | 8.57423 | 11.6633 | 0 | 11.6633 |
| 5 | 0.596088 | 12.8193 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.80498 | 10.2237 | 14.2032 | 0 | 14.2032 |
| 6 | 0.596088 | 14.3843 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.81094 | 11.735 | 16.5304 | 0 | 16.5304 |
| 7 | 0.596088 | 15.6605 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.7167 | 13.0958 | 18.6259 | 0 | 18.6259 |
| 8 | 0.596088 | 16.6641 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.51457 | 14.2945 | 20.4717 | 0 | 20.4717 |
| 9 | 0.596088 | 17.4095 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.1972 | 15.32 | 22.0508 | 0 | 22.0508 |
| 10 | 0.596088 | 17.9093 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.7579 | 16.1625 | 23.3481 | 0 | 23.3481 |
| 11 | 0.596088 | 18.1744 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.1908 | 16.8128 | 24.3496 | 0 | 24.3496 |
| 12 | 0.596088 | 18.2148 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.4903 | 17.2628 | 25.0425 | 0 | 25.0425 |
| 13 | 0.596088 | 18.039 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.6516 | 17.5052 | 25.4157 | 0 | 25.4157 |
| 14 | 0.596088 | 17.655 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.6703 | 17.5333 | 25.459 | 0 | 25.459 |
| 15 | 0.596088 | 17.0695 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.5426 | 17.3414 | 25.1635 | 0 | 25.1635 |
| 16 | 0.596088 | 16.2887 | Relleno artificial | 1 | 33 | 11.2649 | 16.9242 | 24.5211 | 0 | 24.5211 |
| 17 | 0.596088 | 15.3182 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.8343 | 16.2772 | 23.5249 | 0 | 23.5249 |
| 18 | 0.596088 | 14.163 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.248 | 15.3964 | 22.1685 | 0 | 22.1685 |
| 19 | 0.596088 | 12.8273 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.50379 | 14.2783 | 20.4468 | 0 | 20.4468 |
| 20 | 0.596088 | 11.3151 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.59956 | 12.9198 | 18.3549 | 0 | 18.3549 |
| 21 | 0.596088 | 9.62993 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.53365 | 11.3184 | 15.889 | 0 | 15.889 |
| 22 | 0.596088 | 7.77485 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.30471 | 9.47207 | 13.0458 | 0 | 13.0458 |
| 23 | 0.596088 | 5.75255 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.91151 | 7.37895 | 9.82271 | 0 | 9.82271 |
| 24 | 0.596088 | 3.5654 | Relleno artificial | 1 | 33 | 3.35318 | 5.03775 | 6.21758 | 0 | 6.21758 |
| 25 | 0.596088 | 1.21545 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.65816 | 2.49118 | 2.29621 | 0 | 2.29621 |

