ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO (CÁLCULOS DE ESTABILIDAD) DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)

Titular: **JUAN RAMÓN ANASAGASTI S.L.**

OCTUBRE 2019

ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO (CÁLCULOS DE ESTABILIDAD) DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)

Titular: **JUAN RAMÓN ANASAGASTI S.L.**

Valentín Ibarra Lozano
Geólogo
Colegiado nº 4.514

OCTUBRE 2019

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO. 4

2. ENTORNO GEOLÓGICO. 5

3. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO. 7

4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.....9

5. HIDROGEOLOGÍA. 10

6. GEOTECNIA. 15

7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD. 16

APÉNDICES

APÉNDICE I. Estudio hidrogeológico (año 1996).

APÉNDICE II. Informe geotécnico del año 2007 (GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LARREA, S.L.).

APÉNDICE III. Catas de reconocimiento.

APÉNDICE IV. Cálculos de estabilidad de la ampliación (SLIDE).

APÉNDICE V. Cálculos de estabilidad del talud excavado (SLIDE)

APÉNDICE VI. Cálculo de roturas en macizo rocoso (SWEDGE)

APÉNDICE VII. Tablas de referencia de parámetros geotécnicos

1. ANTECEDENTES Y OBJETIVO.

En los años 1996 y 2007 se realizaron diversas labores de reconocimiento geológico en el vertedero Burgoabaso.

Hoy en día, el vertedero de residuos inertes Burgoabaso se encuentra en su última etapa de explotación, disponiendo la empresa de terrenos que posibilitan ampliar la actividad.

Con fecha 23 de marzo de 2017 la Viceconsejería de Medio Ambiente comunica que la ampliación propuesta para el vertedero Burgoabaso es autorizable.

Es por ello que se haya redactado el Proyecto de ampliación del vertedero Burgoabaso por lo que, al objeto de completar la información geológica existente, en la zona de ampliación se ha realizado una campaña de reconocimiento mediante catas y una cartografía geológica.

2. ENTORNO GEOLÓGICO.

El vertedero Burgoabaso se sitúa en materiales tipo flysch de edad Cenomaniense (Cretácico), que presentan dirección W-E y buzamientos hacia el norte (**Figura 1**), en el ámbito del cabo de Matxitxako.

En el área del vertedero se diferencian 4 materiales:

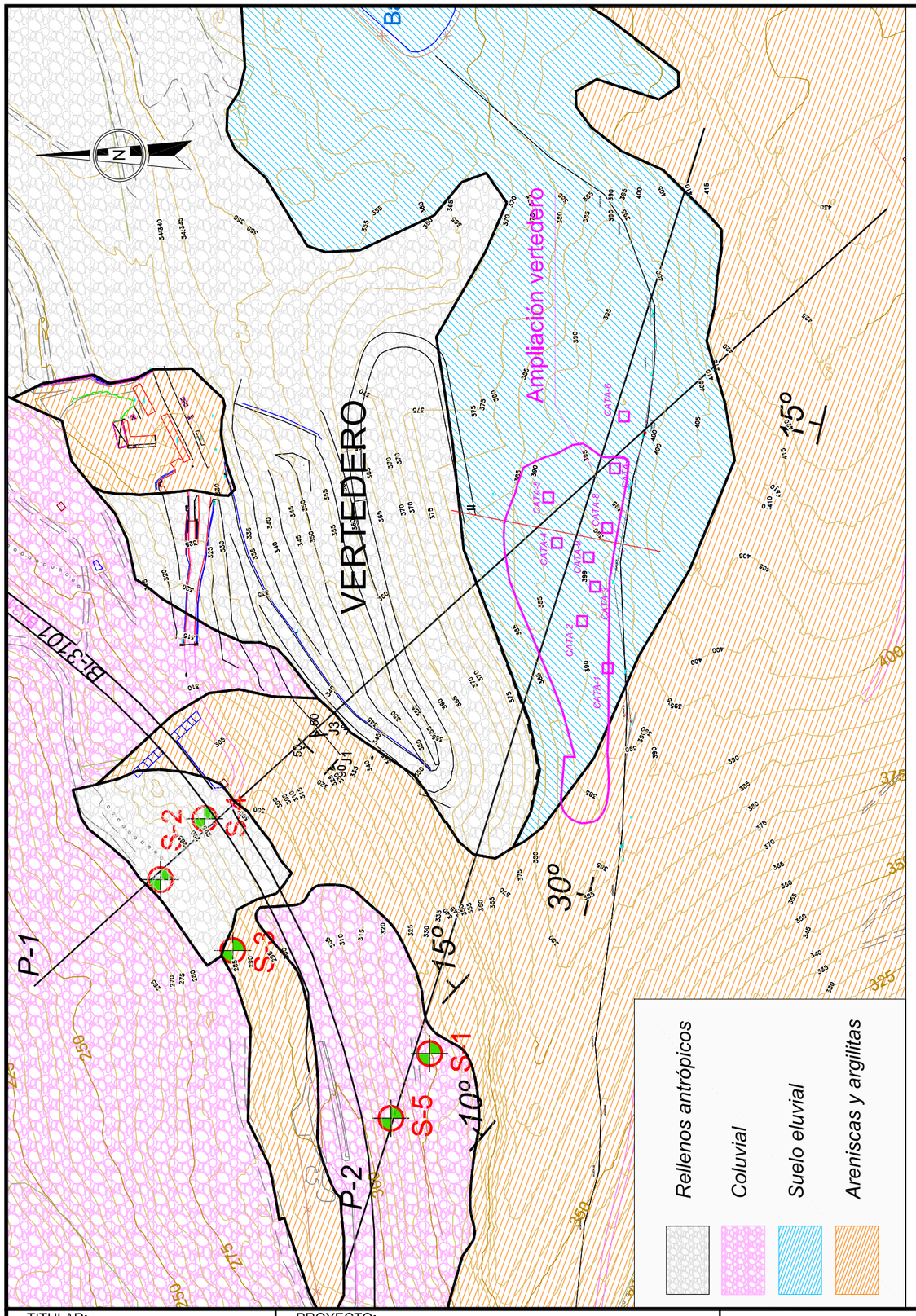
- *RELLENOS:* Estos materiales se presentan sueltos a flojos y corresponden a los rellenos del propio vertedero; se componen principalmente por fragmentos rocosos, arenas, restos de ladrillos y zonalmente arcillas terrosas de color negro a marrón oscuro.

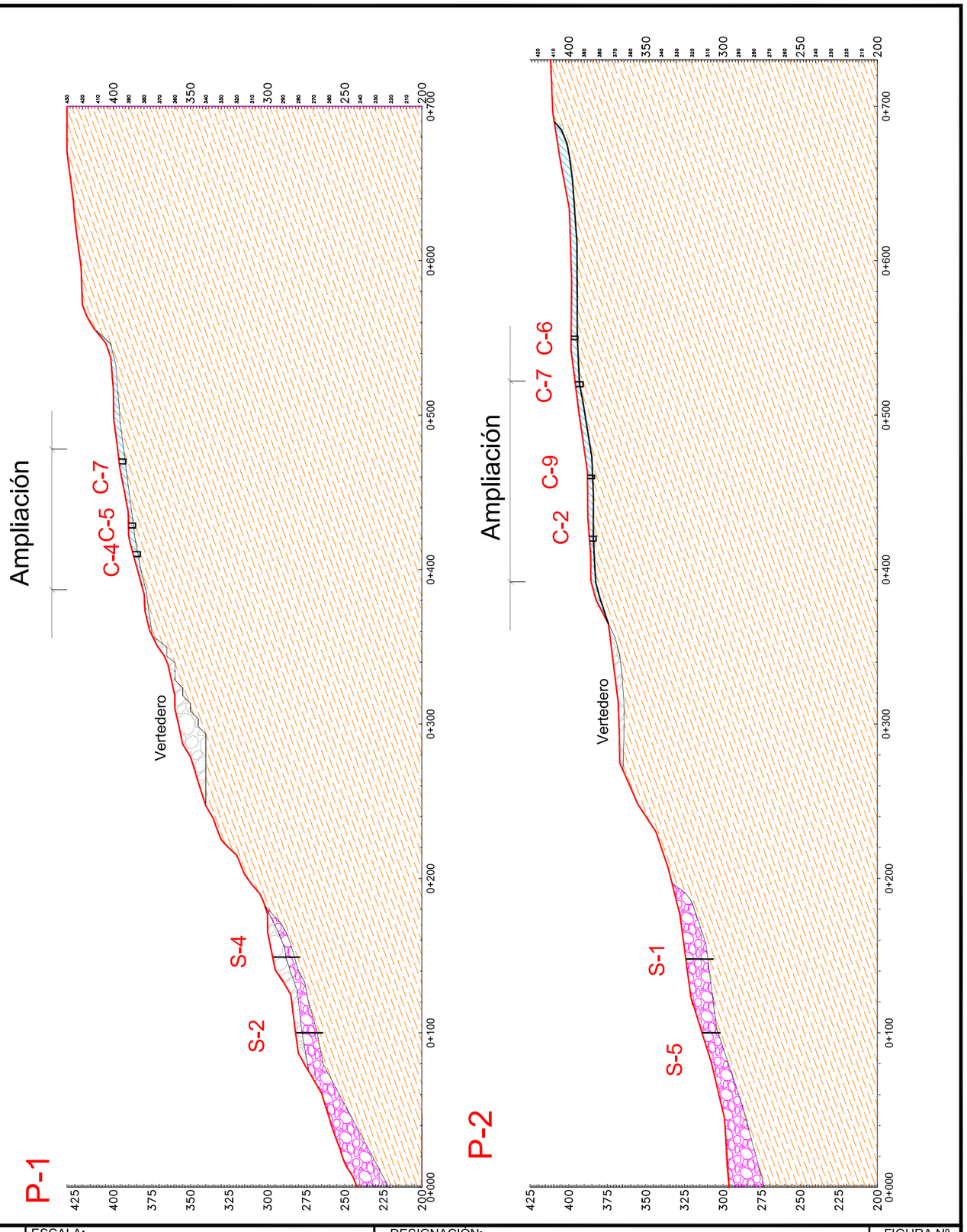
- *COLUVIAL:* Suelos coluviales compuestos principalmente por arenas arcillosas con fragmentos y bloques angulosos de roca areniscosa, originados por transporte por gravedad y depósito de materiales meteorizados y fragmentos/bloques del sustrato rocoso.

- *ELUVIAL.* Suelo constituido por materiales arcillosos-arenosos procedentes de la meteorización in situ del sustrato rocoso.

- *SUSTRATO ROCOSO:* Compuesto por areniscas y argilitas de colores ocres a amarillentos que afloran en la cumbre de la ladera, con orientaciones NW-SE a Oeste-Este y buzamientos bajos (15º-30°) hacia el NE y Norte. En su día estas rocas fueron explotadas en una cantera en el propio emplazamiento del vertedero ("CUARCITAS DE MATXITXAKO"); de hecho la autorización de relleno de Burgoabaso se inició en el hueco conformado por los taludes de la explotación.

La propuesta de ampliación del vertedero se desarrolla en cotas altas (385-399) de la ladera noroccidental del cabo Matxitxako, sobre suelos eluviales de poco espesor (de 2-4 m), que serán retirados hasta llegar a roca arenisca sana.





TITULAR:	PROYECTO:		ESCALA: 1:3.000 (0 20 60 120 m)	DESIGNACIÓN:	FIGURA Nº
	ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)	INGEOTYC, S.L.	REFERENCIA: 1815-JRAMON / FECHA: Mayo 2018	Cartografía geológica	1

FIGURA 1 cartografia geologica geologia de detalle.dwg

3. TRABAJOS DE RECONOCIMIENTO.

En el año 1996 se realizó un sondeo en el área de vertedero, en una zona de roca sana que presentó un índice de fracturación medio comprendido entre 4 y 16 fracturas/30 cm con valores medios de R.Q.D. comprendidos entre 20 y 40. Se observan discontinuidades selladas con materiales de naturaleza arcillosa.

En este sondeo se realizaron dos ensayos de permeabilidad TIPO LUGEON, a 4,20 y 14,50 metros de profundidad, en los que se obtuvieron los siguientes coeficientes de permeabilidad (**APÉNDICE I**):

- Entre 3,70 y 4,70 m ..... K= 8,64 x 10^{-3} m/s
- Entre 14,00 y 15,00 m ..... K= 9,53 x 10^{-3} m/s

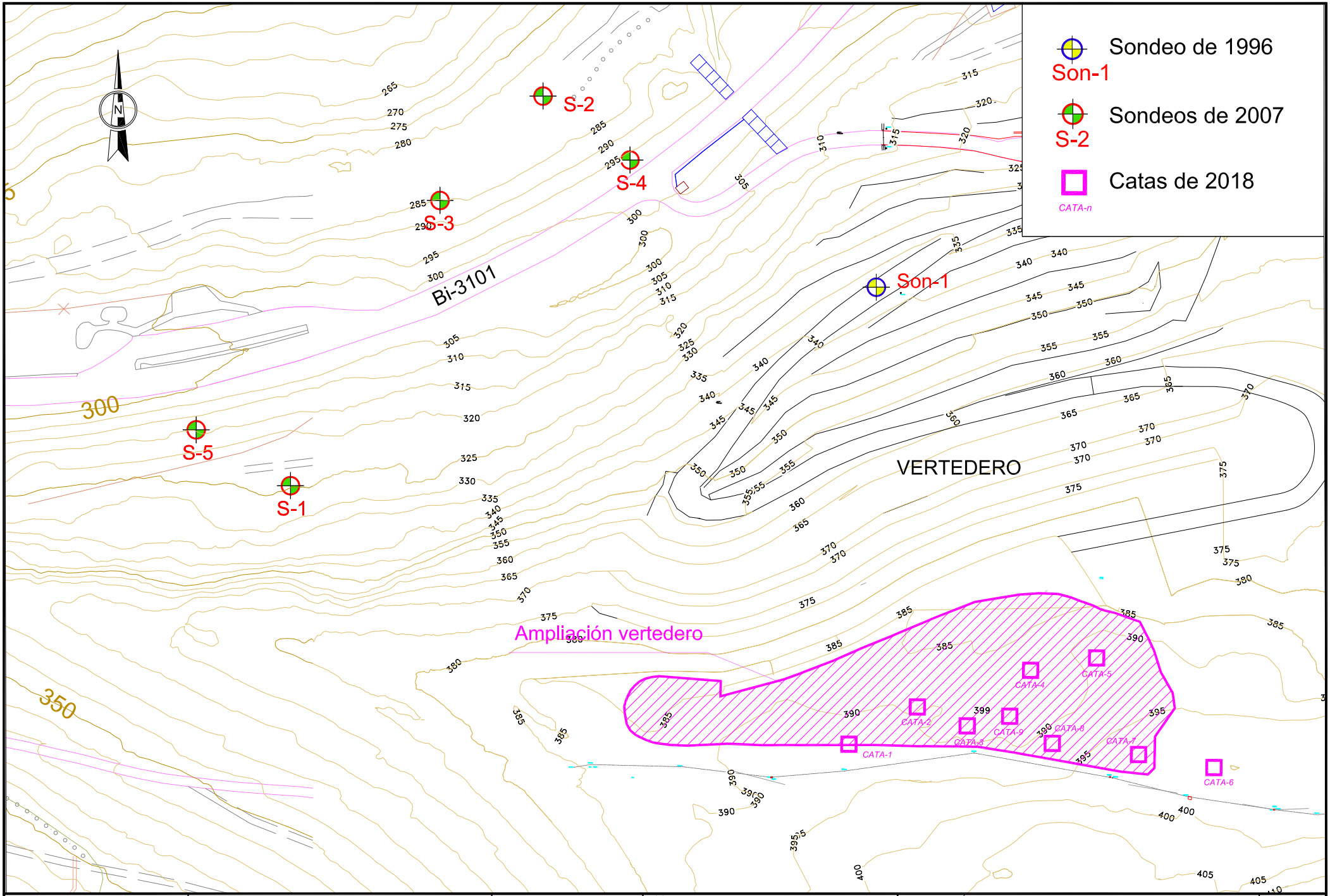
En el año 2007, en la parcela adyacente al oeste del vertedero, se ejecutaron 5 sondeos en dos campañas (**Figura 2. APÉNDICE II**):

- Primera campaña: Sondeos S1, S2 y S3, realizados en marzo de 2007. Presentan una recuperación de testigo muy deficiente, de tal forma que las cotas señaladas en las cajas de los testigos plantean importantes problemas de interpretación; además no fueron supervisados por Técnicos especializados.

- Segunda campaña: Sondeos S4 y S5, realizados en abril de 2007. Presentan una recuperación acorde con el material existente y fueron supervisados por Geólogos de NORLAN.

En abril de 2018 se han realizado 9 catas de reconocimiento en la zona de ampliación del vertedero, bajo la supervisión de Geólogo, que ha realizado la testificación in situ (**APÉNDICE III**).

Estas catas de reconocimiento tienen profundidades de entre 2 y 4,5 m, en función del espesor de suelos.



TITULAR:	PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)	INGEOTYC, S.L.	ESCALA: 0 10 30 60 m REFERENCIA: 1815-JRAMON FECHA: Mayo 2018	DESIGNACIÓN: Localización de reconocimientos FIGURA 2 localizacion de catas y sondeos.dwg	FIGURA Nº 2

4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.

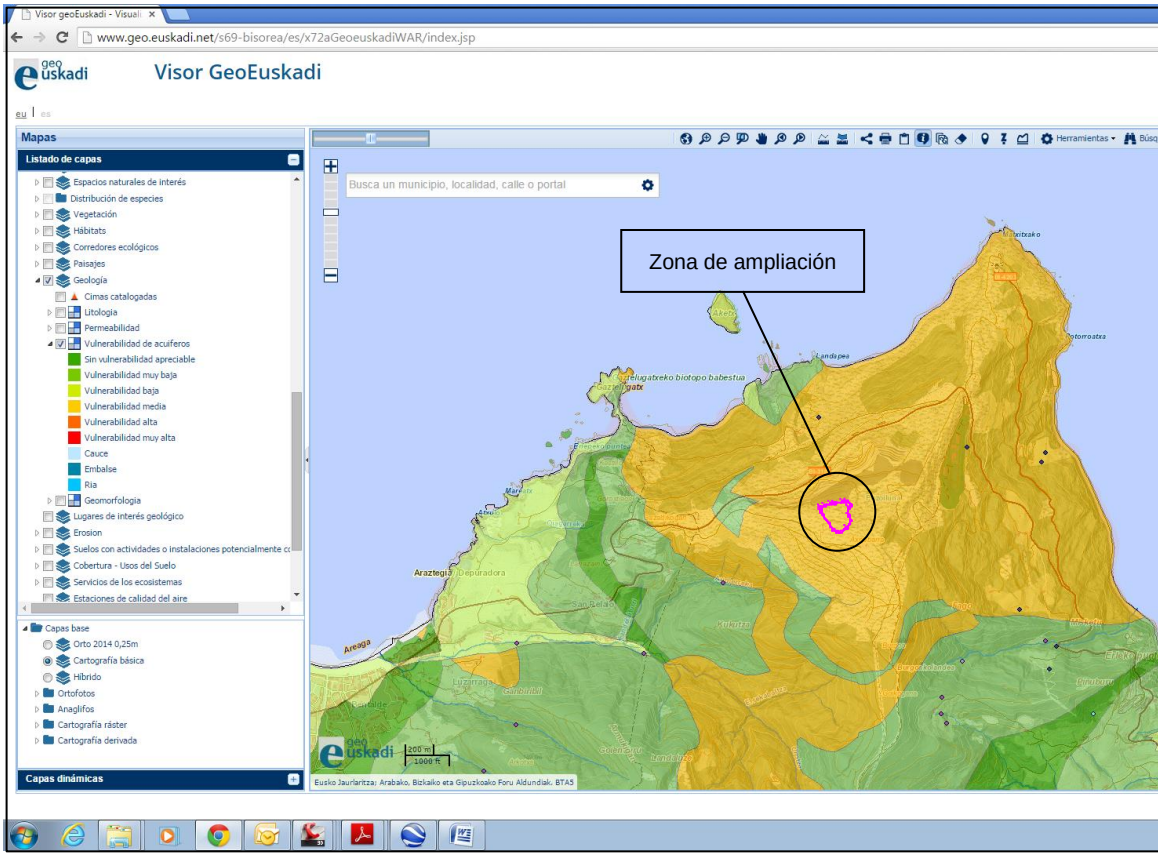
En la zona de estudio no existen cursos de aguas superficiales, siendo alto el grado de infiltración de las precipitaciones. A 200 m al Este del vertedero hay una balsa de almacenamiento de agua, que se bombea para su uso en la planta de ENAGAS (anteriormente REPSOL).

La cuenca vertiente de cabecera del vertedero se sitúa al sur y aporta las escorrentías desde la cima del monte Burgoa hasta una cuneta de cabecera, que intercepta las aguas y las conduce hacia el exterior del vertedero. Esta cuenca de cabecera tiene una superficie de 7.092 m^2, con poca vegetación arbórea pero recubierta de argomas.

5. HIDROGEOLOGÍA.

Las aguas que se infiltran en los suelos acceden rápidamente hasta el sustrato rocoso, donde el agua presenta una permeabilidad asociada a la porosidad secundaria desarrollada a favor de los planos de discontinuidad, con pequeñas zonas de acumulación en tramos más fracturados o areniscosos pero con escasos caudales, dando lugar a un acuífero de tipo detrítico mixto.

Según los mapas ambientales del Gobierno Vasco, la zona se encuentra en una zona de vulnerabilidad media de acuíferos.

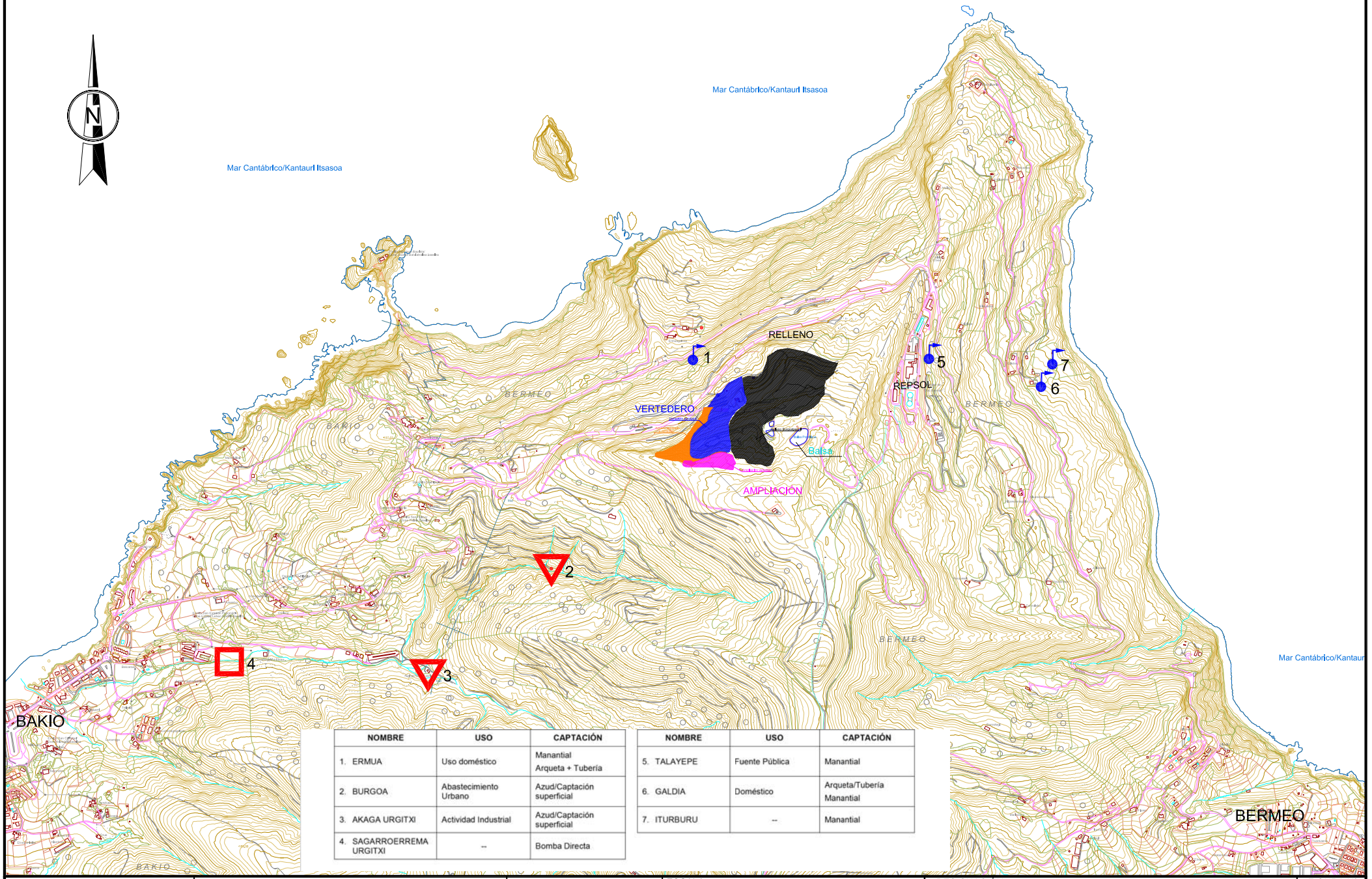


Fuera de la vertiente natural de la zona de estudio, pero en el entorno del emplazamiento, se han inventariado 7 puntos de agua (manantiales y captaciones de aguas superficiales) (**Figura 3**).

NOMBRE	USO	CAPTACIÓN	LEGALIZADO
1. ERMUA	Uso doméstico	Manantial Arqueta + Tubería	?
2. BURGOA	Abastecimiento Urbano	Azud/Captación superficial	Sí
3. AKAGA URGITXI	Actividad industrial	Azud/Captación superficial	Sí
4. SAGARROERREMA URGITXI	--	Bomba Directa	?
5. TALAYEPE	Fuente pública	Manantial	
6. GALDIA	Doméstico	Arqueta/Tubería Manantial	?
7. ITURBURU	--	Manantial	

Aguas abajo al norte del vertedero Burgoabaso se sitúa el manantial Ermua, junto a las casas de Ermua, que está captado mediante una arqueta y una tubería de plástico en las proximidades de la antigua carretera Bakio-Bermeo.

El manantial Ermua se asocia al depósito coluvial de la ladera occidental del Cabo Matxitxako ("Estudio Hidrogeológico de la zona norte de Vizcaya". Tomás Morales. Tesis doctoral. Septiembre de 1991). Dada su disposición en el terreno y el quimismo de sus aguas, este manantial parece drenar niveles relativamente superficiales. La aparición de esta surgencia estaría condicionada por cambios en las características dimensionales de distintos niveles de material en el seno del depósito.

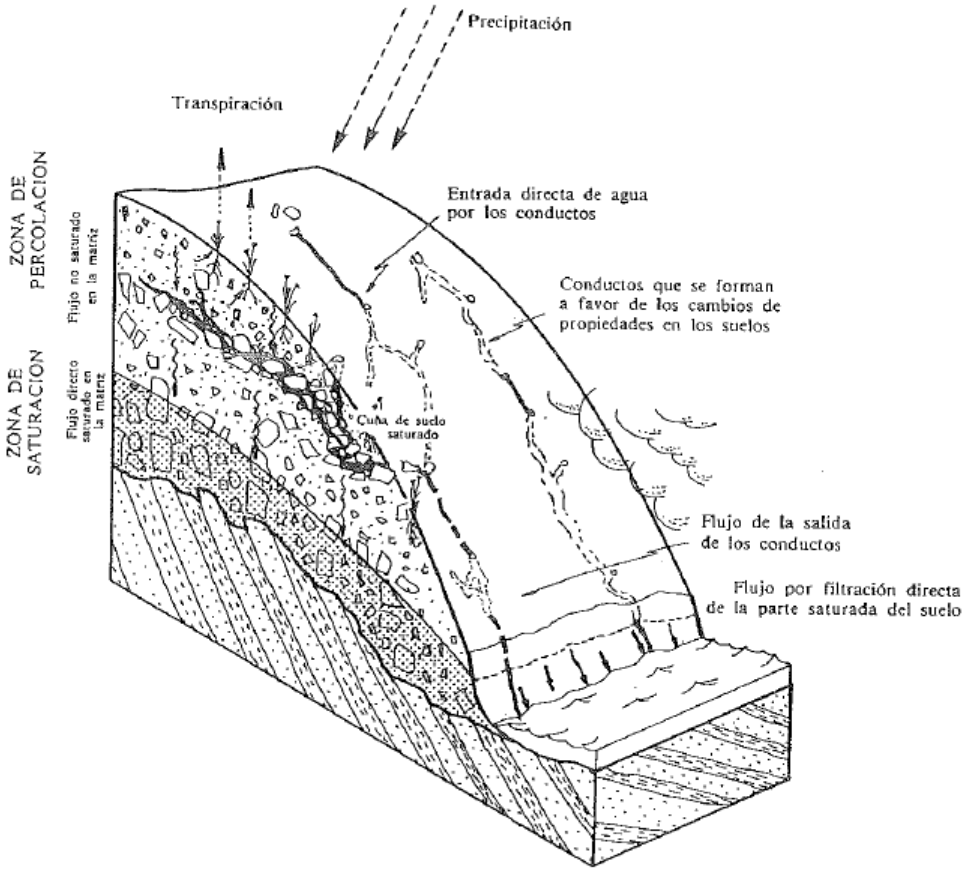


NOMBRE	USO	CAPTACIÓN
1. ERMUA	Uso doméstico	Manantial Arqueta + Tubería
2. BURGOA	Abastecimiento Urbano	Azud/Captación superficial
3. AKAGA URGITXI	Actividad Industrial	Azud/Captación superficial
4. SAGARROERREMA URGITXI	--	Bomba Directa

NOMBRE	USO	CAPTACIÓN
5. TALAYEPE	Fuente Pública	Manantial
6. GALDIA	Doméstico	Arqueta/Tubería Manantial
7. ITURBURU	--	Manantial

TITULAR:	PROYECTO:		ESCALA: 0 50 300 600 m	DESIGNACIÓN:
	ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)	INGEOTYC, S.L.	REFERENCIA: 1815-JRAMON	FECHA: Mayo 2018
				Manantiales y captaciones de agua superficiales
				FIGURA Nº 3

Figura 3 manantiales y capta superficiales.dwg



Esquema sintético de flujos en el seno de la unidad de Matxitxako.

Los análisis químicos de las surgencias de la unidad de Matxitxako evidencian una baja salinidad general del agua, en la que predominan los aniones cloruro y sulfato, y una marcada acidez en la mayor parte de las muestras. Este quimismo parece asociarse a la relación de estas surgencias con flujos desarrollados a favor de niveles relativamente superficiales del terreno, que recogerían cantidades relativamente importantes de gas carbónico y ácidos húmicos a nivel de los suelos de la zona.

Además, la acidificación de estas aguas estaría favorecida por procesos de oxidación de sulfuros metálicos, principalmente pirita, que aparecen diseminados en cantidades importantes en los materiales del Flysch negro a partir de los cuales se desarrolla el coluvial. El quimismo ácido de las aguas naturales del manantial Ermua ya fue corroborado en la analítica disponible de fecha 17 de noviembre de 1997, realizada en los laboratorios del Centro Tecnológico GAIKER.

La reacción entre agua, oxígeno y pirita, en la que parecen estar implicados distintos tipos de bacterias del terreno, favorecen la formación de ácido sulfúrico, según una reacción conjunta del tipo (STOCKER y SEAGER, 1981):

$$2\ FeS_2 + 7\ O_2 + 2\ H_2O \text{ -----> } 2\ Fe\ SO_4 + 2\ H_2\ SO_4$$

Este agua, se hace aún más ácida cuando distintas cantidades de Fe^{++} se oxidan a Fe^{+++}, produciéndose una cantidad adicional de ácido sulfúrico:

$$4\ Fe\ SO_4 + 10\ H_2O + O_2 \text{ -----> } 4\ Fe\ (\ OH\ )_3 + 4\ H_2\ SO_4$$

En cualquier caso, los valores de pH de estas aguas (en torno a 5) las sitúan en el rango de moderadamente ácidas, más allá del límite de las aguas tolerables para consumo humano. Además, debido a su propia naturaleza, estas aguas pueden disolver distintos elementos metálicos, por lo que podrían generar procesos de corrosión en los sistemas de conducción de aguas.

Resulta un modelo conceptual de acuífero libre alimentado por la precipitación directa sobre sus afloramientos; la existencia en su interior de niveles de distintas características dimensionales, que favorecen la aparición de surgencias en su seno, confiere al acuífero una marcada heterogeneidad. Los flujos laterales a favor de niveles relativamente superficiales del terreno deben dominar sobre los flujos en la vertical, siendo importante el gradiente conjunto de la unidad, dada la propia orografía del terreno, realizándose la descarga final directamente al mar Cantábrico.

6. GEOTECNIA.

El origen de los suelos coluviales sobre la ladera tiene relación con la geomorfología de la zona, dado que los estratos presentan una disposición relativamente paralela a la pendiente de la ladera que da lugar a que la acción del mar en el pie de la ladera provoque descalces y la consiguiente caída y acumulación de bloques.

Otra posible causa podría ser el pandeo de estratos por flexión de placas continuas o por flexión de placas diaclasadas (circunstancia posible por la alternancia de los materiales rocosos y los suaves cambios de orientación de los planos), que en cualquier caso obedecen al plano de discontinuidad principal (estratificación).

En el año 2009, la Diputación Foral de Bizkaia redactó un proyecto para la construcción de una variante a la Bi-3101, vía esta que venía sufriendo continuos asentamientos y deslizamientos, tanto en su plataforma como en sus taludes, debido a las inestabilidades naturales de la ladera sobre la que se asentaba. Entre los años 2010 y 2012 se licitó y ejecutó un trazado alternativo para la carretera Bakio – Bermeo, desplazando el trazado preexistente hacia el interior de la montaña. En el contexto de estas obras, se construyó además un mirador junto a la antigua carretera, quedando la plataforma antigua como un fondo de saco que, en determinadas ocasiones, se utiliza a modo de aparcamiento.

Dada la necesidad de ocupar dicha zona de ampliación por el nuevo trazado de la carretera, la empresa fue indemnizada por la Diputación Foral de Bizkaia.

El Estudio geotécnico que acompañaba al proyecto de dicha ampliación, cuya tramitación quedó sin finalizar, se adjunta en el APÉNDICE II.

En cualquier caso es de señalar que la ampliación del vertedero Burgoabaso se ubica fuera de los materiales coluviales y se desarrollará sobre sustrato rocoso “in situ” de la cabecera de la ladera, y de forma independiente en su configuración respecto al vertedero actual. En catas hasta el sustrato rocoso sano (en areniscas predominantes sobre argilitas) se han determinado las siguientes discontinuidades):

S0 22º/022, J1 70º/185, J2 85º/265, J3 50º/100.

7. CÁLCULOS DE ESTABILIDAD.

7.1. MATERIALES Y PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

7.1.1. MATERIALES DIFERENCIADOS.

Los materiales que intervienen en la ejecución del vertedero y que se incluyen en los cálculos de estabilidad del vertedero son los siguientes:

- Suelo eluvial
- Dique de arenas limosas
- Residuos inertes
- Capa de material granular
- Geomembrana polietileno (PEAD)
- Arcillas compactadas
- Sustrato rocoso

7.1.2. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS.

En los cálculos de estabilidad se han considerado los siguientes parámetros geotécnicos:

Materiales	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS		
	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Suelo eluvial	18	6	19º
Dique	16,5	20,5	34º
Residuos inertes	18	0	38º
Material granular	19	0	37º
Lámina impermeable	9	0	11º
Arcillas compactadas	17	11,2	19º
Macizo rocoso	24	800	30º

Los parámetros geotécnicos adoptados para cada uno de los materiales se basa en referencias bibliográficas, ensayos de campo y de laboratorio y en la experiencia y criterios del equipo redactor.

Suelo eluvial: En las catas realizadas en el área de ampliación se ha reconocido un espesor máximo de 2 m de suelo arcilloso – arenoso y de 2 m infrayacentes de roca meteorizada grado III-IV; se adopta un valor intermedio para el conjunto de φ=19º y cohesión = 6 kN/m², coherente con mediciones de contraste en campo mediante geotester y vanetest.

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Suelo eluvial	18	6	19º

Dique: Mediante tongadas de 20 cm de espesor, compactadas al 95% del ensayo Próctor modificado, a pie de vertedero se ejecutará un dique con materiales tipo SM (arenas limosas), tomándose sus propiedades de la Tabla de propiedades típicas de suelos compactados (NAVFAC, 1971).

Material	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Dique	16,5	20,5	34º

Residuos inertes: Las características de los residuos inertes a recepcionar en la ampliación del vertedero se asimilan a un suelo compactado tipo GP (NAVFAC, 1971); a este respecto es de señalar que actualmente la mayor parte de los taludes en conformación final del vertedero presentan ángulos de inclinación entorno a 38º, sin ninguna evidencia de inestabilidad en todos sus años de vida.

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Residuos inertes	18	0	38º

Material granular: El material a utilizar como capa drenante en la base del vertedero y sobre la lámina impermeable se ejecutará mediante áridos reciclados del propio vertedero, con propiedades similares a un suelo compactado tipo GC (NAVFAC 1971) (se adjunta granulometría del árido reciclado de Burgoabaso)

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Material granular	19	0	37º

Lámina impermeable: Como parámetros de la lámina impermeabilizante a incluir en el modelo se ha considerado el valor de ángulo de rozamiento propuesto por el fabricante para la interface (ver tabla adjunta) y una cohesión nula. La densidad es de 0,90 gr/cm^3, característica de lámina PEAD Carbofol.

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Lámina impermeable	9	0	11º

Arcillas compactadas: Sobre el sustrato de excavación, así como a modo de capa de sellado superficial, se dispondrá una capa de arcillas compactadas que tendrá propiedades típicas de arcillas CH (NAFVAC, 1971)

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Arcillas compactadas	17	11,2	19º

Macizo rocoso: El macizo rocoso se compone fundamentalmente de areniscas, predominantes sobre agilitas, adoptándose una cohesión de 800 kN/m² (minorizada) y un ángulo de rozamiento básico de 30º (véase tabla adjunta).

Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Macizo rocoso	24	800	30

7.2. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE LA AMPLIACIÓN.

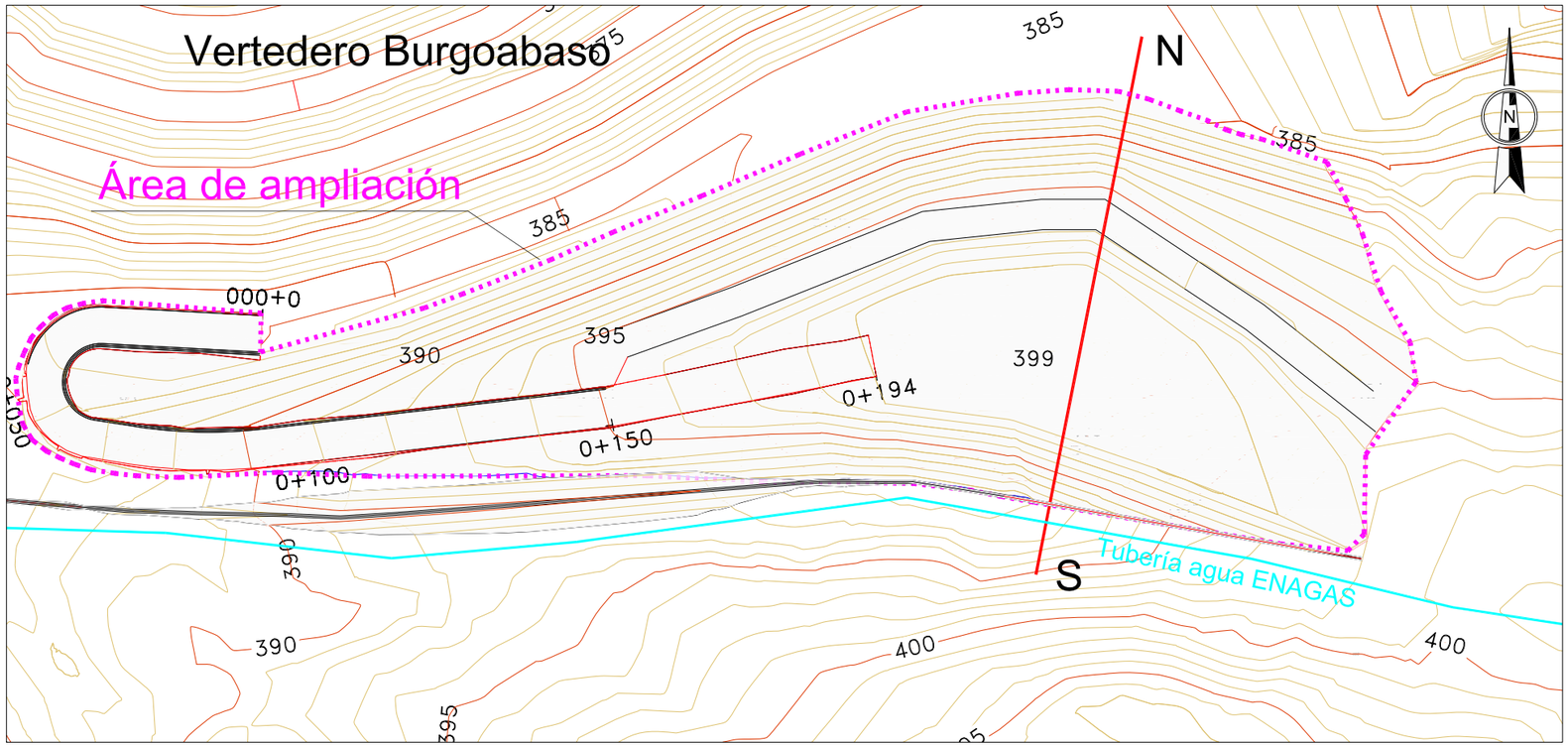
Para el cálculo de estabilidad de la ampliación del vertedero se aplica el modelo basado en el programa informático Slide 5.0 (Rocscience). En las secciones de cálculo se reflejan los diferentes materiales (suelo eluvial, sustrato rocoso, relleno de residuos inertes, material granular, lámina impermeable y arcillas), siendo las propiedades resistentes utilizadas las siguientes:

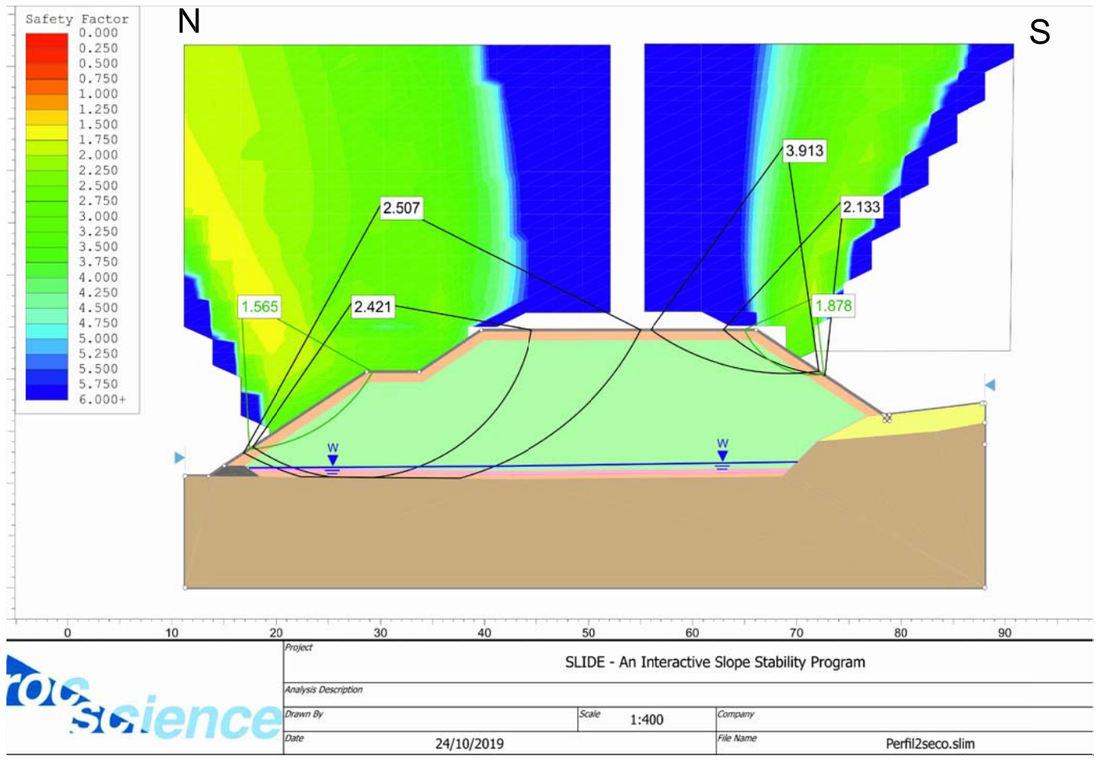
Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Suelo eluvial	18	6	19º
Dique	16,5	20,5	34º
Residuos inertes	18	0	38º
Material granular	19	0	37º
Lámina impermeable	9	0	11º
Arcillas compactadas	17	11,2	19º
Macizo rocoso	24	800	30º

Se ha realizado el cálculo de la estabilidad en el perfil más desfavorable, en la situación geotécnica más desfavorable en configuración final del vertedero, realizándose el cálculo en condiciones normales y en situación accidental de fallo del sistema de drenaje, obteniéndose los siguientes resultados (**Figura 4. APÉNDICE IV**):

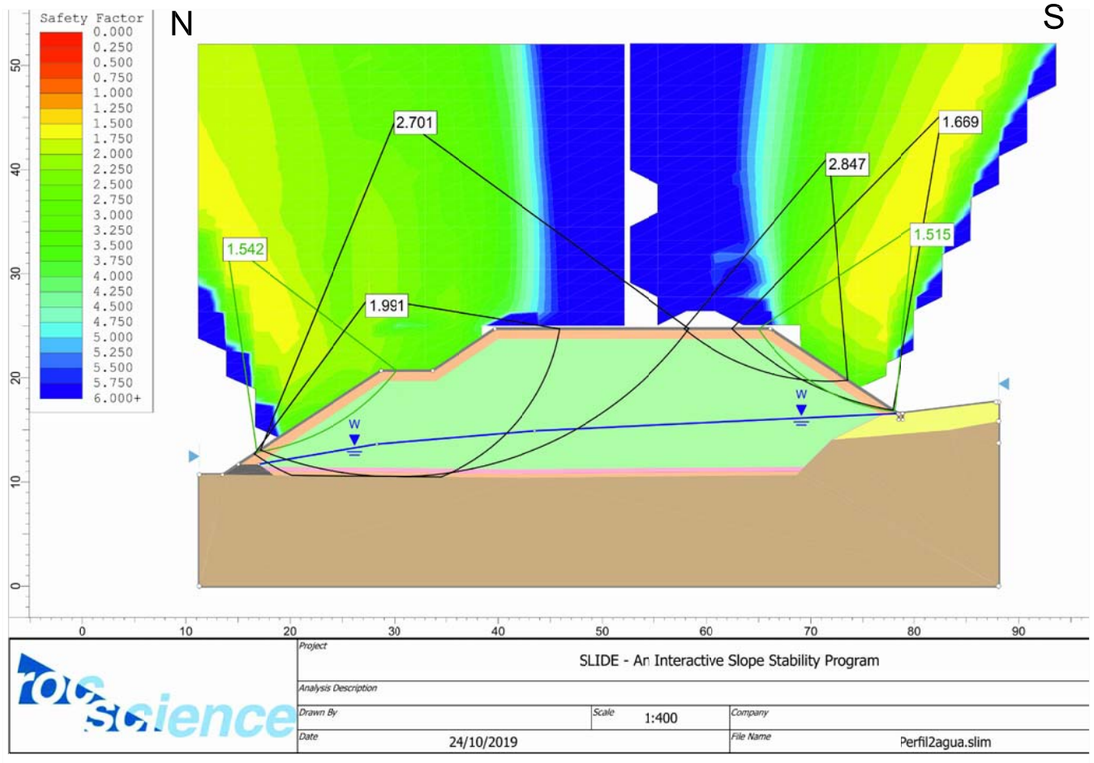
AMPLIACIÓN BURGOABASO			MÉTODOS EXACTOS		
Perfil	**Talud**	**Condición**	**Morgenstern Price**	**Janbu corregido**	**Spencer**
Perfil II	Izquierdo	Normal	1,56	1,58	1,55
		Accidental	1,54	1,55	1,53
	Derecho	Normal	1,88	1,88	1,84
		Accidental	1,51	1,53	1,50

Los cálculos se han hecho con métodos exactos (Janbu Corregido, Spencer y Morgenstern-Price), que cumplen el equilibrio de fuerzas en la horizontal y en la vertical y la condición de equilibro de momentos. En los gráficos se representa el resultado para Morgenstern-Price, que generalmente arroja menores valores de factor de seguridad.





Situación normal



Situación extraordinaria

TITULAR:	PROYECTO:		ESCALA:	DESIGNACIÓN:	FIGURA Nº
	ESTUDIO GEOLÓGICO, HIDROGEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL ÁMBITO DEL VERTEDERO BURGOABASO (BERMEO-BIZKAIA)	INGEOTYC, S.L. INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA	-	Anális de estabilidad.	4
			REFERENCIA: 1815-JRAMON / FECHA: Mayo 2018	Figura 4 anallsis de estabilidad.dwg	

7.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD EXCAVADO.

7.3.1. Descripción del talud excavado y sus materiales.

En la excavación de la plataforma de base de la zona de ampliación del vertedero Burgoabaso se genera un talud en el borde sur, con una altura de 8 m de los cuales los 4 m inferiores se corresponden con macizo rocoso sano, con predominio de areniscas sobre argilitas, y los 4 m superiores se corresponden con un conjunto de suelos eluviales de los cuales los 2 m inferiores son roca meteorizada y los 2 m superiores son arcillas arenosas.

En efecto, en las catas realizadas en el área de ampliación se ha reconocido un espesor máximo de 2 m de suelo arcilloso - arenoso y de 2 m infrayacentes de roca meteorizada grado III-IV; se adopta un valor intermedio para el conjunto de φ=19º y cohesión = 6 kN/m², coherente con mediciones de contraste en campo mediante geotester y vanetest.

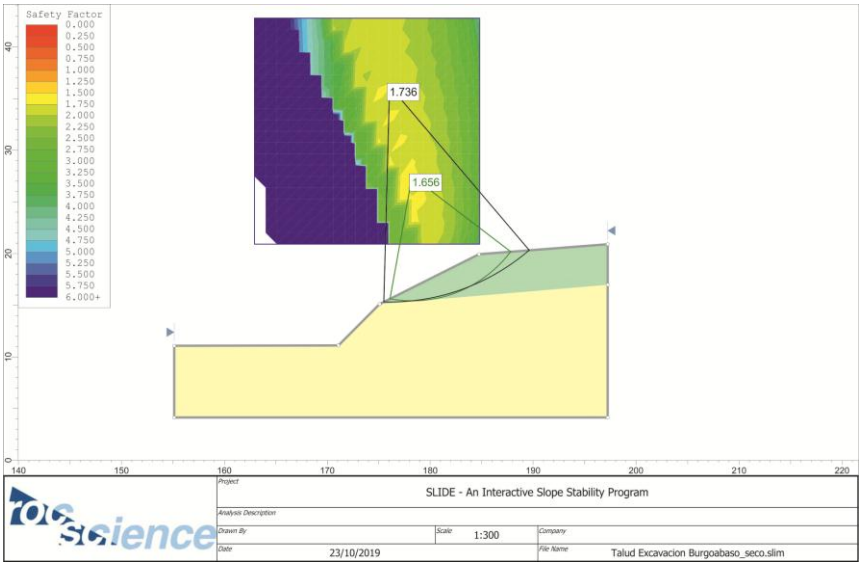
El macizo rocoso se compone fundamentalmente de areniscas, predominantes sobre agilitas, adoptándose una cohesión de 800 kN/m² (minorizada) y un ángulo de rozamiento básico de 30º (véase tabla de referencia, González de Vallejo 2002).

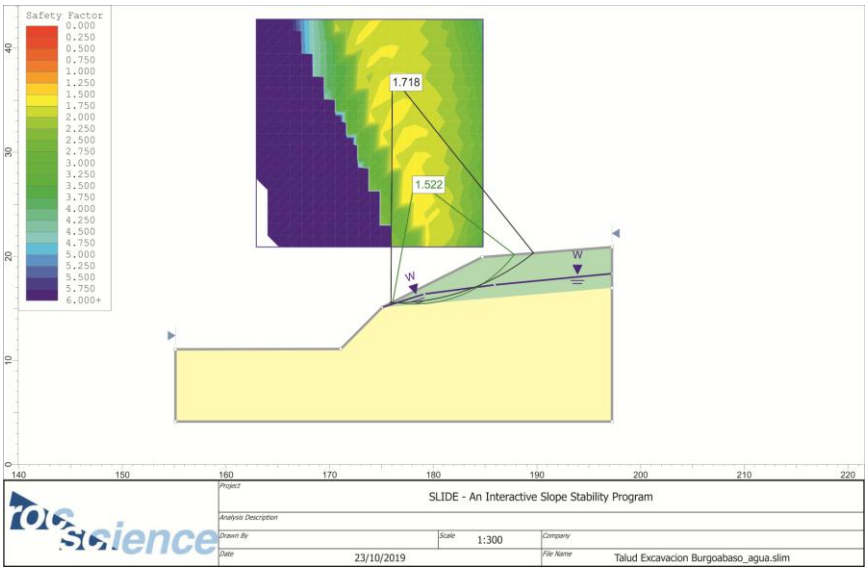
Materiales	Peso específico γ (kN/m^3)	Cohesión c´(kN/m^2)	Ángulo de rozamiento φ (^{o})
Suelo eluvial	18	6	19º
Macizo rocoso	24	800	30º

7.3.2. Cálculo de estabilidad general del talud del talud excavado.

Para el cálculo de estabilidad general del talud excavado se aplica el modelo basado en el programa informático Slide 5.0 (Rocscience) en la sección tipo de mayor altura con dos tipos de materiales (suelo eluvial y sustrato rocoso), obteniéndose los siguientes resultados (**APÉNDICE V**):

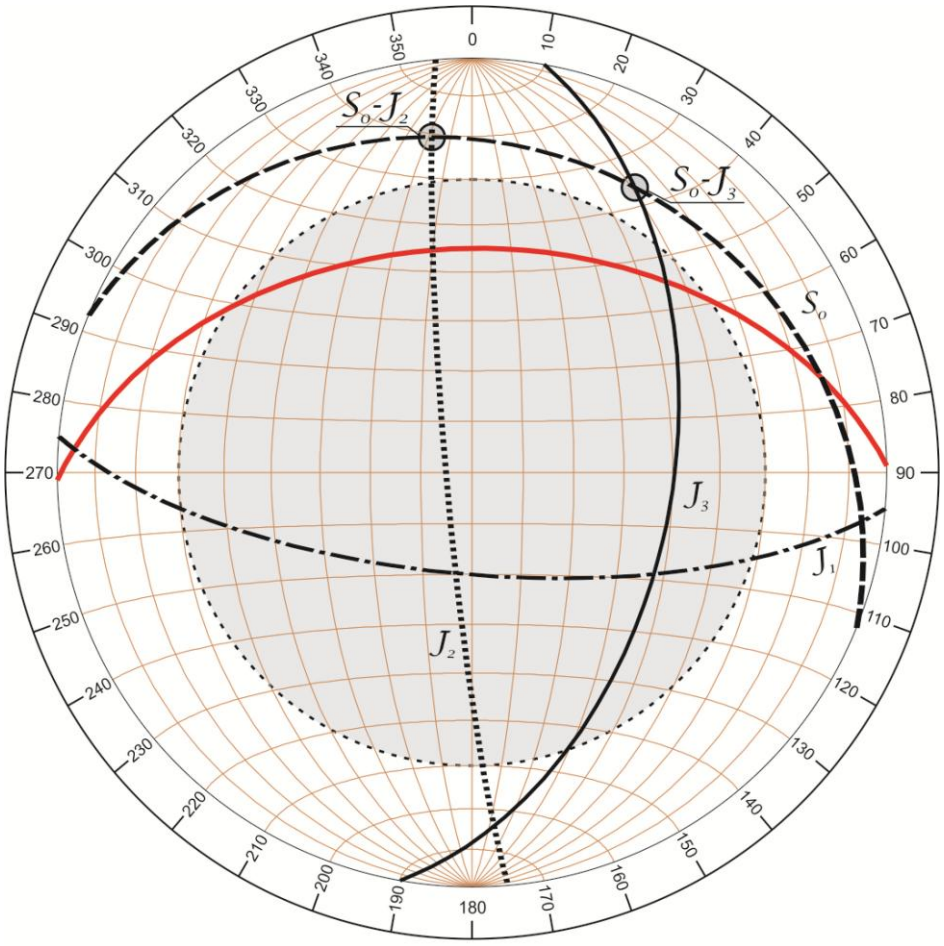
AMPLIACIÓN BURGOABASO		MÉTODOS EXACTOS		
	Condición	**Morgenstern Price**	**Janbu corregido**	**Spencer**
Talud excavado	Normal	1,66	1,66	1,66
	Nivel de agua	1,52	1,54	1,52





7.3.3. Cálculo de roturas en macizo rocoso.

Para la orientación del talud excavado 45º/359, en primer lugar se determina la posible existencia de roturas a partir de la proyección estereográfica, obteniéndose en este caso 2 cuñas potenciales: S0-J2 y S0-J3.



TALUD 45/359

Identificación	Buzamiento/Direcc. Buz.
S_0	22/022
J_1	70/185
J_2	85/265
J_3	50/100

Para las juntas se consideran los siguientes parámetros (a partir de la tabla de referencia, JIMÉNEZ SALAS 1975):

S0	22°/022
J1	70°/185
J2	85°/265
J3	50°/100°

c	0	t/m^2
$\varphi_{S0, Jn}$	30	°
γ	2.5	t/m^3

Los factores de seguridad determinados mediante el programa SWEDGE, para una altura máxima de 6 metros de talud en roca, son los siguientes (**APENDICE VI**):

Cuñas	Deslizamiento en	Peso cuña (t)	**FS**
S_0 - J_2	17°/243°	674	**4.0**
S_0 - J_3	S_0	303	**1.43**

APÉNDICE I.

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO (AÑO 1996).

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ESTUDIOS

HIDROGEOLOGICO Y ECONOMICO

PARA LA IMPLANTACION DE

VERTEDERO DE RESIDUOS SOLIDOS

INERTES EN EL MONTE BURGOA

DE BERMEO -BIZKAIA-

Técnico colaborador:

JOSE Mª MATEOS VEGA
Ing. Téc. de Minas

JOSE Mª MATEOS VEGA
Ingeniero Técnico en Explotación de Minas

Barakaldo, FEBRERO DE 1.996

EL AUTOR DEL ESTUDIO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ
ING. TEC. EN EXPLOTACION DE MINAS

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

INDICE DEL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

1.- INTRODUCCION

2.- LOCALIZACION Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

3.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

4.- CARACTERISTICAS DEL SONDEO

5.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL ENTORNO

6.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

7.- HIDROLOGIA Y PERMEABILIDAD

8.- METODOLOGIA Y CALCULOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

9.- REGISTRO DEL SONDEO

10.- RESULTADOS DE ENSAYOS LUGEON EN EL SONDEO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

1.- INTRODUCCION

En este INFORME se presentan las conclusiones relativas al **ESTUDIO HIDROGEOLOGICO** y al **ESTUDIO ECONOMICO** que completan el "PROYECTO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS SOLIDOS INERTES EN EL MONTE BURGOA (BERMEO-BIZKAIA)".

El ESTUDIO ha sido realizado por encargo de **D. ARTURO LAZARO ROCANDIO**, propietario de los terrenos donde se pretende ubicar la escombrera y promotor del Proyecto.

El uso de la escombrera será para el vertido de materiales de construcción inertes, según el ANEXO II del **DECRETO 423/1.994**, de **2 de Noviembre**, sobre **GESTION DE RESIDUOS INERTES E INERTIZADOS**.

2.- LOCALIZACION Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

La zona en la que se desea implantar el vertedero está situada en la ladera **NORTE** del **MONTE BURGOA** en el Término Municipal de **BERMEO** en **BIZKAIA**.

El plano a Escala 1:2.000 detalla la superficie a ocupar por el vertedero, con los accesos y la ubicación del sondeo realizado.

El INFORME se ha elaborado conforme a la metodología que a continuación se describe:

1.- Recopilación bibliográfica de los datos geológicos y geotécnicos existentes sobre la zona.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

2.- Interpretación fotogeológica mediante fotografía a Escala 1:18.000.

3.- Realización de perforación a rotación, con extracción de testigo contínuo, de un sondeo de 15,00 metros de profundidad.

4.- En la fase de gabinete, trás el análisis de los datos de campo y de los cálculos efectuados, se han redactado las conclusiones del presente estudio.

La supervisión permanente a pié de obra de las labores de perforación, así como el registro completo del testigo obtenido ha corrido a cargo de los autores del Proyecto, con experiencia en este tipo de trabajos.

3.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

Para la realización del sondeo, se han utilizado los siguientes medios mecánicos:

PERFORADORA :

Marca	ATLAS COPCO
Tipo	D 750
Nº de Serie	S/C 000010 B
Año de fabricación y país	1.975 FRANCIA
Accionamiento	MOTOR DIESEL
Marca motor	MWM DITER
Tipo motor	D-325/3
Nº motor	E 325.3.02051
Potencia y R.P.M.	41 CV 2.400
Fabricado por	DIAZ DE TERAN, S.A.
Localidad y provincia	ZAFRA -BADAJOZ-

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

BOMBA DE AGUA :

Marca	FMC
Nº de pistones	3
Nº bomba	5280536
Año de fabricación	1.977
Accionamiento	MOTOR DIESEL
Marca motor	MWD DITER
Tipo motor	D 302-1
Nº motor	E 302.1.081
Potencia y R.P.M.	16 CV 3.000
Fabricado por	DIAZ DE TERAN, S.A.
Localidad y provincia	ZAFRA -BADAJOZ-

Además, se ha contado con un depósito metálico estanco, para abastecimiento de la bomba, con unas dimensiones de 2,20 m de largo x 1,00 m de ancho x 1,25 m. de alto, con una capacidad máxima de 2,75 m3.

El depósito anterior era rellenado con agua almacenada en otro depósito, también metálico, con una capacidad máxima de 10,00 m3, pasando el líquido elemento de uno a otro depósito por gravedad, disponiendo de una válvula para impedir el paso.

Este último depósito era abastecido regularmente por un camión-cisterna, que cargaba el agua en las cercanas instalaciones del CAMPO GAVIOTA.

El agua ha sido empleada, tanto durante las operaciones de perforación como en los ensayos que se han realizado.

La empresa **SONDEOS VAN HERCKENRODE, S.L. Investigación Minera**, es la que ha llevado a cabo el sondeo y los ensayos, y está especializada en este tipo de labores, las cuales se realizaron entre los pasados días 25 y 29 de Enero de 1.996.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

4.- CARACTERISTICAS DEL SONDEO

EMBOQUILLADO :

Diámetro corona diamantada	101 mm.
Longitud	2,00 m.

RESTO DEL SONDEO :

Diámetro corona diamantada	86 mm.
Longitud	13,00 m.

LONGITUD TOTAL DEL SONDEO ..... **15,00 m.**

Durante la perforación de este sondeo se efectuaron ensayos TIPO LUGEON, que han servido para determinar la estanqueidad del vaso de vertido, cuantificándose la permeabilidad del sustrato rocoso.

5.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL ENTORNO

En el área objeto del ESTUDIO se observan litologías originadas en el **ALBIENSE MEDIO-CENOMANIENSE**. Durante este periodo se producen nuevos movimientos tectónicos, que rejuvenecen los bordes de la cuenca, lo que lleva consigo un incremento de los agentes erosivos y por lo tanto, importantes aportes de material terrígeno. Estos materiales llegan más o menos dentro de la cuenca y alcanzan mayor o menor potencia, según la disposición de los obstáculos que constituyen los arrecifes.

La ladera NORTE del MONTE BURGOA, donde se enmarca la escombrera, forma parte de la unidad cuaternaria constituída por derrubios procedentes de unidades geológicas topográficamente más altos (**ALBIENSE MEDIO-CENOMANIENSE**). Dependiendo de las pendientes, los derrubios se dispersarán más o menos.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

Desde el punto de vista hidrogeológico, se reconoce una facies de tipo turbídico extremadamente potente, formada por una alternancia de *areniscas micáceas arcillosas, argilitas limosas* más o menos arenáceas, ricas en materia orgánica y *cuarciarenitas pardas*. Debido al alto contenido en partículas arcillosas, presentan un comportamiento prácticamente impermeable, en estado sano, previéndose tan sólo la existencia de algún pequeño acuífero en el contacto suelo-roca.

Los materiales que pueden alcanzar valores medios de permeabilidad, por porosidad intergranular encuentran su capacidad de constituir acuíferos importantes totalmente minimizado, al encontrarse confinados entre formaciones impermeables.

No existen en el vaso del vertedero ni en sus inmediaciones, manantiales con caudales superiores a 1 litro/segundo, curso permanente o estacionario de agua, ni tampoco pozos, sondeos u otra obra de captación de aguas subterráneas.

6.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

En el sondeo realizado, que se le ha nombrado S , la estratificación de la roca toma valores de buzamiento comprendido entre 50 y 65º. En este mismo sondeo S , dentro del tramo de roca sana, el macizo rocoso se ve afectado por un índice de fracturación medio comprendido entre 4 y 16 fracturas/30 cms, con valores medios de R.Q.D. comprendidos entre 20 y 40.

Se han observado discontinuidades selladas con materiales de naturaleza arcillosa.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

7.- HIDROLOGIA Y PERMEABILIDAD

En el sondeo S , se han realizado dos ensayos de permeabilidad TIPO LUGEON, en materiales consolidados, a 4,20 y 14,50 metros de profundidad respectívamente, en los que se han obtenido los coeficientes de permeabilidad (K) siguientes:

- Entre 3,70 y 4,70 m ..... $K = 8,64 * 10^{-4}$ cm/seg.
- Entre 14,00 y 15,00 m ..... $K = 9,53 * 10^{-4}$ cm/seg.

8.- METODOLOGIA Y CALCULOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

DESCRIPCION DEL ENSAYO TIPO LUGEON :

Este tipo de ensayo de permeabilidad se aplica en materiales consolidados, ensayándose un segmento del sondeo que no esté revestido.

Presenta la ventaja de permitir ensayar los tramos que se deseen de una perforación, bien durante su ejecución, bien al terminarla.

Normalmente se perfora una maniobra de longitud determinada, se extraen los útiles de perforación, se introduce el obturador y se realiza la prueba. Seguídamente se extrae el obturador, se ejecuta otra maniobra de perforación, y se repiten las operaciones para realizar otro ensayo.

También se puede hacer este tipo de ensayo una vez finalizada la perforación del sondeo. De esta manera, el sondeo sin revestir se llena de agua y el ensayo se lleva a cabo mediante la utilización de dos obturadores, ensayándose tramo a

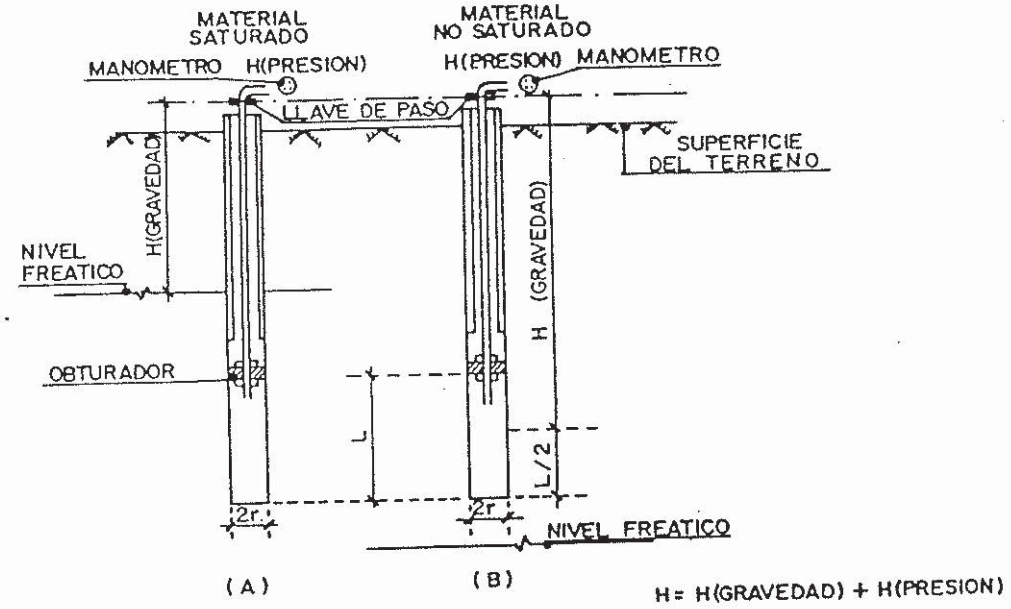
ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

tramo desde el fondo del sondeo hacia arriba.

En la figura siguiente se esquematiza el ensayo LUGEON con obturadores en sondeos, con y sin nivel freático.



ENSAYO LUGEON EN MATERIALES CONSOLIDADOS

La longitud de los tramos ensayados (L) debe ser, al menos, cinco veces mayor que el diámetro (d) del sondeo.

Los tramos a ensayar han de repetirse con varios escalones de presión, cuya magnitud se determinará en función de las recomendaciones del artículo "ROUTINE INTERPRETATION OF THE LUGEON WATER-TEST", de A.C. HOULSBY, cuya atenta lectura es imprescindible.

Resumídamente, se utilizarán, en intervalos de diez minutos, las presiones Pa , Pb , Pc , Pb y Pa , donde:

- Pa = Presión baja "a" en Kg/cm² = 0,09 x profundidad en metros (Hg) (máx. 3,5 Kg/cm²).

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

- Pb = Presión media "b" en Kg/cm² = 0,16 x profundidad en metros (Hg) (máx. 7 Kg/cm²).

- Pc = Presión alta "c" en Kg/cm² = 0,23 x profundidad en metros (Hg) (máx. 10,5 Kg/cm²).

El ensayo LUGEON se realiza, tanto por encima como por debajo del nivel freático, obteniéndose en este último caso, mayor precisión en los resultados.

Durante la prueba se anotará el gasto de agua en cada intervalo de 10 minutos, la profundidad del tramo ensayado, el diámetro del sondeo, la altura sobre la boca del sondeo y la presión manométrica.

Se define como UNIDAD LUGEON como la pérdida de un litro, por minuto y metro lineal de sondeo, en las condiciones anteriormente descritas.

$$\text{UNIDAD LUGEON} = \frac{10\ Q}{L\ t\ (Pm+Pa)}$$

siendo : Q = Admisión de agua en litros.
L = Longitud del tramo ensayado.
t = Duración del escalón (10 minutos).
Pm = Presión del manómetro en Kg/cm².
Pa = Presión de la columna de agua desde el manómetro al punto medio del tramo ensayado.

En consecuencia, en un tramo de sondeo ensayado, para cada uno de los cinco tramos de presión, se obtendrá una UNIDAD LUGEON.

El coeficiente de permeabilidad (K) se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

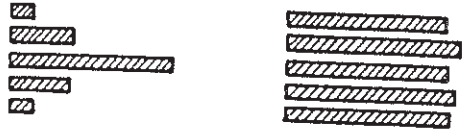
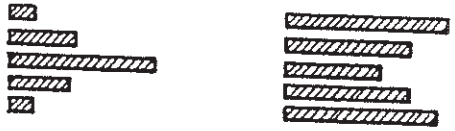
$$K = \frac{Q}{2\,Pi\,L\,H}\ ln\ \frac{L}{r}\ ;\ si\ L \geqslant 10\ r$$

$$K = \frac{Q}{2\,Pi\,L\,H}\ senh^{-1}\ \frac{L}{r}\ ;\ si\ 10\ r > L > r$$

Los datos del ensayo de permeabilidad deberán ser interpretados según las directrices marcadas por A.C. HOULSBY, que se resumen en la tabla de la página siguiente, obteniéndose un valor en LUGEONES representativo del tramo ensayado.

INTERPRETACION DE ENSAYOS LUGEON EN SONDEOS

(Según A.C. Housby, Australia, 1976)

PRESIONES DE ENSAYO	MODELOS LUGEON LUGEONES CALCULADOS POR CADA IO MINUTOS.	CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS Y SU INTERPRETACION	VALOR DE LUGEON QUE DEBE USARSE COMO PERMEABILIDAD DETECTADA
GRUPO A.- FLUJO LAMINAR			
1os. DIEZ MINUTOS. 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		TODOS LOS VALORES LUGEON SON IGUALES O PARECIDOS POR ELLO, FLUJO LAMINAR	USAR LA MEDIA DE LOS CINCO LUGEONES
GRUPO B.- FLUJO TURBULENTO			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR MAS BAJO DE LUGEON ES CUANDO LA PRESION ES LA MAS ALTA. POR ELLO, FLUJO TURBULENTO	USAR EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAS ALTA.
GRUPO C.- DILACION			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR MAS ALTO DE L LUGEON ES CUANDO LA PRESION ES LA MAS ALTA POR ELLO, DILACION.	USAR EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAS BAJA O PARA LA INTERMEDIA
GRUPO D.- LAVADO			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR LUGEON AUMENTA A MEDIDA QUE SE DESARROLLA EL ENSAYO,, CAUSANDO CAMBIOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA	USAR EL VALOR LUGEON MAS ALTO
GRUPO E.- HUECOS RELLENOS			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR LUGEON DISMINUYE A MEDIDA QUE SE DESARROLLA EL ENSAYO, POR LO TANTO SE ESTAN RELLENANDO LOS ESPACIOS VACIOS EXISTENTES, JUNTAS, ETC.	NORMALMENTE SE USA EL VALOR LUGEON FINAL.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

9.- REGISTRO DEL SONDEO

En las dos hojas siguientes se refleja gráficamente, el registro del sondeo realizado, con una profundidad de 15,00 metros, con recuperación del testigo.

SONDEO S

FECHA del 25/1/96 al 29/1/96 COORDENADAS X = Y = Z =

RECUPERACION %	N.º DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION
					CL	0,0	Coluvial: - Tierra vegetal -Arcilla marrón con fragmentos de bolos y grava
					ML	0,85	Roca: Argillita limosa rica en materia orgánica
					CA	1,20	Cuarciarenitas grises y pardas
					CA	1,60	Cuarciarenitas pardas con intercalaciones de argillitas limosas y un ultimo tramo rico en mat. orgánica
					ML	2,40	Cuarciarenitas pardas
					CA	2,70	Cuarciarenitas grises.- Se observa una intercalación de color pardo
					CA	3,20	3,20 - 3,50 Argillita limosa 3,50 - 3,70 Argillita limosa arenácea 3,70 - 4,25 Argillita limosa La fragmentación es más intensa en las argillitas que en las cuarciar. - Argillitas ricas en mat. orgánica
					ML	5,10	
					CA	5,45	Cuarciarenitas grises
					ML	7,15	Argillitas limosas ricas en materia orgánica Se observa una intercalación de cuarciarenita pardo-grisácea Entre 6,35 y 10,47 intercalaciones de areniscas micáceas arcillosas
					CA		Cuarciarenitas pardas entre 7,15 y 7,35
					ML		Argillita limosa con poca materia orgánica
					CA	8,50	Cuarciarenita parda
					A		Arenisca micácea arcillosa
					CA	9,50	Cuarciarenita gris
					ML		Argillita limosa rica en materia orgánica

PROFUNDIDAD EN METROS: 0,0 · 1,0 · 2,0 · 3,0 · 4,0 · 5,0 · 6,0 · 7,0 · 8,0 · 9,0 · 10,0

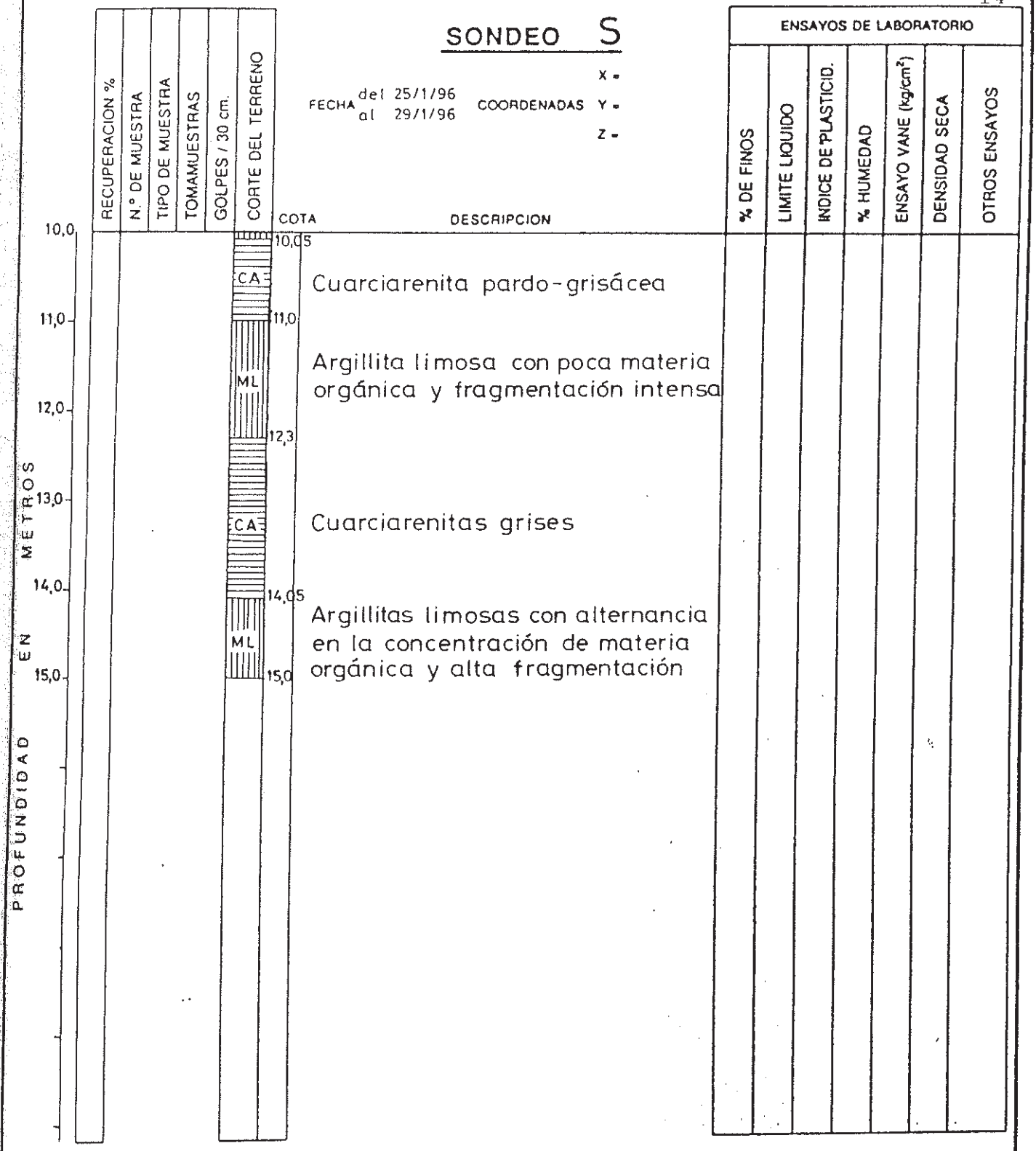
ENSAYOS DE LABORATORIO						
% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICID.	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS

OBSERVACIONES:

SONDEO S

FECHA del 25/1/96 al 29/1/96

COORDENADAS X = Y = Z =



OBSERVACIONES: Los ensayos de permeabilidad LUGEON se realizan entre 3,70 y 4,70 metros de profundidad y entre 14,00 y 15,00 metros de profundidad, respecto a la boca del sondeo.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8 610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

10.- RESULTADOS DE ENSAYOS LUGEON EN EL SONDEO

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,03 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,64 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,016 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,92 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,01 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,00 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,64 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,00 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,00 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,00 Lugeones**

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": REGIMEN LAMINAR

Q =	0,006 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,58 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,01 Lugeones**

CONSTANTE DE PERMEABILIDAD " K ":

r =	4,3 cm. Radio del sondeo (cm)
Q =	0,01 cm³/seg Admisión de agua (cm³/seg)
L =	100 cm. Longitud del tramo ensayado (cm)
Hp =	580 cm. Presión del manómetro
Hg =	0,00 cm. Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

K = **$8,64 * 10^{-4}$ cm/seg.**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,03 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	1,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,02 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,038 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,40 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,01 Lugeones**

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,04 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	3,45 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon **0,01 Lugeones**

ROBERTO VIDAL ECUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48 902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,012 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,40 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,005 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,005 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	1,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,004 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": REGIMEN LAMINAR

Q =	0,025 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,19 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

CONSTANTE DE PERMEABILIDAD " K ":

r =	4,3 cm. Radio del sondeo (cm)
Q =	0,0416 cm³/seg Admisión de agua (cm³/seg)
L =	100 cm. Longitud del tramo ensayado (cm)
Hp =	2.190,00 cm. Presión del manómetro
Hg =	0,00 cm. Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

K = $9{,}53 * 10^{-1}$ cm/seg.

APÉNDICE II.

INFORME GEOTÉCNICO DEL AÑO 2007 (GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LARREA, S.L.).

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ESTUDIOS

HIDROGEOLOGICO Y ECONOMICO

PARA LA IMPLANTACION DE

VERTEDERO DE RESIDUOS SOLIDOS

INERTES EN EL MONTE BURGOA

DE BERMEO -BIZKAIA-

Técnico colaborador:

JOSE Mª MATEOS VEGA
Ing. Téc. de Minas

JOSE Mª MATEOS VEGA
Ingeniero Técnico en Explotación de Minas

Barakaldo, FEBRERO DE 1.996

EL AUTOR DEL ESTUDIO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ
ING. TEC. EN EXPLOTACION DE MINAS

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

INDICE DEL ESTUDIO HIDROGEOLOGICO

1.- INTRODUCCION

2.- LOCALIZACION Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

3.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

4.- CARACTERISTICAS DEL SONDEO

5.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL ENTORNO

6.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

7.- HIDROLOGIA Y PERMEABILIDAD

8.- METODOLOGIA Y CALCULOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

9.- REGISTRO DEL SONDEO

10.- RESULTADOS DE ENSAYOS LUGEON EN EL SONDEO

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

1.- INTRODUCCION

En este INFORME se presentan las conclusiones relativas al **ESTUDIO HIDROGEOLOGICO** y al **ESTUDIO ECONOMICO** que completan el "PROYECTO DE ESCOMBRERA DE RESIDUOS SOLIDOS INERTES EN EL MONTE BURGOA (BERMEO-BIZKAIA)".

El ESTUDIO ha sido realizado por encargo de D. ARTURO LAZARO ROCANDIO, propietario de los terrenos donde se pretende ubicar la escombrera y promotor del Proyecto.

El uso de la escombrera será para el vertido de materiales de construcción inertes, según el ANEXO II del DECRETO 423/1.994, de 2 de Noviembre, sobre GESTION DE RESIDUOS INERTES E INERTIZADOS.

2.- LOCALIZACION Y DESARROLLO DE LOS TRABAJOS

La zona en la que se desea implantar el vertedero está situada en la ladera **NORTE** del **MONTE BURGOA** en el Término Municipal de **BERMEO** en **BIZKAIA**.

El plano a Escala 1:2.000 detalla la superficie a ocupar por el vertedero, con los accesos y la ubicación del sondeo realizado.

El INFORME se ha elaborado conforme a la metodología que a continuación se describe:

1.- Recopilación bibliográfica de los datos geológicos y geotécnicos existentes sobre la zona.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

2.- Interpretación fotogeológica mediante fotografía a Escala 1:18.000.

3.- Realización de perforación a rotación, con extracción de testigo contínuo, de un sondeo de 15,00 metros de profundidad.

4.- En la fase de gabinete, trás el análisis de los datos de campo y de los cálculos efectuados, se han redactado las conclusiones del presente estudio.

La supervisión permanente a pié de obra de las labores de perforación, así como el registro completo del testigo obtenido ha corrido a cargo de los autores del Proyecto, con experiencia en este tipo de trabajos.

3.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS

Para la realización del sondeo, se han utilizado los siguientes medios mecánicos:

PERFORADORA :

Marca	ATLAS COPCO
Tipo	D 750
Nº de Serie	S/C 000010 B
Año de fabricación y país	1.975 FRANCIA
Accionamiento	MOTOR DIESEL
Marca motor	MWM DITER
Tipo motor	D-325/3
Nº motor	E 325.3.02051
Potencia y R.P.M.	41 CV 2.400
Fabricado por	DIAZ DE TERAN, S.A.
Localidad y provincia	ZAFRA -BADAJOZ-

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

BOMBA DE AGUA :

Marca	FMC
Nº de pistones	3
Nº bomba	5280536
Año de fabricación	1.977
Accionamiento	MOTOR DIESEL
Marca motor	MWD DITER
Tipo motor	D 302-1
Nº motor	E 302.1.081
Potencia y R.P.M.	16 CV 3.000
Fabricado por	DIAZ DE TERAN, S.A.
Localidad y provincia	ZAFRA -BADAJOZ-

Además, se ha contado con un depósito metálico estanco, para abastecimiento de la bomba, con unas dimensiones de 2,20 m de largo x 1,00 m de ancho x 1,25 m. de alto, con una capacidad máxima de 2,75 m3.

El depósito anterior era rellenado con agua almacenada en otro depósito, también metálico, con una capacidad máxima de 10,00 m3, pasando el líquido elemento de uno a otro depósito por gravedad, disponiendo de una válvula para impedir el paso.

Este último depósito era abastecido regularmente por un camión-cisterna, que cargaba el agua en las cercanas instalaciones del CAMPO GAVIOTA.

El agua ha sido empleada, tanto durante las operaciones de perforación como en los ensayos que se han realizado.

La empresa **SONDEOS VAN HERCKENRODE, S.L. Investigación Minera**, es la que ha llevado a cabo el sondeo y los ensayos, y está especializada en este tipo de labores, las cuales se realizaron entre los pasados días 25 y 29 de Enero de 1.996.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

4.- CARACTERISTICAS DEL SONDEO

EMBOQUILLADO :

Diámetro corona diamantada ..... 101 mm.
Longitud ..... 2,00 m.

RESTO DEL SONDEO :

Diámetro corona diamantada ..... 86 mm.
Longitud ..... 13,00 m.

LONGITUD TOTAL DEL SONDEO ..... **15,00 m.**

Durante la perforación de este sondeo se efectuaron ensayos TIPO LUGEON, que han servido para determinar la estanqueidad del vaso de vertido, cuantificándose la permeabilidad del sustrato rocoso.

5.- CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL ENTORNO

En el área objeto del ESTUDIO se observan litologías originadas en el **ALBIENSE MEDIO-CENOMANIENSE**. Durante este periodo se producen nuevos movimientos tectónicos, que rejuvenecen los bordes de la cuenca, lo que lleva consigo un incremento de los agentes erosivos y por lo tanto, importantes aportes de material terrígeno. Estos materiales llegan más o menos dentro de la cuenca y alcanzan mayor o menor potencia, según la disposición de los obstáculos que constituyen los arrecifes.

La ladera NORTE del MONTE BURGOA, donde se enmarca la escombrera, forma parte de la unidad cuaternaria constituída por derrubios procedentes de unidades geológicas topográficamente más altos (ALBIENSE MEDIO-CENOMANIENSE). Dependiendo de las pendientes, los derrubios se dispersarán más o menos.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

Desde el punto de vista hidrogeológico, se reconoce una facies de tipo turbídico extremadamente potente, formada por una alternancia de *areniscas micáceas arcillosas*, *argilitas limosas* más o menos arenáceas, ricas en materia orgánica y *cuarciarenitas pardas*. Debido al alto contenido en partículas arcillosas, presentan un comportamiento prácticamente impermeable, en estado sano, previéndose tan sólo la existencia de algún pequeño acuífero en el contacto suelo-roca.

Los materiales que pueden alcanzar valores medios de permeabilidad, por porosidad intergranular encuentran su capacidad de constituir acuíferos importantes totalmente minimizado, al encontrarse confinados entre formaciones impermeables.

No existen en el vaso del vertedero ni en sus inmediaciones, manantiales con caudales superiores a 1 litro/segundo, curso permanente o estacionario de agua, ni tampoco pozos, sondeos u otra obra de captación de aguas subterráneas.

6.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

En el sondeo realizado, que se le ha nombrado S , la estratificación de la roca toma valores de buzamiento comprendido entre 50 y 65º. En este mismo sondeo S , dentro del tramo de roca sana, el macizo rocoso se ve afectado por un índice de fracturación medio comprendido entre 4 y 16 fracturas/30 cms, con valores medios de R.Q.D. comprendidos entre 20 y 40.

Se han observado discontinuidades selladas con materiales de naturaleza arcillosa.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

7.- HIDROLOGIA Y PERMEABILIDAD

En el sondeo S , se han realizado dos ensayos de permeabilidad TIPO LUGEON, en materiales consolidados, a 4,20 y 14,50 metros de profundidad respectívamente, en los que se han obtenido los coeficientes de permeabilidad (K) siguientes:

- Entre 3,70 y 4,70 m ..... $K = 8,64 * 10^{-4}$ cm/seg.
- Entre 14,00 y 15,00 m ..... $K = 9,53 * 10^{-4}$ cm/seg.

8.- METODOLOGIA Y CALCULOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

DESCRIPCION DEL ENSAYO TIPO LUGEON :

Este tipo de ensayo de permeabilidad se aplica en materiales consolidados, ensayándose un segmento del sondeo que no esté revestido.

Presenta la ventaja de permitir ensayar los tramos que se deseen de una perforación, bien durante su ejecución, bien al terminarla.

Normalmente se perfora una maniobra de longitud determinada, se extraen los útiles de perforación, se introduce el obturador y se realiza la prueba. Seguídamente se extrae el obturador, se ejecuta otra maniobra de perforación, y se repiten las operaciones para realizar otro ensayo.