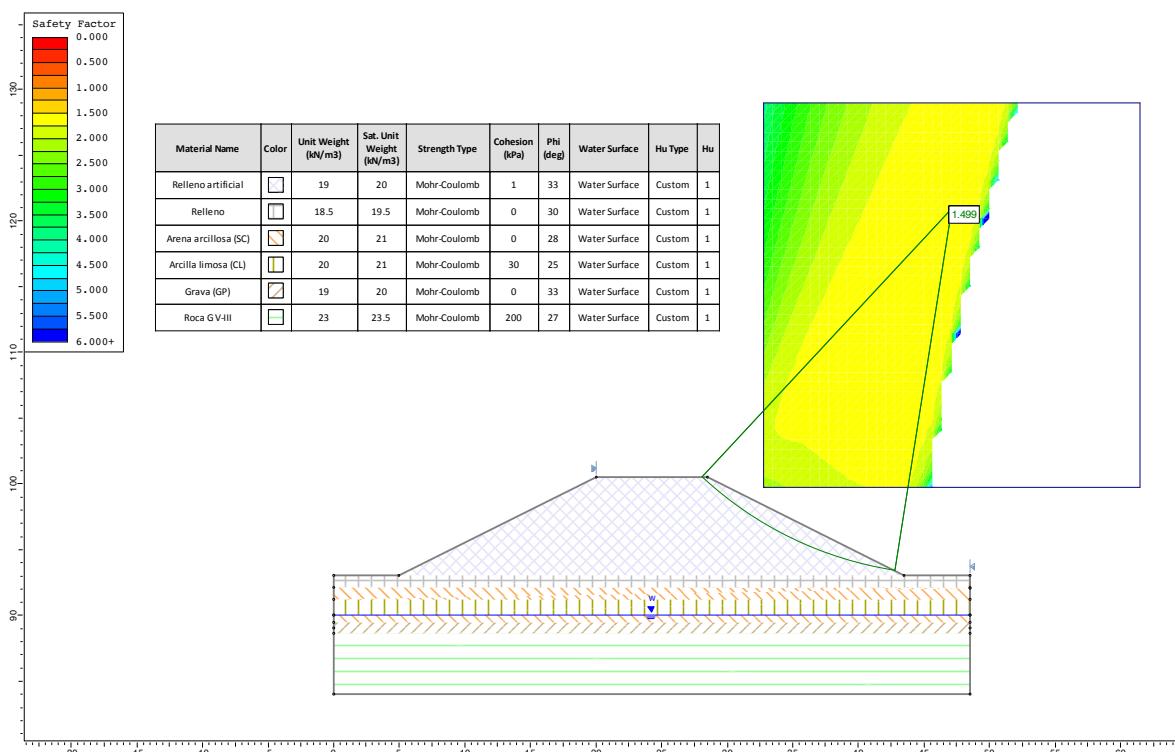
Interslice Data

- Global Minimum Query (lowe-karafiath) - Safety Factor: 1.50238

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.2049 | 100.5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 28.801 | 99.9243 | 0.428709 | 0.266446 | 31.8613 |
| 3 | 29.397 | 99.3842 | 1.7281 | 1.16289 | 33.9378 |
| 4 | 29.9931 | 98.8766 | 3.56619 | 2.32165 | 33.0648 |
| 5 | 30.5892 | 98.3992 | 5.73651 | 3.61434 | 32.2133 |
| 6 | 31.1853 | 97.9498 | 8.06715 | 4.92058 | 31.3812 |
| 7 | 31.7814 | 97.5267 | 10.4102 | 6.14835 | 30.5664 |
| 8 | 32.3775 | 97.1284 | 12.6398 | 7.22935 | 29.7675 |
| 9 | 32.9736 | 96.7534 | 14.6508 | 8.11528 | 28.9827 |
| 10 | 33.5697 | 96.4006 | 16.3577 | 8.77495 | 28.211 |
| 11 | 34.1658 | 96.0691 | 17.694 | 9.19169 | 27.451 |
| 12 | 34.7618 | 95.7577 | 18.6115 | 9.3613 | 26.7017 |
| 13 | 35.3579 | 95.4658 | 19.0795 | 9.29013 | 25.9622 |
| 14 | 35.954 | 95.1927 | 19.0846 | 8.99348 | 25.2318 |
| 15 | 36.5501 | 94.9376 | 18.6303 | 8.49406 | 24.5095 |
| 16 | 37.1462 | 94.7 | 17.7364 | 7.82073 | 23.7947 |
| 17 | 37.7423 | 94.4794 | 16.4388 | 7.00722 | 23.0867 |
| 18 | 38.3384 | 94.2753 | 14.7891 | 6.09105 | 22.3848 |
| 19 | 38.9345 | 94.0873 | 12.8545 | 5.11247 | 21.6886 |
| 20 | 39.5305 | 93.915 | 10.7174 | 4.1135 | 20.9976 |
| 21 | 40.1266 | 93.7582 | 8.47537 | 3.13699 | 20.311 |
| 22 | 40.7227 | 93.6165 | 6.24091 | 2.2258 | 19.6286 |
| 23 | 41.3188 | 93.4897 | 4.14131 | 1.42191 | 18.9498 |
| 24 | 41.9149 | 93.3776 | 2.31859 | 0.765648 | 18.2743 |
| 25 | 42.511 | 93.2799 | 0.929498 | 0.294882 | 17.6016 |
| 26 | 43.1071 | 93.1965 | 0 | 0 | 0 |

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 1.498900
- Center: 47.092, 120.914
- Radius: 27.880
- Left Slip Surface Endpoint: 28.103, 100.500
- Right Slip Surface Endpoint: 42.754, 93.373
- Resisting Moment=5045.84 kN-m
- Driving Moment=3366.37 kN-m
- Resisting Horizontal Force=162.137 kN
- Driving Horizontal Force=108.171 kN
- Total Slice Area=14.6696 m²



Slice Data

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.4989

| 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 | 0.586071 | 2.78111 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.9426 | 2.91177 | 2.94387 | 0 | 2.94387 |
| 2 | 0.586071 | 6.00663 | Relleno artificial | 1 | 33 | 3.62643 | 5.43565 | 6.8303 | 0 | 6.8303 |
| 3 | 0.586071 | 8.16927 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.74162 | 7.10721 | 9.40428 | 0 | 9.40428 |
| 4 | 0.586071 | 10.0398 | Relleno artificial | 1 | 33 | 5.71758 | 8.57008 | 11.6569 | 0 | 11.6569 |
| 5 | 0.586071 | 11.6361 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.57836 | 9.86031 | 13.6437 | 0 | 13.6437 |
| 6 | 0.586071 | 12.9737 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.34192 | 11.0048 | 15.4062 | 0 | 15.4062 |
| 7 | 0.586071 | 14.0666 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.02102 | 12.0227 | 16.9734 | 0 | 16.9734 |
| 8 | 0.586071 | 14.9267 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.62346 | 12.9257 | 18.3639 | 0 | 18.3639 |
| 9 | 0.586071 | 15.5647 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.15291 | 13.7193 | 19.586 | 0 | 19.586 |
| 10 | 0.586071 | 15.9903 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.60865 | 14.4024 | 20.6379 | 0 | 20.6379 |
| 11 | 0.586071 | 16.212 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.98606 | 14.9681 | 21.5091 | 0 | 21.5091 |
| 12 | 0.586071 | 16.2375 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.2767 | 15.4037 | 22.1797 | 0 | 22.1797 |
| 13 | 0.586071 | 16.0735 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.4686 | 15.6914 | 22.6228 | 0 | 22.6228 |
| 14 | 0.586071 | 15.7264 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.5477 | 15.8099 | 22.8052 | 0 | 22.8052 |
| 15 | 0.586071 | 15.2016 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.4981 | 15.7356 | 22.6909 | 0 | 22.6909 |
| 16 | 0.586071 | 14.5043 | Relleno artificial | 1 | 33 | 10.3044 | 15.4452 | 22.2436 | 0 | 22.2436 |
| 17 | 0.586071 | 13.6388 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.95257 | 14.9179 | 21.4316 | 0 | 21.4316 |
| 18 | 0.586071 | 12.6095 | Relleno artificial | 1 | 33 | 9.43238 | 14.1382 | 20.231 | 0 | 20.231 |
| 19 | 0.586071 | 11.4199 | Relleno artificial | 1 | 33 | 8.73847 | 13.0981 | 18.6294 | 0 | 18.6294 |
| 20 | 0.586071 | 10.0733 | Relleno artificial | 1 | 33 | 7.87144 | 11.7985 | 16.6282 | 0 | 16.6282 |
| 21 | 0.586071 | 8.57292 | Relleno artificial | 1 | 33 | 6.83872 | 10.2506 | 14.2446 | 0 | 14.2446 |
| 22 | 0.586071 | 6.92129 | Relleno artificial | 1 | 33 | 5.65409 | 8.47492 | 11.5104 | 0 | 11.5104 |
| 23 | 0.586071 | 5.12085 | Relleno artificial | 1 | 33 | 4.33687 | 6.50054 | 8.47008 | 0 | 8.47008 |
| 24 | 0.586071 | 3.17376 | Relleno artificial | 1 | 33 | 2.91021 | 4.36211 | 5.1772 | 0 | 5.1772 |
| 25 | 0.586071 | 1.0819 | Relleno artificial | 1 | 33 | 1.39884 | 2.09672 | 1.6888 | 0 | 1.6888 |