También se puede hacer este tipo de ensayo una vez finalizada la perforación del sondeo. De esta manera, el sondeo sin revestir se llena de agua y el ensayo se lleva a cabo mediante la utilización de dos obturadores, ensayándose tramo a

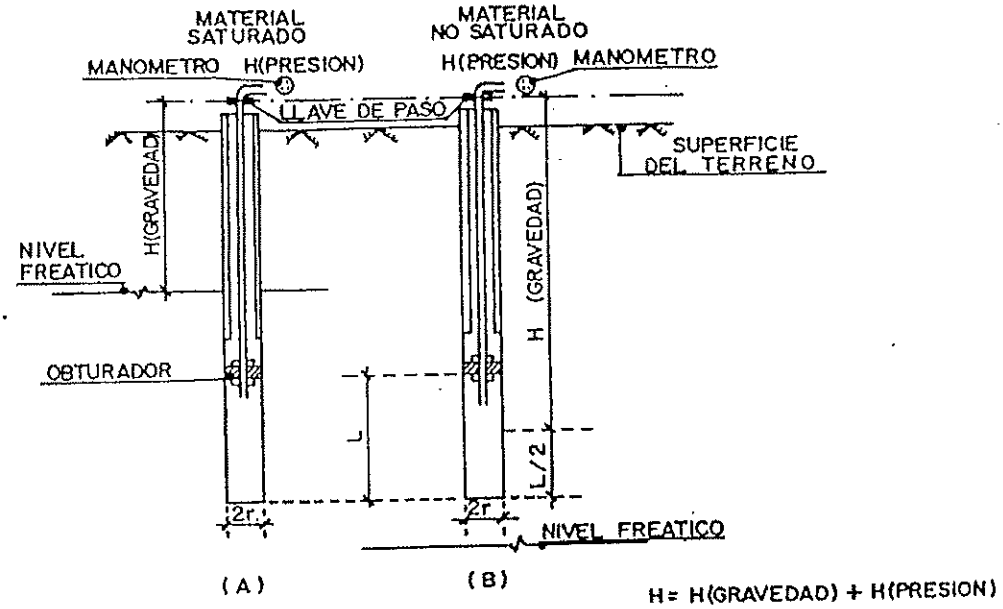
ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

tramo desde el fondo del sondeo hacia arriba.

En la figura siguiente se esquematiza el ensayo LUGEON con obturadores en sondeos, con y sin nivel freático.



ENSAYO LUGEON EN MATERIALES CONSOLIDADOS

La longitud de los tramos ensayados (L) debe ser, al menos, cinco veces mayor que el diámetro (d) del sondeo.

Los tramos a ensayar han de repetirse con varios escalones de presión, cuya magnitud se determinará en función de las recomendaciones del artículo "ROUTINE INTERPRETATION OF THE LUGEON WATER-TEST", de A.C. HOULSBY, cuya atenta lectura es imprescindible.

Resumídamente, se utilizarán, en intervalos de diez minutos, las presiones Pa , Pb , Pc , Pb y Pa , donde:

- Pa = Presión baja "a" en Kg/cm² = 0,09 x profundidad en metros (Hg) (máx. 3,5 Kg/cm²).

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

- Pb = Presión media "b" en Kg/cm² = 0,16 x profundidad en metros (Hg) (máx. 7 Kg/cm²).

- Pc = Presión alta "c" en Kg/cm² = 0,23 x profundidad en metros (Hg) (máx. 10,5 Kg/cm²).

El ensayo LUGEON se realiza, tanto por encima como por debajo del nivel freático, obteniéndose en este último caso, mayor precisión en los resultados.

Durante la prueba se anotará el gasto de agua en cada intervalo de 10 minutos, la profundidad del tramo ensayado, el diámetro del sondeo, la altura sobre la boca del sondeo y la presión manométrica.

Se define como UNIDAD LUGEON como la pérdida de un litro, por minuto y metro lineal de sondeo, en las condiciones anteriormente descritas.

$$\text{UNIDAD LUGEON} = \frac{10\ Q}{L\ t\ (Pm+Pa)}$$

siendo : Q = Admisión de agua en litros.
L = Longitud del tramo ensayado.
t = Duración del escalón (10 minutos).
Pm = Presión del manómetro en Kg/cm².
Pa = Presión de la columna de agua desde el manómetro al punto medio del tramo ensayado.

En consecuencia, en un tramo de sondeo ensayado, para cada uno de los cinco tramos de presión, se obtendrá una UNIDAD LUGEON.

El coeficiente de permeabilidad (K) se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO · Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL · Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

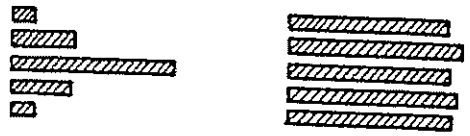
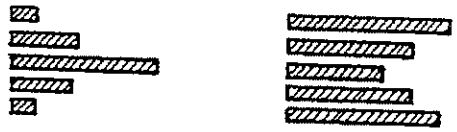
$$K = \frac{Q}{2 \pi L H} \ln \frac{L}{r} \quad ; \text{ si } L \geqslant 10\ r$$

$$K = \frac{Q}{2 \pi L H} \operatorname{senh}^{-1} \frac{L}{r} \quad ; \text{ si } 10\ r > L > r$$

Los datos del ensayo de permeabilidad deberán ser interpretados según las directrices marcadas por A.C. HOULSBY, que se resumen en la tabla de la página siguiente, obteniéndose un valor en LUGEONES representativo del tramo ensayado.

INTERPRETACION DE ENSAYOS LUGEON EN SONDEOS

(Según A.C. Housby, Australia, 1976)

PRESIONES DE ENSAYO	MODELOS LUGEON LUGEONES CALCULADOS POR CADA 10 MINUTOS.	CARACTERISTICAS DE LOS MODELOS Y SU INTERPRETACION	VALOR DE LUGEON QUE DEBE USARSE COMO PERMEABILIDAD DETECTADA
GRUPO A.- FLUJO LAMINAR			
1os. DIEZ MINUTOS. 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		TODOS LOS VALORES LUGEON SON IGUALES O PARECIDOS POR ELLO, FLUJO LAMINAR	USAR LA MEDIA DE LOS CINCO LUGEONES
GRUPO B.- FLUJO TURBULENTO			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR MAS BAJO DE LUGEON ES CUANDO LA PRESION ES LA MAS ALTA. POR ELLO, FLUJO TURBULENTO	USAR EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAS ALTA.
GRUPO C.- DILACION			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR MAS ALTO DE L LUGEON ES CUANDO LA PRESION ES LA MAS ALTA POR ELLO, DILACION.	USAR EL VALOR LUGEON PARA LA PRESION MAS BAJA O PARA LA INTERMEDIA
GRUPO D.- LAVADO			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR LUGEON AUMENTA A MEDIDA QUE SE DESARROLLA EL ENSAYO,, CAUSANDO CAMBIOS EN LA MATRIZ DE LA ROCA	USAR EL VALOR LUGEON MAS ALTO
GRUPO E.- HUECOS RELLENOS			
1os. DIEZ MINUTOS 2os. " " 3os. " " 4os. " " 5os. " "		EL VALOR LUGEON DISMINUYE A MEDIDA QUE SE DESARROLLA EL ENSAYO, POR LO TANTO SE ESTAN RELLENANDO LOS ESPACIOS VACIOS EXISTENTES, JUNTAS, ETC.	NORMALMENTE SE USA EL VALOR LUGEON FINAL.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

9.- REGISTRO DEL SONDEO

En las dos hojas siguientes se refleja gráficamente, el registro del sondeo realizado, con una profundidad de 15,00 metros, con recuperación del testigo.

SONDEO S

FECHA del 25/1/96 al 29/1/96 COORDENADAS X = Y = Z =

RECUPERACION %	N.º DE MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TOMAMUESTRAS	GOLPES / 30 cm.	CORTE DEL TERRENO	COTA	DESCRIPCION
					CL	0,0	Coluvial: - Tierra vegetal -Arcilla marrón con fragmentos de bolos y grava
					ML	0,85	Roca: Argillita limosa rica en materia orgánica
					CA	1,20	Cuarciarenitas grises y pardas
					CA	1,60	Cuarciarenitas pardas con intercalaciones de argillitas limosas y un ultimo tramo rico en mat. orgánica
					ML	2,40	Cuarciarenitas pardas
					CA	2,70	Cuarciarenitas grises.- Se observa una intercalación de color pardo
					CA	3,20	3,20-3,50 Argillita limosa 3,50-3,70 Argillita limosa arenácea 3,70-4,25 Argillita limosa La fragmentación es más intensa en las argillitas que en las cuarciar. -Argillitas ricas en mat. orgánica
					ML	5,10	Cuarciarenitas grises
					CA	5,45	Argillitas limosas ricas en materia orgánica Se observa una intercalación de cuarciarenita pardo-grisácea Entre 6,35 y 10,47 intercalaciones de areniscas micáceas arcillosas
					ML	7,15	Cuarciarenitas pardas entre 7,15 y 7,35
					CA	8,50	Argillita limosa con poca materia orgánica Cuarciarenita parda
					A	9,50	Arenisca micácea arcillosa
					CA		Cuarciarenita gris
					ML		Argillita limosa rica en materia orgánica

PROFUNDIDAD EN METROS: 0,0 · 1,0 · 2,0 · 3,0 · 4,0 · 5,0 · 6,0 · 7,0 · 8,0 · 9,0 · 10,0

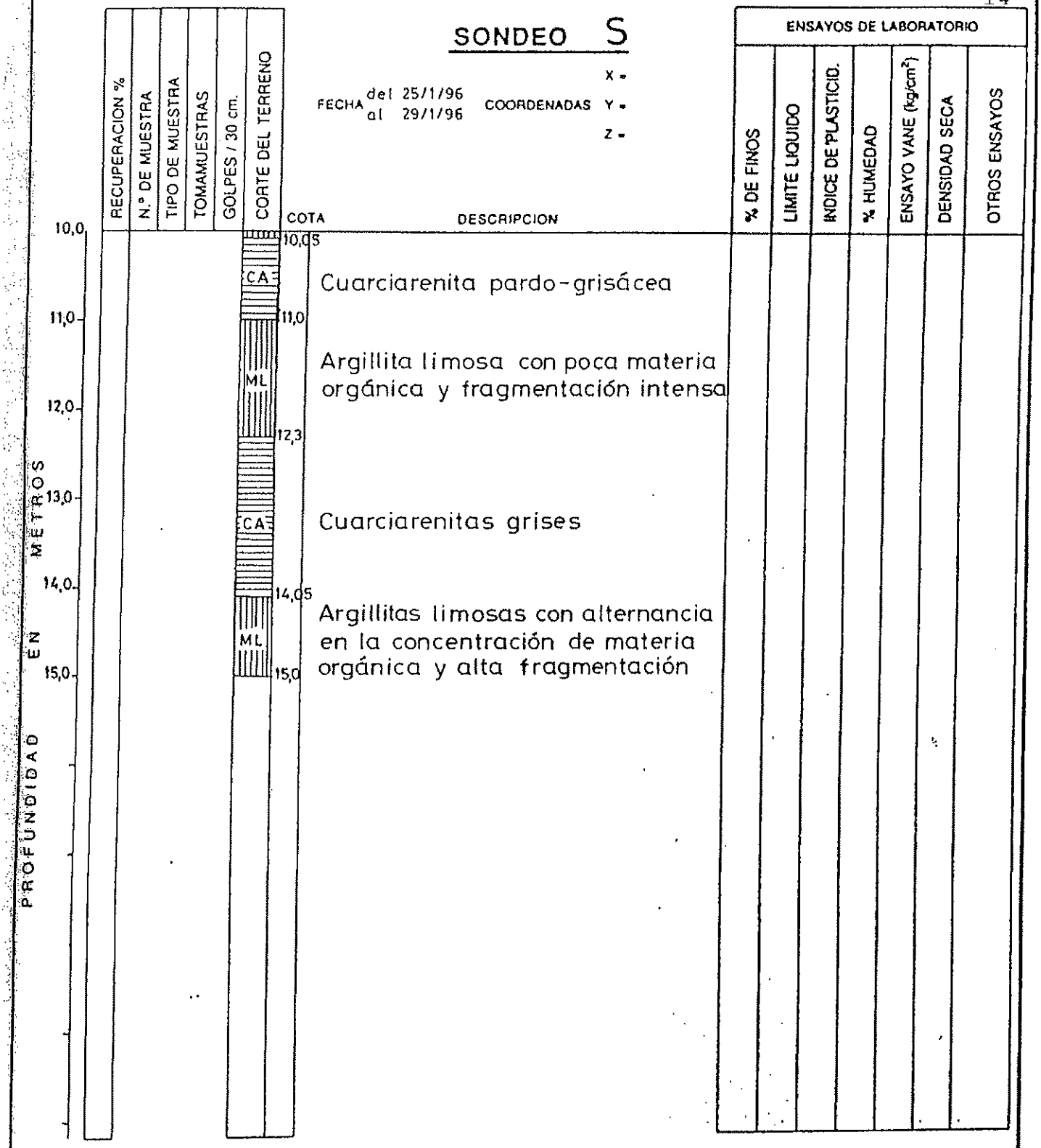
ENSAYOS DE LABORATORIO						
% DE FINOS	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICID.	% HUMEDAD	ENSAYO VANE (kg/cm²)	DENSIDAD SECA	OTROS ENSAYOS

OBSERVACIONES:

SONDEO S

FECHA del 25/1/96 al 29/1/96

COORDENADAS X - Y - Z -



OBSERVACIONES: Los ensayos de permeabilidad LUGEON se realizan entre 3,70 y 4,70 metros de profundidad y entre 14,00 y 15,00 metros de profundidad, respecto a la boca del sondeo.

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL - Nº 8 610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

10.- RESULTADOS DE ENSAYOS LUGEON EN EL SONDEO

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,03 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,64 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,016 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,01 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,92 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,00 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,64 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,00 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 3,70-4,70 m.

Q =	0,00 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,00 Lugeones

ROBERTO VIDAL EGUILUZ

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO - Nº 1 023
COLEGIADO NACIONAL Nº 8 610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono (94) 437 91 65
48.902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": REGIMEN LAMINAR

Q =	0,006 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	0,58 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

CONSTANTE DE PERMEABILIDAD " K ":

r =	4,3 cm. Radio del sondeo (cm)
Q =	0,01 cm³/seg Admisión de agua (cm³/seg)
L =	100 cm. Longitud del tramo ensayado (cm)
Hp =	580 cm. Presión del manómetro
Hg =	0,00 cm. Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

K = $8,64 * 10^{-1}$ cm/seg.

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,03 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	1,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,02 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,038 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,40 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,04 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	3,45 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

ROBERTO VIDAL ECHEVARRIA

INGENIERO TECNICO DE MINAS
COLEGIADO DE BILBAO Nº 1.023
COLEGIADO NACIONAL Nº 8.610

Grupo La Familiar, nº 47
Teléfono: (94) 437 91 65
48 902 BARAKALDO
(BIZKAIA)

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,012 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,40 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,005 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": Sondeo S de 14,00-15,00 m.

Q =	0,005 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	1,36 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,004 Lugeones

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD "LUGEON": REGIMEN LAMINAR

Q =	0,025 l. Admisión de agua (litros)
L =	1,00 m. Longitud del tramo ensayado (metros)
t =	10 min. Duración del escalón (minutos)
Pm =	2,19 Kg/cm² Presión del manómetro (kg/cm²)
Pa =	0,00 Kg/cm² Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

Ud. Lugeon 0,01 Lugeones

CONSTANTE DE PERMEABILIDAD " K ":

r =	4,3 cm. Radio del sondeo (cm)
Q =	0,0416 cm³/seg Admisión de agua (cm³/seg)
L =	100 cm. Longitud del tramo ensayado (cm)
Hp =	2.190,00 cm. Presión del manómetro
Hg =	0,00 cm. Presión de la columna de agua desde el manómetro al nivel freático

K = $9,53 * 10^{-1}$ cm/seg.

APÉNDICE II. INFORME GEOTÉCNICO DEL AÑO 2007.

(GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LARREA, S.L.)

MEMORIA

Memoria general

INDICE

1 INTRODUCCIÓN 2
2 Idoneidad del emplazamiento 3
2.1 Estudio geológico y geotécnico 3
2.2 Hidrología e hidrogeología 4
3 Infraestructuras previas 7
3.1 Preparación del Terreno 7
3.1.1 Bancadas de apoyo 7
3.2 Escollera 7
3.3 Recogida de aguas pluviales 8

Anexo 1: Informe Geotécnico (877)

Testificación de sondeos (877/01)

Cálculos ILA 32 (877/02)

Anexo 2: Cálculos hidráulicos y de permeabilidad

Anexo 3: Planos

1 INTRODUCCIÓN

Este documento se realiza a petición de la empresa CONTENEDORES JUAN RAMON, el día 20 de marzo de 2007, para la realización de DOS CAPÍTULOS del proyecto de la nueva celda para residuos inertes de construcción, en sus instalaciones de Burgoabaso, próximas a San Juan de Gaztelugatxe. (Bermeo. Vizcaya)

En el momento de la contratación se habían realizado tres sondeos no controlados por Norlan. De estos sondeos se hizo la testificación y en uno de ellos se hicieron ensayos de permeabilidad.

El objeto del trabajo es desarrollar los capítulos de estabilidad, dimensionamiento de las infraestructuras hidráulicas y realización de ensayos de permeabilidad.

Estos capítulos se incluirán como parte de la memoria del proyecto de vertedero que desarrolla la empresa mencionada. En ellos se describen los aspectos generales, presentándose los datos concretos y cálculos justificativos en los anexos correspondientes:

Anexo de cálculos hidráulicos y de permeabilidad
Anexo de estabilidad.

Además de lo anterior, se incluyen los planos correspondientes.

2 IDONEIDAD DEL EMPLAZAMIENTO

2.1 Estudio geológico y geotécnico

En el **marco geológico**, el emplazamiento se encuadra en el denominado Dominio del Anticlinorio Norte, que engloba un conjunto de afloramientos dispersos de areniscas y micro-conglomerados pertenecientes al complejo Supraurgoniano. (Ver anexo1 Informe geotécnico y plano 1.0 Geología General)

En concreto bajo una capa de suelos coluviales que cubren la zona de estudio, aparece un sustrato rocoso constituido por Areniscas y Conglomerados.

El estudio geológico y geotécnico, que se adjunta como Anexo 1 a esta memoria, se centra en parte de los terrenos del vertedero de Burgoabaso del municipio de Bermeo (Bizkaia).

En el estudio se analizan principalmente dos aspectos: las **características geotécnicas** del substrato natural (coluvial y roca) y artificial (relleno en una antigua cantera), y la **estabilidad del conjunto**, incluyendo la ampliación de vertedero proyectada, bajo diversos puntos de vista.

El estudio ha consistido en la obtención de datos en campo mediante la realización de 5 sondeos, realización de ensayos de permeabilidad y ensayos tipo SPT en los sondeos, y levantamiento de cartografía geológica de detalle. En su interpretación se han utilizado programas informáticos específicos.

Los resultados del estudio han condicionado el diseño de la ampliación del vertedero, en aspectos como: pendiente de taludes, dimensiones de escollera, distribución de materiales, excavación del vaso y drenajes, morfología a modo de bancadas del vaso del vertedero...

Del estudio geotécnico y de estabilidad se puede concluir a modo de resumen, que el conjunto, tal como se ha diseñado, **es estable** con un margen de

seguridad suficiente (ver conclusiones del anexo 1) siempre que se excaven bancadas sobre el terreno, en las zonas de pendiente superior a 1(V):3(H). Modificaciones significativas en las pendientes o espesores del vertedero proyectado deberán ser analizadas de cara a la estabilidad.

Hay que resaltar que un elemento fundamental para lograr la estabilidad es el sistema de drenaje, tanto los drenes de las bancadas y del trasdós de la escollera, como los perimetrales. Por ello hay que ser especialmente cuidadoso en su construcción y asegurar su correcto funcionamiento.

Se deberá poner especial atención, durante el desarrollo del proyecto, a las surgencias de agua del propio terreno, para su correcta y rápida evacuación. (sería recomendable realizar un drenaje del coluvial, por debajo de la impermeabilización. Todo ello bajo el criterio de la dirección facultativa.

2.2 Hidrología e hidrogeología

El emplazamiento se sitúa dentro de la cuenca denominada Jata-Sollube-Garbola. En la parcela que nos ocupa y en su entorno próximo no existe un cauce definido, y la escorrentía generada en episodios de lluvia se dirige a través de taludes y cunetas de pista hacia el mar.

La ampliación de vertedero se plantea en una zona de cabecera, lo que permitirá desviar las aguas superficiales mediante canales perimetrales. En la actualidad parte de esta agua de escorrentía ya está siendo desviada mediante cunetas existentes en las pistas.

Se ha llevado a cabo un inventario de puntos de agua del emplazamiento y su entorno. En estos puntos de agua se han realizado mediciones en campo de conductividad, pH y temperatura.

Aguas abajo del pie del vertedero proyectado (a unos 300 m) se han observado varios manantiales de uso doméstico (nº 6 y 6´) y una fuente pública (nº 7 y 7´).

Al este de la ampliación de vertedero proyectada y dentro de los terrenos del vertedero de Burgoabaso surge un manantial con un caudal importante (nº 3). (Ver tabla a continuación, y ubicación en el plano 2.1 de Inventario de puntos de agua)

Código	Toponimia /Uso	UTM X	UTM Y	Caudal aprovechado	Fecha del inventario	Conductividad (µs/s)	pH	Tª (ºC)
1	Escorrentía°			0,34	28/04/2007	328	4,45	12,5
2	Galdiz (manantial doméstico)	520400	4810200	< 1 l/s	12/04/1983 (Fuente: GESPLAN)	210	7,85	---
3	Poza del vertedero Burgoabaso			0,69	28/04/2007	814	4,45	7
4	Talayepe (Antigua Fuente pública)	519900	4810300	< 1 l/s	08/04/1984 (Fuente: GESPLAN)	100	5,85	---
5	Escorrentía Bajo la Fuente Talaiape			0,1	28/04/2007	304	6,88	15,3
6	Ermua (?) (Manantial doméstico)	518900	4810500	0,74	28/04/2007	382	6,63	13,1
6´						362	6,45	12,3
7	Fuente			----	28/04/2007	498	5,34	12,5
7´	Grifo de la Fuente			----	28/04/2007	530	4,63	12,5

Los manantiales que surgen aguas abajo (6-6´-7-7´) no parecen verse afectados por los lixiviados procedentes del vertedero y relleno existentes.

El Sistema de Cartografía ambiental de la CAPV, asigna al coluvial que recubre gran parte del emplazamiento y sus proximidades, una permeabilidad alta por porosidad y una vulnerabilidad media de acuíferos. Mientras que el substrato es clasificado como de permeabilidad media y baja por porosidad.

De los 5 sondeos geotécnicos perforados en el emplazamiento, únicamente ha sido posible la obtención de datos de permeabilidad in-situ en tres de ellos (En los Sondeos 3, 4 y 5. Ver ubicación en plano geológico de detalle). Se optó por

la realización de ensayos de tipo Lefranc, en lugar de los de tipo Lugeon, debido a que la presión del agua necesaria para el segundo produciría un excesivo lavado de la matriz arcillosa, invalidando el ensayo.

Los ensayos de permeabilidad han aportado valores de permeabilidad del substrato del orden de $6{,}73 \times 10^{-7}$ m/s en el sondeo 4, similar en el sondeo 5, y $7{,}2 \times 10^{-6}$ m/s en el sondeo 3. En el coluvial no ha sido posible obtener su permeabilidad, que es claramente superior a la de las areniscas infrayadcentes.

Tampoco ha sido posible determinar la permeabilidad de los rellenos depositados en la antigua plaza de la cantera, que parece mayor, incluso, que la del coluvial, si se tiene en cuenta la velocidad a la que se infiltra el agua.

En sondeo 2 se ha equipado como piezómetro de control, pero en la actualidad no alcanza el nivel freático.

3 INFRAESTRUCTURAS PREVIAS

3.1 Preparación del Terreno

3.1.1 Bancadas de apoyo

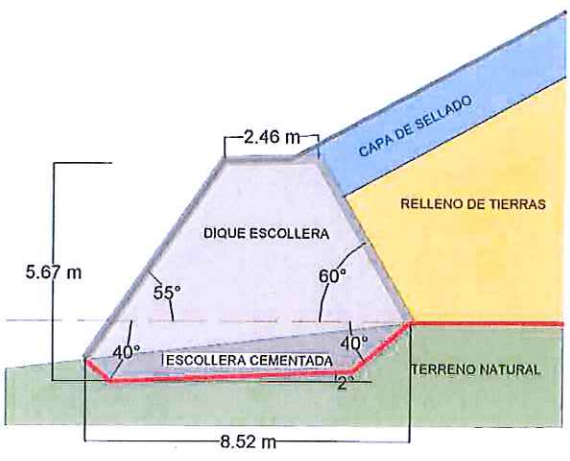
Con el fin de mejorar la estabilidad del conjunto del vertedero, teniendo en cuenta la fuerte pendiente natural y las características geotécnicas, se construirán bancadas cada 2 a 4 m sobre las que apoyará el material a depositar. (Ver Perfiles 18 y 19 de estabilidad). El abancalamiento se realizará en zonas de terreno natural en las que la pendiente supere 1(V):3(H)

Las bancadas apoyarán en roca, en la medida de lo posible.

3.2 Escollera

Se construirá un dique de escollera en el pié del talud inferior, con el fin de asegurar el pié del talud inferior y mejorar la estabilidad global. (ver esquema adjunto). La forma de esta escollera será la de un dique con una parte cementada (por debajo de la línea del terreno), que será cruzada por el sistema de drenaje justo por encima de la cimentación.

Las dimensiones de la escollera se ajustarán en función del diseño final y el terreno, aunque como aproximación se puede tomar la escollera tipo del gráfico siguiente.



La base, deberá estar correctamente cajeada y asentada en roca. Se preparará con una capa de hormigón de limpieza y se cementarán los bloques, hasta la línea del terreno.

Esta dique de escollera se ha tratado como un litotipo más en el análisis de la estabilidad (adjunto como anexo), puesto que por su forma no cabe el vuelco.

Los bloques de escollera se colocarán asegurando su estabilidad y manteniendo una contra-inclinación de 1:3 respecto al trasdós. La tolerancia en abertura de entre bloques no superará los 12 cm en ningún punto. Cada bloque deberá apoyar su cara inferior en, al menos dos bloques laterales adyacentes.

Por el interior de la escollera, según criterio de la dirección de obra, se construirá un sistema de drenaje de aguas limpias procedentes del coluvial, que al quedar cubierto por el sistema de impermeabilización y cortado su flujo (parcialmente) por la cimentación de la propia escollera, podría acumularse en esta zona.

3.3 Recogida de aguas pluviales

Para el drenaje de aguas superficiales se ha diseñado un sistema de canales y bajantes escalonadas perimetrales. Los cálculos justificativos se adjuntan en el anexo 2 de Cálculos Hidráulicos y los detalles en el plano 5.0 de planta de estado final y en el plano 7.0 de detalles constructivos.

Se ha calculado el sistema de drenaje en función del cálculo hidrometeorológico para periodos de retorno de 500 años, según la Instrucción de Carreteras 5.2-1C "Drenaje Superficial" (BOE nº 123, de 3 de mayo de 1990). (Ver Anexo 2 de cálculos hidráulicos).

Gran parte de las aguas recogidas por los canales perimetrales del este se desvían hacia las cunetas del vial de servicio existente.

Todo el perímetro del vertedero estará marcado por un sistema de canales y

bajantes perimetrales, excavados en terreno natural y recubiertos de hormigón. A este sistema de canales llegarán los canales de tipo triangular que recogen las aguas de la bermas. (Ver planta de estado final y detalles constructivos). Su dimensionamiento se justifica en el anexo de Cálculos Hidráulicos adjunto.

La salida de esta agua será hacia un cauce o escorrentía natural, ya existente. (Ver plano 2.1. Inventario de puntos de agua y planta de estado final plano 5.0)

Bilbao abril de 2007

Fdo.: Vicente Manso
Geólogo Colegiado nº 670

NorLan
Consultoría de servicios S.L.

J. RAMÓN
ANASAGASTI, S.L.

ANEXO 1

(877)

INFORME GEOTÉCNICO

INDICE

Pág.

1.- INTRODUCCION 0

2.- TRABAJOS REALIZADOS 0
2.1.- Geología 0
2.1.1.- Geología General 0
2.1.2.- Cartografía Geológica-Geotécnica de Detalle 0
2.2.- Sondeos Mecánicos 1

3.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS 2

4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS 3

5.- ANALISIS DE ESTABILIDAD 5
5.1.- Programa de Cálculo 5
5.2.- Cálculos y Resultados 6

6.- CONCLUSIONES 9

ANEXOS

877 / 01 Testificación de sondeos

877 / 02 Cálculos I.L.A 32

1.- INTRODUCCION

En el presente Estudio se ha realizado un Análisis de Estabilidad del Futuro Relleno a depositar sobre una Antigua Cantera, como ampliación del Vertedero "Burgobaso" en el T.M. Bermeo.

NORLAN, ha facilitado tanto la topografía actual del terreno (sobre el que se ha efectuado una cartografía geológico-geotecnica) como la topografía final tras el relleno incluso con diversas secciones.

Asimismo NORLAN ha facilitado diversos sondeos mecánicos realizados sobre los que se han efectuado los cortes de los materiales atravesados.

2.- TRABAJOS REALIZADOS

2.1.- Geología

2.1.1.- Geología General

Se ha consultado la información geológica de los Mapas Geológicos del EVE y del GESPLAN (Cartografía Temática).

En el plano 1.0 aparece el Mapa Geológico a escala 1:25.000 extraído del Mapa del EVE.

El aspecto más importante lo constituye la presencia de una capa de **suelos coluviales** que cubren la zona de estudio.

Bajo estos suelos coluviales aparecen un **sustrato rocoso constituído por Areniscas y Conglomerados** con orientaciones NW-SE a Oeste-Este y buzamientos bajos hacia el Norte y NE (10-28°).

El origen de los suelos coluviales sobre la ladera parece tener una relación clara con la geomorfología de la zona, los estratos presentan una disposición relativamente paralela a la pendiente de la ladera, por lo que cualquier acción en el pie (acción de las obras de muro, excavaciones a media ladera) podrán provocar descalces y el consiguiente movimiento y acumulación; otras posibles causas podrían ser el pandeo de estratos tanto por flexión de placas continuas o por flexión de placas diaclasadas planas o pandeo por flexión de placas diaclasadas curvas (estas circunstancias son posibles por la alternancia de los materiales rocosos y los suaves cambios de orientación de los planos), en cualquier caso siempre obedecen al plano de discontinuidad principal: estratificación.

Desde le punto de vista **hidrogeológico** las aguas que se infiltran, acceden rápidamente hasta la roca a través de los suelos coluviales permeables, en esta roca, el agua presenta una circulación preferente a favor de los planos, con pequeñas zonas de acumulación en términos más areniscosos o fracturados pero con escasos caudales.

2.1.2.- Cartografía Geológica-Geotécnica de Detalle

Se ha realizado una Cartografía Geológica-Geotécnica para determinar los materiales que componen el subsuelo en la zona, así como la disposición de estos.

Véase el plano 2.0.

Se han detectado 3 unidades:

RELLENOS

Compuestos principalmente por fragmentos rocosos, arenas, restos de ladrillos y zonalmente arcillas terrosas de color negro a marrón oscuro. Estos materiales se presentan sueltos a flojos y corresponden al relleno de la antigua cantera.

COLUVIAL

Suelos coluviales compuestos principalmente por arenas arcillosas con fragmentos angulosos de roca areniscosa.

El origen de los suelos coluviales está asociado a los materiales erosionados desmembrados de unidades litológicas sujetas a meteorización. La alteración, transporte por gravedad y depósito, en general en zonas de vaguada, da lugar a la acumulación de este tipo de materiales.

ROCA

La roca está compuesta por Areniscas con alternancias de pequeños Conglomerados en capas centi-decimétricas. Se presentan con colores ocres a amarillentos. Se indican en el plano las orientaciones de las discontinuidades observadas en los afloramientos rocosos existentes.

2.2.- Sondeos Mecánicos

NORLAN ha facilitado los testigos de 5 sondeos realizados en la zona.

Los sondeos se realizaron en dos campañas:

- Primera Campaña: Sondeos S1, S2 y S3, realizados con fecha Marzo de 2007
- Segunda Campaña: Sondeos S4 y S5, realizados con fecha Abril de 2007

Los sondeos S1, S2 y S3 presentan una recuperación de testigo muy deficiente, de tal forma que las cotas señaladas en las cajas de los testigos plantean importantes problemas de interpretación, además no fueron supervisados por Técnicos Especializados.

Los sondeos S4 y S5 presentan una recuperación acorde con el material existente y han sido supervisados por Técnicos Superiores (geólogos) de NORLAN.

En el plano 2.0 aparece el emplazamiento de los sondeos realizados.

Los cortes de los sondeos esquemáticos aparecen en el anexo adjunto (877/01).

3.- CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

En el presente Estudio se ha realizado un análisis de estabilidad del futuro relleno a depositar sobre una Antigua Cantera, como ampliación del Vertedero "Burgobaso" en Bermeo. La zona comprende el relleno de la antigua cantera y una zona de ladera con pendientes medias.

Se ha utilizado la información topográfica facilitada por NORLAN para la realización de diferentes cálculos de estabilidad.

Según el diseño propuesto se parte de la existencia de una escollera en el pie debidamente apoyada-empotrada en roca. Esta escollera ha sido tenida en cuenta en los siguientes cálculos.

Se prevé (y recomienda) que se efectúe un abancalamiento del terreno para aquellas zonas con pendientes superiores a 1/3 (V/H) sin afectar a la estabilidad de la zona rocosa. Tras el mismo se instalaría la lámina impermeable.

En los cálculos no se ha contemplado el abancalamiento lo cual redundará en una mejora de las condiciones globales de estabilidad.

4.- CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Los materiales que se han tenido en cuenta para los diferentes cálculos realizados son:

ESCOLLERA (Litotipo 1)

Para su caracterización se ha utilizado parámetros típicos en esta clase de materiales.

Densidad γ (KN/m^3)	Cohesión c (KN/m^2)	Fricción φ (º)
22	50	35

RELLENOS (Litotipo 2)

Constituyen los teóricos rellenos que se utilizaron par ala ampliación del Relleno.

Para su caracterización se ha utilizado parámetros típicos en esta clase de materiales.

Densidad γ (KN/m^3)	Cohesión c (KN/m^2)	Fricción φ (º)
18	10	30

Además han sido contrastados con los materiales de relleno utilizados en la zona actualmente en ejecución.

LAMINA (Litotipo 3)

Para la lámina impermeable, se han adoptado una serie de parámetros geotécnicos de forma que ésta funcione como una capa de deslizamiento, obviando los parámetros intrínsecos de la propia lámina, ya que al ser de un espesor muy reducido, en comparación con el resto de las capas, no posee importancia, salvo la propia creación de una capa de deslizamiento sobre ella, por lo que se les ha asignado parámetros residuales (cohesión nula y $\varphi = 25°$ debidamente minorada).

Densidad γ (KN/m^3)	Cohesión c (KN/m^2)	Fricción φ (º)
15	0	25

RELLENOS O MATERIALES COLUVIALES FLOJOS (Litotipo 4)

Los materiales existentes y situados bajo los futuros rellenos se han tomado como materiales de rellenos y/o materiales coluviales flojos (arcillas blandas), los parámetros asignados han sido similares a los de los rellenos futuros.

Densidad γ (KN/m^3)	Cohesión c (KN/m^2)	Fricción φ (º)
18	10	30

ROCA (Litotipo 5)

Para la roca se han utilizado los siguientes parámetros:

Densidad γ (KN/m^3)	Cohesión c (KN/m^2)	Fricción φ (º)
26	100	45

NIVEL FREATICO

Con lo que respecta al Nivel Freático o zona de saturación, para los cálculos, se ha dispuesto una zona saturada bajo la lámina del vertedero.

5.- ANALISIS DE ESTABILIDAD

5.1.- Programa de Cálculo

Se ha utilizado el programa ILA 32.

I.L.A. (Interactive Landslides Analysis) es un programa que sirve para verificar la estabilidad de pendientes y la proyección de las obras de sustención.

La verificación de la estabilidad puede ser tratada utilizando los métodos clásicos de Bishop, Jambu, Morgenstern e Price, Bell y el método de análisis propuesto por S.K. Sarma y desarrollado por E. Hoek, cuya mayor estabilidad númerica aumenta la fiabilidad de los trabajos efectuados.

Las superfícies de deslizamiento pueden ser definidas por familias (circulares o planas), o bien individualmente.

Se observa que en el cálculo en términos de tensiones eficaces (condiciones drenadas a largo plazo) el efecto del agua es simulado en términos de un empuje vertical por medio de asignar al material por debajo del nivel freático el peso del volumen sumergido

g' = gsaturo - gwater

mientras que el nivel freático se le asigna el peso del volumen natural. Los restantes parámetros geotécnicos a asignar al terreno son parámetros drenantes: phi > 0, C = C'

En el cálculo en términos de tensiones totales (condiciones no drenadas en un plazo breve) es en cambio necesario insertar el nivel freático (el peso de volumen será igual a 10 kN/m^3), y la dirección del empuje es ortogonal a la superficie de deslizamiento.

En este caso el peso de volumen a asignar al material bajo el freático es el peso de volumen saturado, mientras que el material sobre el nivel viene asignado al peso de volumen natural.

Los restantes parámetros geotécnicos a asignar al terreno son parámetros no drenantes phi = 0, c = cu

En este caso para obtener el resultado mostrado en la figura se define una discontinuidad en la pendiente por lo que se tendrá que asignar dos sets distintos de parámetros geotécnicos.

El análisis puede hacerse en condiciones de riesgo sísmico por medio de una verificación pseudoestática.

Con el programa viene proporcionada la Relación de Cálculo; en esta relación se describe el método de cálculo utilizado, con específicas referencias a las condiciones de la actual legislación en materia de estabilidad de pendientes y construcciones en zonas sísmicas.

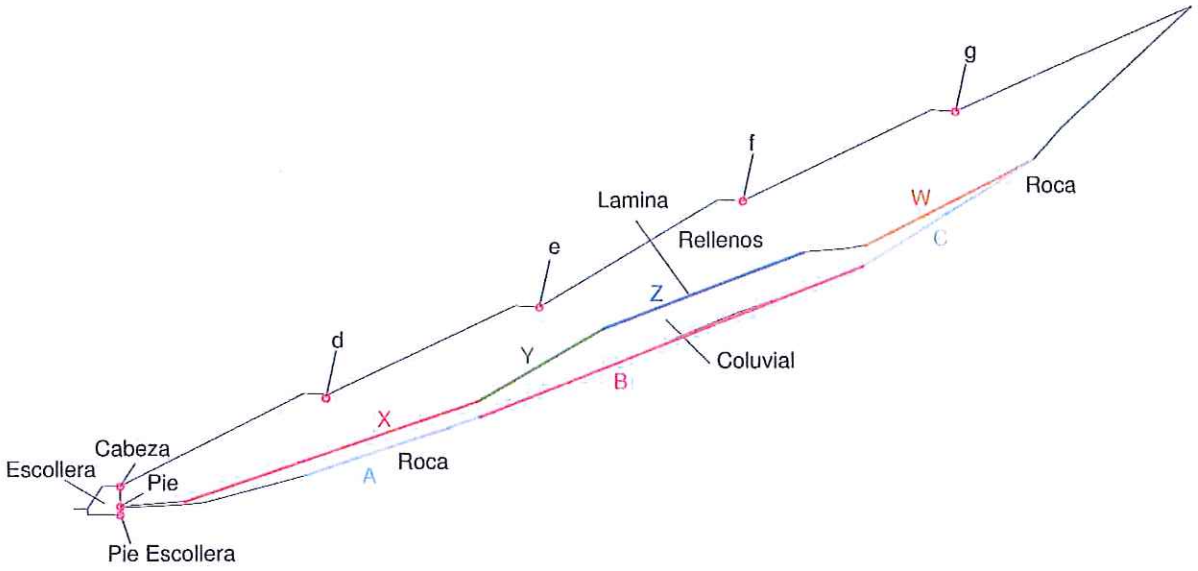
5.2.- Cálculos y Resultados

De todos los perfiles existentes la zona de mayor altura, longitud y pendiente, es decir al perfil más pésimo corresponde al Perfil PE-2, que es sobre el que se han efectuado los diversos cálculos.

Se han realizado varios cálculos para el perfil, suponiéndose hipótesis de roturas circulares tanto por el pie como tangentes a los contactos entre los diferentes materiales, por la lámina inferior, etc.

El esquema del Perfil Tipo y los casos de estabilidad analizados en cada uno son los siguientes:

PE-2


g
f
Lamina
Rellenos
Roca
W
C
e
Z
d
Y
Coluvial
B
X
Cabeza
Escollera
Pie
Roca
A
Pie Escollera

En el anexo 877/02 aparecen las hojas de cálculo obtenidas, en el siguiente cuadro aparece un resumen de los datos obtenidos:

Hoja	Caso	Factor de Seguridad obtenido
1	Rotura por Cabeza Escollera	1,46
2	Pie	1,54
3	Pie Escollera	2,48
4	Lámina	1,22
5	Rotura por el punto "d"	1,44
6	Rotura por el punto "e"	1,43
7	Rotura por el punto "f"	1,55
8	Rotura por el punto "g"	1,41
9	Rotura Tg recta X	1,42
10	Rotura Tg recta Y	1,56
11	Rotura Tg recta Z	1,50
12	Rotura Tg recta W	1,41
13	Rotura Tg recta A	1,41
14	Rotura Tg recta B	1,37
15	Rotura Tg recta C	1,51
16	Rotura sobre Lámina	1,60
17	Rotura sobre capa de Roca	1,26

6.- CONCLUSIONES

En base a todas las consideraciones anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones relativas los Análisis de Estabilidad realizados:

- Todos los cálculos reflejan Factores de Seguridad superiores a FS = 1,35 salvo los casos 4 y 17.

- Cálculo 4, rotura por lámina.

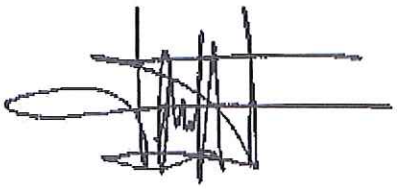
  Como puede observarse en la hoja corresponde la rotura se produciría a favor de la lámina y en la parte basal ascendería por encima de la escollera.
  Considerando un escalonamiento del terreno el Factor de Seguridad que se obtendría será FS = 1,63 véase la hoja nº 18.

- Cálculo 17, rotura por la roca.

  El factor de Seguridad obtenido es 1,26, superior a 1,22 del caso anterior, esto quiere decir que en primer lugar se produciría la rotura por la lámina antes que esta rotura.

  Esta situación, efectuando el escalonado anterior el FS resultante sería FS = 1,44 véase la hoja nº 19.

Sopelana, 24 de Mayo de 2.007



GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LARREA, S.L.
SIPIRI, 8-2º, DTO. 5 · TLF.- FAX (94) 6764195
48600 SOPELANA · BIZKAIA

Agustín Larrea Bergaretxe

Geólogo

Colegiado nº 1.625

Anexo 877 /01

TESTIFICACIÓN DE SONDEOS

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso	LOCALIDAD: BERMEO	EMPRESA SONDEOS: SVH	COORDENADAS: X = 518684 Y= 4809935	FECHA INICIO: 27-03-2007	SONDISTA:	SONDEO: Sondeo 1
CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EQUIPO:	INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA FINAL: 27-03-2007	GEÓLOGO:	HOJA 1 DE1

Profundidad	Maniobra	Sistema de perforación	Perforación	Revestimiento	% Testigo Recuperación	Pérdida de agua	Símbolo	Nivel Freático	Muestra Tipo	Muestra Profun.	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1											0.00-3.20 COLUVIAL: Roca muy alterada, heterogenea y heterométrica. Arcillas arenosas con abundante grava, fragmentos de roca de tamaño centimétrico, arenisca de grano fino...	Coluvial: Semicompacto a blando.
2												
3										3.20		
4												
5					33 %						3.20-6.50 ROCA: Arenisca de grano fino con materia orgánica y óxidos, con menor alteración, menor cantidad de arcillas, porosa.	
6											6.50-6.80 Arenisca gris clara con planos con pátina de óxidos oscura paralelos al eje.	
7					100 %					6.80	6.80-7.40 Arenisca gris-marrón clara, de grano medio y con variación en el tamaño de grano.	
8					64 %					7.40	7.40-8.80 Arenisca marrón clara, más arcillosa, con abundantes fracturas paralelas al eje de sondeo y pátinas de color rojo y negro.	
9					25 %					8.80	8.80-9.80 Cantos de arenisca gris clara.	
10					30 %					9.80	9.80-10.80 Dos tipos de areniscas: una gris clara más limpia y otra marrón clara más arcillosa.	A partir de 10.80 disminuye el diámetro de perforación.
11										10.80		
12					81 %						10.80-14.15 Arenisca gris clara de tamaño de grano medio variable (microconglomerado...), limpio sin arcillas. Alguna fractura subparalela al eje del sondeo con pátina marrón oscuro. En los últimos 10cm mayor porosidad y mayor cantidad de materia orgánica.	
13												
14										14.15	14.15 -15.00 Arenisca gris clara y estratificación fina de arenisca marronacea, con óxidos de manganeso paralelos a la estratificación (1,5 mm de espesor).	
15										15.00	FIN (Recuperación TOTAL: 66 %)	

FOTOGRAFÍAS

Sistema de perforación		Muestra	Tipo de relleno
R=Rotación	T=Bateria Doble	MI= M. Inalterada	Ox= Óxidos
P=Percusión	B=Bateria Simple	SPT=St. Penetración Test	Arc= Arenas
RP=RotoPerc.	S=Perf. en Seco	TP= M. Parafinada	Arc= Arcilla
D=Diamante	L=Perf. con Lodos	MA=M. Alterada	C= Caliza
W=Widia	P=Perf. con Polímeros	MW=M. de Agua	Py= Pirita

CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	[illegible]	EMPRESA SONDEOS: SVH	COORDENADAS: X = 518789 Y = 4810098	FECHA INICIO: 27-03-2007	SONDISTA:	SONDEO: Sondeo 2 (Piezometro)
	UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EQUIPO:	INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA FINAL: 27-03-2007	GEÓLOGO:	HOJA 1 DE2

Profundidad | Maniobra | Sistema de perforación | Perforación | Revestimiento | % Testigo Recuperación | Pérdida de agua | Símbolo | Nivel Freático | Muestra: Tipo | Muestra: Profun.

DESCRIPCIÓN

0.00-1.00 RELLENO HETEROGÉNEO: caliza, cemento, hormigón, cerámica, madera.

1.00-3.60 Relleno heterogéneo: caliza, arenisca, hormigón, ladrillo, arcilloso.

3.60-7.80 COLUVIAL:
Canto de arenisca (8 cm) grisácea, porosa, grano medio, fracturas oblicuas con 45º respecto al eje.
Nivel arcilloso gris (20 cm) con cantos de lutitas y areniscas.

7.80-10.20 Coluvial: Cantos de arenisca, lutitas, arcillas, madera.

10.20 -12.80 Coluvial: Arenisca (45 cm), grava y arena arcillosa.

12.80 -13.60 ROCA: Arenisca de grano medio muy porosa gris claro a marronáceo, con restos de materia orgánica y óxidos. Alguna fractura con óxidos, limpia sin arcillas. Permeabilidad variable.

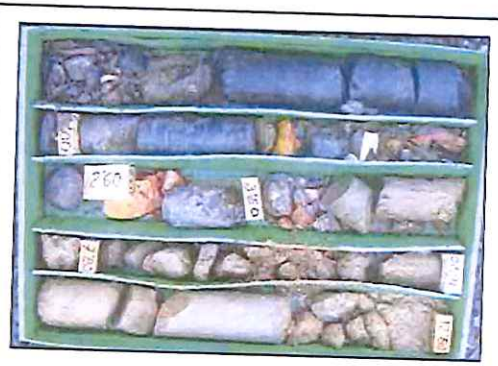
13.60-15.40 Arenisca gris estratificada con niveles de grava fina (microconglomerado), muy permeable y limpia, con menor cantidad de óxidos, planos perpendiculares y paralelos al eje con pátinas de óxidos.

OBSERVACIONES

Relleno heterogéneo: suelto a flojo.

Coluvial: en general se trata de suelos sueltos a flojos.

FOTOGRAFÍAS



Sistema de perforación

R=Rotación T=Bateria Doble
P=Percusión B=Bateria Simple
RP=RotoPerc. S=Perf. en Seco
D=Diamante L=Perf. con Lodos
W=Widia P=Perf. con Polímeros

Muestra

MI= M. Inalterada
SPT=St. Penetración Test
TP= M. Parafinada
MA=M. Alterada
MW=M. de Agua

Tipo de relleno

Ox= Óxidos
Are= Arenas
Arc= Arcilla
C= Caliza
Py= Pirita

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	LOCALIDAD: BERMEO UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EMPRESA SONDEOS: SVH EQUIPO:	COORDENADAS: X = 518789 Y= 4810098 INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA INICIO: 27-03-2007 FECHA FINAL: 27-03-2007	SONDISTA: GEÓLOGO:	SONDEO: Sondeo 2 (Piezómetro) HOJA 2 DE2

Profundidad	Maniobra	Sistema de perforación	Perforación	Revestimiento	% Testigo Recuperación	Pérdida de agua	Símbolo	Nivel Freático	Muestra Tipo	Muestra Profun.
15										15.40
										15.50
16					23 %					
17										17.70
18										18.80
19					TOTAL: 33 %					

DESCRIPCIÓN

15.40-15.50 Arena marrón clara de grano medio y fino, con presencia de arcillas sin plasticidad.

15.50-17.70 Arcillas muy plásticas con niveles finos de arenisca:
15.50-15.80 Arcillas muy plásticas.
15.80-17.20 Arcillas menos plásticas, algo arenosa.

17.70-18.80 Arenisca marrón clara. Con algun tramo con cantos de arenisca muy lavada por el sondeo.

FIN

OBSERVACIONES

FOTOGRAFÍAS

Sistema de perforación

R=Rotación T=Bateria Doble
P=Percusión B=Bateria Simple
RP=RotoPerc. S=Perf. en Seco
D=Diamante L=Perf. con Lodos
W= P= con limpios

Muestra

MI= M. Inalterada
SPT=St. Penetración Test
TP= M. Parafinada
MA=M. Alterada
MW=M. de Agua

Tipo de relleno

Ox= Óxidos
Arc= Arenas
Arc= Arcilla
C= Caliza
Py= Pirita

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	LOCALIDAD: BERMEO UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EMPRESA SONDEOS: SVH EQUIPO:	COORDENADAS: X = 518746 Y = 4810054 INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA INICIO: 27-03-2007 FECHA FINAL: 27-03-2007	SONDISTA: GEÓLOGO:	SONDEO: Sondeo 3 HOJA 1 DE1

Profundidad | Maniobra | Sistema de perforación | Perforación | Revestimiento | % Testigo Recuperación | Pérdida de agua | Símbolo | Nivel Freático | Muestra: Tipo | Muestra: Profun.

DESCRIPCIÓN

0.00-0.60 COLUVIAL: arenisca, arenas, cantos de caliza.

0.60-1.80 ROCA: Arenisca gris clara, grano medio-grueso, homogenea, fracturas a 15º y 30º respecto al eje con pátina marrón de óxido.

1.80-3.10 Arenisca con fracturas perpendiculares al eje.

3.10 -4.40 Arenisca gris clara.

4.40 -4.50 Cantos de 2 a 5cm de tamaño.

4.50-4.90 Arenisca gris clara de grano medio.

4.90-6.80 Arenisca gris clara de grano medio, con algún plano a 30º del eje.

6.80-7.10 Cantos de arenisca arcillosa marrón clara.

7.10-8.50 Arenisca gris oscura de grano medio con niveles de grano más grueso, con planos de 50º respecto al eje con pátinas de óxido rojo y negro.

8.50-9.10 Nivel de arenisca arcillosa marrón clara con abundante pátina de óxido rojo y negro (0,5-2mm de espesor), y arenisca gris clara .

9.10-9.50 Arenisca gris clara.

9.50-10.10 Arenisca gris clara. Nivel de 2cm arcilloso marrón claro. Nivel de 5cm de microconglomerado.

10.10-14.20 Arenisca gris clara, con algún nivel arcilloso que se rompe con facilidad.

FIN

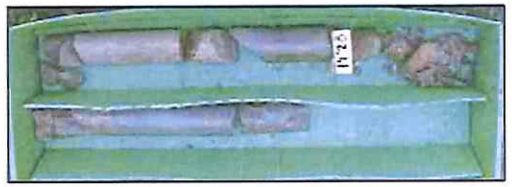
Profundidad	% Testigo Recuperación	Tipo	Profun.
			0.60
1	100 %		
			1.80
2	33 %		
			3.10
3	23 %		
			4.40
4			4.50
	11 %		
5			4.90
6			
			6.80
7			7.10
8			
			8.50
9			9.10
			9.50
10			10.10
11			
12			
13			
14			14.20
15	TOTAL: 50 %		

OBSERVACIONES

Coluvial: semicompacto a blando.

A partir de 3.10 disminuye el diámetro de perforación.

FOTOGRAFÍAS



Sistema de perforación

R=Rotación T=Bateria Doble
P=Percusión B=Bateria Simple
RP=RotoPerc. S=Perf. en Seco
D=Diamante L=Perf. con Lodos
W=Widia P=Perf. con Polímeros

Muestra

MI= M. Inalterada
SPT=St. Penetración Test
TP= M. Parafinada
MA=M. Alterada
MW=M. de Agua

Tipo de relleno

Ox= Óxidos
Are= Arenas
Arc= Arcilla
C= Caliza
Py= Pirita

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso	LOCALIDAD: BERMEO	EMPRESA SONDEOS:	COORDENADAS: X = 518826 Y= 4810071	FECHA INICIO: 16-04-2007	SONDISTA:	SONDEO: Sondeo 4
CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EQUIPO: GEODECAN	INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA FINAL: 17-04-2007	GEÓLOGO:	HOJA 1 DE1

Profundidad	Maniobra	Sistema de perforación	Perforación	Revestimiento	% Testigo Recuperación	Pérdida de agua	Símbolo	Nivel Freático	Muestra Tipo	Muestra Profun.	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	101 mm	RW			100 %						0.00-8.20 RELLENO HETEROGÉNEO: Arcillas arenosas, bloques de areniscas y restos de ladrillos.	Relleno: suelto a flojo.
2					66 %							
3												
4												
5					100 %							
6												
7												
8		RW								8.20		
9											8.20-12.20 Arenas y fragmentos de roca; posibles rellenos antiguos o superficie de explotación de cantera.	
10												
11					98 %							
12										12.20		
13	86 mm	RW									12.20-17.70 Roca muy fracturada; areniscas de grano medio estratificadas, muy fracturadas, presenta zonas de falla de roca muy fragmentada con arenas arcillosas. Contiene trazas de óxidos de minerales férricos, preferentemente en los planos de juntas.	Ensayo Lefranc de 13,90m a 17,70 m
14					88 %							
15												

FOTOGRAFÍAS

Sistema de perforación

R=Rotación T=Bateria Doble
P=Percusión B=Bateria Simple
RP=RotoPerc. S=Perf. en Seco
D=Diamante L=Perf. con Lodos
W=Widia P=Perf. con Polimeros

Muestra

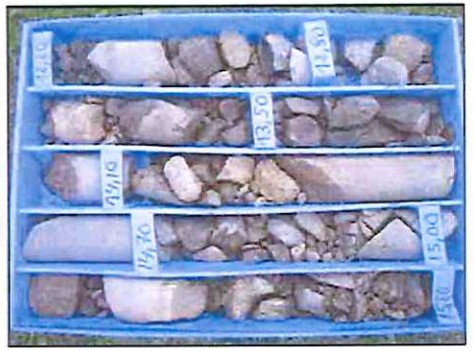
MI= M. Inalterada
SPT=St. Penetración Test
TP= M. Parafinada
MA=M. Alterada
MW=M. de Agua

Tipo de relleno

Ox= Óxidos
Are= Arenas
Arc= Arcilla
C= Caliza
Py= Pirita

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso	LOCALIDAD: BERMEO	EMPRESA SONDEOS:	COORDENADAS: X = 518826 Y = 4810073	FECHA INICIO: 16-04-2007	SONDISTA:	SONDEO: Sondeo 4
CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EQUIPO: GEODECAN	INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA FINAL: 17-04-2007	GEÓLOGO:	HOJA 1 DE2

Profundidad	Maniobra	Sistema de perforación	Perforación	Revestimiento	% Testigo Recuperación	Pérdida de agua	Símbolo	Nivel Freático	Muestra Tipo	Muestra Profun	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES	FOTOGRAFÍAS
15											12.20-17.70 Roca muy fracturada: areniscas de grano medio estratificadas, muy fracturadas, presenta zonas de falla de roca muy fragmentada con arenas arcillosas. Contiene trazas de óxidos de minerales férricos, preferentemente en los planos de juntas.		
16					86 %								
17										17.70			
18					TOTAL 95 %						FIN		
19													



Sistema de perforación		Muestra	Tipo de relleno
R=Rotación	T=Bateria Doble	MI= M. Inalterada	Ox= Óxidos
P=Percusión	B=Bateria Simple	SPT=St. Penetración Test	Arc= Arenas
RP=RotoPerc.	S=Perf. en Seco	TP= M. Parafinada	Arc= Arcilla
D=Diamante	L=Perf. con Lodos	MA=M. Alterada	C= Caliza
W=Widia	P=Perf. con Polimeros	MW=M. de Agua	Py= Pirita

PROYECTO: Ampliación Vertedero Burgoabaso	LOCALIDAD: BERMEO	EMPRESA SONDEOS:	COORDENADAS: X = 518644 Y= 4809958	FECHA INICIO: 18-04-2007	SONDISTA:	SONDEO: Sondeo 5
CLIENTE: J. RAMÓN ANASAGASTI S.L.	UBICACIÓN: Plano geológico de detalle	EQUIPO: GEODECAN	INCLINACIÓN VERTICAL:	FECHA FINAL: 18-04-2007	GEÓLOGO:	HOJA 1 DE1

Profundidad	Manibra	Sistema de perforación	Perforación	Revestimiento	% Testigo Recuperación	Pérdida de agua	Símbolo	Nivel Freático	Muestra Tipo	Muestra Profm.	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	101 mm	RW			96 %						0.00-5.80 COLUVIAL: Arenoso con abundante grava y fragmentos de roca de tamaño centimétrico.	Coluvial: semicompacto a compacto. Ensayos: -SPT de 2,50 a 3,10: golpeos de 3-8-16-14. -SPT de 4,50 a 5,10: golpeos de 10-5-14-34.
2												
3												
4					73 %							
5												
6	86 mm	RD			83 %					5.80	5.80-8.50 Roca muy fracturada: areniscas de grano medio estratificadas, muy fracturadas, presenta zonas de falla de roca muy fragmentada con arenas arcillosas. Contiene trazas de óxidos de minerales férricos, preferentemente en los planos de juntas.	
7												
8												
9					TOTAL 85 %					8.50	FIN	
10												
11												
12												
13												
14												
15												

FOTOGRAFÍAS

Sistema de perforación

R=Rotación T=Bateria Doble
P=Percusión B=Bateria Simple
RP=RotoPerc. S=Perf. en Seco
D=Diamante L=Perf. con Lodos
W=Widia P=Perf. con Polimeros

Muestra

MI= M. Inalterada
SPT=St. Penetración Test
TP= M. Parafinada
MA=M. Alterada
MW=M. de Agua

Tipo de relleno

Ox= Óxidos
Are= Arenas
Arc= Arcilla
C= Caliza
Py= Pirita

NorLan
Consultoría de servicios S.L.

J. RAMÓN
ANASAGASTI, S.L.

Anexo 877 /02

CÁLCULOS I.L.A 32

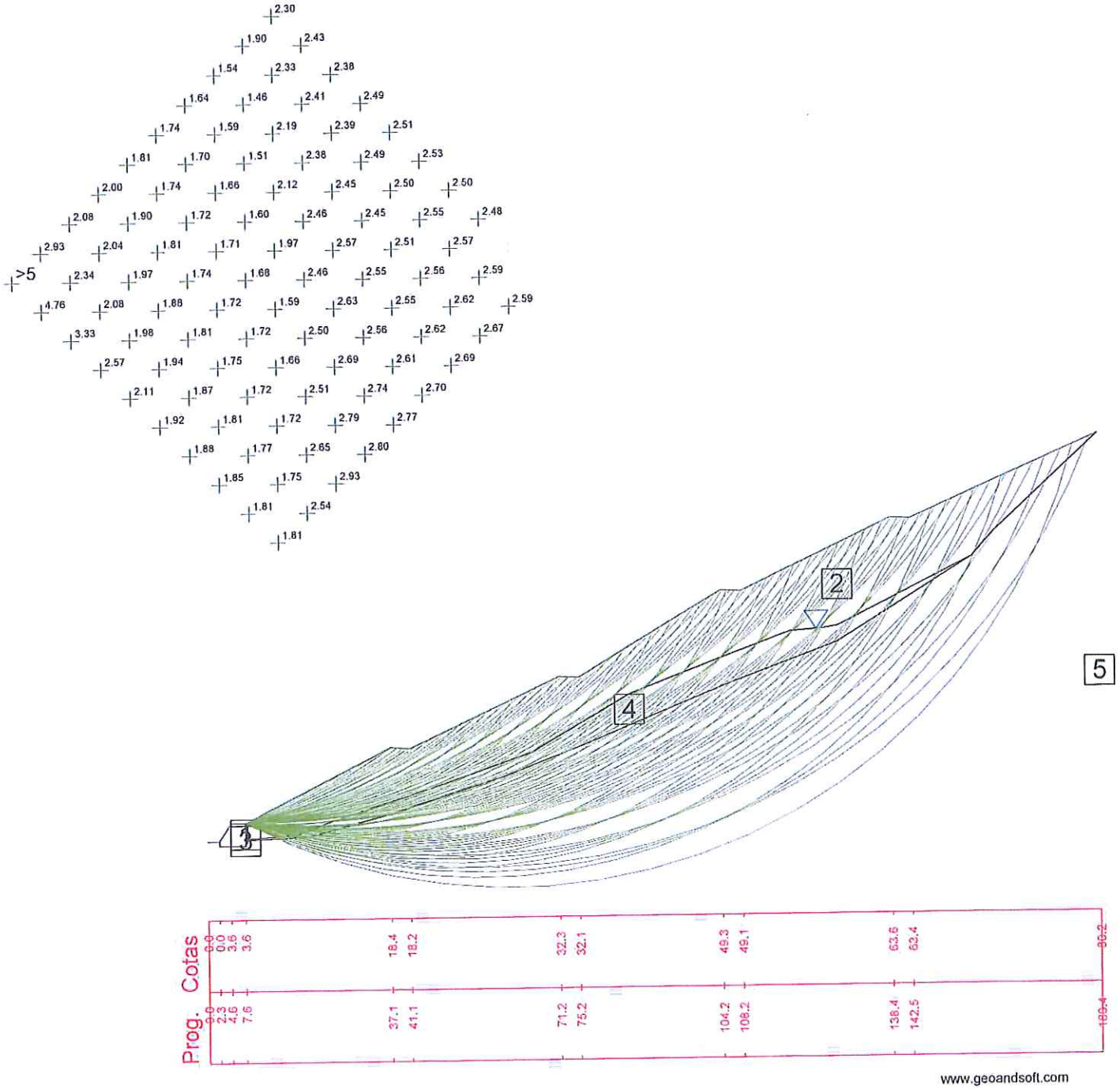
Hoja nº 1

Rotura por Cabeza Escollera
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma



www.geoandsoft.com

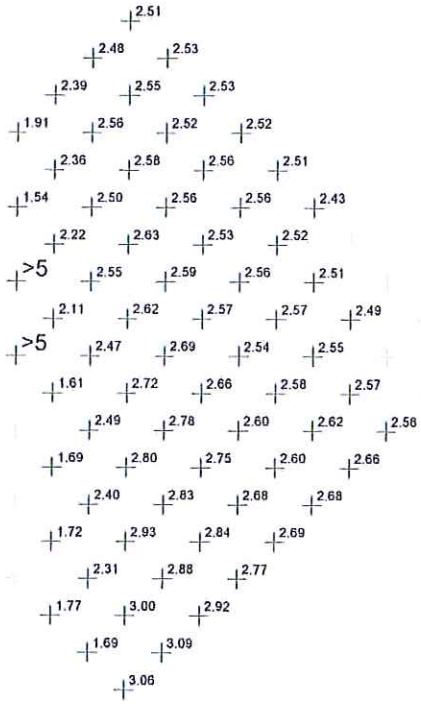
Hoja nº 2

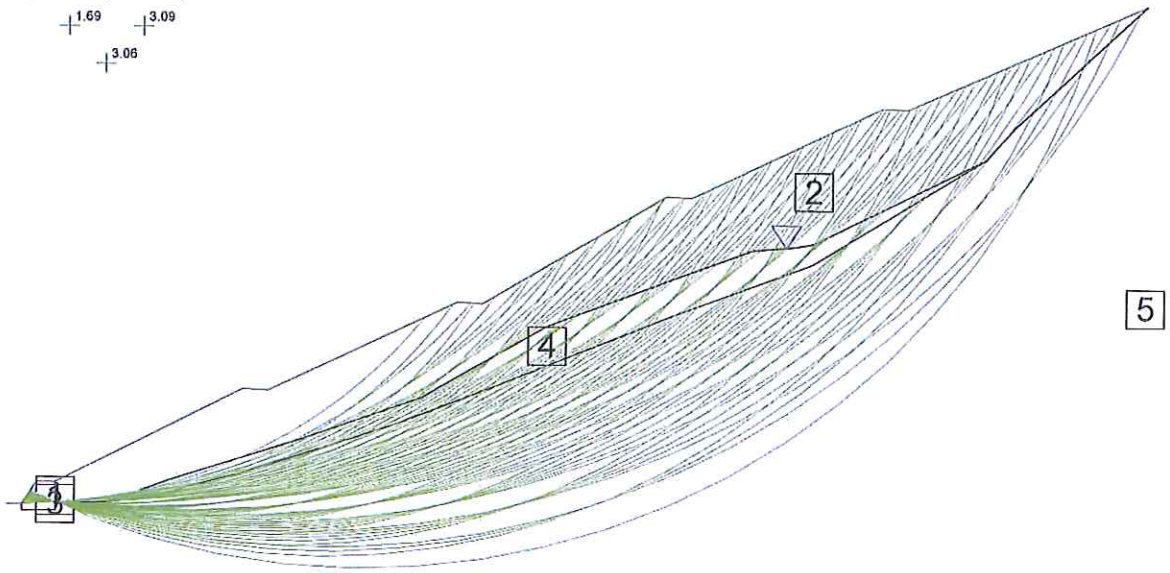
Rotura por Pie
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

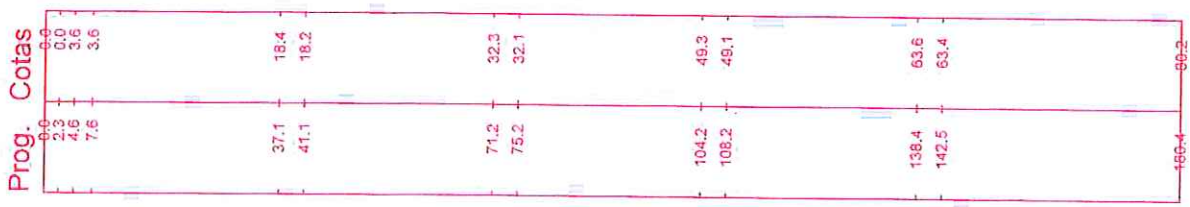
Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma







www.geoandsoft.com

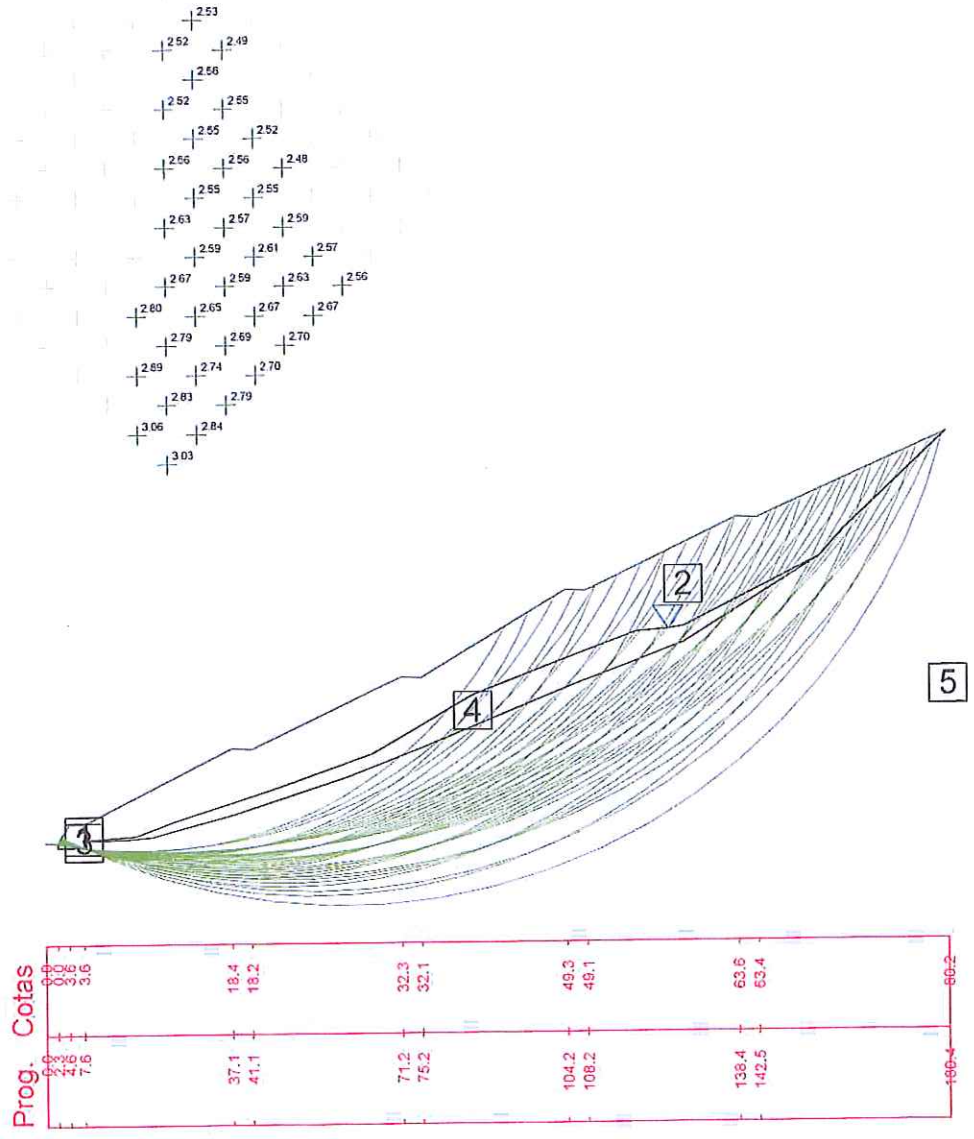
Hoja nº 3

Rotura por Pie Escollera
Agua bajo lámina
Escala 1:1500

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma



www.geoandsoft.com

Hoja nº 4

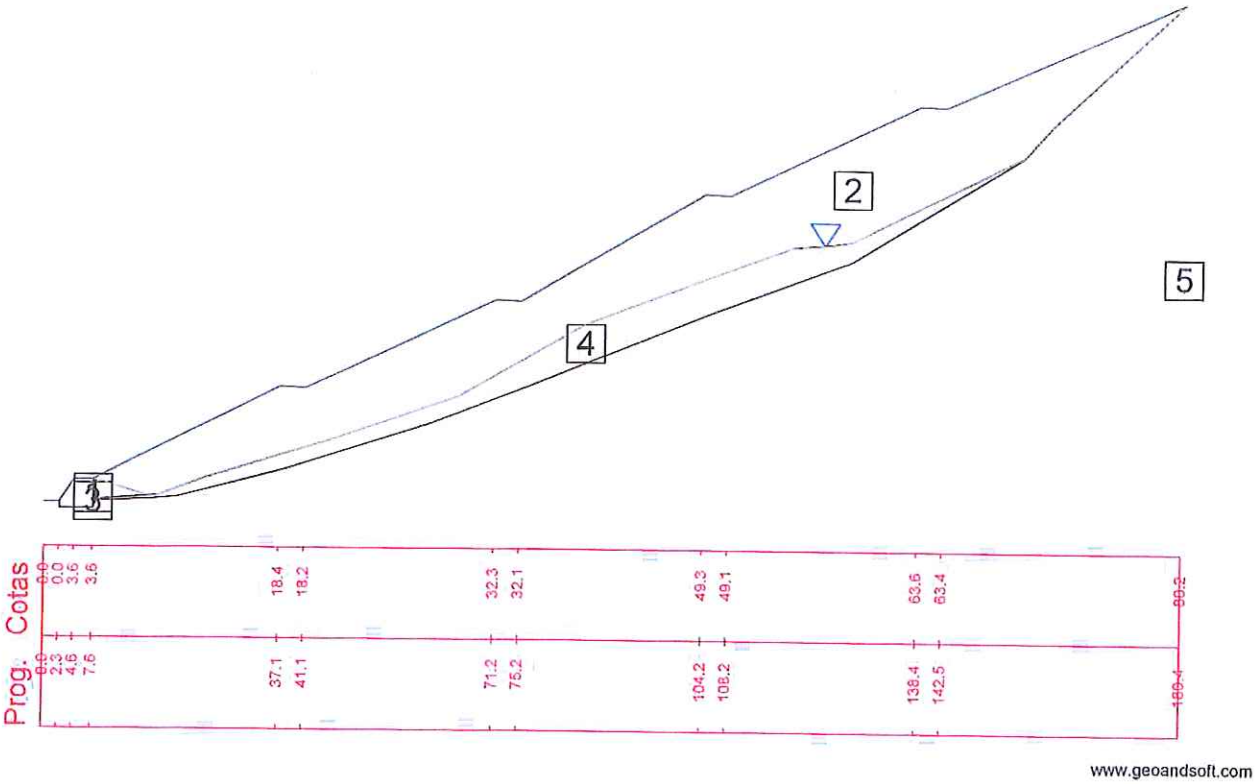
Deslizamiento por la lámina
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma

1.22



www.geoandsoft.com

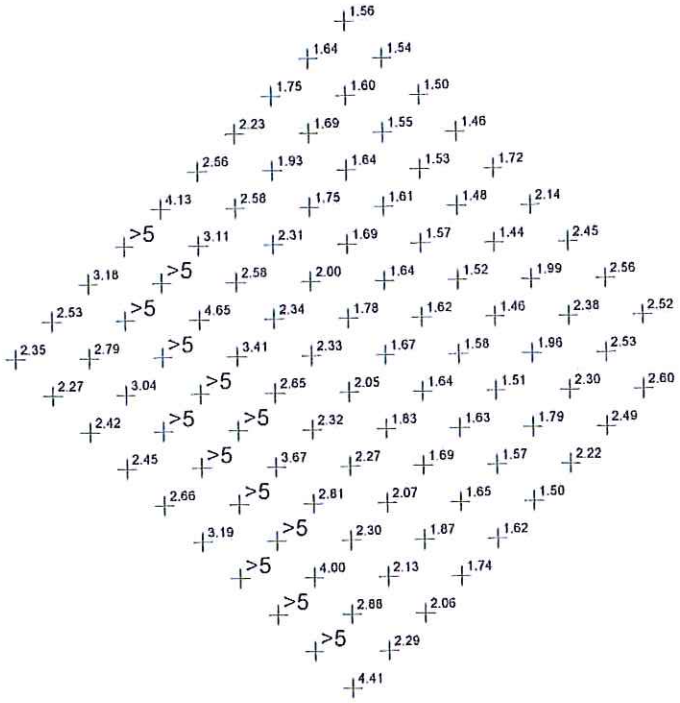
Hoja nº 5

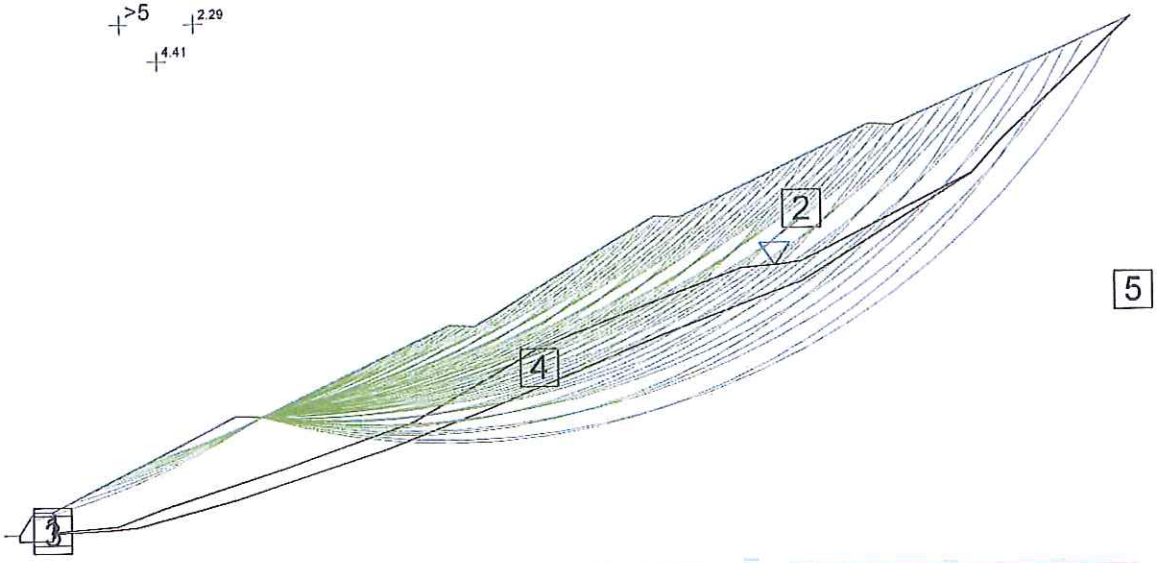
Rotura por Punto "d"
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

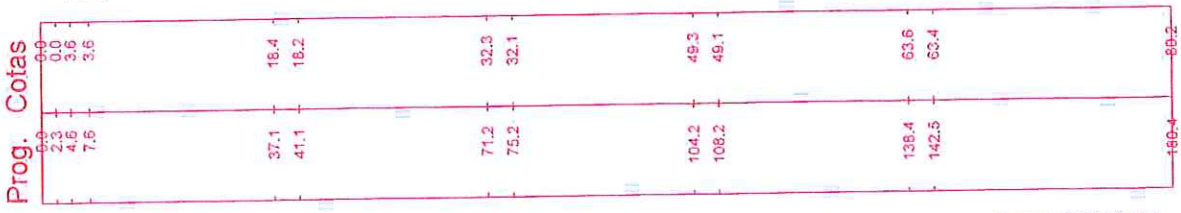
Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma







www.geoandsoft.com

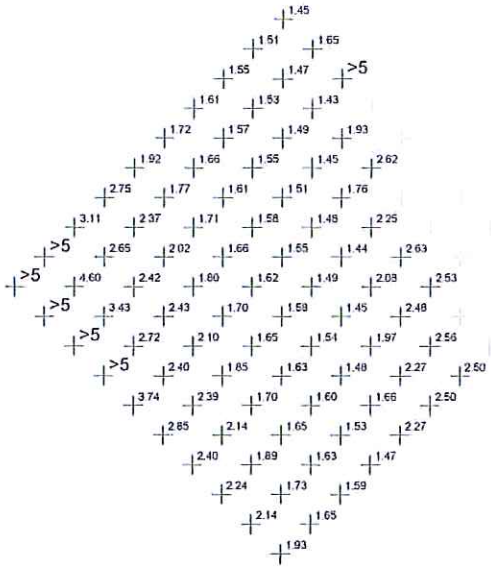
Hoja nº 6

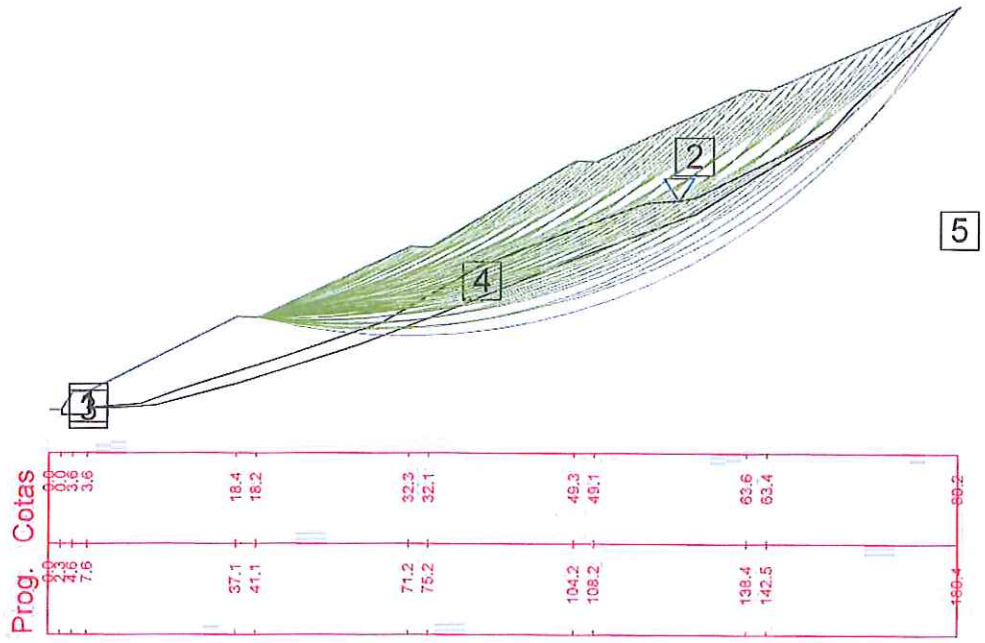
Rotura por Punto "e"
Agua bajo lámina
Escala 1:1500

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma





www.geoandsoft.com

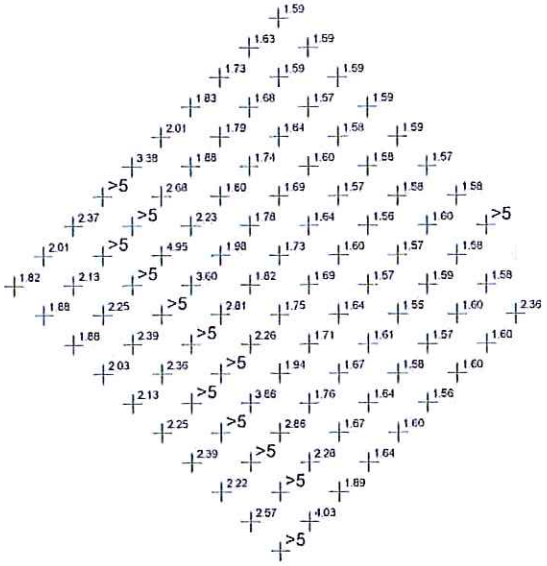
Hoja nº 7

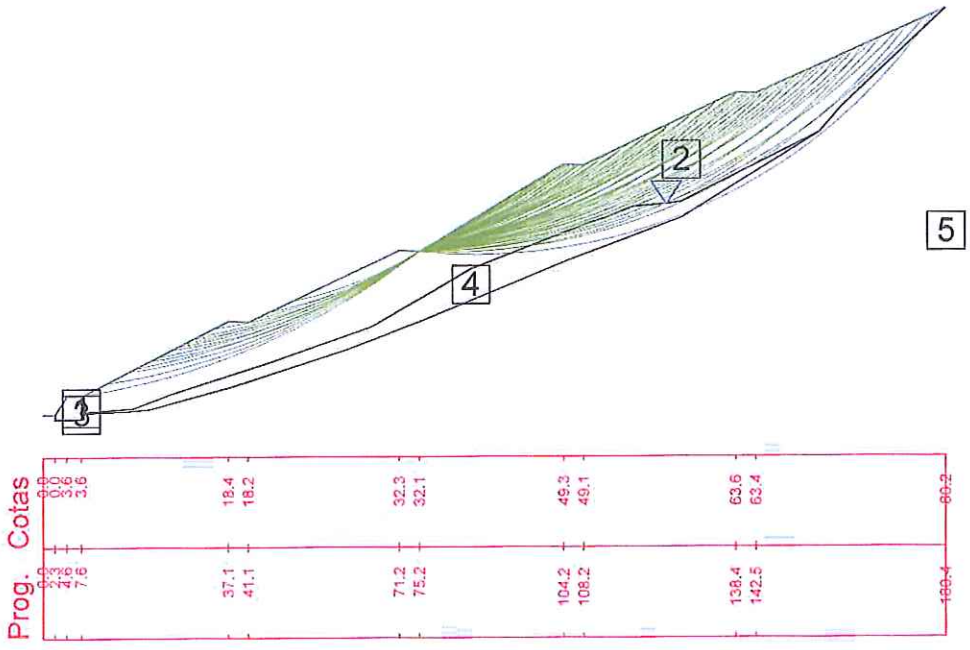
Rotura por Punto "f"
Agua bajo lámina
Escala 1:1500

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma





www.geoandsoft.com

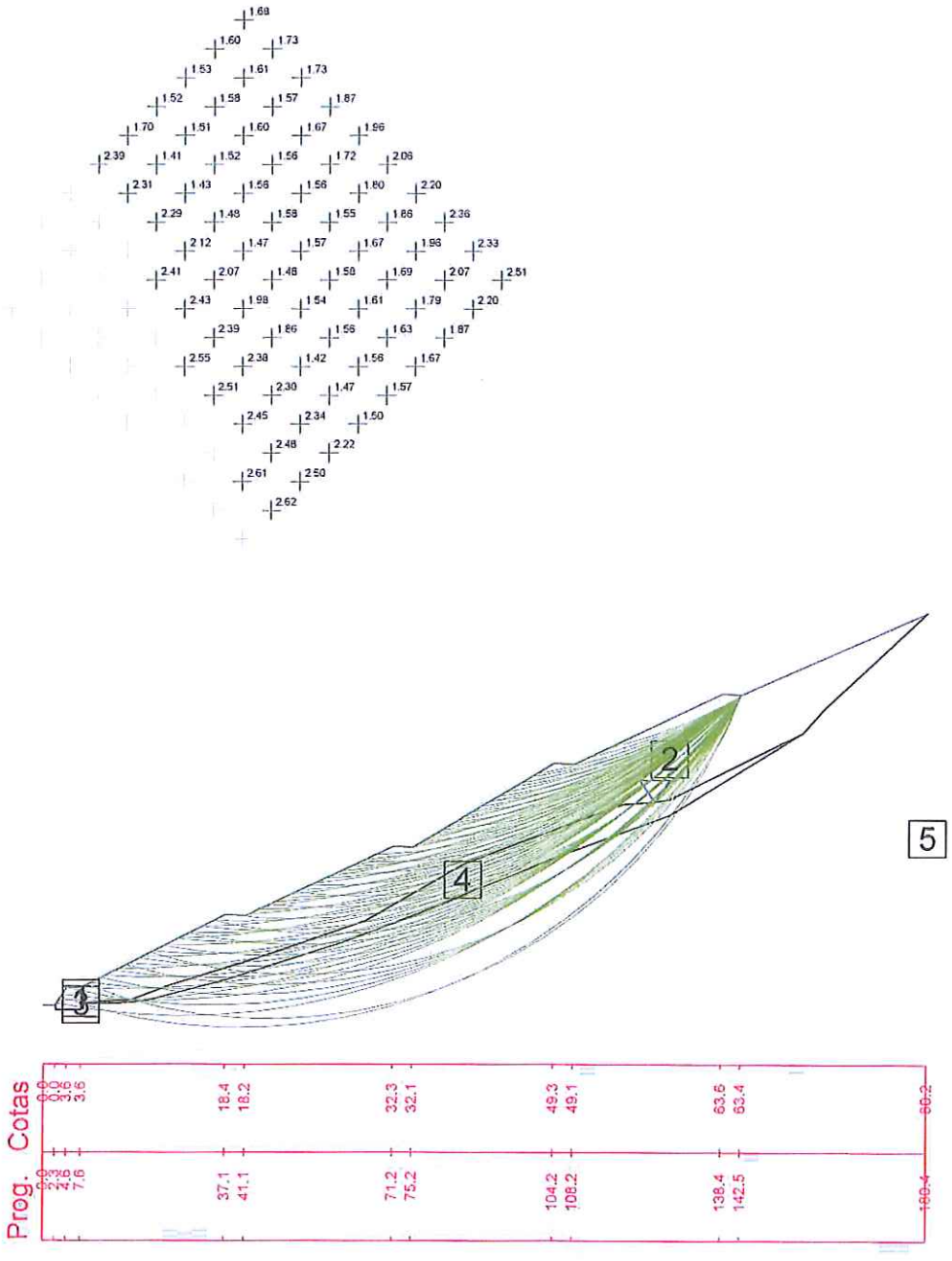
Hoja nº 8

Rotura por Punto "g"
Agua bajo lámina
Escala 1:1500

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma

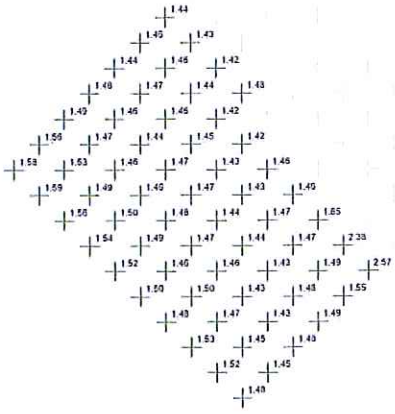


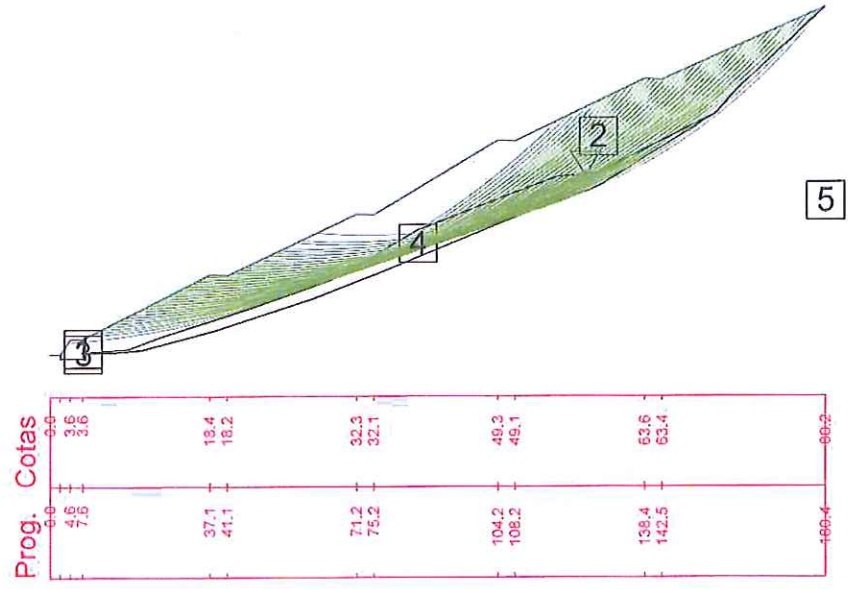
www.geoandsoft.com

Hoja nº 9
Rotura por Tg X
Agua bajo lámina
Escala 1:1750

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma





www.geoandsoft.com

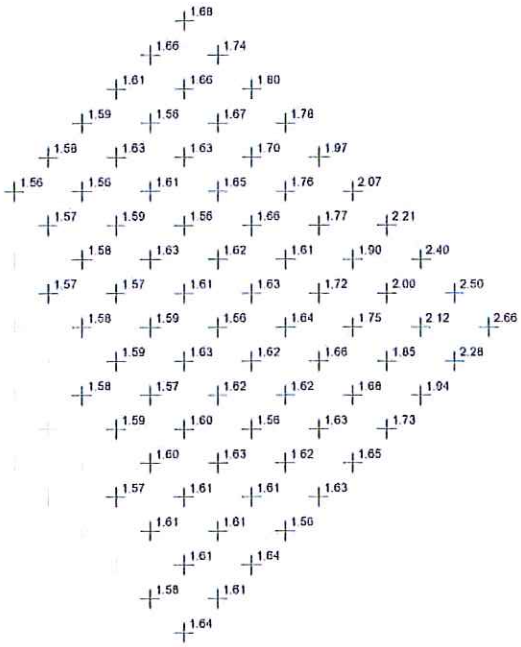
Hoja nº 10

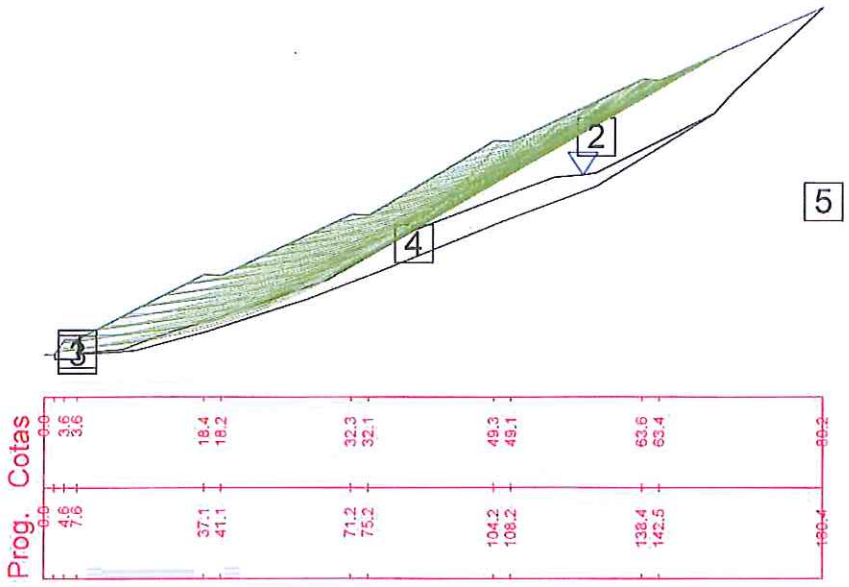
Rotura por Tg Y
Agua bajo lámina
Escala 1:1750