Interslice Data

• Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.4989

| Slice Number | X coordinate [m] | Y coordinate - Bottom [m] | Interslice Normal Force [kN] | Interslice Shear Force [kN] | Interslice Force Angle [degrees] |
|--------------|------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 | 28.1026 | 100.5 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 28.6887 | 99.9701 | 0.421552 | 0.0264478 | 3.58998 |
| 3 | 29.2748 | 99.4693 | 1.71706 | 0.213755 | 7.09618 |
| 4 | 29.8608 | 98.9956 | 3.39327 | 0.625298 | 10.4411 |
| 5 | 30.4469 | 98.5473 | 5.26885 | 1.27061 | 13.5583 |
| 6 | 31.033 | 98.1228 | 7.20494 | 2.11993 | 16.3956 |
| 7 | 31.6191 | 97.721 | 9.09398 | 3.11623 | 18.915 |
| 8 | 32.2051 | 97.3405 | 10.8515 | 4.18546 | 21.0918 |
| 9 | 32.7912 | 96.9804 | 12.4106 | 5.24538 | 22.9115 |
| 10 | 33.3773 | 96.6398 | 13.7179 | 6.21334 | 24.3675 |
| 11 | 33.9633 | 96.3179 | 14.7309 | 7.01308 | 25.4582 |
| 12 | 34.5494 | 96.0139 | 15.4171 | 7.58081 | 26.184 |
| 13 | 35.1355 | 95.7272 | 15.7533 | 7.87019 | 26.5463 |
| 14 | 35.7216 | 95.4573 | 15.7257 | 7.85644 | 26.5464 |
| 15 | 36.3076 | 95.2035 | 15.3319 | 7.53891 | 26.184 |
| 16 | 36.8937 | 94.9655 | 14.5816 | 6.942 | 25.4582 |
| 17 | 37.4798 | 94.7427 | 13.4984 | 6.11391 | 24.3675 |
| 18 | 38.0658 | 94.5348 | 12.1211 | 5.12301 | 22.9115 |
| 19 | 38.6519 | 94.3415 | 10.5047 | 4.05171 | 21.0919 |
| 20 | 39.238 | 94.1624 | 8.72024 | 2.98817 | 18.9151 |
| 21 | 39.824 | 93.9973 | 6.8535 | 2.01653 | 16.3957 |
| 22 | 40.4101 | 93.8459 | 5.00324 | 1.20656 | 13.5583 |
| 23 | 40.9962 | 93.7079 | 3.27812 | 0.604077 | 10.4411 |
| 24 | 41.5823 | 93.5832 | 1.79307 | 0.223217 | 7.09617 |
| 25 | 42.1683 | 93.4715 | 0.665647 | 0.0417622 | 3.58999 |
| 26 | 42.7544 | 93.3728 | 0 | 0 | 0 |

List Of Coordinates

Water Table

| X | Y |
|------|----|
| 0 | 90 |
| 48.5 | 90 |

External Boundary

| X | Y |
|------|-------|
| 0 | 84 |
| 48.5 | 84 |
| 48.5 | 88.6 |
| 48.5 | 89 |
| 48.5 | 89.4 |
| 48.5 | 90 |
| 48.5 | 91.2 |
| 48.5 | 92 |
| 48.5 | 92.1 |
| 48.5 | 93 |
| 43.5 | 93 |
| 28.5 | 100.5 |
| 20 | 100.5 |
| 5 | 93 |
| 0 | 93 |
| 0 | 92.1 |
| 0 | 91.2 |
| 0 | 90 |
| 0 | 89.4 |
| 0 | 89 |
| 0 | 88.6 |