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma



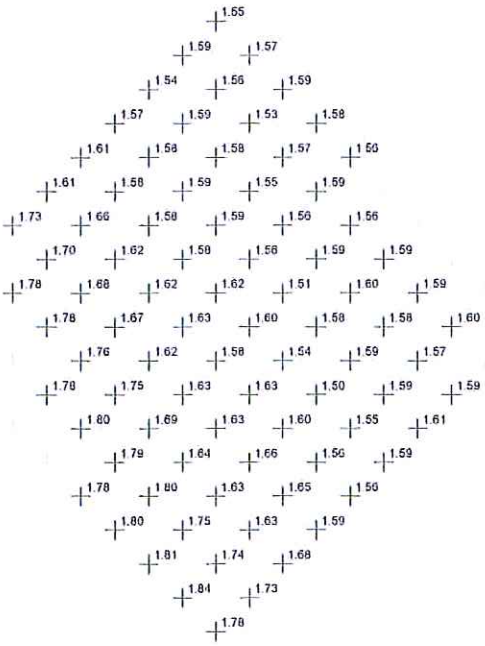


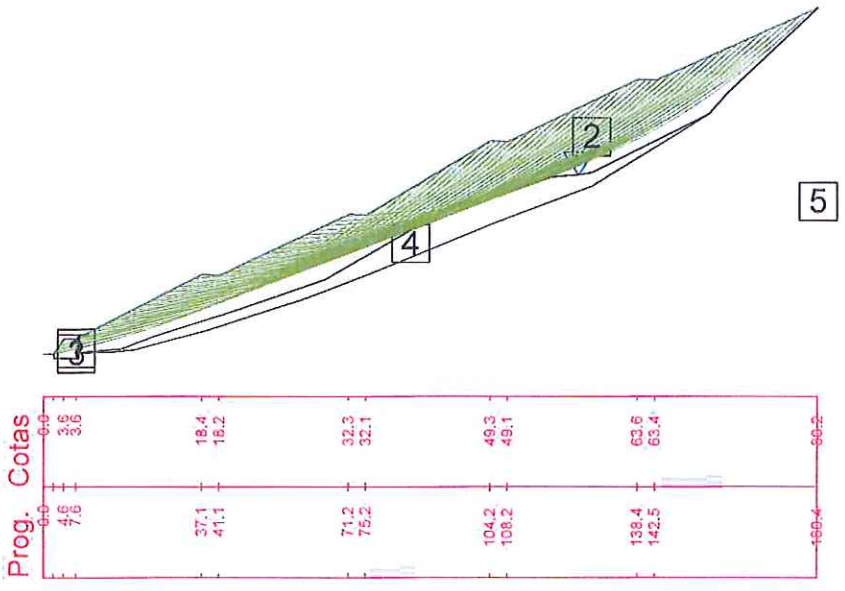
www.geoandsoft.com

Hoja nº 11
Rotura por Tg Z
Agua bajo lámina
Escala 1:1750

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



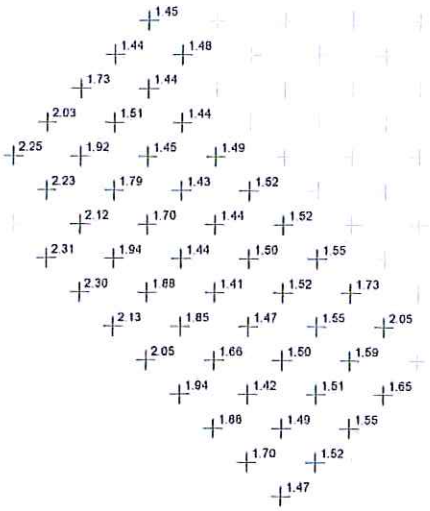


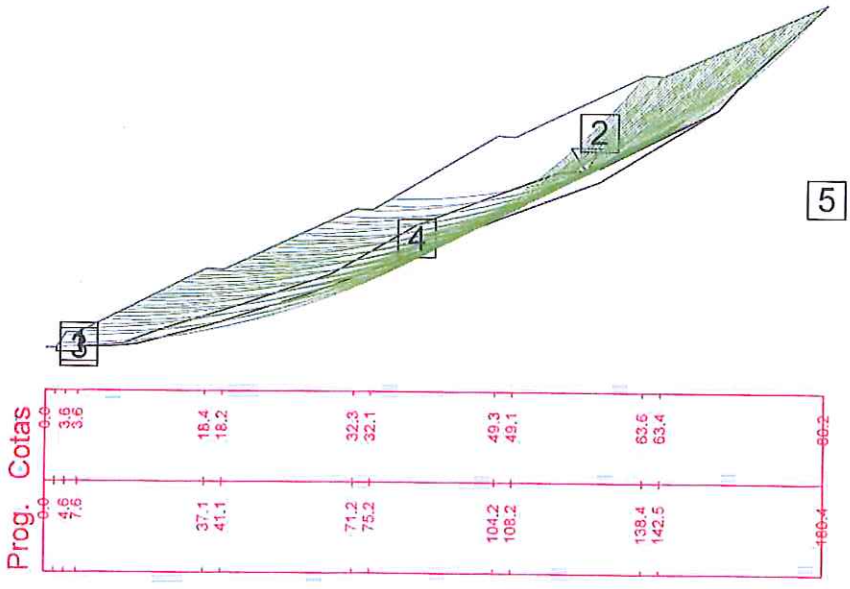
www.geoandsoft.com

Hoja nº 12
Rotura por Tg W
Agua bajo lámina
Escala 1:1750

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



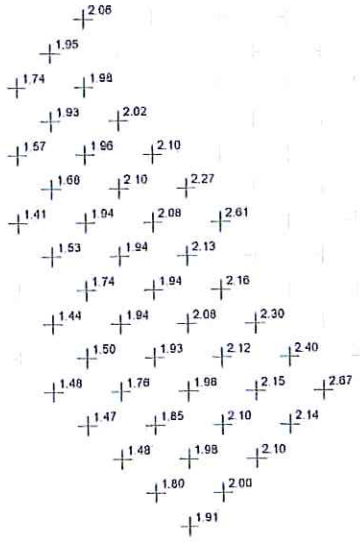


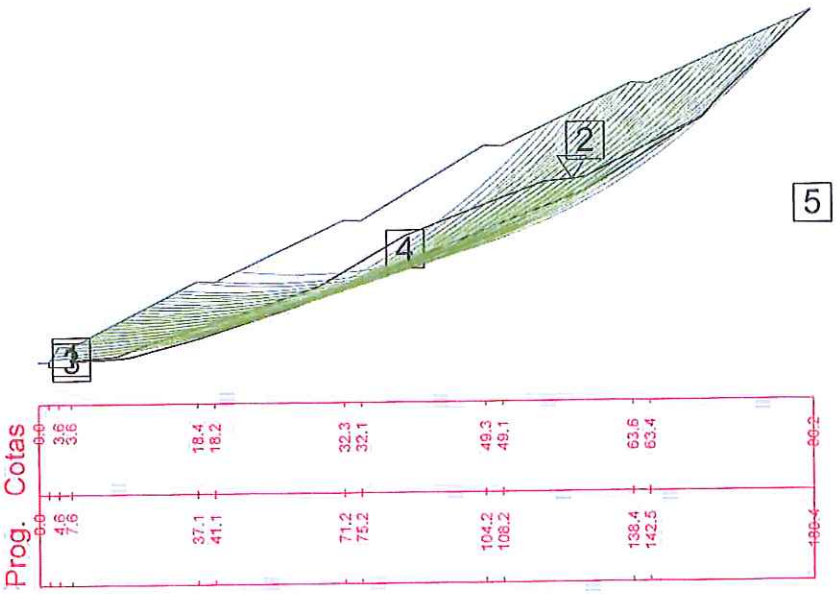
www.geoandsoft.com

Hoja nº 13
Rotura por Tg A
Agua bajo lámina
Escala 1:1750

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



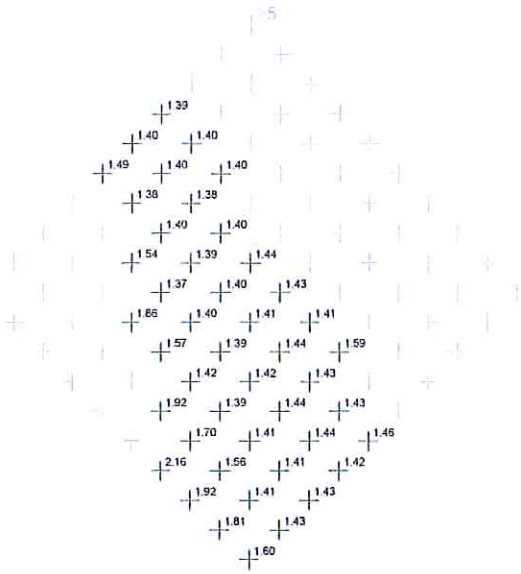


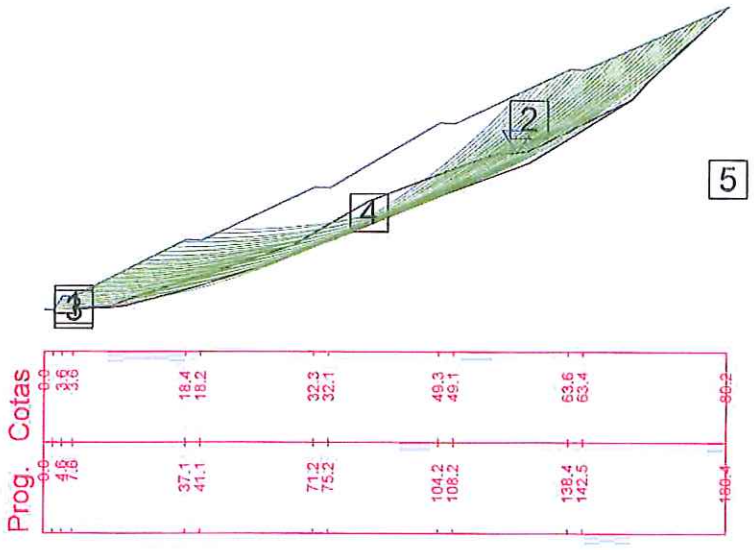
www.geoandsoft.com

Hoja nº 14
Rotura por Tg B
Agua bajo lámina
Escala 1:2000

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



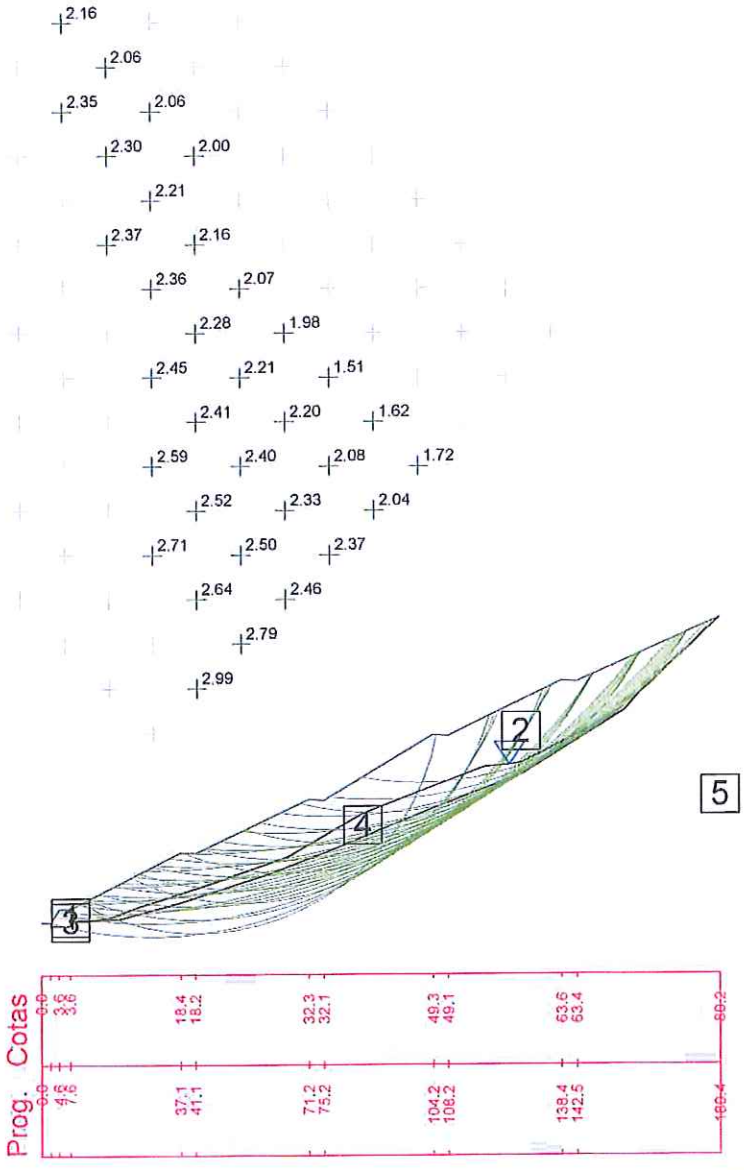


www.geoandsoft.com

Hoja nº 15
Rotura por Tg C
Agua bajo lámina
Escala 1:2000

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



www.geoandsoft.com

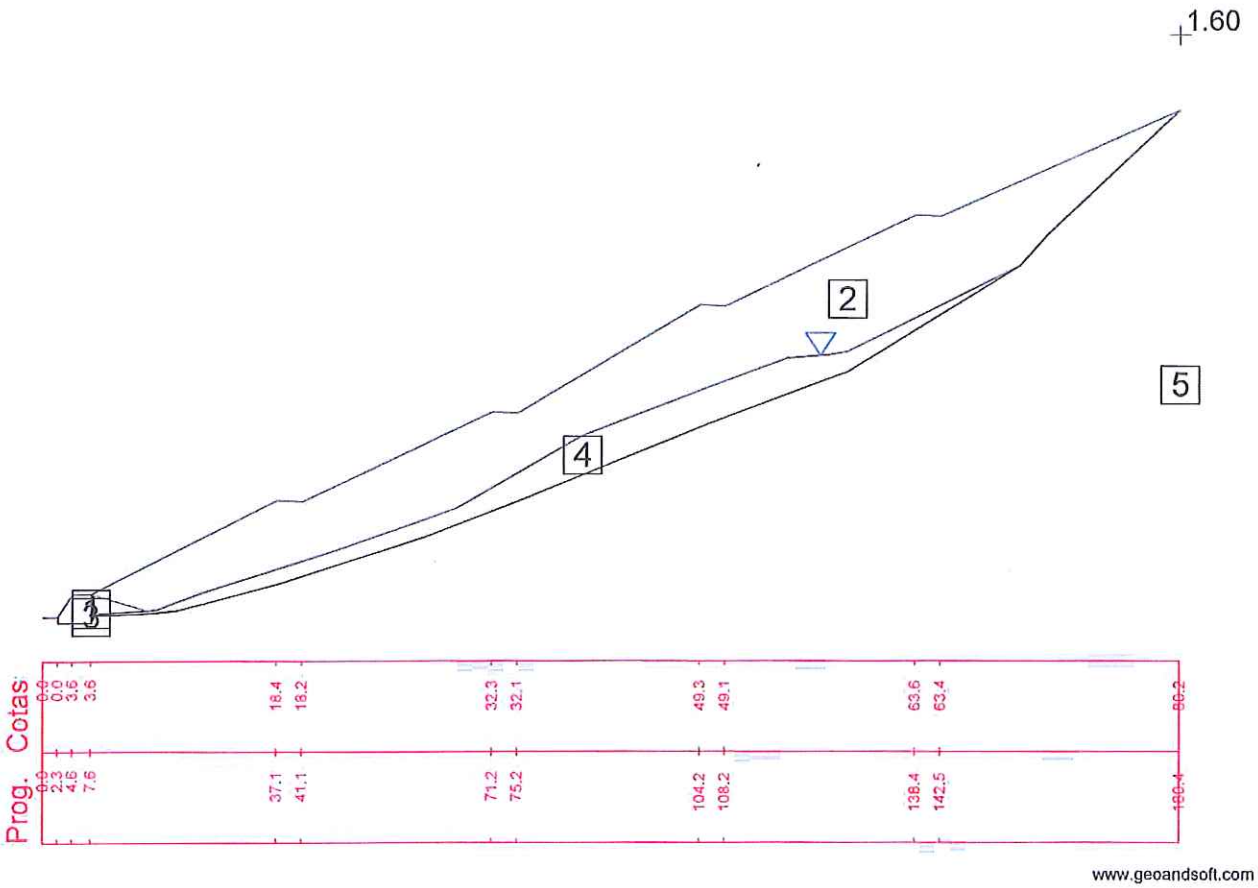
Hoja nº 16

Deslizamiento sobre la lámina
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10

Método: Sarma



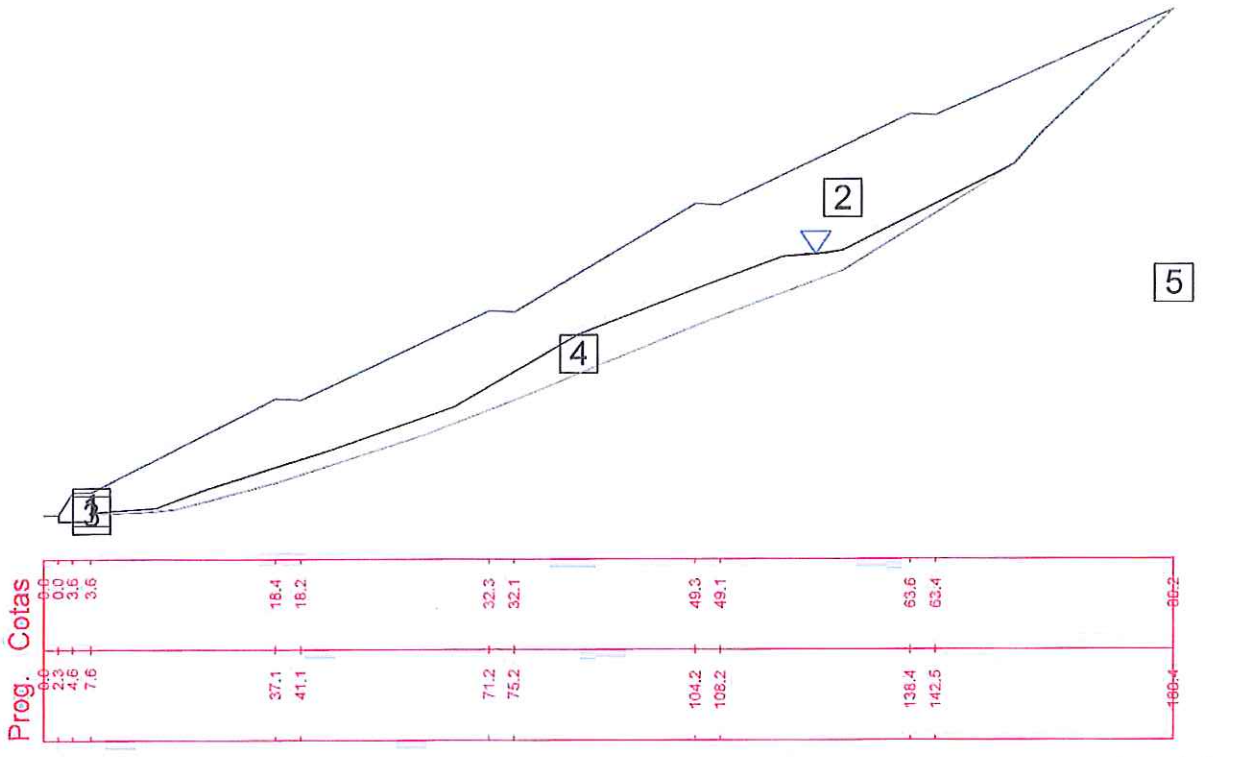
www.geoandsoft.com

Hoja nº 17
Deslizamiento sobre la Roca
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma

1.26



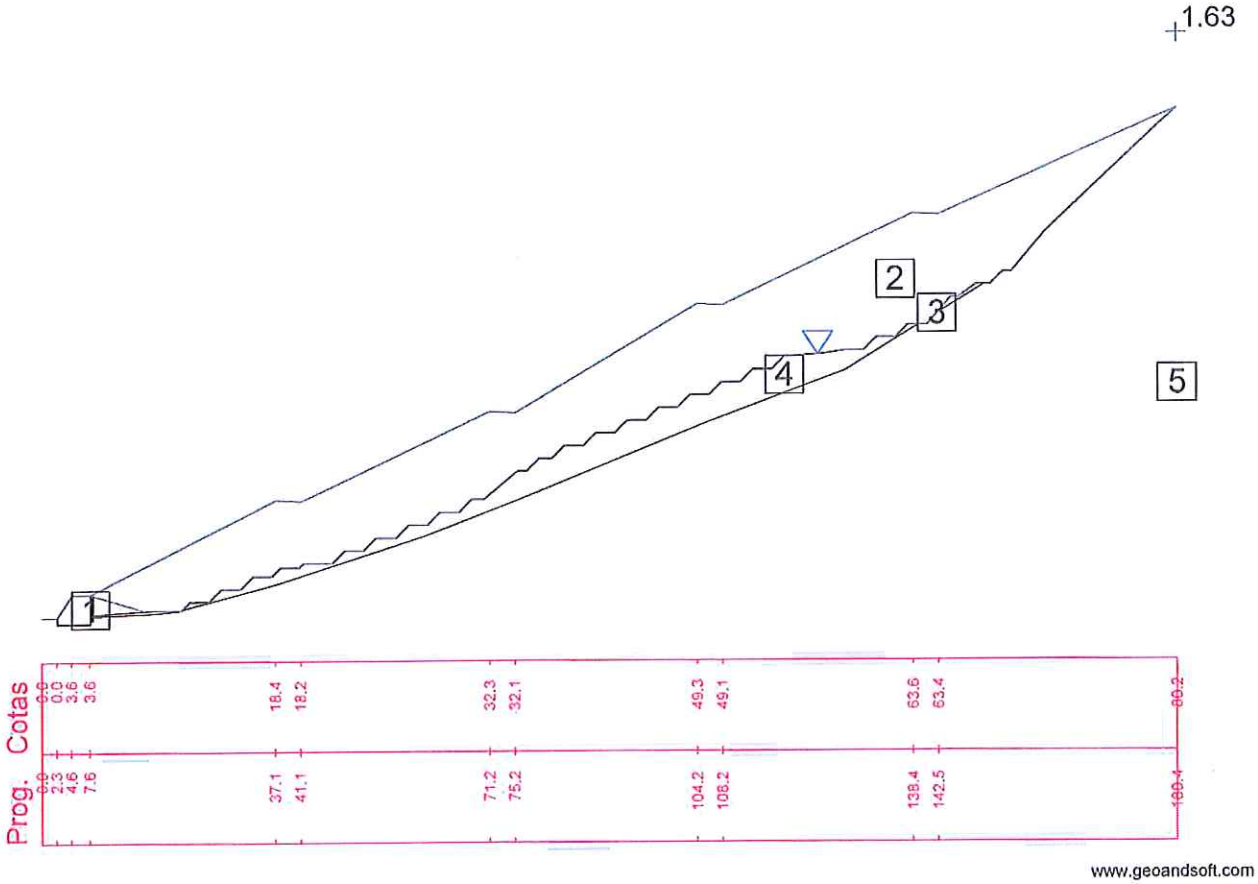
www.geoandsoft.com

Hoja nº 18

Deslizamiento por la lámina escalonada
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotípo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotípo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotípo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotípo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



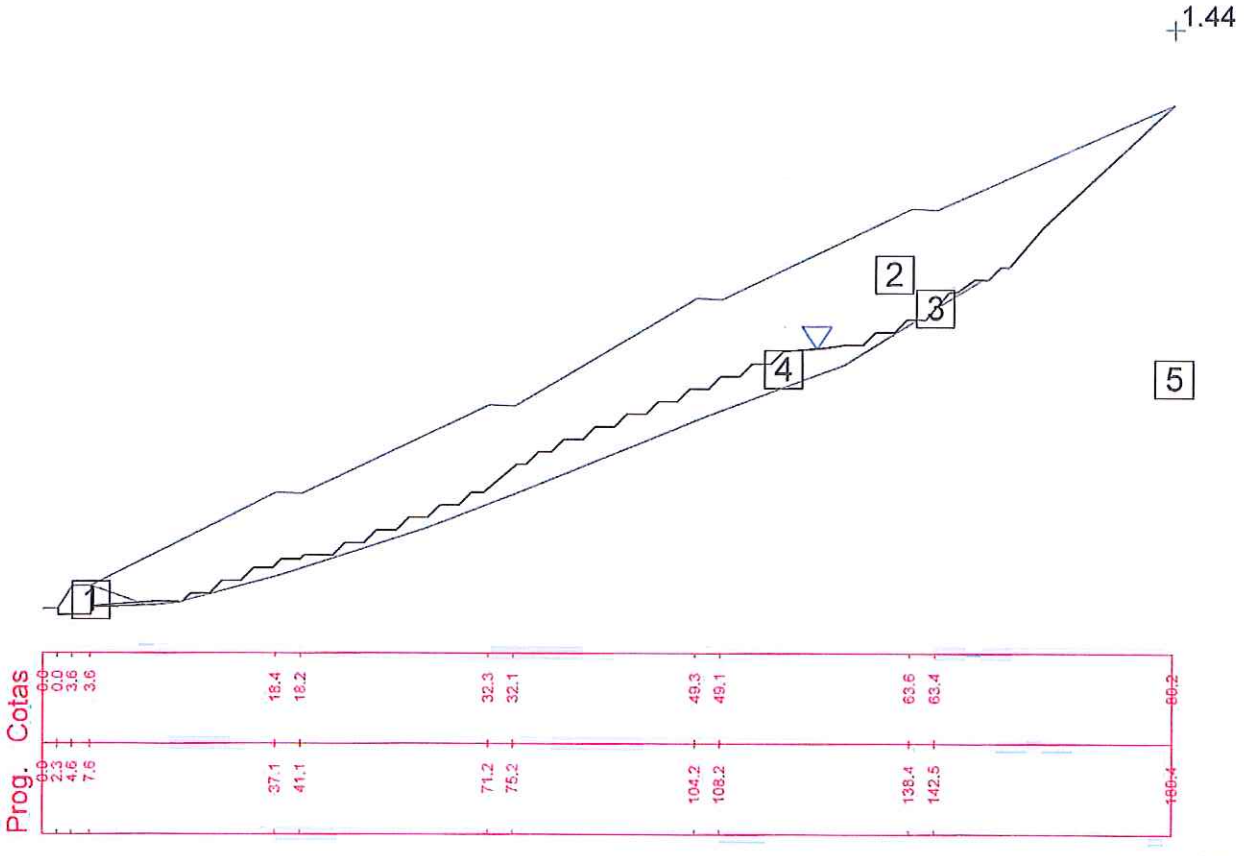
www.geoandsoft.com

Hoja nº 19

Deslizamiento por la roca con escalonamiento
Agua bajo lámina
Escala 1:1200

Litotipo 1:	phi [°] = 35	c [kN/m²] = 50	gama [kN/m³] = 22
Litotipo 2:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 3:	phi [°] = 25	c [kN/m²] = 0	gama [kN/m³] = 15
Litotipo 4:	phi [°] = 30	c [kN/m²] = 10	gama [kN/m³] = 18
Litotipo 5:	phi [°] = 45	c [kN/m²] = 100	gama [kN/m³] = 26

Gama agua [kN/m³] =10
Método: Sarma



www.geoandsoft.com

ANEXO 2

CALCULOS HIDRÁULICOS Y DE PERMEABILIDAD

CÁLCULOS HIDRAÚLICOS

1. CAUDAL DE CÁLCULO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Siguiendo el método de cálculo definido en la "Instrucción de carreteras 5.2. – 1C Drenaje Superficial" y a partir de los datos recibidos de la dirección de Meteorología y Climatología del Departamento de Transportes y Obras Públicas del Gobierno Vasco en el observatorio de Mundaka, la precipitación máxima diaria para un periodo de retorno de 500 años = 377 mm, se obtienen los siguientes resultados:

1.2. Áreas de escorrentía :

(Ver plano Áreas de Escorrentía).

A continuación se presentan los resultados calculados a partir del periodo de retorno de 500 años.

ZONA	RECORRIDO		T_C	I_T	COEF. ESCORRENTÍA				AREA	$Q_{cálculo}$
	L (Km)	*J (m/m)*	*(h)*	*(mm/h)*	*P inicial*	*C. Corr.*	P_0	Coefic.	(Ha)	(m^3/seg)
E-1	0,056	0,36	0,23	300,04	22	2	44	0,62	0,573	0,358
E-2	0,132	0,30	0,27	281,28	22	2	44	0,62	1,708	0,999
E-3	0,056	0,49	0,19	329,47	22	2	44	0,62	0,259	0,178
E-4	0,081	0,50	0,12	407,42	22	2	44	0,62	0,332	0,282
IN-1	0,025	0,50	0,08	480,06	9	2	18	0,86	0,156	0,214
IN-1'	0,033	0,39	0,09	460,54	9	2	18	0,86	0,307	0,405
IN-2	0,033	0,42	0,09	460,54	9	2	18	0,86	0,268	0,353
IN-3	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,055	0,073
IN-4	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,049	0,065
IN-5	0,030	0,50	0,08	502,36	9	2	18	0,86	0,443	0,637
IN-6	0,025	0,52	0,08	480,06	9	2	18	0,86	0,339	0,466
IN-7	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,060	0,080
IN-8	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,041	0,054
IN-9	0,022	0,47	0,08	480,06	9	2	18	0,86	0,110	0,151
IN-10	0,030	0,52	0,08	502,36	9	2	18	0,86	0,490	0,705
IN-11	0,025	0,58	0,07	514,79	9	2	18	0,86	0,323	0,475
IN-12	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,066	0,089

IN-13	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,061	0,081
IN-14	0,030	0,52	0,08	502,36	9	2	18	0,86	0,549	0,789
IN-15	0,027	0,52	0,09	469,99	9	2	18	0,86	0,466	0,628
IN-16	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,072	0,096
IN-17	0,004	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,054	0,072
IN-18	0,038	0,50	0,09	460,54	9	2	18	0,86	0,623	0,822
IN-19	0,040	0,43	0,10	451,65	9	2	18	0,86	0,473	0,612
IN-20	0,005	0,05	0,07	514,79	13	2	26	0,78	0,018	0,024
IN-21	0,013	0,10	0,08	502,36	13	2	26	0,78	0,067	0,088
TOTAL EXT:									**2,873**	**1,816**
TOTAL INT:									**5,087**	**6,977**
TOTAL:									**7,960**	**8,793**

- L (Km) = Longitud cuenca.
- J (m/m) = Pendiente cuenca.
- t_c (h) = Tiempo de concentración. Se han calculado para circulación difusa por ladera, sin cauce definido. En las cuencas exteriores se ha considerado una vegetación media de monte bajo o bosque.
- I_t (mm/h) = Intensidad media para t_c con periodo de retorno de 500 años.
- P inicial = Umbral de escorrentía. Se ha dado el valor correspondiente a zonas de monte bajo en sustrato arcillo-limoso para las áreas de escorrentía exteriores; mientras que para las interiores se ha adoptado el valor correspondiente a zonas de pradera de suelo arcillo-limoso (tipo D) bien drenado y con pendiente superior al 3%, excepto en las zonas de bermas (IN-3, IN-4, IN-7, IN-8, IN-2, IN-13, IN-16, IN-17), que se ha tomado como medianamente drenado, ya que su pendiente es menor, con lo que sus características disminuyen.
- C.corr. = Coeficiente corrector.
- P_o = Umbral escorrentía corregido.
- Coefic.= Coeficiente de escorrentía para periodo de retorno de 500 años.

- $Q_{cálculo}$ = Caudal de cálculo para un periodo de retorno de 500 años

2. DIMENSIONAMIENTO HIDRAÚLICO

El caudal de desagüe de los canales es igual a:

$$Q = SR^{2/3} J^{1/2} KU$$

S (m²) =	Sección del canal
R (m) =	Radio hidráulico = sección / perímetro mojado
J (m/m) =	Pendiente hidráulica
K =	Coeficiente de la rugosidad, en función del material del canal.
U =	Factor de conversión de unidades, en este caso U = 1 para m³/s

Los distintos canales, tuberías y bajantes se representan en la tabla siguiente:

CANAL TIPO	CARACTERÍSTICAS
A	Canal triangular hormigón(perimetral)
B	Canal triangular hormigón + Lámina (bermas)
C	Caño bajo pista con tubería PE
E	Bajante escalonada "in situ"

Con el fin de situarse siempre al lado de la seguridad se dimensionan las distintas obras de drenaje para el caudal de cálculo hallado con un periodo de retorno de 500 años.

Las características de los canales y tuberías se representan en la tabla siguiente:

TRAMO	TIPO	A (m)	B / $Ø_{int}$ (m)	C / $Ø_{ext}$ (m)	Material	K	Sección (m^2)	Per. Moj. (m)	Rad hidr. (m)
1-1' 1-1'' 10'-11 **6-11**	A1	0	0,45	0,9	Hormigón	52,5	0,2	1,27	0,16
7'-8 **8'-8''** 5'-6	A2	0	0,6	1,2	Hormigón	52,5	0,36	1,69	0,21
12-7 12-2 13-8 13-3 14-9 14-14' 15-10 15-5	B	0	0,6	1,2	Hormigón	50	0,36	1,69	0,21
3'-3''	C	-	0,81	0,88	PVC	90	0,51	2,54	0,20

- A = Base.
- B = Altura.
- C = Base superior.
- $Ø_{int}$ = Diámetro interior
- $Ø_{ext}$ = Diámetro exterior

(Ver Detalles)

2.1. Caudales evacuados:

TRAMO	Tipo	Pendiente (%)	Q EVACUADO (m^3/s)	Veloc. med (m/s)	Q_{500} (m^3/s)	ÁREAS
6-11	A1	2	0,441	2,92	0,405	**IN 1'**
8'-8"	A2	8	2,201	5,46	2,025	**1/2IN 9 + IN12+IN 14+ IN 16+ IN18+ IN20+ IN21**
12-7	B	3	1,164	3,23	1,029	**IN 16+ IN18+ IN20+ IN21**
3'-3" **10'-10"**	C	5	3,57	-	3,52	**IN3+IN5+ IN7+IN9+IN10+ IN12+IN14+IN16+ IN18+IN20+IN21**

Para simplificar la exposición de los cálculos realizados para elementos de iguales características, y facilitar su construcción, se han considerado las condiciones más desfavorables respecto a la pendiente y el caudal de cálculo máximo para cada caso. Por lo tanto, estos sistemas de drenaje quedan suficientemente dimensionados ya que se han tomado los valores críticos. En la tabla anterior los casos más críticos han sido evidenciados en negrita.

En cuanto a los pasos bajo pista, se utilizará una tubería de PE ciega, revestido de hormigón, de 800 mm de diámetro externo. (ver detalle)

Para el diseño de los canales trapezoidales en roca con resaltes, se recomienda simplificar su construcción sobre las normas BAT Normas Técnicas para las Carreteras de Bizkaia, y concretamente el capítulo de drenaje.

Las características de las dichas bajantes o canales con resaltos se representan en la siguiente tabla: (Ver Detalles)

TRAMO	TIPO	A (m)	q ($m^3/s/m$)	h_c (m)	v_c (m)	h (m)	1/T	L (m)	h' (m)	R (m)	Q (m^3/s)
Bajantes del borde Oeste											
1'-7	E1	0,74	0,16	0,14	1,16	0,200	0,405	0,493	0,069	0,3	0,119
7-7'	E2	1,53	0,75	0,39	1,95	1,100	0,680	1,617	0,193	0,3	1,148
8-8'	E3	1	1,88	0,71	2,64	0,670	0,254	2,640	0,355	0,3	1,875
8'-8''	E4	1,5	1,35	0,57	2,37	0,700	0,345	2,029	0,285	0,3	2,025
9-10	E5	1,9	1,48	0,61	2,44	1,100	0,491	2,238	0,303	0,3	2,810
10-10'	E6	2,5	1,41	0,59	2,40	1,460	0,621	2,351	0,294	0,3	3,520
Bajantes del borde Este											
1''-2	E7	1	1,36	0,57	2,37	0,460	0,202	2,278	0,286	0,3	1,357
2-3	E8	1,5	1,48	0,61	2,44	0,700	0,323	2,165	0,303	0,3	2,219
3-3'	E9	1,55	2,08	0,76	2,73	1,000	0,370	2,703	0,380	0,3	3,210
4-5	E10	0,75	0,71	0,37	1,91	0,300	0,204	1,469	0,185	0,3	0,530
5-5'	E11	1	1,06	0,49	2,18	0,700	0,404	1,735	0,243	0,3	1,061

A = Ancho canal.

q = Caudal unitario.

h_c = Altura crítica.

v_c = Velocidad crítica.

h = Altura del salto.

1/T = Pendiente.

L = longitud del escalón.

h' = Umbral del escalón.

r = Resguardo.

Q = Caudal a evacuar.

La longitud calculada debe considerarse como mínima.

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Para determinar la permeabilidad del sustrato se han realizado ensayos de permeabilidad en los sondeos 3 y 4. El sondeo 2 ya había sido equipado como piezómetro.

Los ensayos realizados han sido de tipo Lefranc. La pérdida del fluido de perforación y el lavado de los testigos indicaban que no se podría realizar un ensayo con obturadores, aunque fuera a baja presión, por lo que se optó por ese método.

ENSAYOS TIPO LEFRANC.-

Los ensayos tipo Lefranc, se han realizado según los métodos y fórmulas obtenidos de la siguiente bibliografía:

LAMBE. (Mecánica de suelos. Limusa). 1998. (Métodos de Hvorslev)

La fórmula utilizada es la del caso C, para carga variable (resultaría difícil mantener el nivel constante). El dispositivo consistió en ensayar el fondo del sondeo entubado, subiendo el tubo auxiliar tres metros (según los casos) para dejar el tramo final del sondeo abierto.

$$K_m = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \ln {H_1}/{H_2}}{11 \cdot D \cdot (t_2 - t_1)}$$

K =Coeficiente de permeabilidad medio en cm/s. (se transforma a m/s)
D = Diámetro del pozo en el tramo ensayado (cm).
d = Diámetro del tubo superior (cm).
H_1 = Carga piezométrica para t_1 (cm).
H_2 = Carga piezométrica para t_2 (cm).

Este dispositivo teórico únicamente tiene en consideración como superficie de ensayo la base abierta, cuando en realidad abarca toda la superficie del sondeo de los últimos 2-3 metros de ensayo. Por este motivo los resultados que se obtienen son muy conservadores. Se estima en un tercio del valor real.

COMENTARIOS

En el caso del sondeo 3, los testigos que se habían extraído indicaban una recuperación del orden del 50%. Esto significa que ha sido muy lavado, por lo que fue necesario llenarlo varias veces de agua hasta saturar el terreno. (el sondeo se había terminado varias horas antes del ensayo). El diámetro de la perforación se ha estimado, de forma muy conservadora, porque el diámetro real del ensayo será mayor (D), por lo que la permeabilidad obtenida es un mínimo.

En este sondeo 3, solo se pudo ensayar en los últimos metros, aunque si resulta posible el llenado del sondeo hasta la boca. Debido a la escasa recuperación, no se puede tener certeza de la profundidad a la que entra en roca natural.

En el caso del sondeo 4, sin embargo se encuentra encima de rellenos de heterogéneos de construcción y a pesar de que recuperación es del orden del 95%, solo es posible ensayar los metros finales ubicados en roca natural sana.

Los resultados de ambos ensayos son congruentes teniendo en cuenta los comentarios anteriores.

Se ha realizado un ensayo más, en el sondeo 5, entre los metros 7,60 y 8,50, con similares resultados que el ensayo del sondeo 4.