Material Boundary

| X | Y |
|------|------|
| 0 | 91.2 |
| 48.5 | 91.2 |

Material Boundary

| X | Y |
|------|----|
| 0 | 90 |
| 48.5 | 90 |

Material Boundary

| X | Y |
|------|------|
| 0 | 89.4 |
| 48.5 | 89.4 |

Material Boundary

| X | Y |
|------|------|
| 0 | 88.6 |
| 48.5 | 88.6 |

Material Boundary

| X | Y |
|------|----|
| 5 | 93 |
| 43.5 | 93 |

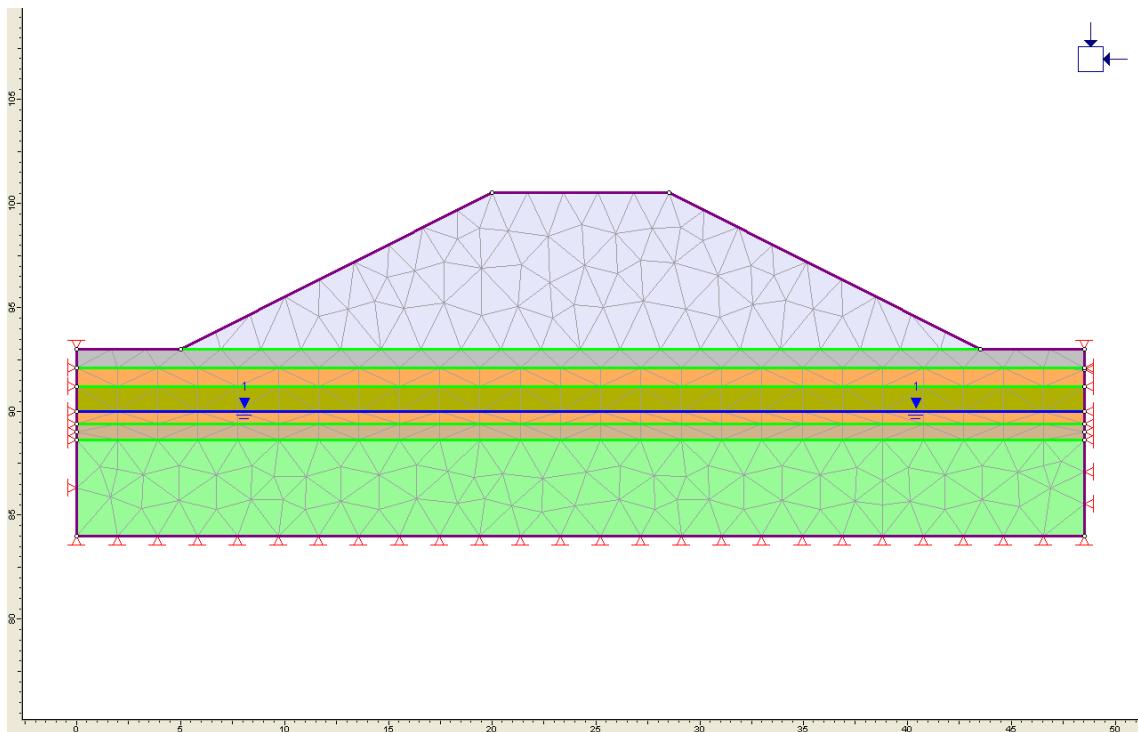
Material Boundary

| X | Y |
|------|------|
| 0 | 92.1 |
| 48.5 | 92.1 |

CÁLCULO DE ASIENTO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Programa **PHASE2 6.0**

CÁLCULO DE ASIENTOS DEL TERRENO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS (Terreno actual)



Phase2 Analysis Information

Document Name

T-200606_Supresión paso Bernabeitia-AMOREBIETAfea

Project Settings

General

Project Title: T-200606_Supresión paso a nivel de Bernabeitia-AMOREBIETA-ETXANO

Company: IKERLUR SL

Single stage model

Analysis Type: Plane Strain

Solver Type: Gaussian Elimination

Units: Metric, stress as kPa

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 1000

Tolerance: 0.0001

Number of Load Steps: Automatic

Groundwater

Method: Piezometric Lines

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Field Stress

Field stress: constant

Sigma one: 10 kPa (compression positive)

Sigma three: 10 kPa (compression positive)

Sigma Z: 10 kPa (compression positive)

Angle from the horizontal to sigma 1: 0 degrees (counter-clockwise)

Mesh

Mesh type: graded
Element type: 3 noded triangles
Number of elements: 546
Number of nodes: 310

Mesh Quality

55 of 546 Elements (10.1 % of elements) are poor quality elements
1 of 546 Elements (0.2 % of elements) are poor quality elements because of the side length ratio
55 of 546 Elements (10.1 % of elements) are poor quality elements because of the minimum interior angle
0 of 546 Elements (0.0 % of elements) are poor quality elements because of the maximum interior angle
(elements can be of poor quality for more than one reason)

Mesh Quality Statistics

The worst element has (ratio = 19.43), (min angle = 2.95) (max angle = 105.93)
10.0% of elements have: (ratios > 3.4), (min angles < 17.2) (max angles > 93.2)
20.0% of elements have: (ratios > 2.6), (min angles < 22.4) (max angles > 90.0)
30.0% of elements have: (ratios > 2.4), (min angles < 24.9) (max angles > 90.0)
40.0% of elements have: (ratios > 1.9), (min angles < 31.7) (max angles > 90.0)
50.0% of elements have: (ratios > 1.6), (min angles < 39.2) (max angles > 90.0)
60.0% of elements have: (ratios > 1.5), (min angles < 42.4) (max angles > 78.8)
70.0% of elements have: (ratios > 1.4), (min angles < 45.0) (max angles > 75.8)
80.0% of elements have: (ratios > 1.3), (min angles < 47.9) (max angles > 73.1)
90.0% of elements have: (ratios > 1.2), (min angles < 50.2) (max angles > 69.8)
100.0% of elements have: (ratios > 1.2), (min angles < 52.7) (max angles > 66.1)

Poor quality elements are those with:
(maximum side length) / (minimum side length) > 10.00
Minimum interior angle < 20.0 degrees
Maximum interior angle > 120.0 degrees

Material Properties

Material: Relleno artificial
Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 19 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 80000 kPa
Poisson's ratio: 0.28
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 33 degrees
Peak cohesion: 1 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 31 degrees
Residual Cohesion: 0.75 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Relleno

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 18.5 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 40000 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 30 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 25 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Arena arcillosa (SC)

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 20 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 8000 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 28 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 27 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: 1
Hu Type: Custom
Hu value: 1

Material: Arcilla limosa (CL)

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 20 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 50000 kPa
Poisson's ratio: 0.28
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 25 degrees
Peak cohesion: 30 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 24 degrees
Residual Cohesion: 25 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Grava (GP)

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 19 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 80000 kPa

Poisson's ratio: 0.27

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 kPa

Peak friction angle: 33 degrees

Peak cohesion: 0 kPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 32 degrees

Residual Cohesion: 0 kPa

Piezo to use: 1

Hu Type: Custom

Hu value: 1

Material: Roca G V-III

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 23 kN/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 150000 kPa

Poisson's ratio: 0.2

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 kPa

Peak friction angle: 27 degrees

Peak cohesion: 200 kPa

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 25 degrees

Residual Cohesion: 150 kPa

Piezo to use: 1

Hu Type: Custom

Hu value: 1

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

External Boundary Area: 612.750 m²

External Boundary Perimeter: 118.541 m

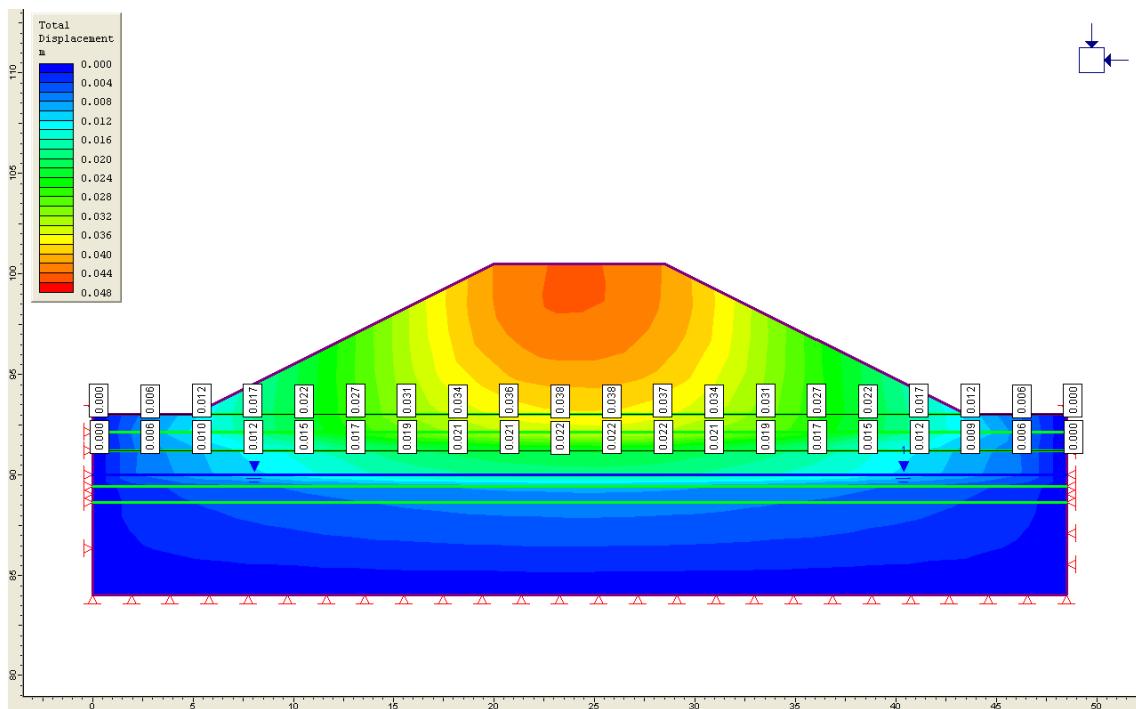
Stage 1

External Boundary Area: 611.554 m² (-1.19634 m² change from original area)

External Boundary Perimeter: 118.511 m (-0.0297355 m change from original perimeter)