Solo se ha podido caracterizar las areniscas.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Sondeo 3. Ensayo 5

Fecha de realización: 27/03/2007

Tramo ensayado: de 11,80m a 14,20m

d (cm) = 4,8

D (cm) = 5,5

T (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	fin
T (seg)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690	720	750	780	810	840	
n (m)	0	1,3	2,25	3,1	3,9	4,7	5,4	5,95	6,7	7,25	7,7	8,3	8,75	9,25	9,6	10,15	10,35	10,7	10,95	11,25	11,55	11,8	12	12,2	12,35	12,5	12,65	12,75	12,85	12,95
n (cm)	0	130	225	310	390	470	540	595	670	725	770	830	875	925	960	1015	1035	1070	1095	1125	1155	1180	1200	1220	1235	1250	1265	1275	1285	

Permeabilidad resultante = K (m/s) < $7{,}19 \times 10^{-6}$

Sondeo 4. Ensayo 1

Fecha de realización: 17/04/2007

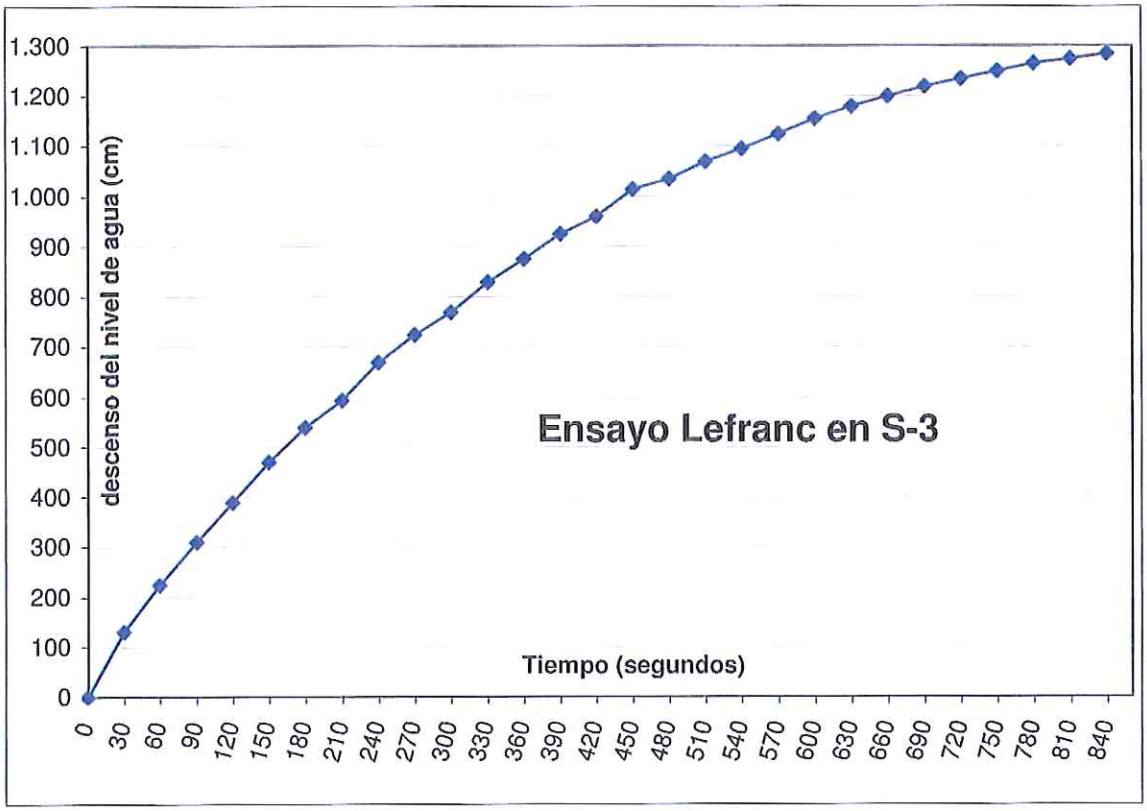
Tramo ensayado: de 13,90m a 17,70m

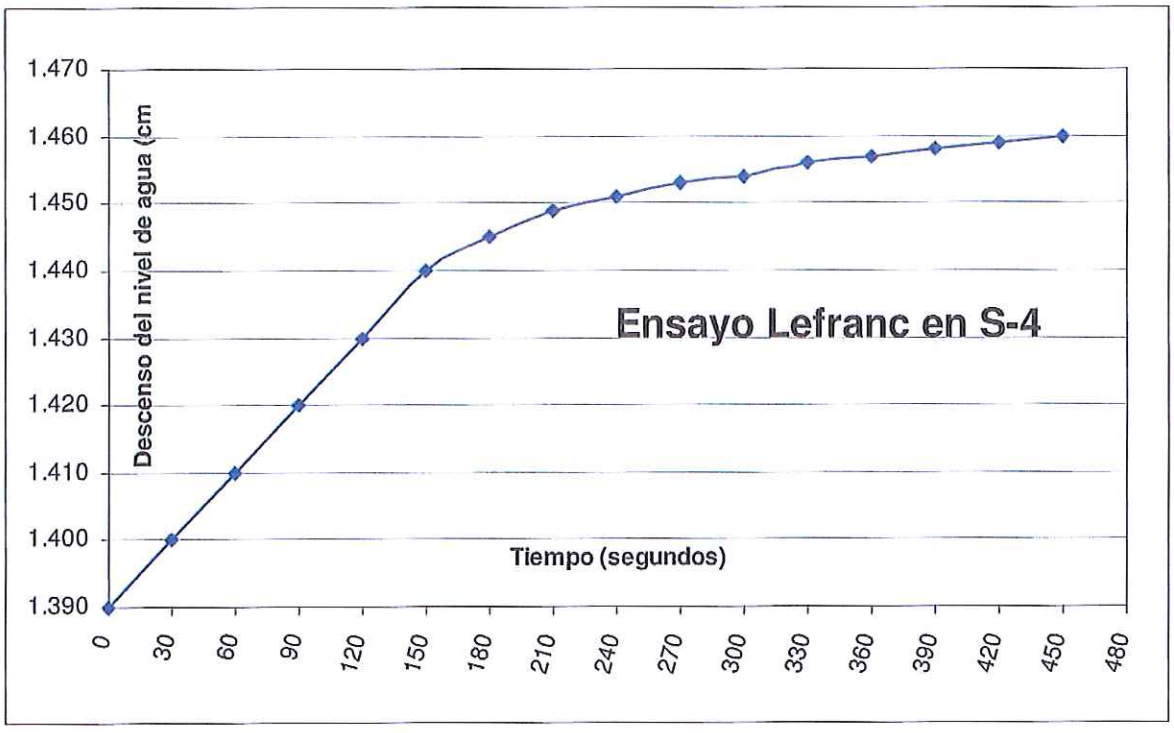
d (cm) = 8,3

D (cm) = 8,6

T (min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	fin
T (seg)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	
n (m)	13,9	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,45	14,49	14,51	14,53	14,54	14,56	14,57	14,58	14,59	14,6	14,6
n (cm)	1390	1400	1410	1420	1430	1440	1445	1449	1451	1453	1454	1456	1457	1458	1459	1460	

Permeabilidad resultante = K (m/s) < $6{,}73 \times 10^{-7}$


descenso del nivel de agua (cm)
Ensayo Lefranc en S-3
Tiempo (segundos)
1.300
1.200
1.100
1.000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720 750 780 810 840

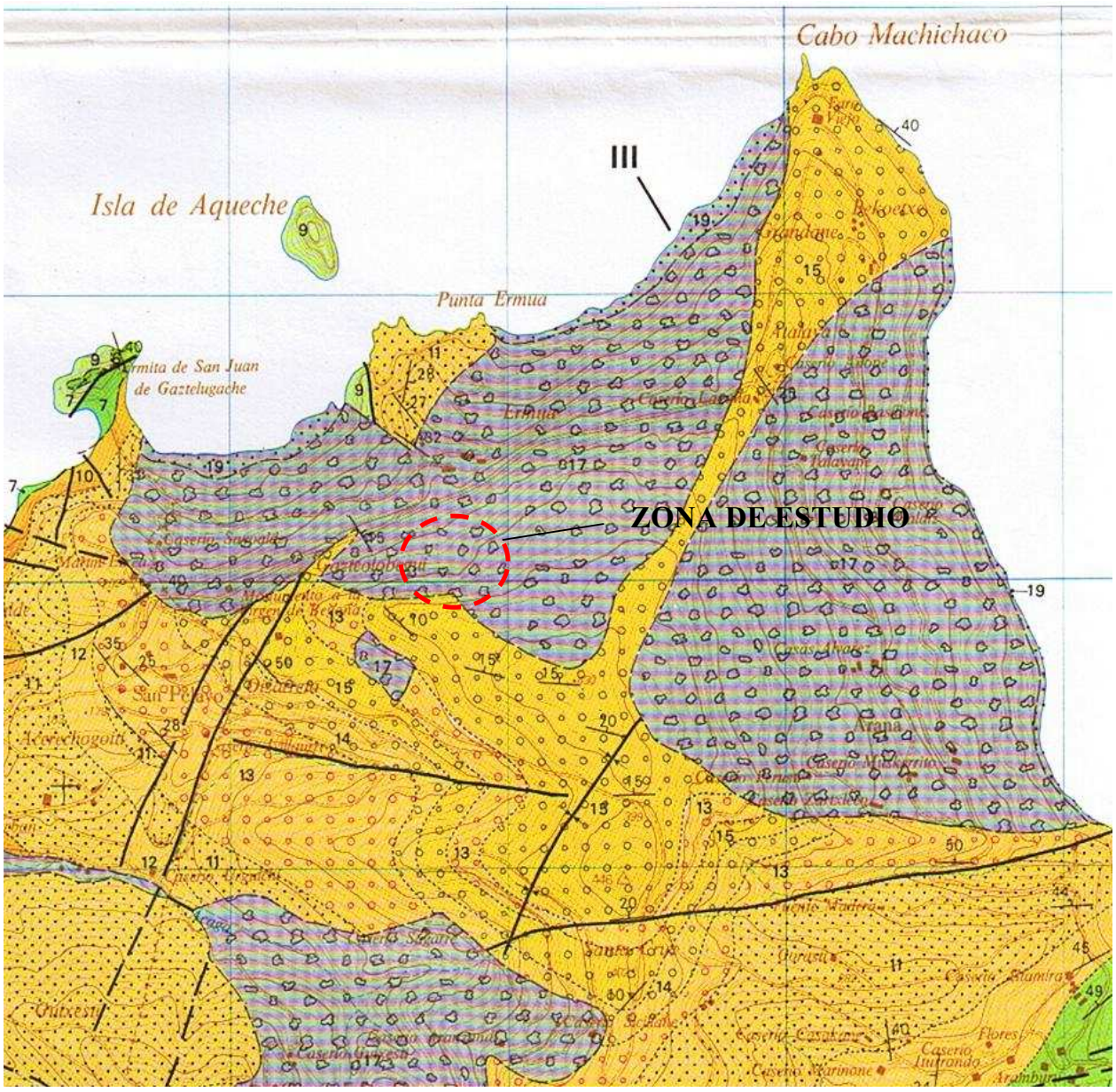

Descenso del nivel de agua (cm
Ensayo Lefranc en S-4
Tiempo (segundos)
1.470
1.460
1.450
1.440
1.430
1.420
1.410
1.400
1.390
0 30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450 480

ANEXO 3

PLANOS

LISTADO DE PLANOS

1.0 GEOLOGIA GENERAL
2.0 GEOLOGIA DE DETALLE
2.1 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA
3.0 AREAS DE ESCORRENTIA EXTERIORES E INTERIORES
4.0 PLANTA GENERAL ESTADO ACTUAL. SITUACION DE PERFILES
5.0 PLANTA DE ESTADO FINAL
6.0 SECCIONES ACTUAL Y FINAL DE RELLENO. P-0 AL P-4.
6.1 SECCIONES ACTUAL Y FINAL DE RELLENO. P-5 AL P-8.
6.2 SECCIONES ACTUAL Y FINAL DE RELLENO. P-9 AL P-10.CUBICACIÓN
6.3 SECCIONES ACTUAL Y FINAL DE RELLENO. PERFILES DE ESTABILIDAD
7.0 DETALLES CONTRUCTIVOS



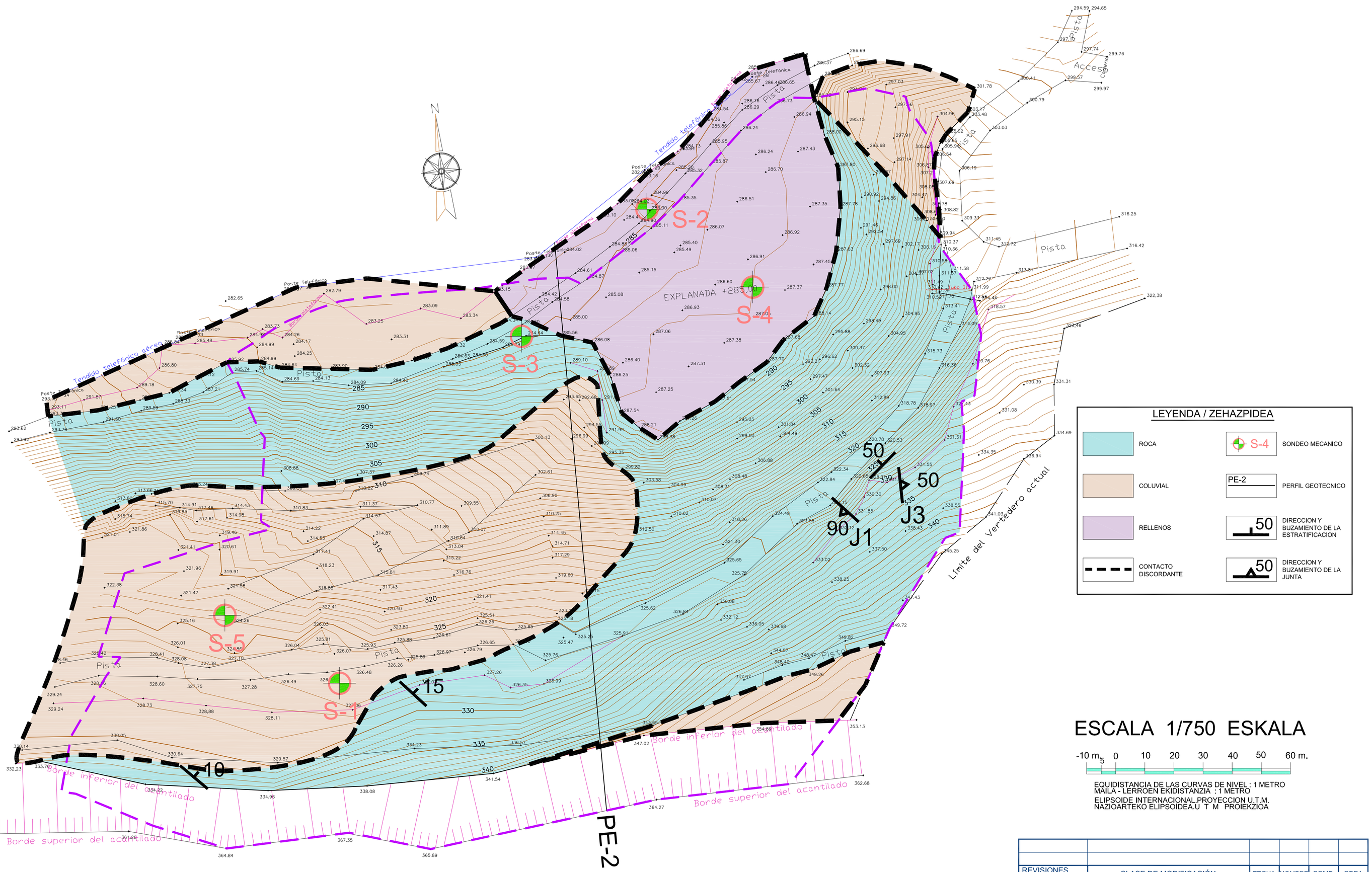
LEYENDA

N

HOJA 38 - I BERMEO

17	Depósitos arenosos estuarinos
15	Fangos estuarios
14	Dunas
13	Depositos aluviales
12	Alternancia de margas, margocalizas y calcarenitas
11	Margas, calizas y calcarenitas con xiles
9	Areniscas y luitas. Niveles de volcanitas
———	Falla
— — —	Falla supuesta
— — — —	Contacto normal
- - - - - - -	Contacto gradual
70	Dirección y valor del buzamiento de la estratificación
25	Estratificación vertical

NorLan Consultoría de servicios S.L.	PROYECTO	REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO - VIZCAYA		
	PLANO	GEOLOGIA GENERAL		
	ESCALA	1:25.000	FECHA : 05 / 07	Plano 1.0



LEYENDA / ZEHAZPIDEA

- ROCA
- COLUVIAL
- RELLENOS
- CONTACTO DISCORDANTE
- S-4 SONDEO MECANICO
- PE-2 PERFIL GEOTECNICO
- 50 DIRECCION Y BUZAMIENTO DE LA ESTRATIFICACION
- 50 DIRECCION Y BUZAMIENTO DE LA JUNTA

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m. -5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-1 : 1/750 A-3 : 1/1.500

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : GEOLOGIA DE DETALLE

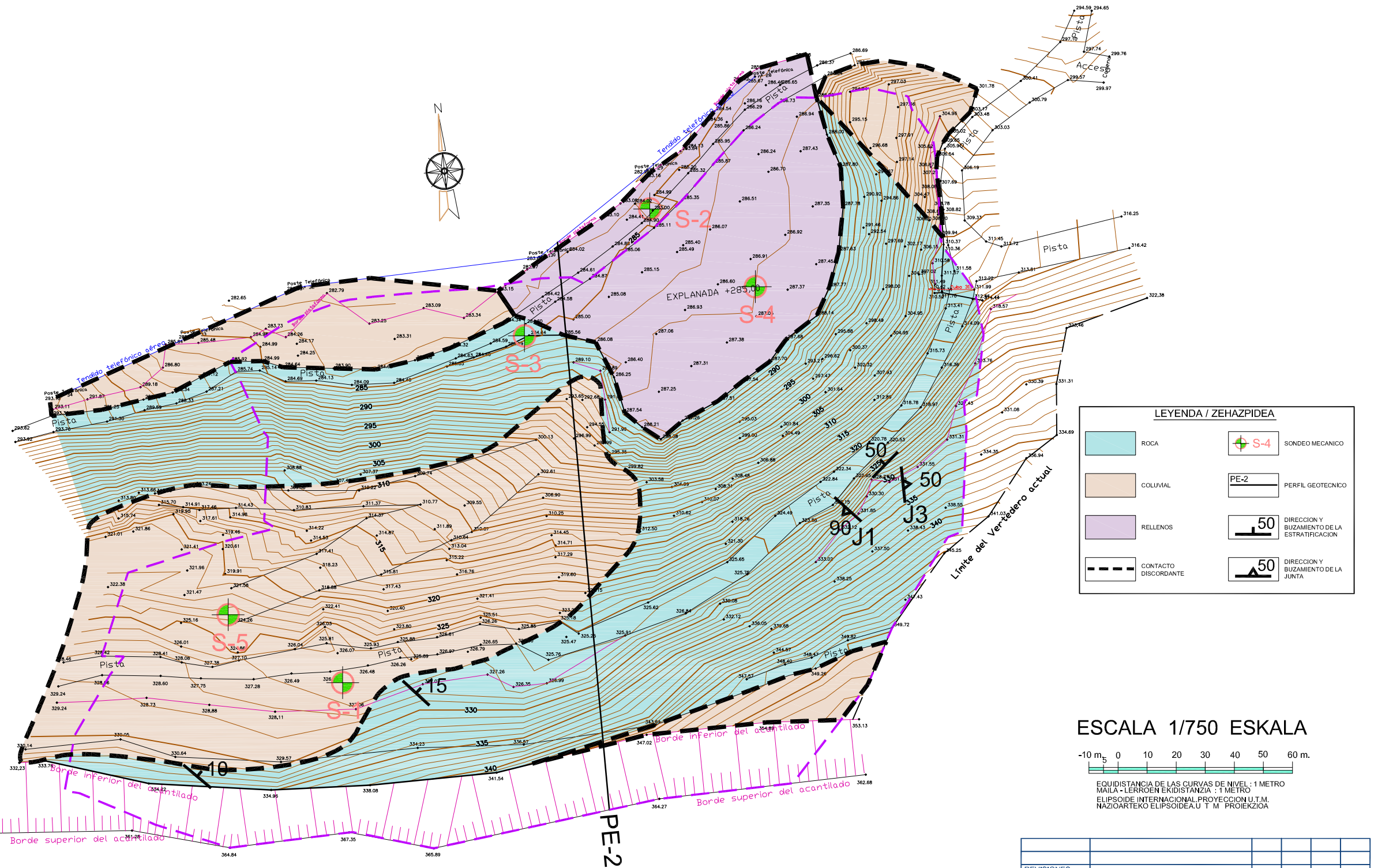
PLANO Nº/ZKIA : 2.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep
48012-Bilbao
Tlfno.: 944431955-Fax: 944215692
e-mail: norlan@norlansl.e.telefonica.net

FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGI-KODEA : 2.0-BERMEO-GEOLOGIA-DET.dwg



LEYENDA / ZEHAZPIDEA

- ROCA
- COLUVIAL
- RELLENOS
- CONTACTO DISCORDANTE
- S-4 SONDEO MECANICO
- PE-2 PERFIL GEOTECNICO
- 50 DIRECCION Y BUZAMIENTO DE LA ESTRATIFICACION
- 50 DIRECCION Y BUZAMIENTO DE LA JUNTA

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m 5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA:U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-1 : 1/750 A-3 : 1/1.500
FECHA|DATA : MAYO 2007
REF.|ERREF. : 153 v
PLANO Nº|ZKIA : 2.0

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

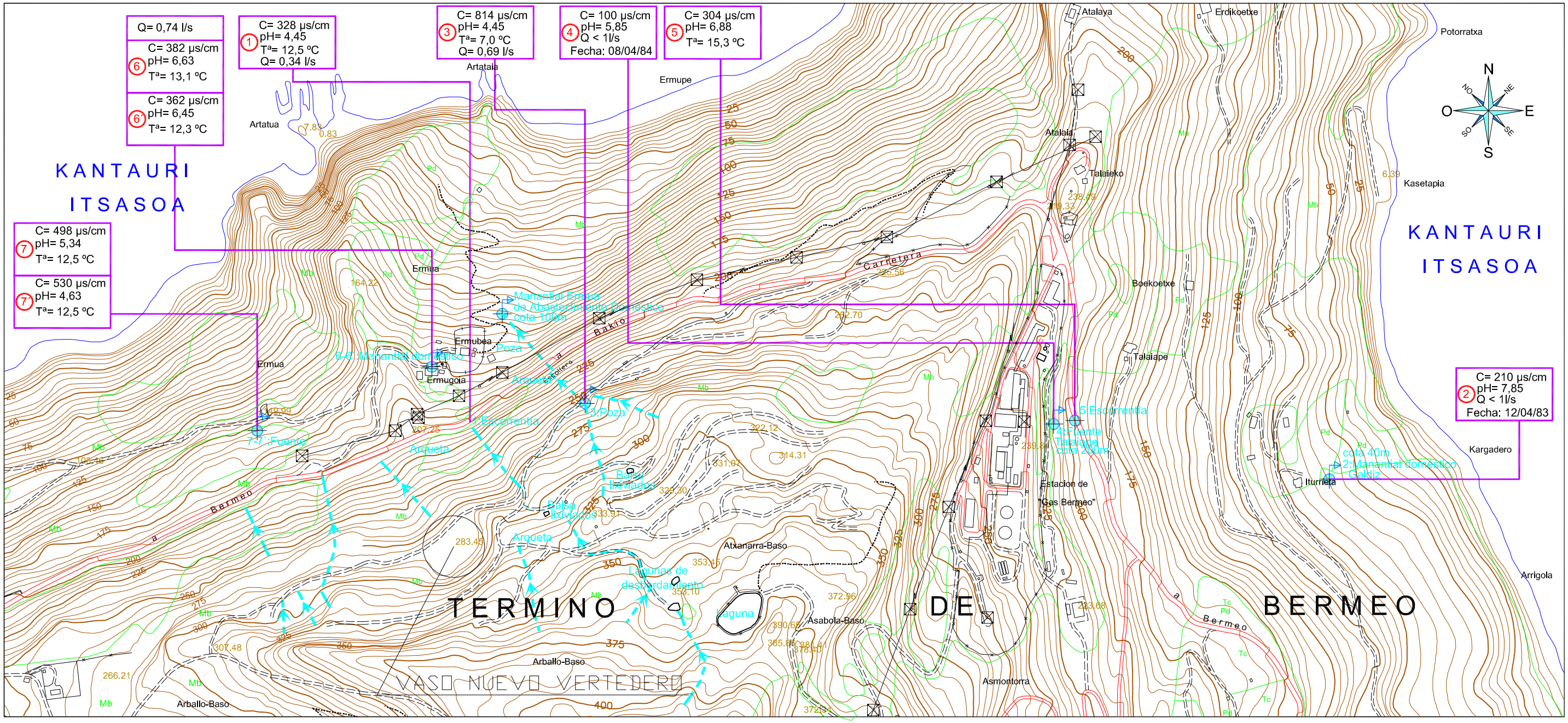
TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
GEOLOGIA DE DETALLE

AUTOR DEL PROYECTO | PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep 48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@norlan4.e.telefonica.net

FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN | DELINEAZIOA : DELKOP

CODIGO FICHERO | TITATEGI-KODEA : 2-0-BERMEO-GEOLOGIA-DET.dwg



ESCALA 1/7.500 ESKALA

-100 m. 50 0 100 200 300 400 500 600 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 5 METROS
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 5 METROS
ELIPSOIDE INTERNACIONAL.PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : 1/7.500

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

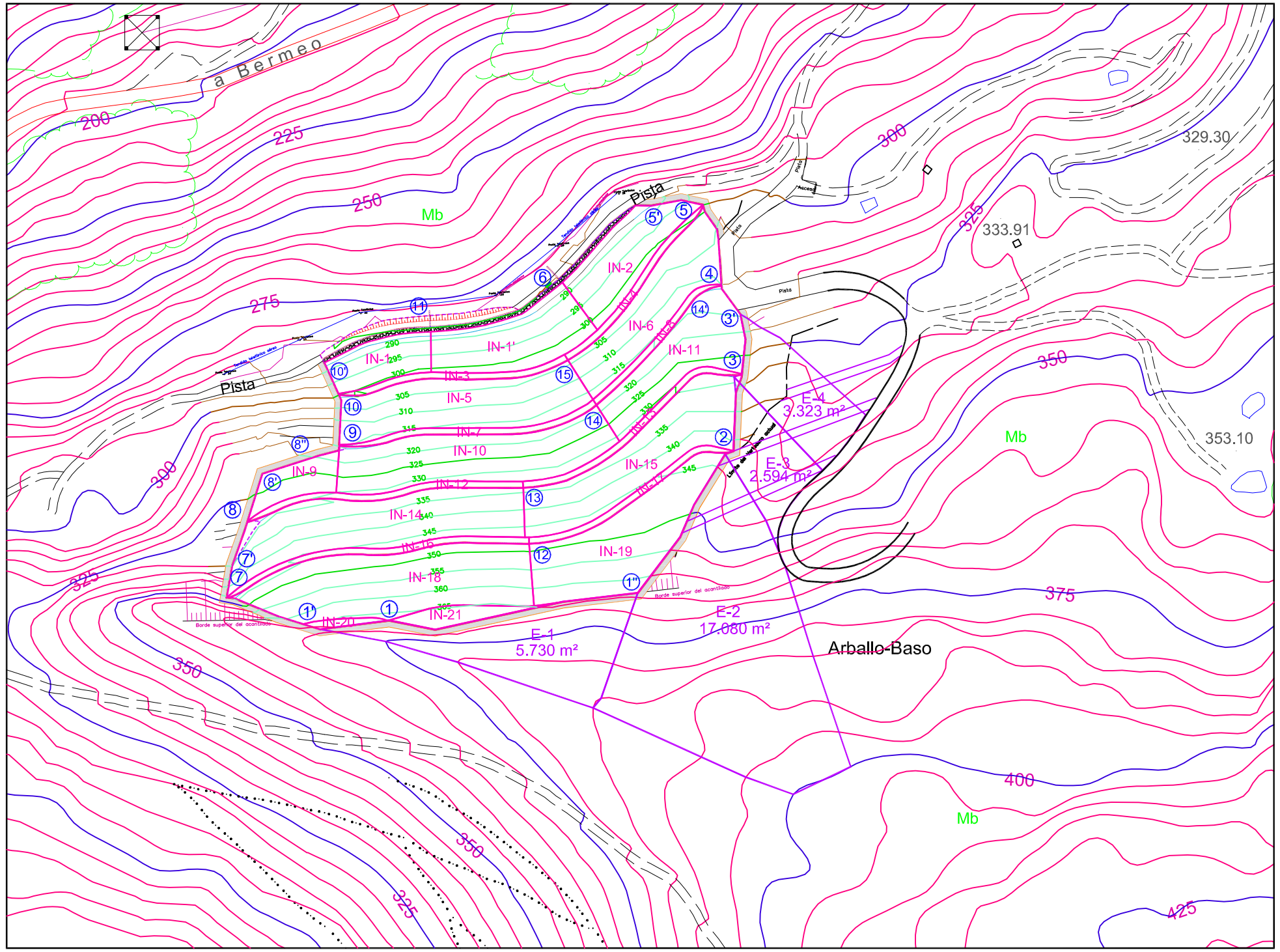
PLANO Nº|ZKIA : 2.1

AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep 48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@norland.e.telefonica.net

FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN DELINEAZIOA DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGI-KODEA: 2.1-BERMEO-INVAPTOS-AGUA.dwg



AREAS DE ESCORRENTÍA INTERIOR

AREAS DE ESCORRENTÍA EXTERIOR

ESCALA 1/3.000 ESKALA

-50 m. -40 -30 -20 -10 0 50 100 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 5 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 5 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL.PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : 1/3.000

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
PLANTA DE ESTADO FINAL

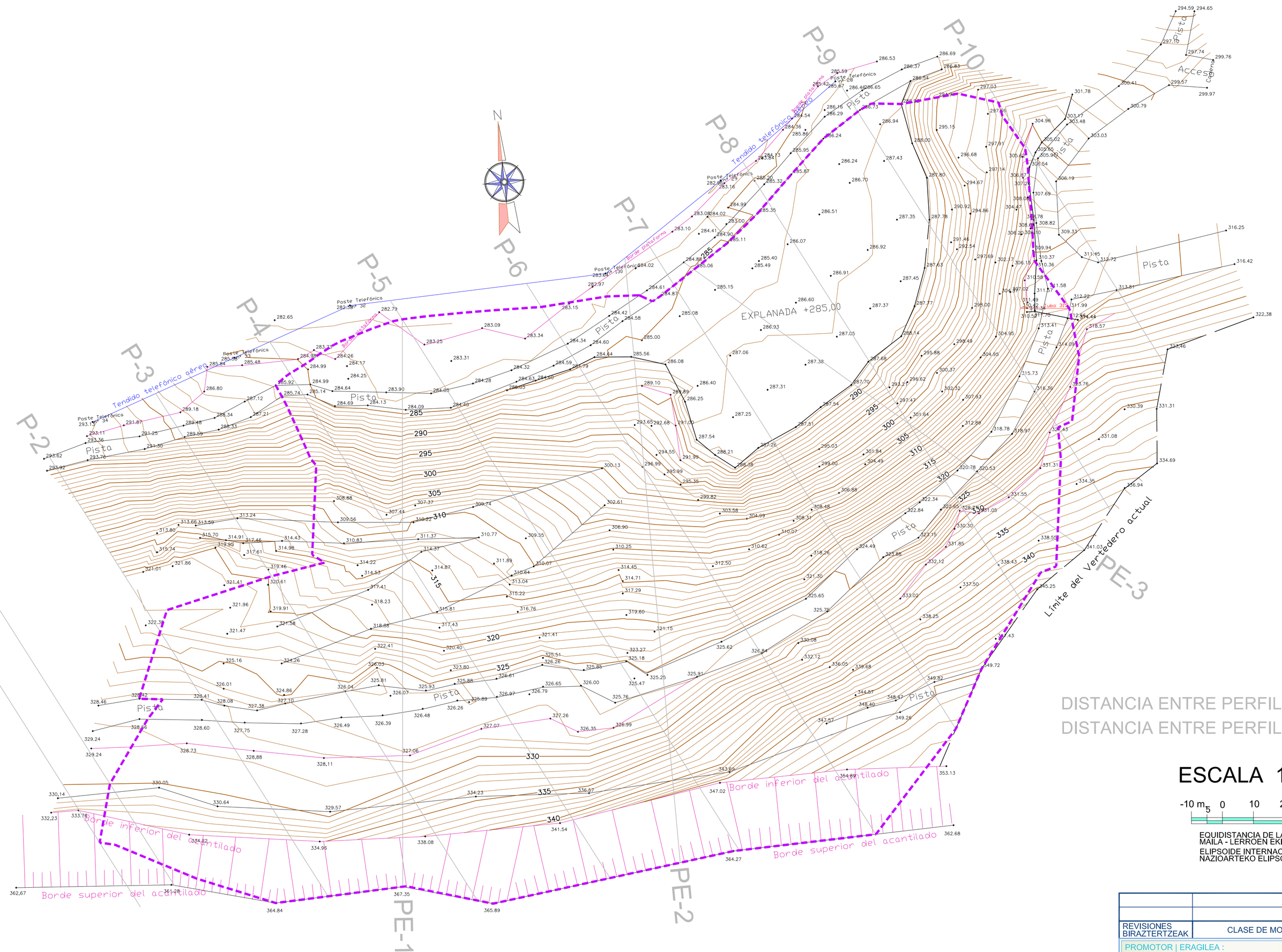
PLANO Nº/ZKIA : 3.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep
48012-Bilbao
Tfno.: 944431595/Fax: 944215692
e-mail: norlan@no-lansl.e.telefonica.net
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

FIRMAS|SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CODIGO FICHERO | FITXATEGI-KODEA : 3.0-BERMEO-AREAS-EXT-INT.dwg



DISTANCIA ENTRE PERFILES P-0 AL P-1: 13,00 m.
DISTANCIA ENTRE PERFILES P-1 AL P-10: 40,00 m.

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m. 5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL.PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-1 : 1/750 A-3 : 1/1.500

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
PLANTA DE ESTADO ACTUAL

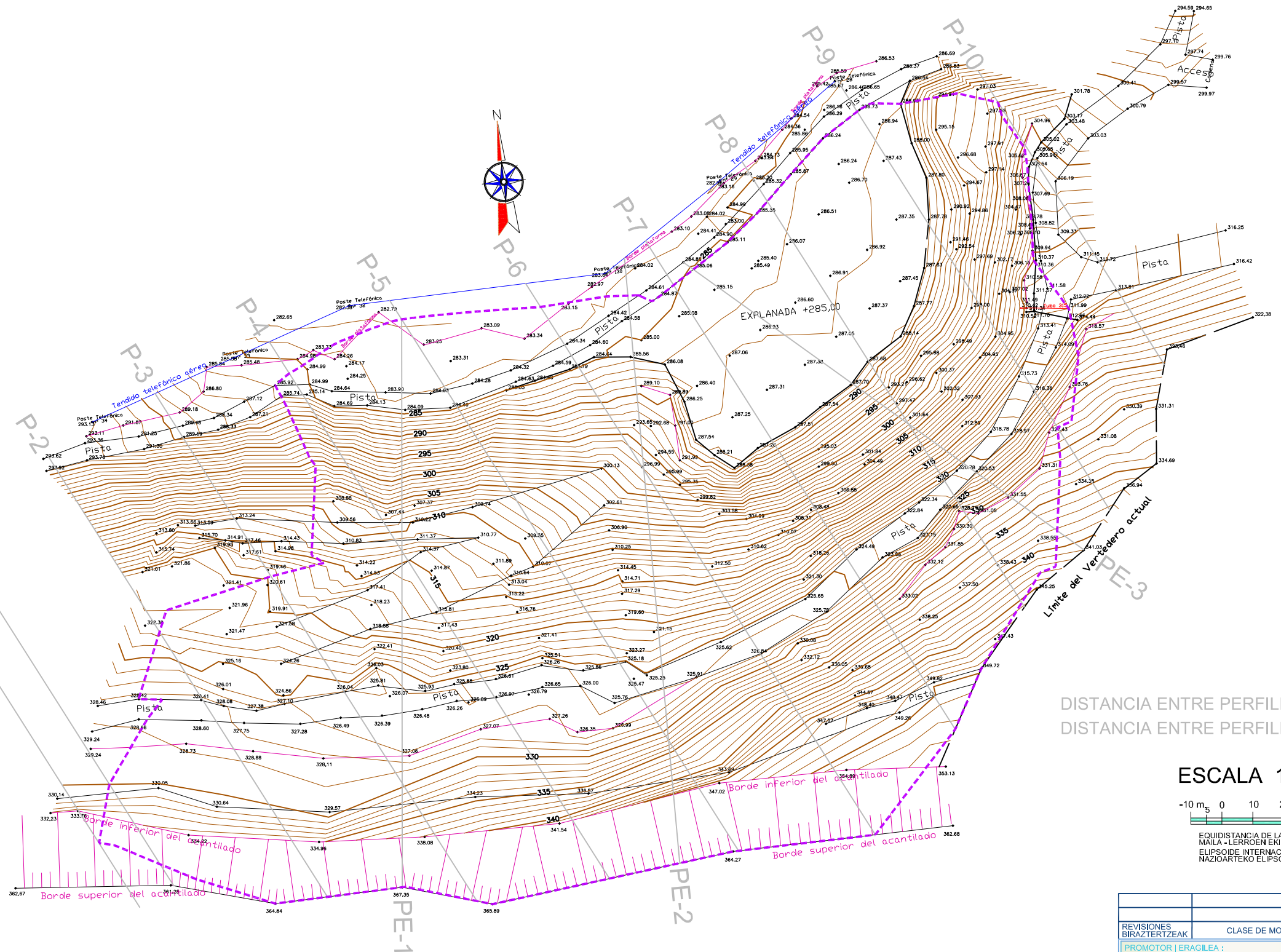
PLANO Nº/ZKIA : 6.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep
48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@norlansl.e.telefonica.net
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

FIRMAS|SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGIA-KODEA: 4.0-BERMEO-EA.dwg



DISTANCIA ENTRE PERFILES P-0 AL P-1: 13,00 m.
DISTANCIA ENTRE PERFILES P-1 AL P-10: 40,00 m.

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m 5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL.PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

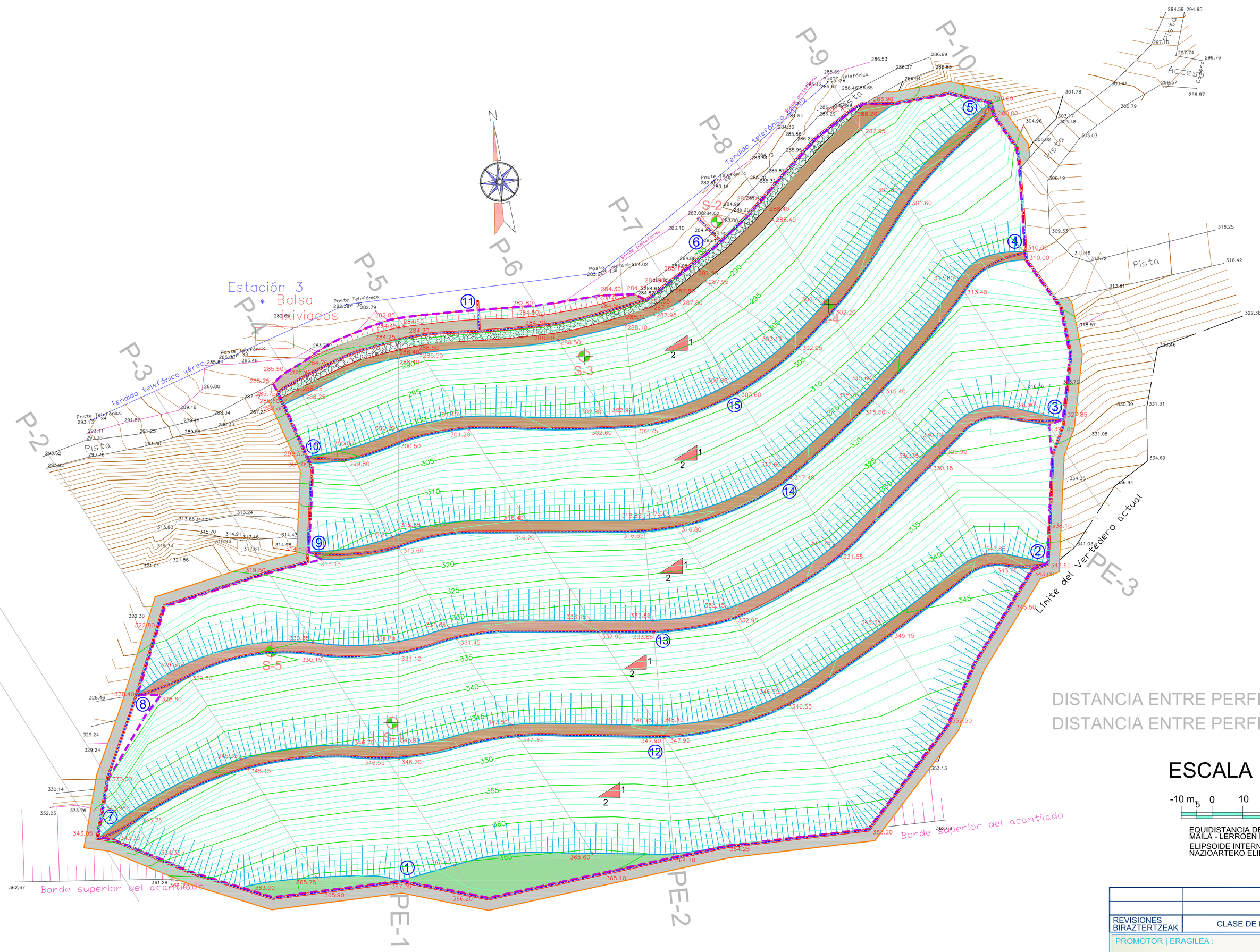
PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.	CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.
PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO	ESCALA|ESKALA : A-1 : 1/750 A-3 : 1/1.500
	FECHA|DATA : MAYO 2007
SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)	REF.|ERREF. : 153 v
TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : PLANTA DE ESTADO ACTUAL	PLANO Nº|ZKIA : 6.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep
48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@nodanil.e.telefonica.net

FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGI KODEA: 4.0-BERMEO-EA.dwg



DISTANCIA ENTRE PERFILES P-0 AL P-1: 13,00 m.
DISTANCIA ENTRE PERFILES P-1 AL P-10: 40,00 m.

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m. -5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO

ELIPSOIDE INTERNACIONAL PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA :
A-1 : 1/750
A-3 : 1/1.500

FECHA|DATA :
MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. :
153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
PLANTA DE ESTADO FINAL

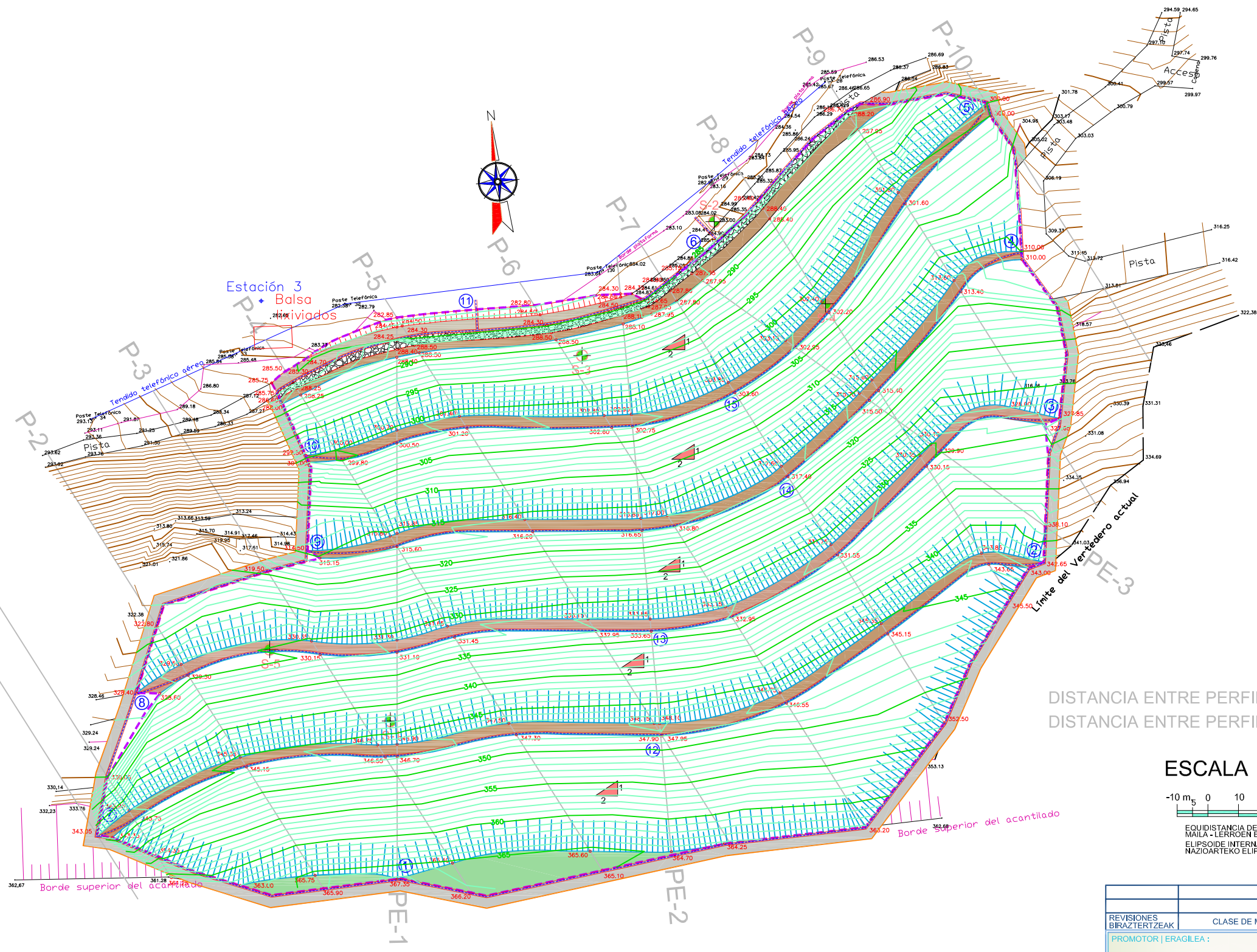
PLANO Nº/ZKIA :
5.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis, Entrep
48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@norlansl.e.telefonica.net

FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN
DELINEAZIOA
DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGIKKODEA :
5.0-BERMEO-EF.dwg



DISTANCIA ENTRE PERFILES P-0 AL P-1: 13,00 m.
DISTANCIA ENTRE PERFILES P-1 AL P-10: 40,00 m.

ESCALA 1/750 ESKALA

-10 m 5 0 10 20 30 40 50 60 m.

EQUIDISTANCIA DE LAS CURVAS DE NIVEL : 1 METRO
MAILA - LERROEN EKIDISTANZIA : 1 METRO
ELIPSOIDE INTERNACIONAL.PROYECCION U.T.M.
NAZIOARTEKO ELIPSOIDEA.U T M PROIEKZIOA

REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO –VIZCAYA–

PLANTA GENERAL – ESTADO ACTUAL –

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-1 : 1/750 A-3 : 1/1.500

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : PLANTA DE ESTADO FINAL

PLANO Nº|ZKIA : 5.0

AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep 48012-Bilbao
Tfno.: 944431966/Fax: 944215692
e-mail: norlans@nofanslve.telefonica.net
VICENTE MANSO ORGAZ Colegiado Nº 670
FIRMAS|SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CODIGO FICHERO | FITXATEGIMODEA : 5.0-BERMEO-EF.dwg

P-10

P-9

P-8

P-7

P-6

P-5

P-4

P-3

PE-2

PE-1

DISTA

DISTA

Límite del Vertedero

EXPLANADA +285.00

Pista

Borde superior del acantilado

Borde inferior del acantilado

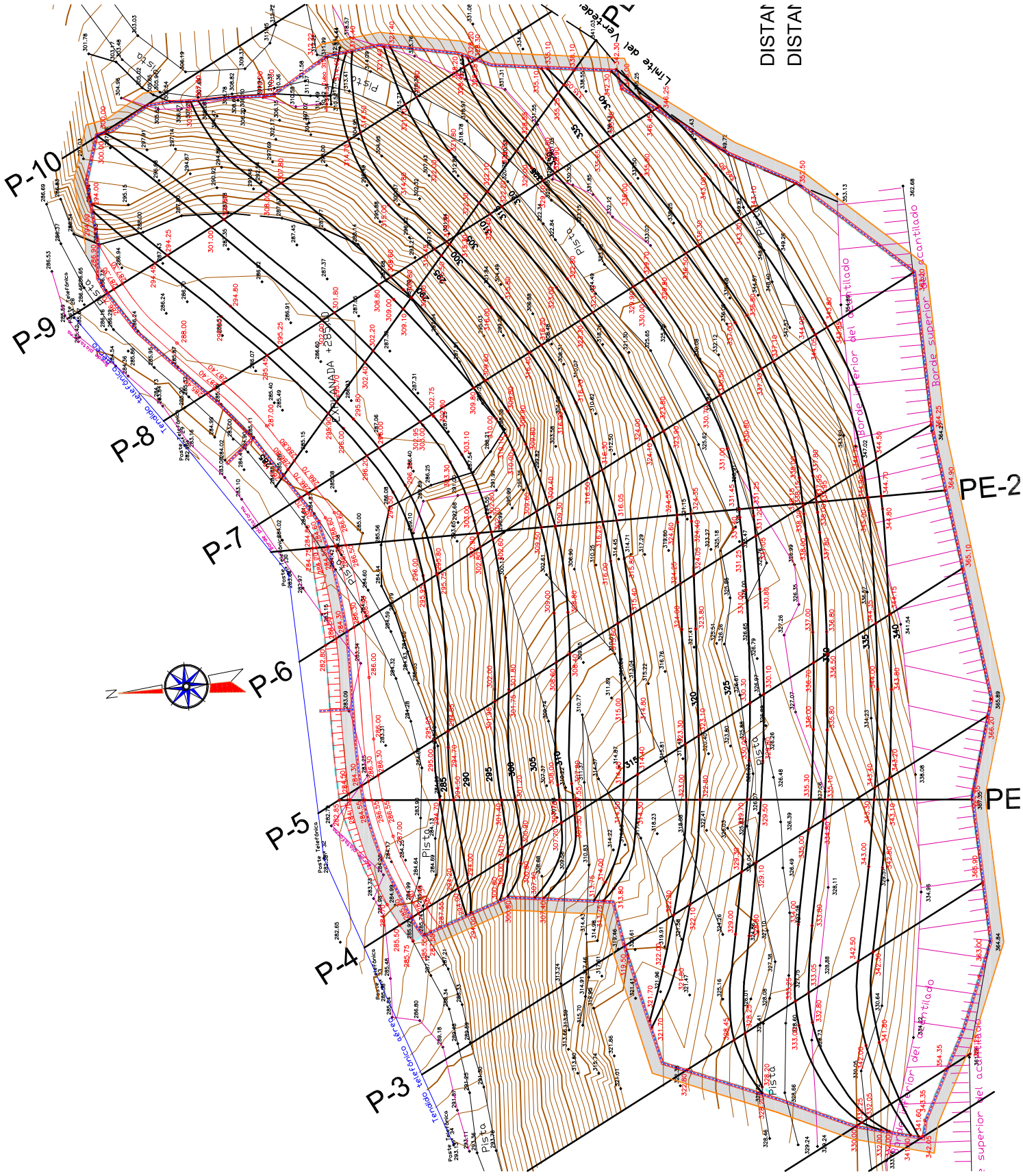
Poste Telefónica

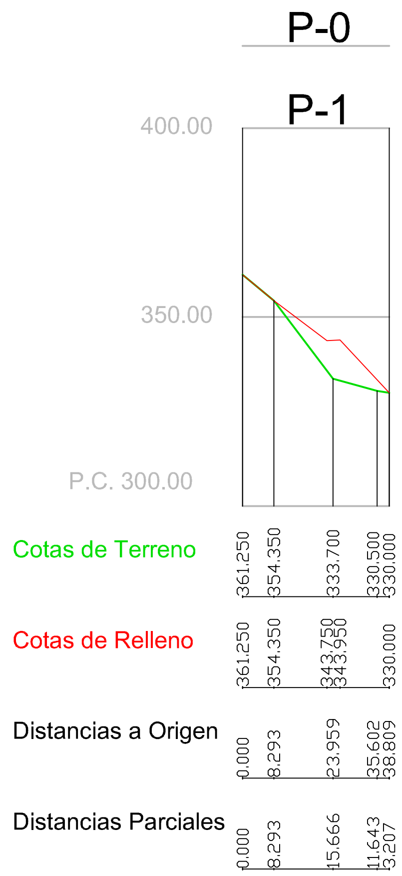
Tendido telefónico

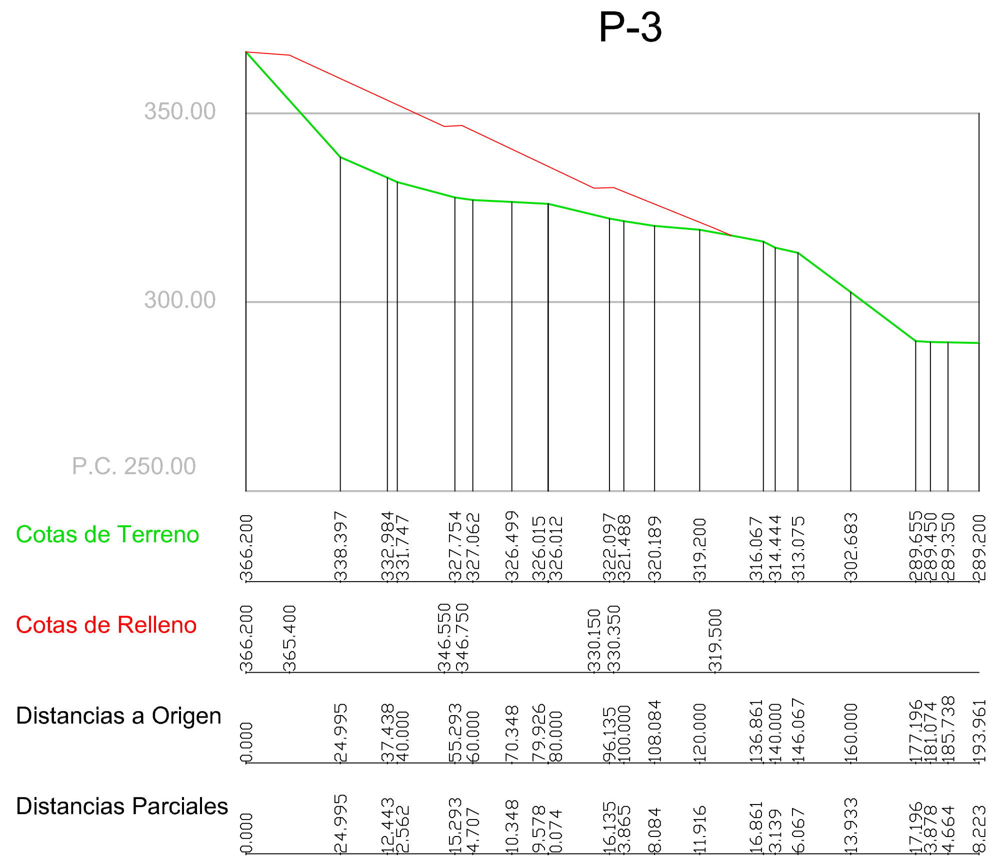
Borde plataforma

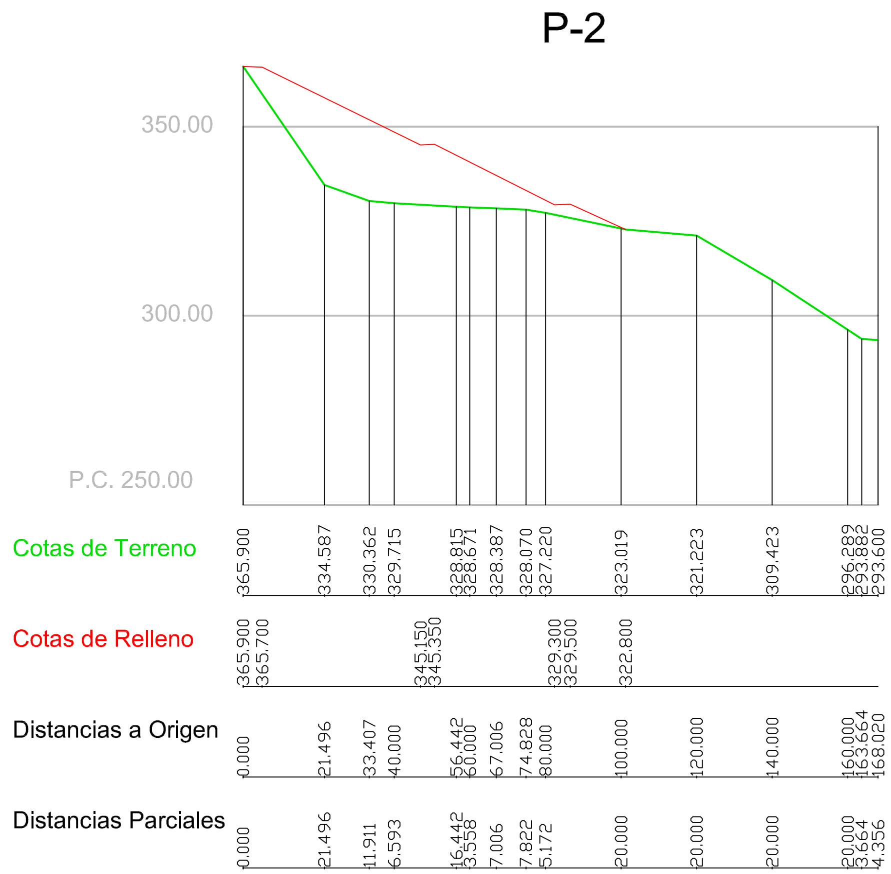
Área de seguridad

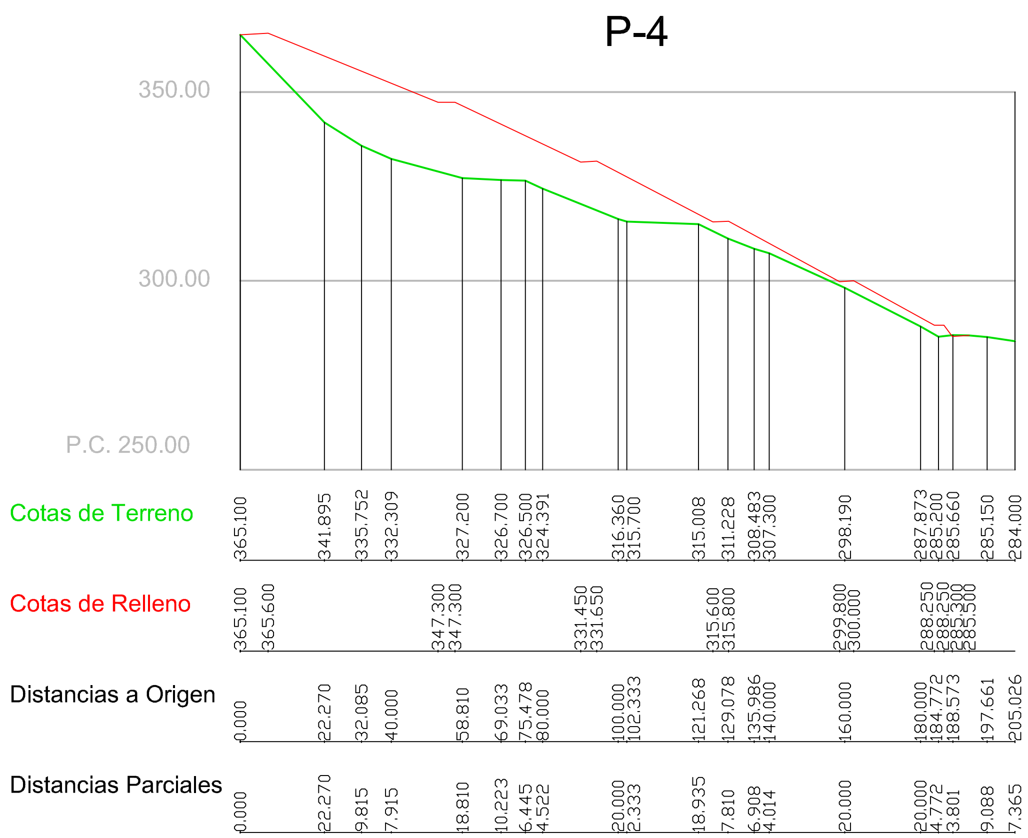
N


P-10
P-9
P-8
P-7
P-6
P-5
P-4
P-3
PE-2
PE
Límite del Vertedero
Borde Superior del acantilado
Pista
Pista
Pista









ESCALAS : V = 1/2.000
H = 1/2.000

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : 1/2.000

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : PERFILES P-0 AL P-4 ESTADO ACTUAL - FINAL

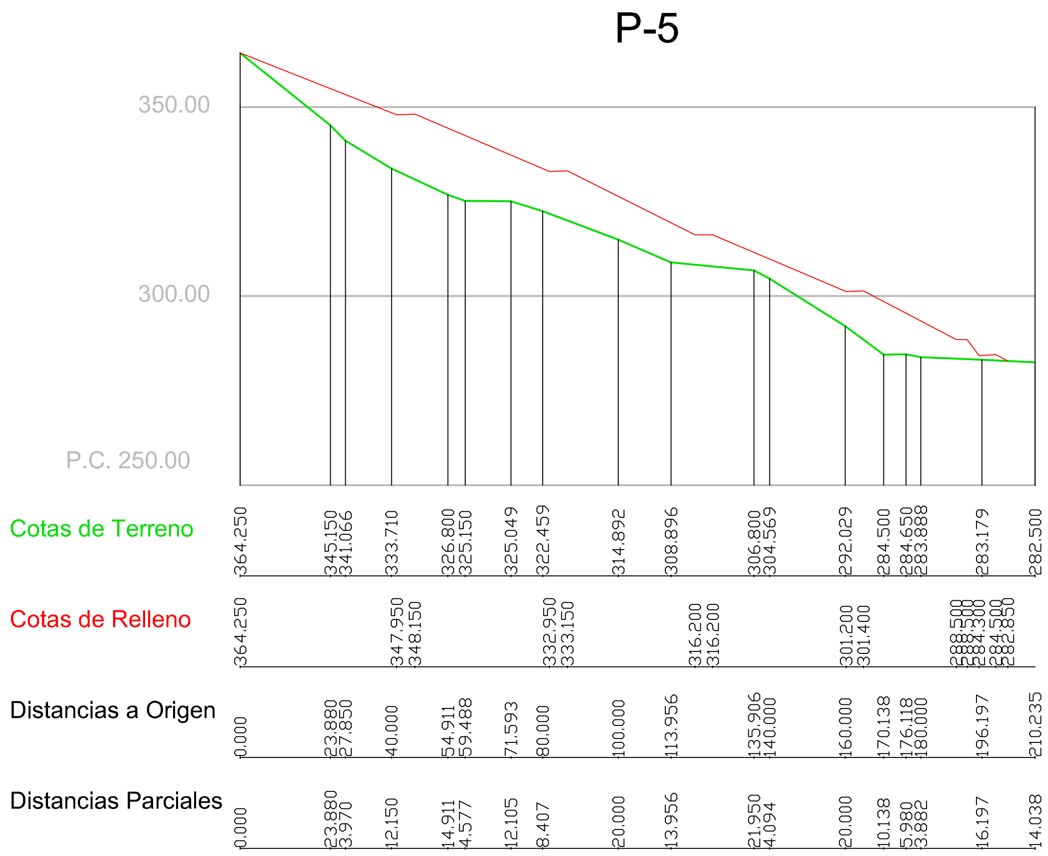
PLANO Nº|ZKIA : 6.0

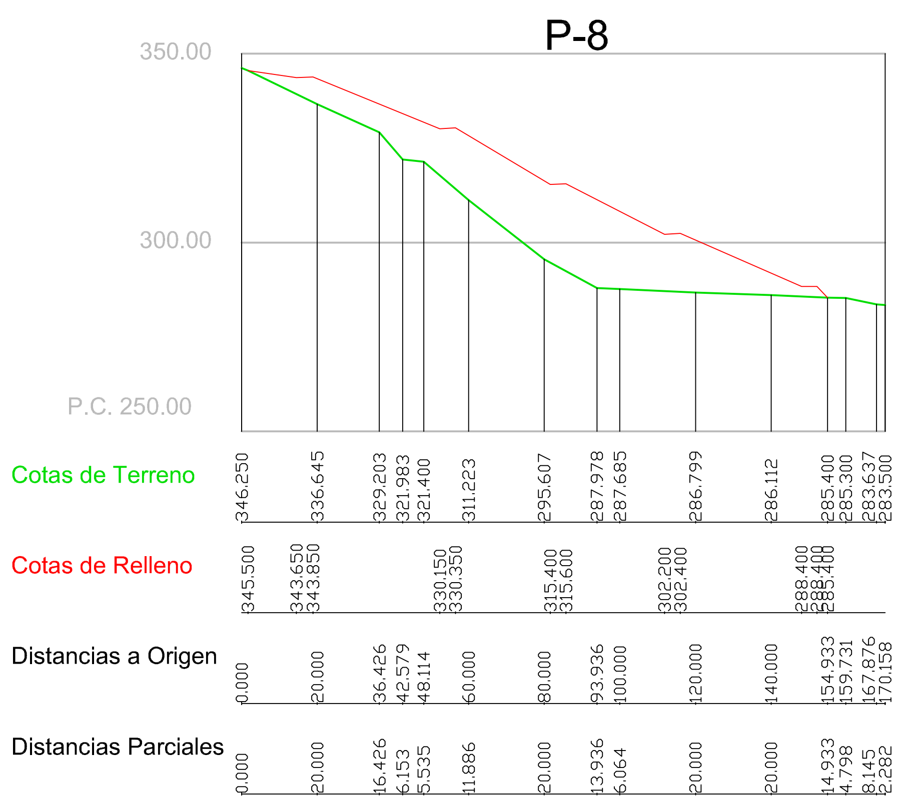
AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.

VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

FIRMAS|SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA : DELKOP





ESCALAS : V = 1/2.000
H = 1/2.000

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA | ESKALA : A-3 : 1/2.000

FECHA | DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF. | ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : PERFILES P-5 AL P-8 ESTADO ACTUAL - FINAL

PLANO Nº | ZKIA : 6.1

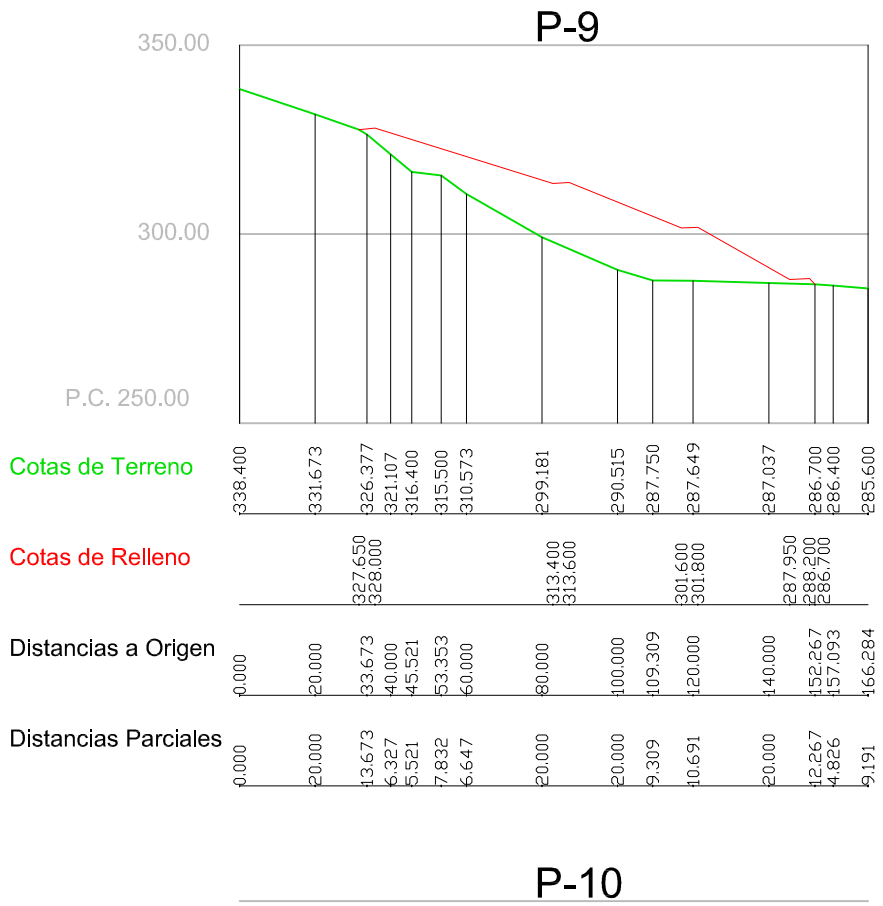
AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA

NorLan Consultoría de servicios S.L. Autonomía 64-bis, Entreplanta 48012-Bilbao Tfno.: 944431990 Fax: 944431002 email: norlan@norlansl.e.telefonica.net

VICENTE MANSO ORGAZ Colegiado Nº 670

FIRMAS | SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP



VOLUMEN DE RELLENO EN BERMEO								
Nº ORDEN	SUPERFICIE EN M²			SUPERFICIE (SEMI) M²		DISTANCIA M.	VOLUMENES EN M³	
	DESMONTE	TERRAPLEN		DESMONTE	TERRAPLEN	DISTANCIAS	DESMONTE	TERRAPLEN
P-0	0,0000	0,0000	P-0 / P-1	0,0000	80,5978	13,00	0,0000	1.047,7708
P-1	0,0000	161,1955	P-1 / P-2	0,0000	665,9075	40,00	0,0000	26.636,2980
P-2	0,0000	1.170,6194	P-2 / P-3	0,0000	1.354,0684	40,00	0,0000	54.162,7340
P-3	0,0000	1.537,5173	P-3 / P-4	0,0000	1.675,1526	40,00	0,0000	67.006,1040
P-4	0,0000	1.812,7879	P-4 / P-5	0,0000	1.907,3025	40,00	0,0000	76.292,0980
P-5	0,0000	2.001,8170	P-5 / P-6	0,0000	1.800,1832	40,00	0,0000	72.007,3280
P-6	0,0000	1.598,5494	P-6 / P-7	0,0000	1.694,8569	40,00	0,0000	67.794,2740
P-7	0,0000	1.791,1643	P-7 / P-8	0,0000	1.830,8012	40,00	0,0000	73.232,0460
P-8	0,0000	1.870,4380	P-8 / P/9	0,0000	1.589,4378	40,00	0,0000	63.577,5100
P-9	0,0000	1.308,4375	P-9 / P-10	0,0000	654,2188	40,00	0,0000	26.168,7500
P-10	0,0000	0,0000						
							0,0000	527.924,9128

ESCALAS : V = 1/2.000
H = 1/2.000

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : 1/2.000
FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
PERFILES P-5 AL P-8 ESTADO ACTUAL - FINAL

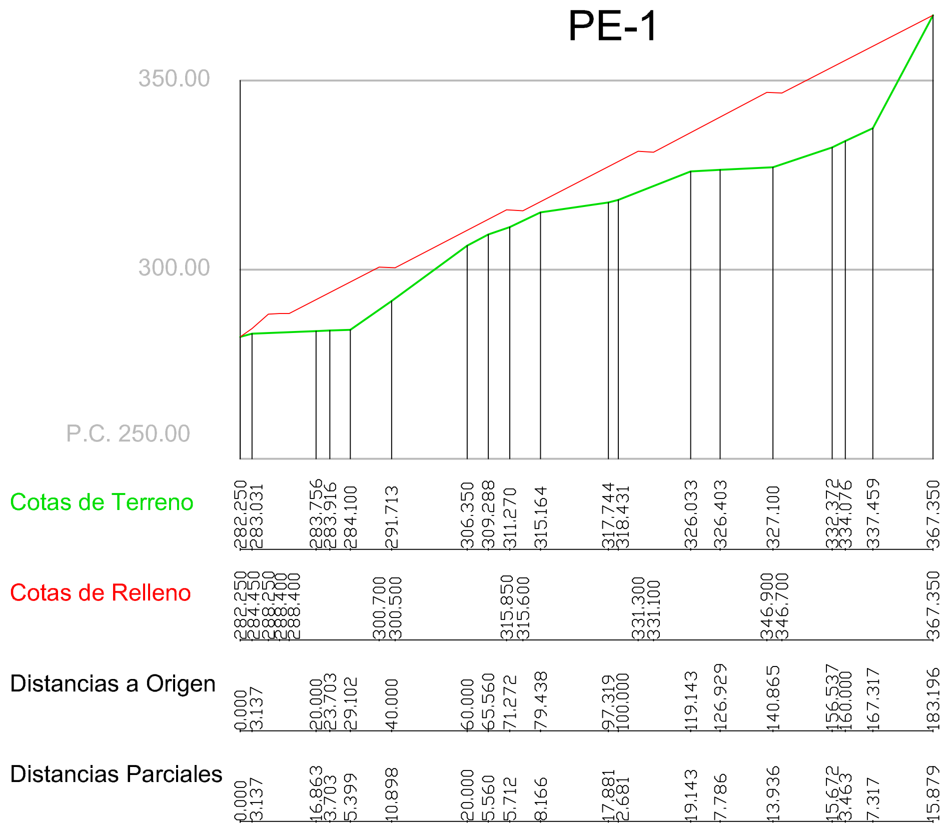
PLANO Nº/ZKIA : 6.2

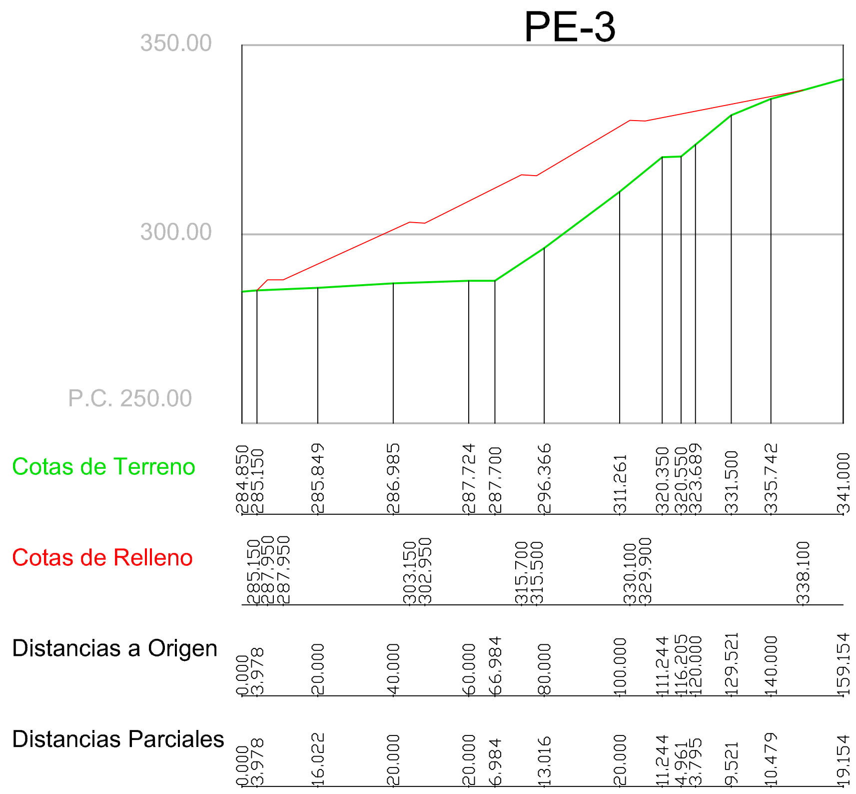
AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep 48012-Bilbao
Tlfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@norlansl.e.telefonica.net

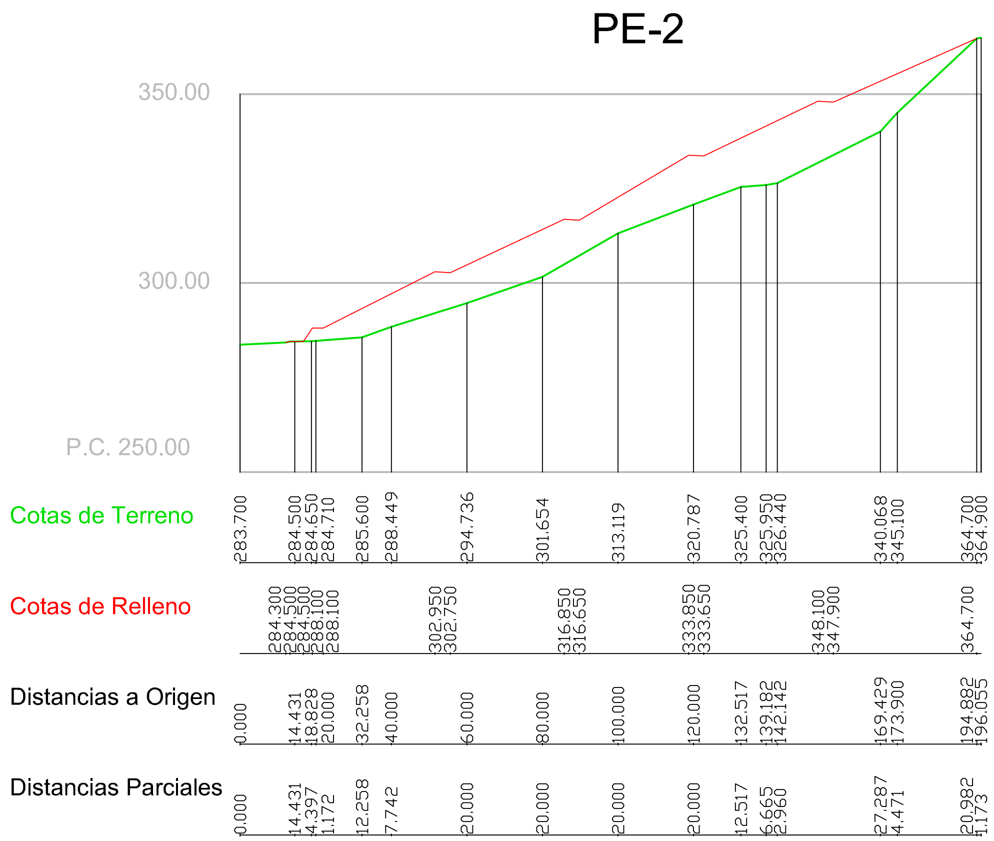
FIRMAS|SINADURAK
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

DELINEACIÓN DELINEAZIOA DELKOP

CÓDIGO FICHERO | FITXATEGI-KODEA: 6.2-BERMEO-P9-P10-EA-EF-CUB.dwg







ESCALAS : V = 1/2.000
H = 1/2.000

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA : J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA : NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA : REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : 1/2.000

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA : T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA : PERFILES DE ESTABILIDAD PE-1 AL PE-3 ESTADO ACTUAL - FINAL

PLANO Nº|ZKIA : 6.3

AUTOR DEL PROYECTO PROIEKTU-ZUZENDARITZA

NorLan Consultoría de servicios S.L.

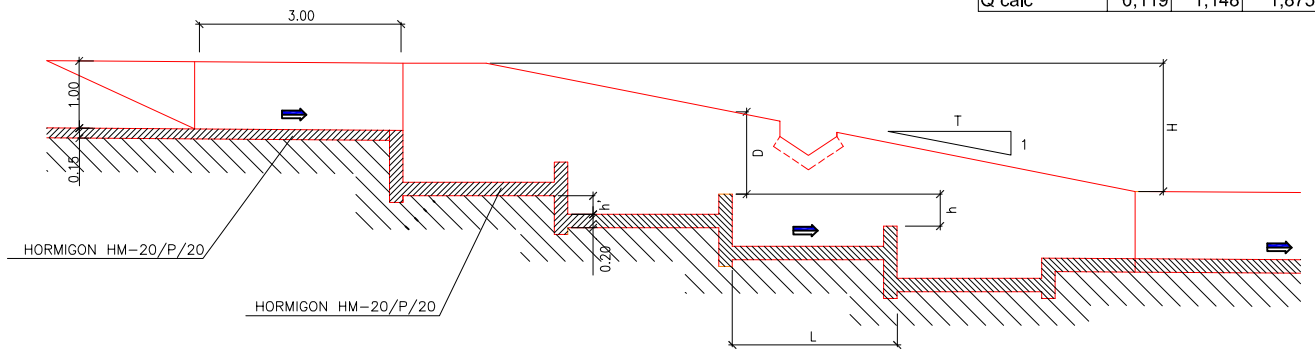
VICENTE MANSO ORGAZ Colegiado Nº 670

FIRMAS|SINADURAK

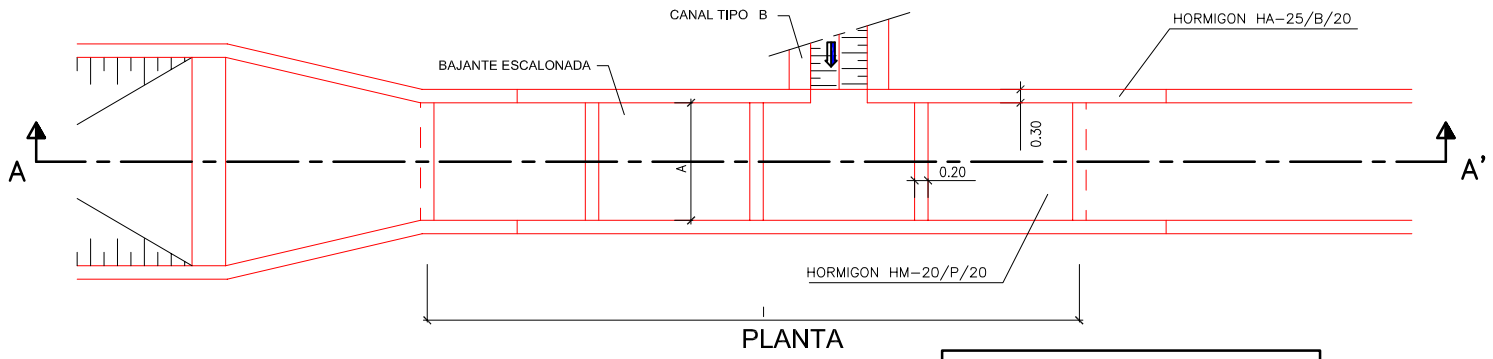
DELINEACIÓN DELINEAZIOA DELKOP

	Bajantes borde Oeste						Bajantes borde Este				
Bajante in situ	1'-7	7-7'	8-8'	8"-9	9-10	10-10'	1"-2	2-3	3-3'	4-5	5-5'
J= 1/T	0,405	0,68	0,25	0,34	0,49	0,62	0,2	0,32	0,37	0,2	0,4
T	2,469	1,471	4,000	2,941	2,041	1,613	5,000	3,125	2,703	5,000	2,500
A	0,740	1,525	1,000	1,500	1,900	2,500	1,000	1,500	1,545	0,750	1,000
q*m	0,161	0,753	1,875	1,350	1,479	1,408	1,357	1,479	2,078	0,707	1,061
hc	0,138	0,387	0,711	0,571	0,607	0,587	0,573	0,607	0,761	0,371	0,486
Vc	1,164	1,947	2,639	2,365	2,438	2,399	2,369	2,438	2,731	1,906	2,183
h	0,200	1,100	0,670	0,700	1,100	1,460	0,460	0,700	1,000	0,300	0,700
L	0,493	1,617	2,640	2,029	2,238	2,351	2,278	2,165	2,703	1,469	1,735
h'	0,069	0,193	0,355	0,285	0,303	0,294	0,286	0,303	0,380	0,185	0,243
r	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Q calc	0,119	1,148	1,875	2,025	2,81	3,52	1,357	2,219	3,21	0,53	1,061

DETALLE 1.0
COBEXIÓN TIPO DE ESTADO FINAL
ESCALA : S/E

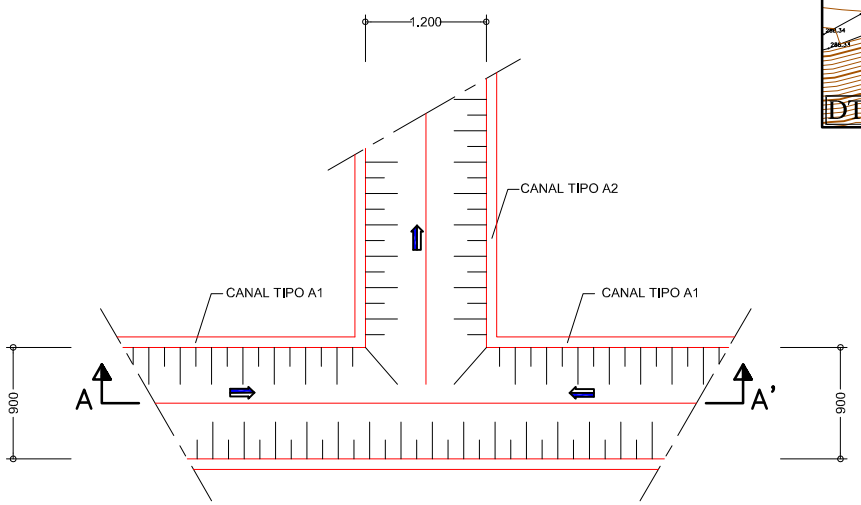


SECCIÓN A-A'

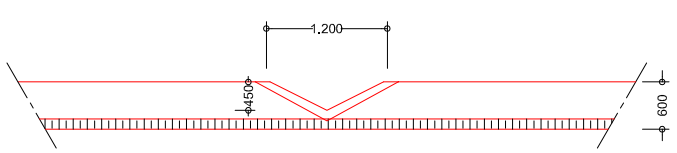


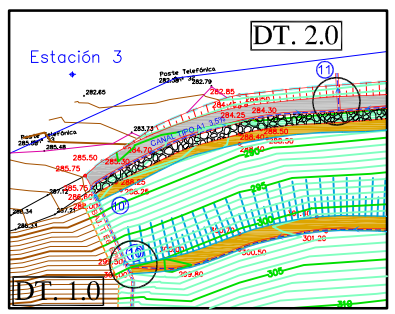
PLANTA

DETALLE 2.0
RECOGIDA AGUAS PLUVIALES
ESCALA : 1/40

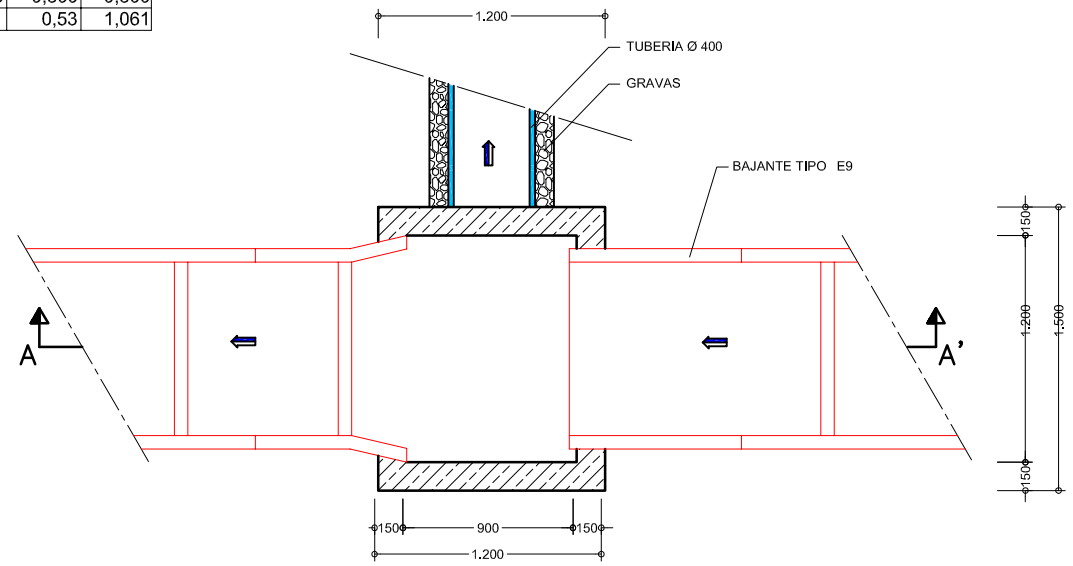


SECCION A - A'
ESCALA : 1/40

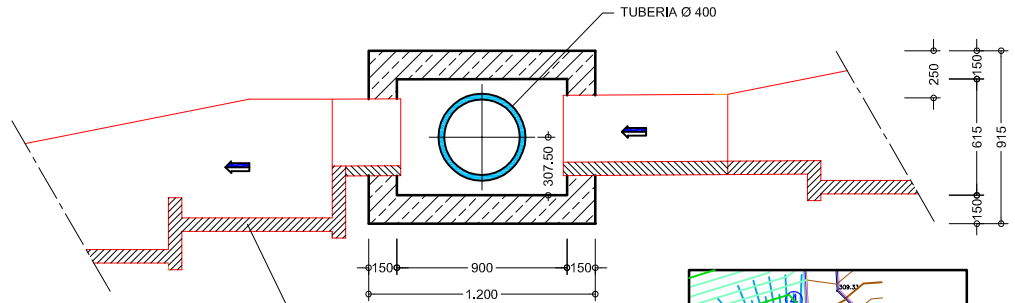




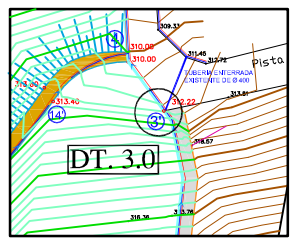
DETALLE 3
RECOGIDA AGUAS PLUVIALES
ESCALA : 1/40



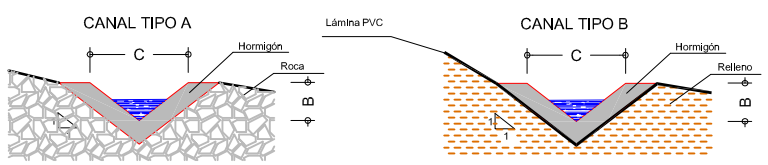
PLANTA



SECCIÓN A-A'



DETALLES DE CANALES SUPERFICIALES
ESCALA: 1/40



Tipo	Base Inf /R.C	Altura - Ø Tub	Base Sup	Material = K	Sección	Perím. Mojado	Radio hidrául
A1	0	0,45	0,9	52,5	0,2	1,27	0,16
A2	0	0,6	1,2	52,5	0,36	1,69	0,21
B	0	0,6	1,2	52,5	0,36	1,69	0,21

REVISIONES BIRAZTERTZEAK	CLASE DE MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA

PROMOTOR | ERAGILEA :
J. RAMON ANASAGASTI S. L.

CONSULTOR | AHOLKULARIA :
NorLan Consultoría de servicios S.L.

PROYECTO | PROIEKTUA :
REFUNDIDO DEL PROYECTO DE AMPLIACION DEL VERTEDERO "BURGOABASO" EN BERMEO

ESCALA|ESKALA : A-3 : VARIAS

FECHA|DATA : MAYO 2007

SITUACION | KOKAPENA :
T. M. DE BERMEO (BIZKAIA)

REF.|ERREF. : 153 v

TITULO PLANO | PLANU IZENBURUA :
DETALLES CONSTRUCTIVOS

PLANO Nº|ZKIA : 7.0

AUTOR DEL PROYECTO
PROIEKTU-ZUZENDARITZA
NorLan Consultoría de servicios S.L.
Autonomía 64-bis. Entrep
48012-Bilbao
Tfno.: 944431995/Fax: 944215692
e-mail: norlan@nofansle.telefonica.net
VICENTE MANSO ORGAZ
Colegiado Nº 670

FIRMAS|SINADURAK

DELINEACIÓN DELINEAZIOA: DELKOP

CODIGO FICHERO | FITXATEGIAKODEA: 7.0-DETALLES CONSTRUCTIVOS.dwg

APÉNDICE III.

CATAS DE RECONOCIMIENTO.

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:	SITUACIÓN:	FECHA:	CATA nº:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO	BURGOABASO (BERMEO)	24-04-2018	1
	COORDENADAS: UTM X:518.801 UTM Y:4.809.622 Z: 392		

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,35 m)
			Arcillas arenosas grises y ocres (0,35 - 0,85 m)
1			Roca fragmentada (0,85 - 2,00 m)
2			
3			Arenisca en estratos decimétricos
4			

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.845 UTM Y: 4.809.636 Z: 389

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
2

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,40 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,40 - 1,30 m)
			Roca meteorizada (1,30 - 2,30 m)
2			Roca fragmentada (2,00 - 2,30 m)
3			Arenisca en estratos decimétricos
4			

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.852 UTM Y: 4.809.616 Z: 391

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
3

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,20 m)
			Arcillas arenosas grises y ocres (0,20 - 1,00 m)
1			Roca meteorizada (1,00 - 2,50 m)
2			Roca fragmentada (2,50 - 2,80 m)
3			Arenisca en estratos decimétricos
4			

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.888 UTM Y: 4.809.654 Z: 387

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
4

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,20 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,20- 1,50 m)
2			Roca meteorizada (1,50 - 2,75 m)
3			Bloques de arenisca
4			Arenisca en estratos decimétricos

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:	SITUACIÓN:	FECHA:	CATA nº:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO	BURGOABASO (BERMEO)	24-04-2018	5
	COORDENADAS: UTM X: 518.919 UTM Y: 4.809.663 Z: 390		

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,60 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,60 - 2,00 m)
2			Roca meteorizada (2,00 - 3,00 m)
3			Bloques sueltos de arenisca (3,00 - 3,30)
4			Arenisca en estratos decimétricos

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.935 UTM Y:4.809.632 Z: 395

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
6

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,30 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,30 - 1,60 m)
2			Roca meteorizada (1,60 - 4,00 m)
3			
4			Roca fragmentada (4,00 - 4,35 m)

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:	SITUACIÓN:	FECHA:	CATA nº:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO	BURGOABASO (BERMEO)	24-04-2018	7
	COORDENADAS: UTM X: 518.913 UTM Y: 4.809.614 Z: 395		

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,30 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,30 - 1,30 m)
2			Roca meteorizada (1,30 - 2,70 m)
3			Arenisca en estratos decimétricos
4			

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.909 UTM Y: 4.809.635 Z: 390

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
8

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,30 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,30 - 1,90 m)
2			Roca meteorizada (1,90 - 4,75 m)
3			
4			Arenisca en estratos decimétricos

FOTOGRAFÍAS

INGEOTYC, S.L.
INGENIERÍA GEOLÓGICA, TECNOLOGÍA Y CIENCIA

PROYECTO:
PROYECTO DE AMPLIACIÓN
DEL VERTEDERO DE INERTES BURGOABASO

SITUACIÓN:
BURGOABASO (BERMEO)

COORDENADAS:
UTM X: 518.884 UTM Y: 4.809.634 Z: 388

FECHA:
24-04-2018

CATA nº:
9

PROF. (m)	N.F.	Símbolo gráfico	DESCRIPCIÓN
0			Tierra vegetal (0,00 - 0,30 m)
1			Arcillas arenosas grises y ocres (0,30 - 1,30 m)
2			Roca meteorizada (1,30 - 4,20 m)
3			
4			Arenisca en estratos decimétricos

FOTOGRAFÍAS

APÉNDICE IV.