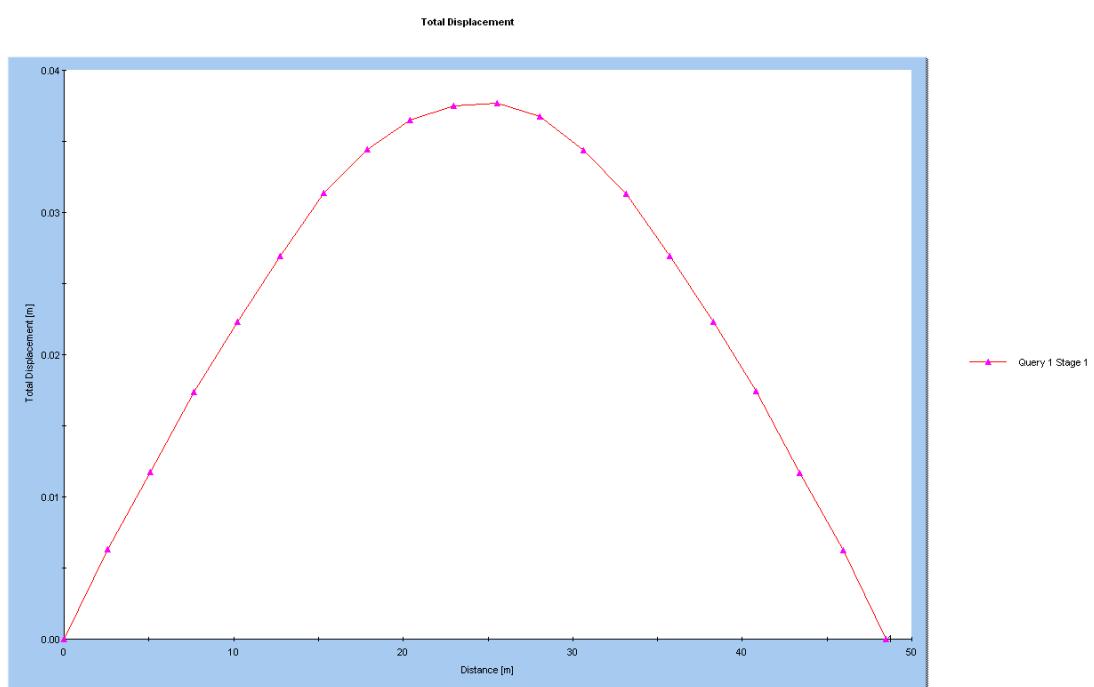
Asientos

Asiento máximo: 0.044297 m



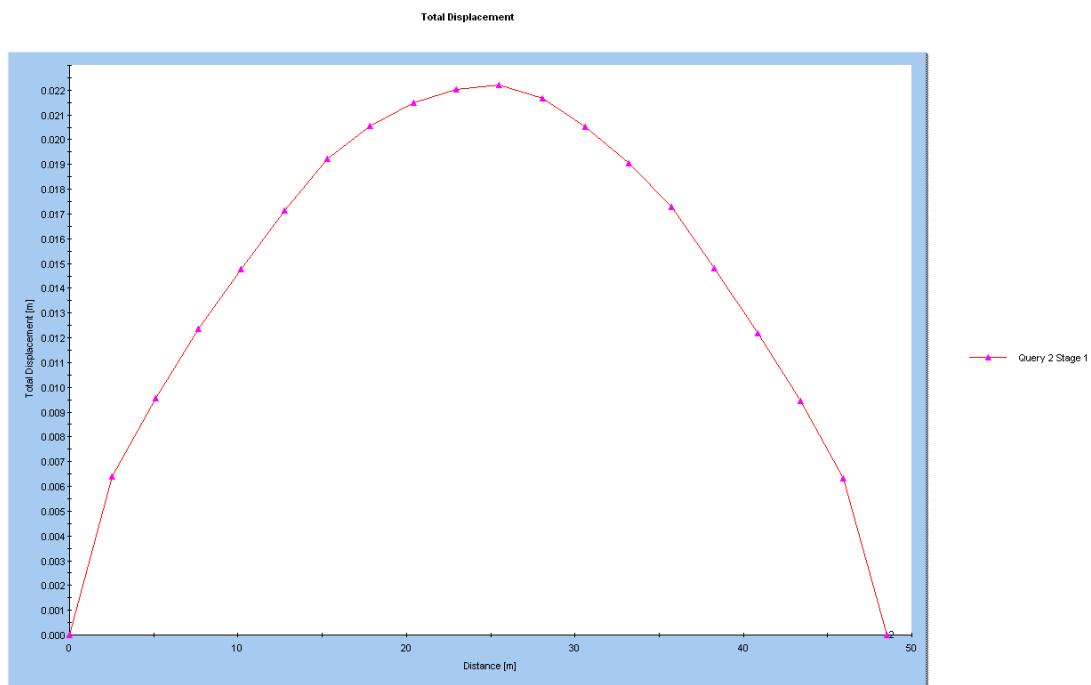
Asientos sobre la capa de relleno y arena floja actuales

Asiento máximo: 0.038 m

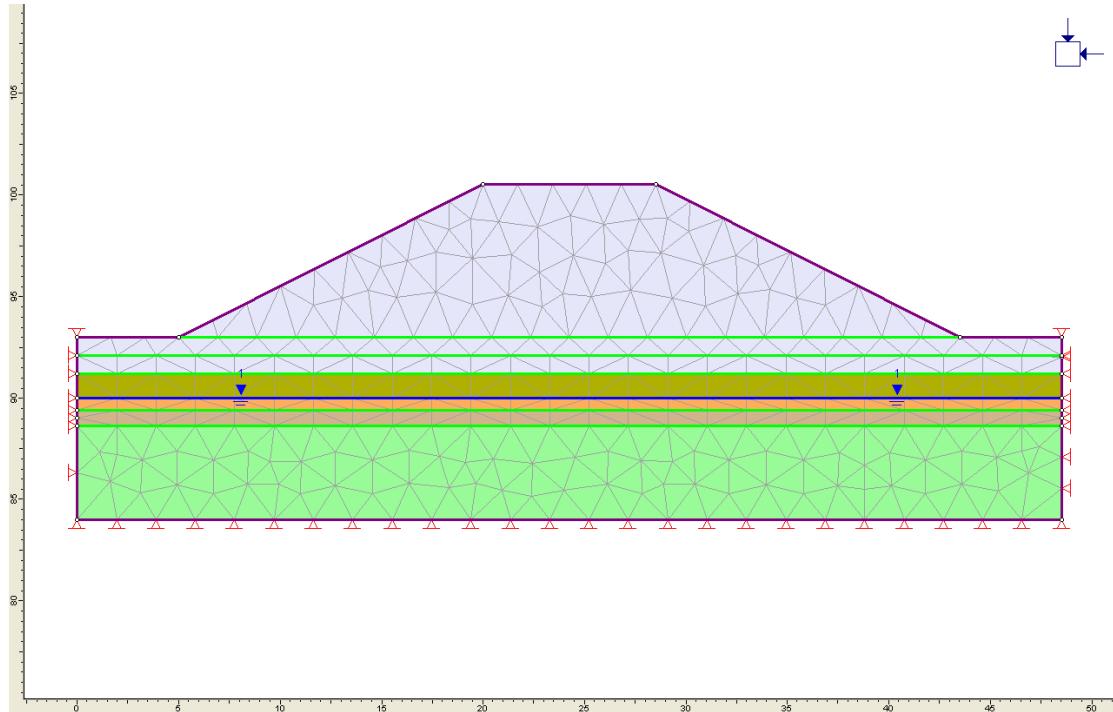


Asientos sobre la capa de arcilla firme actual

Asiento máximo: 0.022 m



CÁLCULO DE ASIENTOS DEL TERRENO MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS
(Sustitución de capas superiores)



Phase2 Analysis Information

Document Name

T-200606_Supresión paso Bernabeitia-AMOREBIETA (Sustitución capas superficiales).fea

Project Settings

General

Project Title: T-200606_Supresión paso a nivel de Bernabeitia-AMOREBIETA-ETXANO

Company: IKERLUR SL

Single stage model

Analysis Type: Plane Strain

Solver Type: Gaussian Elimination

Units: Metric, stress as kPa

Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 1000

Tolerance: 0.0001

Number of Load Steps: Automatic

Groundwater

Method: Piezometric Lines

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Field Stress

Field stress: constant

Sigma one: 10 kPa (compression positive)

Sigma three: 10 kPa (compression positive)

Sigma Z: 10 kPa (compression positive)

Angle from the horizontal to sigma 1: 0 degrees (counter-clockwise)

Mesh

Mesh type: graded
Element type: 3 noded triangles
Number of elements: 546
Number of nodes: 310

Mesh Quality

55 of 546 Elements (10.1 % of elements) are poor quality elements
1 of 546 Elements (0.2 % of elements) are poor quality elements because of the side length ratio
55 of 546 Elements (10.1 % of elements) are poor quality elements because of the minimum interior angle
0 of 546 Elements (0.0 % of elements) are poor quality elements because of the maximum interior angle
(elements can be of poor quality for more than one reason)

Mesh Quality Statistics

The worst element has (ratio = 19.43), (min angle = 2.95) (max angle = 105.93)
10.0% of elements have: (ratios > 3.4), (min angles < 17.2) (max angles > 93.2)
20.0% of elements have: (ratios > 2.6), (min angles < 22.4) (max angles > 90.0)
30.0% of elements have: (ratios > 2.4), (min angles < 24.9) (max angles > 90.0)
40.0% of elements have: (ratios > 1.9), (min angles < 31.7) (max angles > 90.0)
50.0% of elements have: (ratios > 1.6), (min angles < 39.2) (max angles > 90.0)
60.0% of elements have: (ratios > 1.5), (min angles < 42.4) (max angles > 78.8)
70.0% of elements have: (ratios > 1.4), (min angles < 45.0) (max angles > 75.8)
80.0% of elements have: (ratios > 1.3), (min angles < 47.9) (max angles > 73.1)
90.0% of elements have: (ratios > 1.2), (min angles < 50.2) (max angles > 69.8)
100.0% of elements have: (ratios > 1.2), (min angles < 52.7) (max angles > 66.1)

Poor quality elements are those with:
(maximum side length) / (minimum side length) > 10.00
Minimum interior angle < 20.0 degrees
Maximum interior angle > 120.0 degrees

Material Properties

Material: Relleno artificial
Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 19 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 80000 kPa
Poisson's ratio: 0.28
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 33 degrees
Peak cohesion: 1 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 31 degrees
Residual Cohesion: 0.75 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Arena arcillosa (SC)

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 20 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 8000 kPa
Poisson's ratio: 0.3
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 28 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 27 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: 1
Hu Type: Custom
Hu value: 1

Material: Arcilla limosa (CL)

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 20 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 50000 kPa
Poisson's ratio: 0.28
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 25 degrees
Peak cohesion: 30 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 24 degrees
Residual Cohesion: 25 kPa
Piezo to use: None
Ru value: 0

Material: Grava (GP)

Initial element loading: field stress & body force
Unit weight: 19 kN/m³
Elastic type: isotropic
Young's modulus: 80000 kPa
Poisson's ratio: 0.27
Failure criterion: Mohr-Coulomb
Tensile strength: 0 kPa
Peak friction angle: 33 degrees
Peak cohesion: 0 kPa
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 32 degrees
Residual Cohesion: 0 kPa
Piezo to use: 1
Hu Type: Custom
Hu value: 1

Material: Roca G V-III

Initial element loading: field stress & body force
 Unit weight: 23 kN/m³
 Elastic type: isotropic
 Young's modulus: 150000 kPa
 Poisson's ratio: 0.2
 Failure criterion: Mohr-Coulomb
 Tensile strength: 0 kPa
 Peak friction angle: 27 degrees
 Peak cohesion: 200 kPa
 Material type: Plastic
 Dilation Angle: 0 degrees
 Residual Friction Angle: 25 degrees
 Residual Cohesion: 150 kPa
 Piezo to use: 1
 Hu Type: Custom
 Hu value: 1

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

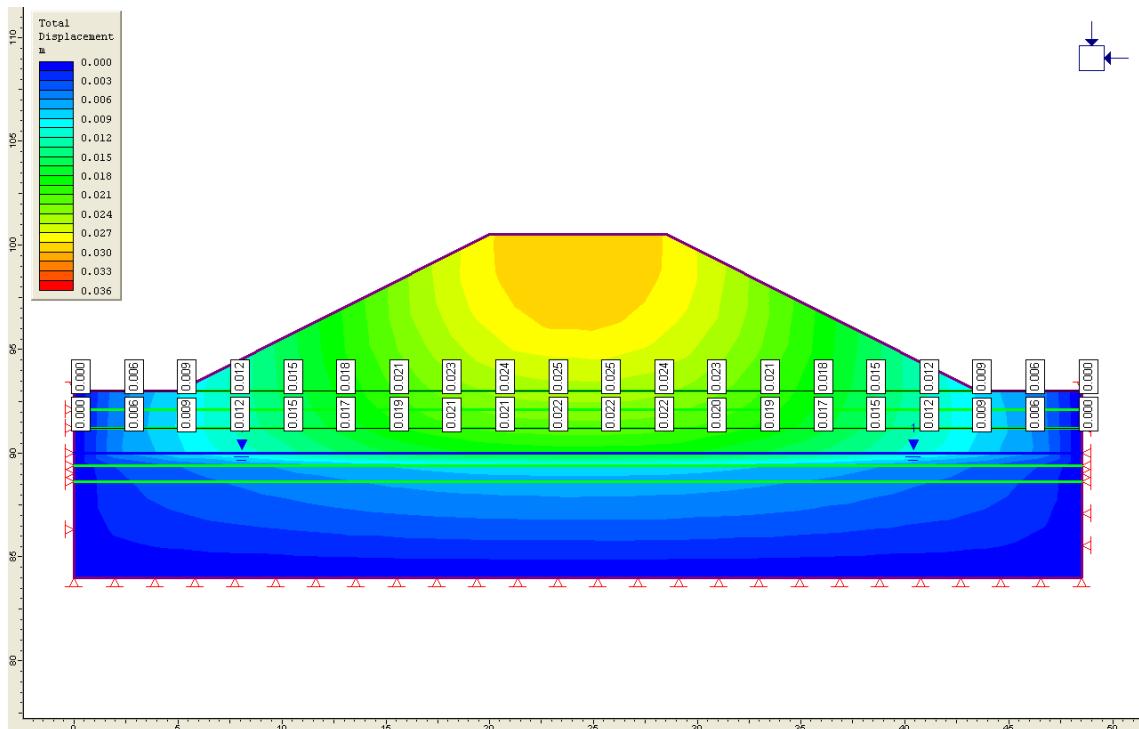
External Boundary Area: 612.750 m²
 External Boundary Perimeter: 118.541 m

Stage 1

External Boundary Area: 611.885 m² (-0.86549 m² change from original area)
 External Boundary Perimeter: 118.523 m (-0.0179943 m change from original perimeter)

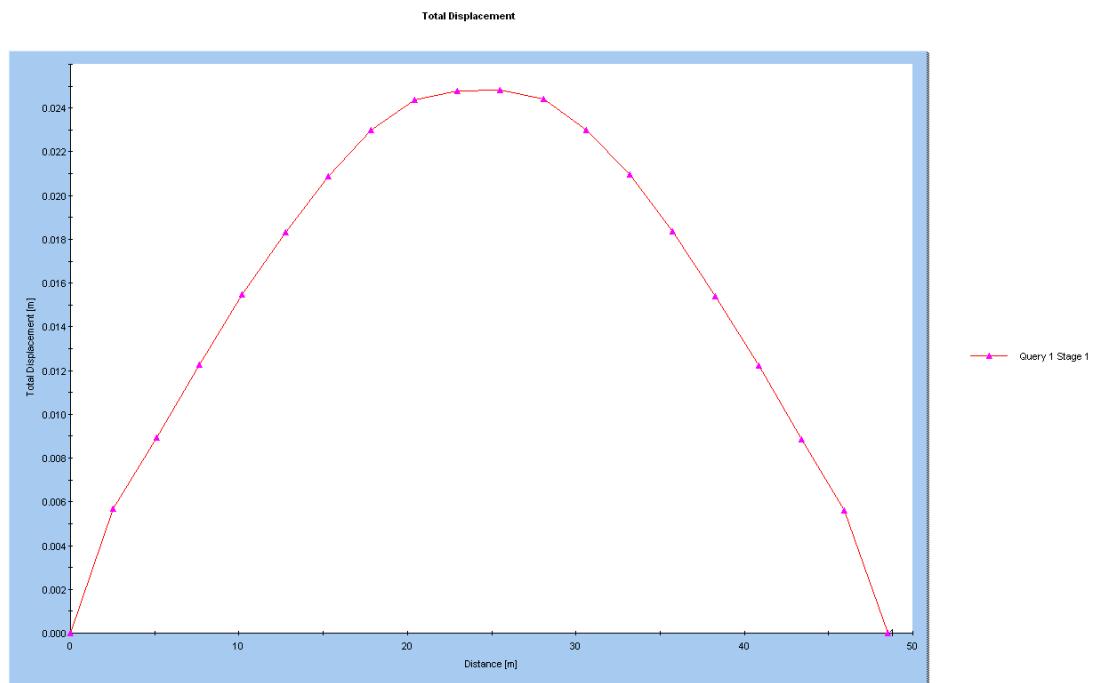
Asientos

Asiento máximo: 0.029985 m



Asientos sobre el nuevo relleno que sustituye a la anterior capa de relleno y arena floja

Asiento máximo: 0.024 m



Asientos sobre la capa de arcilla firme actual

Asiento máximo: 0.021 m