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DE LA AMPLIACIÓN (SLIDE).

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Perfil2seco_izda.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/09/2019, 11:09:41

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Residuos inertes	Arcilla compactada	Dique	Material granular	Lámina
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	17	16.5	19	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21	20	20	22	
Cohesion [kPa]	0	11.2	20.5	0	0
Friction Angle [deg]	38	19	34	37	11
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None
Hu Value	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	
Ru Value					0

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.581270
Center: 16.627, 29.077
Radius: 15.676
Left Slip Surface Endpoint: 17.662, 13.435
Right Slip Surface Endpoint: 29.882, 20.708
Resisting Horizontal Force=247.244 kN
Driving Horizontal Force=156.358 kN

Method: spencer

FS: 1.550250
Center: 16.627, 29.077
Radius: 15.676
Left Slip Surface Endpoint: 17.662, 13.435
Right Slip Surface Endpoint: 29.882, 20.708
Resisting Moment=4336.59 kN-m
Driving Moment=2797.34 kN-m
Resisting Horizontal Force=235.34 kN
Driving Horizontal Force=151.807 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.565070
Center: 16.627, 27.725
Radius: 14.464
Left Slip Surface Endpoint: 17.431, 13.283
Right Slip Surface Endpoint: 29.275, 20.708
Resisting Moment=3790.96 kN-m
Driving Moment=2422.22 kN-m
Resisting Horizontal Force=219.936 kN
Driving Horizontal Force=140.527 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 2652
Number of Invalid Surfaces: 3530

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 346 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1646 surfaces
Error Code -112 reported for 163 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 2521
Number of Invalid Surfaces: 3661

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 368 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1646 surfaces
Error Code -111 reported for 81 surfaces
Error Code -112 reported for 191 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 2603
Number of Invalid Surfaces: 3579

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface

Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 355 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1646 surfaces
Error Code -111 reported for 12 surfaces
Error Code -112 reported for 191 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.58127

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	0.476863	1.11823	Arcilla compactada	11.2	19	7.455	11.7884	1.70875	0	1.70875
2	0.476863	3.29505	Arcilla compactada	11.2	19	8.37305	13.2401	5.92477	0	5.92477
3	0.476863	5.35195	Arcilla compactada	11.2	19	9.22493	14.5871	9.83685	0	9.83685
4	0.476863	7.28753	Arcilla compactada	11.2	19	10.011	15.83	13.4466	0	13.4466
5	0.476863	9.09996	Arcilla compactada	11.2	19	10.7313	16.969	16.7545	0	16.7545
6	0.481519	10.9499	Residuos inertes	0	38	9.99418	15.8035	20.2275	0	20.2275
7	0.481519	12.6341	Residuos inertes	0	38	11.3546	17.9547	22.981	0	22.981
			Residuos							

			inertes							
9	0.481519	15.5692	Residuos inertes	0	38	13.5595	21.4413	27.4437	0	27.4437
10	0.481519	16.8114	Residuos inertes	0	38	14.4074	22.782	29.1596	0	29.1596
11	0.481519	17.8963	Residuos inertes	0	38	15.0867	23.8562	30.5345	0	30.5345
12	0.481519	18.8174	Residuos inertes	0	38	15.5977	24.6642	31.5688	0	31.5688
13	0.481519	19.5673	Residuos inertes	0	38	15.9397	25.205	32.2608	0	32.2608
14	0.481519	20.1373	Residuos inertes	0	38	16.1115	25.4767	32.6087	0	32.6087
15	0.481519	20.5174	Residuos inertes	0	38	16.1114	25.4764	32.6083	0	32.6083
16	0.481519	20.6956	Residuos inertes	0	38	15.9364	25.1998	32.2543	0	32.2543
17	0.481519	20.6579	Residuos inertes	0	38	15.5834	24.6416	31.5399	0	31.5399
18	0.481519	20.3876	Residuos inertes	0	38	15.048	23.795	30.4563	0	30.4563
19	0.481519	19.8645	Residuos inertes	0	38	14.325	22.6517	28.9928	0	28.9928
20	0.481519	19.064	Residuos inertes	0	38	13.408	21.2017	27.1369	0	27.1369
21	0.481519	17.9558	Residuos inertes	0	38	12.2897	19.4333	24.8736	0	24.8736
22	0.481519	16.5015	Residuos inertes	0	38	10.9612	17.3326	22.1847	0	22.1847
23	0.481519	14.6456	Residuos inertes	0	38	9.4087	14.8777	19.0425	0	19.0425
24	0.481519	10.8336	Residuos inertes	0	38	6.70037	10.5951	13.5611	0	13.5611
25	0.686842	5.83816	Arcilla compactada	11.2	19	6.70753	10.6064	-1.72388	0	-1.72388

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.55025

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	0.476863	1.11823	Arcilla compactada	11.2	19	8.45533	13.1079	5.54086	0	5.54086
2	0.476863	3.29505	Arcilla compactada	11.2	19	9.4202	14.6037	9.88497	0	9.88497
3	0.476863	5.35195	Arcilla compactada	11.2	19	10.2851	15.9446	13.7792	0	13.7792
4	0.476863	7.28753	Arcilla compactada	11.2	19	11.0551	17.1381	17.2455	0	17.2455
5	0.476863	9.09996	Arcilla compactada	11.2	19	11.7342	18.1909	20.303	0	20.303
6	0.481519	10.9499	Residuos inertes	0	38	11.5402	17.8902	22.8983	0	22.8983

7	0.481519	12.6341	Residuos inertes	0	38	12.8817	19.9698	25.5602	0	25.5602
8	0.481519	14.1752	Residuos inertes	0	38	13.9852	21.6806	27.7499	0	27.7499
9	0.481519	15.5692	Residuos inertes	0	38	14.8647	23.044	29.495	0	29.495
10	0.481519	16.8114	Residuos inertes	0	38	15.5319	24.0784	30.8188	0	30.8188
11	0.481519	17.8963	Residuos inertes	0	38	15.9972	24.7997	31.7422	0	31.7422
12	0.481519	18.8174	Residuos inertes	0	38	16.2695	25.2218	32.2825	0	32.2825
13	0.481519	19.5673	Residuos inertes	0	38	16.3564	25.3565	32.4548	0	32.4548
14	0.481519	20.1373	Residuos inertes	0	38	16.2644	25.2139	32.2723	0	32.2723
15	0.481519	20.5174	Residuos inertes	0	38	15.9992	24.8027	31.7459	0	31.7459
16	0.481519	20.6956	Residuos inertes	0	38	15.5652	24.13	30.8849	0	30.8849
17	0.481519	20.6579	Residuos inertes	0	38	14.9666	23.202	29.6973	0	29.6973
18	0.481519	20.3876	Residuos inertes	0	38	14.2065	22.0237	28.1891	0	28.1891
19	0.481519	19.8645	Residuos inertes	0	38	13.2877	20.5993	26.366	0	26.366
20	0.481519	19.064	Residuos inertes	0	38	12.2124	18.9322	24.232	0	24.232
21	0.481519	17.9558	Residuos inertes	0	38	10.9824	17.0254	21.7915	0	21.7915
22	0.481519	16.5015	Residuos inertes	0	38	9.59994	14.8823	19.0485	0	19.0485
23	0.481519	14.6456	Residuos inertes	0	38	8.06444	12.5019	16.0017	0	16.0017
24	0.481519	10.8336	Residuos inertes	0	38	5.60962	8.69631	11.1308	0	11.1308
25	0.686842	5.83816	Arcilla compactada	11.2	19	7.44927	11.5482	1.01134	0	1.01134

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.56507

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	0.473529	1.1204	Arcilla compactada	11.2	19	7.6767	12.0146	2.36571	0	2.36571
2	0.473529	3.29805	Arcilla compactada	11.2	19	8.86237	13.8702	7.75493	0	7.75493
3	0.473529	5.34874	Arcilla compactada	11.2	19	9.96841	15.6013	12.7822	0	12.7822
4	0.473529	7.27091	Arcilla compactada	11.2	19	10.9651	17.1611	17.3123	0	17.3123
5	0.473529	9.06255	Arcilla compactada	11.2	19	11.8287	18.5128	21.2377	0	21.2377

6	0.481887	10.9737	Residuos inertes	0	38	12.2545	19.1791	24.5481	0	24.5481
7	0.481887	12.6428	Residuos inertes	0	38	13.6913	21.4279	27.4264	0	27.4264
8	0.481887	14.1559	Residuos inertes	0	38	14.7687	23.114	29.5846	0	29.5846
9	0.481887	15.508	Residuos inertes	0	38	15.488	24.2398	31.0256	0	31.0256
10	0.481887	16.6932	Residuos inertes	0	38	15.8717	24.8403	31.794	0	31.794
11	0.481887	17.7046	Residuos inertes	0	38	15.9579	24.9753	31.9668	0	31.9668
12	0.481887	18.5342	Residuos inertes	0	38	15.7947	24.7198	31.6399	0	31.6399
13	0.481887	19.1724	Residuos inertes	0	38	15.4329	24.1535	30.9151	0	30.9151
14	0.481887	19.608	Residuos inertes	0	38	14.9202	23.3512	29.8883	0	29.8883
15	0.481887	19.8276	Residuos inertes	0	38	14.2966	22.3752	28.639	0	28.639
16	0.481887	19.8151	Residuos inertes	0	38	13.5906	21.2703	27.2248	0	27.2248
17	0.481887	19.5512	Residuos inertes	0	38	12.8189	20.0625	25.6788	0	25.6788
18	0.481887	19.0123	Residuos inertes	0	38	11.9859	18.7588	24.0103	0	24.0103
19	0.481887	18.1691	Residuos inertes	0	38	11.0856	17.3497	22.2066	0	22.2066
20	0.481887	16.9844	Residuos inertes	0	38	10.1017	15.8099	20.2357	0	20.2357
21	0.481887	15.4103	Residuos inertes	0	38	9.00822	14.0985	18.0454	0	18.0454
22	0.481887	13.3833	Residuos inertes	0	38	7.76604	12.1544	15.557	0	15.557
23	0.481887	10.8155	Residuos inertes	0	38	6.31616	9.88523	12.6525	0	12.6525
24	0.400997	6.44231	Arcilla compactada	11.2	19	8.17977	12.8019	4.65231	0	4.65231
25	0.400997	2.31288	Arcilla compactada	11.2	19	6.26964	9.81243	-4.0298	0	-4.0298

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
17.2994	11.4965
42.258	11.664
70.0365	12.0649

External Boundary

X	Y
78.9126	16.5912
78.8925	16.5912
78.8925	16.5912
78.3085	16.5912
66.109	24.7242
39.6852	24.708
33.7208	20.7084
28.6808	20.7084
15.0475	11.7098
13.5303	10.7084
18.449	10.6648
42.3947	10.4212
68.6554	10.6838
69.0292	11.0576
72.0264	14.0548
76.9097	16.4965
78.4126	16.5339
78.4126	15.9987
78.9126	15.9987

Material Boundary

X	Y
16.9597	11.7103
16.9777	11.7223
28.8947	19.7084
34.0247	19.7084
39.9894	23.7082
65.8065	23.7242
76.7412	16.4344

Material Boundary

X	Y
17.8708	11.0707
42.3947	10.8212
69.0292	11.0576

Material Boundary

X	Y
69.0208	11.0775
69.4241	11.4808
72.0143	14.071
76.7412	16.4344
76.9061	16.5169
78.433	16.5549

78.433	16.0191
78.8927	16.019
78.8925	16.5912

Material Boundary

X	Y
17.8776	11.0906
42.3947	10.8412
69.0208	11.0775

Material Boundary

X	Y
17.2994	11.4965
42.3947	11.2412
69.4241	11.4808

Material Boundary

X	Y
15.0475	11.7098
16.9597	11.7103
17.8708	11.0707
18.449	10.6648

Material Boundary

X	Y
16.9776	11.7224
16.9777	11.7223
17.2994	11.4965
17.8776	11.0906

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Perfil2seco_dcha.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/09/2019, 11:09:41

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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Residuos inertes	Arcilla compactada	Dique	Material granular	Lámina
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	17	16.5	19	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21	20	20	22	
Cohesion [kPa]	0	11.2	20.5	0	0
Friction Angle [deg]	38	19	34	37	11
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table
Hu Value	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	1

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.878470
Center: 71.748, 27.788
Radius: 7.429
Left Slip Surface Endpoint: 64.981, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 72.586, 20.407
Resisting Horizontal Force=142.631 kN
Driving Horizontal Force=75.9291 kN

Method: spencer

FS: 1.840360
Center: 71.748, 27.788
Radius: 7.429
Left Slip Surface Endpoint: 64.981, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 72.586, 20.407
Resisting Moment=1175.3 kN-m
Driving Moment=638.623 kN-m
Resisting Horizontal Force=133.826 kN
Driving Horizontal Force=72.717 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.854240
Center: 71.748, 27.788

Radius: 7.429
Left Slip Surface Endpoint: 64.981, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 72.586, 20.407
Resisting Moment=1184.16 kN-m
Driving Moment=638.623 kN-m
Resisting Horizontal Force=134.693 kN
Driving Horizontal Force=72.6403 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 946
Number of Invalid Surfaces: 5236

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1178 surfaces
Error Code -108 reported for 46 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 2168 surfaces
Error Code -112 reported for 23 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 932
Number of Invalid Surfaces: 5250

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1178 surfaces
Error Code -108 reported for 53 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 2168 surfaces
Error Code -111 reported for 5 surfaces
Error Code -112 reported for 25 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 931
Number of Invalid Surfaces: 5251

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1178 surfaces
Error Code -108 reported for 53 surfaces

Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 2168 surfaces
Error Code -111 reported for 6 surfaces
Error Code -112 reported for 25 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.87847

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	0.274324	1.27126	Arcilla compactada	11.2	19	4.91092	9.22502	-5.73576	0	-5.73576
2	0.274324	3.60253	Arcilla compactada	11.2	19	6.32749	11.886	1.99228	0	1.99228
3	0.307313	6.42745	Residuos inertes	0	38	5.34935	10.0486	12.8616	0	12.8616
4	0.307313	8.63201	Residuos inertes	0	38	7.5718	14.2234	18.2051	0	18.2051
5	0.307313	9.88166	Residuos inertes	0	38	9.04997	17.0001	21.7592	0	21.7592
6	0.307313	10.4831	Residuos inertes	0	38	9.96034	18.7102	23.948	0	23.948
7	0.307313	10.8953	Residuos inertes	0	38	10.6907	20.0822	25.7041	0	25.7041
8	0.307313	11.1452	Residuos inertes	0	38	11.2559	21.1438	27.0627	0	27.0627

9	0.307313	11.2531	Residuos inertes	0	38	11.667	21.9162	28.0514	0	28.0514
10	0.307313	11.234	Residuos inertes	0	38	11.9331	22.416	28.6912	0	28.6912
11	0.307313	11.1	Residuos inertes	0	38	12.061	22.6562	28.9987	0	28.9987
12	0.307313	10.8603	Residuos inertes	0	38	12.0558	22.6465	28.9863	0	28.9863
13	0.307313	10.5225	Residuos inertes	0	38	11.9217	22.3945	28.6637	0	28.6637
14	0.307313	10.0929	Residuos inertes	0	38	11.6612	21.9053	28.0375	0	28.0375
15	0.307313	9.57624	Residuos inertes	0	38	11.2764	21.1823	27.1121	0	27.1121
16	0.307313	8.97677	Residuos inertes	0	38	10.7678	20.227	25.8894	0	25.8894
17	0.307313	8.29779	Residuos inertes	0	38	10.1356	19.0394	24.3694	0	24.3694
18	0.307313	7.54199	Residuos inertes	0	38	9.37886	17.6179	22.5499	0	22.5499
19	0.307313	6.71152	Residuos inertes	0	38	8.4958	15.9591	20.4267	0	20.4267
20	0.305292	5.79876	Arcilla compactada	11.2	19	9.23867	17.3546	17.8742	0	17.8742
21	0.305292	4.8902	Arcilla compactada	11.2	19	8.77466	16.4829	15.3428	0	15.3428
22	0.305292	3.91593	Arcilla compactada	11.2	19	8.26336	15.5225	12.5534	0	12.5534
23	0.305292	2.87639	Arcilla compactada	11.2	19	7.70432	14.4723	9.50352	0	9.50352
24	0.305292	1.77166	Arcilla compactada	11.2	19	7.09675	13.331	6.189	0	6.189
25	0.305292	0.601496	Arcilla compactada	11.2	19	6.43959	12.0966	2.60388	0	2.60388

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.84036

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	0.274324	1.27126	Arcilla compactada	11.2	19	5.66134	10.4189	-2.26846	0	-2.26846
2	0.274324	3.60253	Arcilla compactada	11.2	19	6.62744	12.1969	2.89513	0	2.89513
3	0.307313	6.42745	Residuos inertes	0	38	4.43513	8.16224	10.4472	0	10.4472
4	0.307313	8.63201	Residuos inertes	0	38	6.46064	11.8899	15.2184	0	15.2184
5	0.307313	9.88166	Residuos inertes	0	38	7.91992	14.5755	18.6558	0	18.6558
6	0.307313	10.4831	Residuos inertes	0	38	8.91912	16.4144	21.0094	0	21.0094
7	0.307313	10.8953	Residuos inertes	0	38	9.77901	17.9969	23.0349	0	23.0349

8	0.307313	11.1452	Residuos inertes	0	38	10.5042	19.3316	24.7433	0	24.7433
9	0.307313	11.2531	Residuos inertes	0	38	11.0982	20.4246	26.1422	0	26.1422
10	0.307313	11.234	Residuos inertes	0	38	11.5626	21.2793	27.2363	0	27.2363
11	0.307313	11.1	Residuos inertes	0	38	11.8984	21.8974	28.0274	0	28.0274
12	0.307313	10.8603	Residuos inertes	0	38	12.1053	22.2782	28.5148	0	28.5148
13	0.307313	10.5225	Residuos inertes	0	38	12.1819	22.4191	28.6951	0	28.6951
14	0.307313	10.0929	Residuos inertes	0	38	12.1256	22.3155	28.5625	0	28.5625
15	0.307313	9.57624	Residuos inertes	0	38	11.9327	21.9604	28.1081	0	28.1081
16	0.307313	8.97677	Residuos inertes	0	38	11.5982	21.3449	27.3202	0	27.3202
17	0.307313	8.29779	Residuos inertes	0	38	11.1158	20.457	26.1838	0	26.1838
18	0.307313	7.54199	Residuos inertes	0	38	10.4772	19.2819	24.6796	0	24.6796
19	0.307313	6.71152	Residuos inertes	0	38	9.67256	17.801	22.7843	0	22.7843
20	0.305292	5.79876	Arcilla compactada	11.2	19	9.99924	18.4022	20.9167	0	20.9167
21	0.305292	4.8902	Arcilla compactada	11.2	19	9.5721	17.6161	18.6337	0	18.6337
22	0.305292	3.91593	Arcilla compactada	11.2	19	9.07884	16.7083	15.9974	0	15.9974
23	0.305292	2.87639	Arcilla compactada	11.2	19	8.51543	15.6715	12.9861	0	12.9861
24	0.305292	1.77166	Arcilla compactada	11.2	19	7.87691	14.4964	9.57331	0	9.57331
25	0.305292	0.601496	Arcilla compactada	11.2	19	7.16671	13.1893	5.77739	0	5.77739

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.85424

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	0.274324	1.27126	Arcilla compactada	11.2	19	5.14397	9.53816	-4.82633	0	-4.82633
2	0.274324	3.60253	Arcilla compactada	11.2	19	6.60793	12.2527	3.0572	0	3.0572
3	0.307313	6.42745	Residuos inertes	0	38	5.19825	9.63881	12.3371	0	12.3371
4	0.307313	8.63201	Residuos inertes	0	38	7.01603	13.0094	16.6513	0	16.6513
5	0.307313	9.88166	Residuos inertes	0	38	8.15509	15.1215	19.3546	0	19.3546
6	0.307313	10.4831	Residuos inertes	0	38	8.84017	16.3918	20.9806	0	20.9806

7	0.307313	10.8953	Residuos inertes	0	38	9.45126	17.5249	22.4309	0	22.4309
8	0.307313	11.1452	Residuos inertes	0	38	10.0074	18.5562	23.7509	0	23.7509
9	0.307313	11.2531	Residuos inertes	0	38	10.5195	19.5057	24.9662	0	24.9662
10	0.307313	11.234	Residuos inertes	0	38	10.9904	20.3789	26.0838	0	26.0838
11	0.307313	11.1	Residuos inertes	0	38	11.4151	21.1664	27.0918	0	27.0918
12	0.307313	10.8603	Residuos inertes	0	38	11.7801	21.8432	27.958	0	27.958
13	0.307313	10.5225	Residuos inertes	0	38	12.0636	22.3689	28.6309	0	28.6309
14	0.307313	10.0929	Residuos inertes	0	38	12.2369	22.6901	29.0421	0	29.0421
15	0.307313	9.57624	Residuos inertes	0	38	12.2662	22.7445	29.1117	0	29.1117
16	0.307313	8.97677	Residuos inertes	0	38	12.1165	22.4669	28.7563	0	28.7563
17	0.307313	8.29779	Residuos inertes	0	38	11.755	21.7966	27.8983	0	27.8983
18	0.307313	7.54199	Residuos inertes	0	38	11.1558	20.6856	26.4764	0	26.4764
19	0.307313	6.71152	Residuos inertes	0	38	10.3041	19.1063	24.4549	0	24.4549
20	0.305292	5.79876	Arcilla compactada	11.2	19	10.1417	18.8051	22.0868	0	22.0868
21	0.305292	4.8902	Arcilla compactada	11.2	19	9.59707	17.7953	19.154	0	19.154
22	0.305292	3.91593	Arcilla compactada	11.2	19	8.95387	16.6026	15.6904	0	15.6904
23	0.305292	2.87639	Arcilla compactada	11.2	19	8.22591	15.2528	11.7703	0	11.7703
24	0.305292	1.77166	Arcilla compactada	11.2	19	7.43216	13.781	7.49578	0	7.49578
25	0.305292	0.601496	Arcilla compactada	11.2	19	6.59493	12.2286	2.98721	0	2.98721

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
14.3832	11.2713
43.146	12.294
72.655	12.676

External Boundary

X	Y
78.9126	16.5912

78.8925	16.5912
78.8925	16.5912
78.3085	16.5912
66.109	24.7242
39.6852	24.708
33.7208	20.7084
28.6808	20.7084
15.0475	11.7098
13.5303	10.7084
18.449	10.6648
42.3947	10.4212
68.6554	10.6838
69.0292	11.0576
72.0264	14.0548
76.9097	16.4965
78.4126	16.5339
78.4126	15.9987
78.9126	15.9987

Material Boundary

X	Y
16.9597	11.7103
16.9777	11.7223
28.8947	19.7084
34.0247	19.7084
39.9894	23.7082
65.8065	23.7242
76.7412	16.4344

Material Boundary

X	Y
17.8708	11.0707
42.3947	10.8212
69.0292	11.0576

Material Boundary

X	Y
69.0208	11.0775
69.4241	11.4808
72.0143	14.071
76.7412	16.4344
76.9061	16.5169
78.433	16.5549
78.433	16.0191
78.8927	16.019

78.8925	16.5912

Material Boundary

X	Y
17.8776	11.0906
42.3947	10.8412
69.0208	11.0775

Material Boundary

X	Y
17.2994	11.4965
42.3947	11.2412
69.4241	11.4808

Material Boundary

X	Y
15.0475	11.7098
16.9597	11.7103
17.8708	11.0707
18.449	10.6648

Material Boundary

X	Y
16.9776	11.7224
16.9777	11.7223
17.2994	11.4965
17.8776	11.0906

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Perfil2agua_izda.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/09/2019, 11:09:41

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Residuos inertes	Arcilla compactada	Dique	Material granular	Lámina
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	17	16.5	19	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21	20	20	22	
Cohesion [kPa]	0	11.2	20.5	0	0
Friction Angle [deg]	38	19	34	37	11
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None
Hu Value	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	
Ru Value					0

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.554850
Center: 16.627, 27.725
Radius: 14.896
Left Slip Surface Endpoint: 16.744, 12.829
Right Slip Surface Endpoint: 29.767, 20.708
Resisting Horizontal Force=301.88 kN
Driving Horizontal Force=194.154 kN

Method: spencer

FS: 1.531610
Center: 13.898, 33.131
Radius: 20.469
Left Slip Surface Endpoint: 16.806, 12.870
Right Slip Surface Endpoint: 30.166, 20.708
Resisting Moment=5920.89 kN-m
Driving Moment=3865.8 kN-m
Resisting Horizontal Force=246.665 kN
Driving Horizontal Force=161.05 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.541740
Center: 13.898, 33.131

Radius: 20.469
Left Slip Surface Endpoint: 16.806, 12.870
Right Slip Surface Endpoint: 30.166, 20.708
Resisting Moment=5960.05 kN-m
Driving Moment=3865.8 kN-m
Resisting Horizontal Force=248.476 kN
Driving Horizontal Force=161.166 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 3081
Number of Invalid Surfaces: 3101

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 353 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1215 surfaces
Error Code -112 reported for 158 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 2941
Number of Invalid Surfaces: 3241

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 370 surfaces
Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1215 surfaces
Error Code -111 reported for 89 surfaces
Error Code -112 reported for 192 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 3027
Number of Invalid Surfaces: 3155

Error Codes:

Error Code -102 reported for 86 surfaces
Error Code -103 reported for 247 surfaces
Error Code -105 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1017 surfaces
Error Code -108 reported for 360 surfaces

Error Code -109 reported for 2 surfaces
Error Code -110 reported for 1215 surfaces
Error Code -111 reported for 13 surfaces
Error Code -112 reported for 192 surfaces
Error Code -1000 reported for 22 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-105 = More than two surface / slope intersections with no valid slip surface.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.55485

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	0.535599	1.54641	Arcilla compactada	11.2	19	7.79568	12.1211	2.67512	0	2.67512
2	0.535599	4.55128	Arcilla compactada	11.2	19	8.95579	13.9249	7.91372	0	7.91372
3	0.535599	7.37965	Arcilla compactada	11.2	19	10.0249	15.5872	12.7415	0	12.7415
4	0.535599	10.03	Arcilla compactada	11.2	19	11.0041	17.1098	17.1633	0	17.1633
5	0.514783	12.0375	Residuos inertes	0	38	10.7727	16.75	21.4389	0	21.4389
6	0.514783	14.2838	Residuos inertes	0	38	12.561	19.5304	24.9978	0	24.9978
7	0.514783	16.3544	Residuos inertes	0	38	14.1308	21.9713	28.1219	0	28.1219
8	0.514783	18.2448	Residuos inertes	0	38	15.4868	24.0797	30.8206	0	30.8206
9	0.514783	19.95	Residuos inertes	0	38	16.6324	25.8609	33.1004	0	33.1004

10	0.514783	21.4637	Residuos inertes	0	38	17.57	27.3187	34.9664	0	34.9664
11	0.514783	22.7784	Residuos inertes	0	38	18.3009	28.4552	36.4209	0	36.4209
12	0.514783	23.8856	Residuos inertes	0	38	18.8255	29.2709	37.465	0	37.465
13	0.514783	24.7748	Residuos inertes	0	38	19.1432	29.7648	38.0973	0	38.0973
14	0.514783	25.4339	Residuos inertes	0	38	19.2522	29.9343	38.3141	0	38.3141
15	0.514783	25.8483	Residuos inertes	0	38	19.1497	29.7749	38.1102	0	38.1102
16	0.514783	26.0004	Residuos inertes	0	38	18.8316	29.2803	37.4771	0	37.4771
17	0.514783	25.8692	Residuos inertes	0	38	18.2926	28.4422	36.4045	0	36.4045
18	0.514783	25.4288	Residuos inertes	0	38	17.5259	27.2501	34.8785	0	34.8785
19	0.514783	24.6473	Residuos inertes	0	38	16.5228	25.6905	32.8823	0	32.8823
20	0.514783	23.4843	Residuos inertes	0	38	15.273	23.7473	30.3951	0	30.3951
21	0.514783	21.8878	Residuos inertes	0	38	13.7638	21.4007	27.3916	0	27.3916
22	0.514783	19.7887	Residuos inertes	0	38	11.9799	18.6269	23.8414	0	23.8414
23	0.514783	17.0924	Residuos inertes	0	38	9.90314	15.3979	19.7083	0	19.7083
24	0.514783	12.2271	Residuos inertes	0	38	6.72354	10.4541	13.3806	0	13.3806
25	0.585066	4.97306	Arcilla compactada	11.2	19	6.4966	10.1012	-3.19104	0	-3.19104

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.53161

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	0.555302	1.31711	Arcilla compactada	11.2	19	8.46065	12.9584	5.1068	0	5.1068
2	0.555302	3.87705	Arcilla compactada	11.2	19	9.40578	14.406	9.31085	0	9.31085
3	0.555302	6.28725	Arcilla compactada	11.2	19	10.2522	15.7024	13.076	0	13.076
4	0.555302	8.5452	Arcilla compactada	11.2	19	11.004	16.8538	16.4199	0	16.4199
5	0.555302	10.648	Arcilla compactada	11.2	19	11.6646	17.8656	19.3584	0	19.3584
6	0.542722	12.341	Residuos inertes	0	38	11.0912	16.9874	21.7429	0	21.7429
7	0.542722	14.1496	Residuos inertes	0	38	12.3399	18.8999	24.1908	0	24.1908
8	0.542722	15.7933	Residuos inertes	0	38	13.3659	20.4713	26.202	0	26.202

9	0.542722	17.267	Residuos inertes	0	38	14.1801	21.7184	27.7984	0	27.7984
10	0.542722	18.5652	Residuos inertes	0	38	14.7926	22.6565	28.9991	0	28.9991
11	0.542722	19.6813	Residuos inertes	0	38	15.212	23.2989	29.8213	0	29.8213
12	0.542722	20.6081	Residuos inertes	0	38	15.4462	23.6575	30.2802	0	30.2802
13	0.542722	21.3373	Residuos inertes	0	38	15.5018	23.7427	30.3893	0	30.3893
14	0.542722	21.8593	Residuos inertes	0	38	15.385	23.5638	30.1604	0	30.1604
15	0.542722	22.1632	Residuos inertes	0	38	15.1012	23.1291	29.6039	0	29.6039
16	0.542722	22.2363	Residuos inertes	0	38	14.6551	22.4459	28.7295	0	28.7295
17	0.542722	22.0641	Residuos inertes	0	38	14.051	21.5207	27.5453	0	27.5453
18	0.542722	21.6294	Residuos inertes	0	38	13.2928	20.3594	26.0588	0	26.0588
19	0.542722	20.9121	Residuos inertes	0	38	12.3838	18.9672	24.2769	0	24.2769
20	0.542722	19.8883	Residuos inertes	0	38	11.3276	17.3494	22.2062	0	22.2062
21	0.542722	18.5291	Residuos inertes	0	38	10.1273	15.5111	19.8533	0	19.8533
22	0.542722	16.7081	Residuos inertes	0	38	8.73891	13.3846	17.1315	0	17.1315
23	0.542722	12.1564	Residuos inertes	0	38	6.06346	9.28685	11.8866	0	11.8866
24	0.407401	5.25006	Arcilla compactada	11.2	19	8.35653	12.7989	4.64366	0	4.64366
25	0.407401	1.78715	Arcilla compactada	11.2	19	7.26112	11.1212	-0.228838	0	-0.228838

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.54174

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	0.555302	1.31711	Arcilla compactada	11.2	19	7.65457	11.8014	1.74647	0	1.74647
2	0.555302	3.87705	Arcilla compactada	11.2	19	8.84623	13.6386	7.08219	0	7.08219
3	0.555302	6.28725	Arcilla compactada	11.2	19	9.94423	15.3314	11.9985	0	11.9985
4	0.555302	8.5452	Arcilla compactada	11.2	19	10.9232	16.8408	16.3821	0	16.3821
5	0.555302	10.648	Arcilla compactada	11.2	19	11.7648	18.1382	20.15	0	20.15
6	0.542722	12.341	Residuos inertes	0	38	11.7805	18.1625	23.2469	0	23.2469
7	0.542722	14.1496	Residuos inertes	0	38	13.1126	20.2162	25.8755	0	25.8755

8	0.542722	15.7933	Residuos inertes	0	38	14.1416	21.8027	27.9063	0	27.9063
9	0.542722	17.267	Residuos inertes	0	38	14.8705	22.9264	29.3445	0	29.3445
10	0.542722	18.5652	Residuos inertes	0	38	15.3172	23.6152	30.226	0	30.226
11	0.542722	19.6813	Residuos inertes	0	38	15.5118	23.9152	30.61	0	30.61
12	0.542722	20.6081	Residuos inertes	0	38	15.4914	23.8837	30.5698	0	30.5698
13	0.542722	21.3373	Residuos inertes	0	38	15.2957	23.582	30.1835	0	30.1835
14	0.542722	21.8593	Residuos inertes	0	38	14.9625	23.0683	29.526	0	29.526
15	0.542722	22.1632	Residuos inertes	0	38	14.5241	22.3924	28.661	0	28.661
16	0.542722	22.2363	Residuos inertes	0	38	14.0053	21.5925	27.6372	0	27.6372
17	0.542722	22.0641	Residuos inertes	0	38	13.4222	20.6936	26.4866	0	26.4866
18	0.542722	21.6294	Residuos inertes	0	38	12.7825	19.7073	25.2242	0	25.2242
19	0.542722	20.9121	Residuos inertes	0	38	12.0859	18.6333	23.8495	0	23.8495
20	0.542722	19.8883	Residuos inertes	0	38	11.3247	17.4598	22.3476	0	22.3476
21	0.542722	18.5291	Residuos inertes	0	38	10.4841	16.1637	20.6886	0	20.6886
22	0.542722	16.7081	Residuos inertes	0	38	9.48714	14.6267	18.7213	0	18.7213
23	0.542722	12.1564	Residuos inertes	0	38	7.02271	10.8272	13.8582	0	13.8582
24	0.407401	5.25006	Arcilla compactada	11.2	19	8.19556	12.6354	4.16878	0	4.16878
25	0.407401	1.78715	Arcilla compactada	11.2	19	6.54291	10.0875	-3.23106	0	-3.23106

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
16.9777	11.7223
28.288	13.642
43.504	14.922
78.3085	16.5912

External Boundary

X	Y
78.9126	16.5912
78.8925	16.5912

78.8925	16.5912
78.3085	16.5912
66.109	24.7242
39.6852	24.708
33.7208	20.7084
28.6808	20.7084
15.0475	11.7098
13.5303	10.7084
18.449	10.6648
42.3947	10.4212
68.6554	10.6838
69.0292	11.0576
72.0264	14.0548
76.9097	16.4965
78.4126	16.5339
78.4126	15.9987
78.9126	15.9987

Material Boundary

X	Y
16.9597	11.7103
16.9777	11.7223
28.8947	19.7084
34.0247	19.7084
39.9894	23.7082
65.8065	23.7242
76.7412	16.4344

Material Boundary

X	Y
17.8708	11.0707
42.3947	10.8212
69.0292	11.0576

Material Boundary

X	Y
69.0208	11.0775
69.4241	11.4808
72.0143	14.071
76.7412	16.4344
76.9061	16.5169
78.433	16.5549
78.433	16.0191
78.8927	16.019
78.8925	16.5912

Material Boundary

X	Y
17.8776	11.0906
42.3947	10.8412
69.0208	11.0775

Material Boundary

X	Y
17.2994	11.4965
42.3947	11.2412
69.4241	11.4808

Material Boundary

X	Y
15.0475	11.7098
16.9597	11.7103
17.8708	11.0707
18.449	10.6648

Material Boundary

X	Y
16.9776	11.7224
16.9777	11.7223
17.2994	11.4965
17.8776	11.0906

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Perfil2agua_dcha.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/09/2019, 11:09:41

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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Enabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Residuos inertes	Arcilla compactada	Dique	Material granular	Lámina
Color					
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]	18	17	16.5	19	
Saturated Unit Weight [kN/m3]	21	20	20	22	
Cohesion [kPa]	0	11.2	20.5	0	0
Friction Angle [deg]	38	19	34	37	11
Water Surface	Water Table	Water Table	Water Table	Water Table	None
Hu Value	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	Automatically Calculated	
Ru Value					0

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.532010
Center: 79.933, 34.546
Radius: 17.876
Left Slip Surface Endpoint: 64.997, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 78.041, 16.770
Resisting Horizontal Force=258.825 kN
Driving Horizontal Force=168.945 kN

Method: spencer

FS: 1.499410
Center: 79.933, 34.546
Radius: 17.876
Left Slip Surface Endpoint: 64.997, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 78.041, 16.770
Resisting Moment=5206.13 kN-m
Driving Moment=3472.13 kN-m
Resisting Horizontal Force=246.87 kN
Driving Horizontal Force=164.645 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.515050
Center: 79.933, 34.546

Radius: 17.876
Left Slip Surface Endpoint: 64.997, 24.724
Right Slip Surface Endpoint: 78.041, 16.770
Resisting Moment=5260.43 kN-m
Driving Moment=3472.13 kN-m
Resisting Horizontal Force=248.958 kN
Driving Horizontal Force=164.324 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 2951
Number of Invalid Surfaces: 3231

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1186 surfaces
Error Code -108 reported for 127 surfaces
Error Code -109 reported for 28 surfaces
Error Code -110 reported for 11 surfaces
Error Code -112 reported for 60 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 2831
Number of Invalid Surfaces: 3351

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1186 surfaces
Error Code -108 reported for 206 surfaces
Error Code -109 reported for 28 surfaces
Error Code -110 reported for 11 surfaces
Error Code -111 reported for 25 surfaces
Error Code -112 reported for 76 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 2890
Number of Invalid Surfaces: 3292

Error Codes:

Error Code -102 reported for 191 surfaces
Error Code -103 reported for 76 surfaces
Error Code -106 reported for 1 surface
Error Code -107 reported for 1186 surfaces
Error Code -108 reported for 149 surfaces

Error Code -109 reported for 28 surfaces
Error Code -110 reported for 11 surfaces
Error Code -111 reported for 23 surfaces
Error Code -112 reported for 76 surfaces
Error Code -1000 reported for 1551 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-102 = Two surface / slope intersections, but resulting arc is actually outside soil region.
-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-106 = Average slice width is less than 0.0001 * (maximum horizontal extent of soil region). This limitation is imposed to avoid numerical errors which may result from too many slices, or too small a slip region.
-107 = Total driving moment or total driving force is negative. This will occur if the wrong failure direction is specified, or if high external or anchor loads are applied against the failure direction.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-109 = Soiltype for slice base not located. This error should occur very rarely, if at all. It may occur if a very low number of slices is combined with certain soil geometries, such that the midpoint of a slice base is actually outside the soil region,even though the slip surface is wholly within the soil region.
-110 = The water table or a piezoline does not span the slip region for a given slip surface, when Water Surfaces is specified as the method of pore pressure calculation. If this error occurs, check that the water table or piezoline(s) span the appropriate soil cells.
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.
-1000 = No valid slip surfaces are generated at a grid center. Unable to draw a surface.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.53201

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	0.707382	6.01149	Arcilla compactada	11.2	19	6.92329	10.6065	-1.72351	0	-1.72351
2	0.519907	11.753	Residuos inertes	0	38	6.91216	10.5895	13.554	0	13.554
3	0.519907	15.27	Residuos inertes	0	38	9.30921	14.2618	18.2543	0	18.2543
4	0.519907	17.355	Residuos inertes	0	38	10.9236	16.735	21.4198	0	21.4198
5	0.519907	19.0072	Residuos inertes	0	38	12.3132	18.8639	24.1446	0	24.1446
6	0.519907	20.2778	Residuos inertes	0	38	13.4867	20.6618	26.4459	0	26.4459
7	0.519907	21.2071	Residuos inertes	0	38	14.4521	22.1408	28.3389	0	28.3389
8	0.519907	21.8271	Residuos inertes	0	38	15.2159	23.3109	29.8366	0	29.8366
			Residuos							

			inertes							
10	0.519907	22.2407	Residuos inertes	0	38	16.161	24.7588	31.6898	0	31.6898
11	0.519907	22.0743	Residuos inertes	0	38	16.3511	25.05	32.0626	0	32.0626
12	0.519907	21.6804	Residuos inertes	0	38	16.3574	25.0597	32.075	0	32.075
13	0.519907	21.0723	Residuos inertes	0	38	16.1825	24.7917	31.7319	0	31.7319
14	0.519907	20.2613	Residuos inertes	0	38	15.8281	24.2488	31.0371	0	31.0371
15	0.519907	19.2569	Residuos inertes	0	38	15.2954	23.4327	29.9924	0	29.9924
16	0.519907	18.0676	Residuos inertes	0	38	14.585	22.3443	28.5993	0	28.5993
17	0.519907	16.7007	Residuos inertes	0	38	13.6967	20.9835	26.8576	0	26.8576
18	0.519907	15.1624	Residuos inertes	0	38	12.6299	19.3491	24.7657	0	24.7657
19	0.519907	13.4583	Residuos inertes	0	38	11.3833	17.4394	22.3214	0	22.3214
20	0.519907	11.5931	Residuos inertes	0	38	9.95509	15.2513	19.5209	0	19.5209
21	0.491601	9.15773	Arcilla compactada	11.2	19	10.8937	16.6893	15.9421	0	15.9421
22	0.491601	7.32746	Arcilla compactada	11.2	19	10.1678	15.5771	12.7121	0	12.7121
23	0.491601	5.37684	Arcilla compactada	11.2	19	9.3782	14.3675	9.19908	0	9.19908
24	0.491601	3.3078	Arcilla compactada	11.2	19	8.52509	13.0605	5.40333	0	5.40333
25	0.491601	1.12195	Arcilla compactada	11.2	19	7.60826	11.6559	1.32414	0	1.32414

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.49941

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	0.707382	6.01149	Arcilla compactada	11.2	19	7.72823	11.5878	1.1262	0	1.1262
2	0.519907	11.753	Residuos inertes	0	38	5.82432	8.73304	11.1778	0	11.1778
3	0.519907	15.27	Residuos inertes	0	38	8.02169	12.0278	15.3949	0	15.3949
4	0.519907	17.355	Residuos inertes	0	38	9.60978	14.409	18.4427	0	18.4427
5	0.519907	19.0072	Residuos inertes	0	38	11.0451	16.5612	21.1974	0	21.1974
6	0.519907	20.2778	Residuos inertes	0	38	12.3239	18.4786	23.6516	0	23.6516
7	0.519907	21.2071	Residuos inertes	0	38	13.443	20.1565	25.7991	0	25.7991
			Residuos							

			inertes							
9	0.519907	22.1644	Residuos inertes	0	38	15.1898	22.7758	29.1517	0	29.1517
10	0.519907	22.2407	Residuos inertes	0	38	15.8112	23.7075	30.3443	0	30.3443
11	0.519907	22.0743	Residuos inertes	0	38	16.2596	24.3798	31.2048	0	31.2048
12	0.519907	21.6804	Residuos inertes	0	38	16.5304	24.7859	31.7245	0	31.7245
13	0.519907	21.0723	Residuos inertes	0	38	16.6184	24.9178	31.8934	0	31.8934
14	0.519907	20.2613	Residuos inertes	0	38	16.5176	24.7667	31.6999	0	31.6999
15	0.519907	19.2569	Residuos inertes	0	38	16.221	24.322	31.1306	0	31.1306
16	0.519907	18.0676	Residuos inertes	0	38	15.7206	23.5716	30.1702	0	30.1702
17	0.519907	16.7007	Residuos inertes	0	38	15.007	22.5017	28.8008	0	28.8008
18	0.519907	15.1624	Residuos inertes	0	38	14.0698	21.0964	27.0022	0	27.0022
19	0.519907	13.4583	Residuos inertes	0	38	12.8969	19.3377	24.7511	0	24.7511
20	0.519907	11.5931	Residuos inertes	0	38	11.4742	17.2046	22.0209	0	22.0209
21	0.491601	9.15773	Arcilla compactada	11.2	19	11.941	17.9045	19.4713	0	19.4713
22	0.491601	7.32746	Arcilla compactada	11.2	19	11.2576	16.8798	16.4952	0	16.4952
23	0.491601	5.37684	Arcilla compactada	11.2	19	10.4877	15.7254	13.1428	0	13.1428
24	0.491601	3.3078	Arcilla compactada	11.2	19	9.62797	14.4363	9.39883	0	9.39883
25	0.491601	1.12195	Arcilla compactada	11.2	19	8.70014	13.0451	5.3585	0	5.3585

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.51505

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	0.707382	6.01149	Arcilla compactada	11.2	19	7.20833	10.921	-0.810318	0	-0.810318
2	0.519907	11.753	Residuos inertes	0	38	6.7906	10.2881	13.1682	0	13.1682
3	0.519907	15.27	Residuos inertes	0	38	8.68829	13.1632	16.8481	0	16.8481
4	0.519907	17.355	Residuos inertes	0	38	9.8639	14.9443	19.1278	0	19.1278
5	0.519907	19.0072	Residuos inertes	0	38	10.9058	16.5229	21.1484	0	21.1484
6	0.519907	20.2778	Residuos inertes	0	38	11.849	17.9519	22.9774	0	22.9774
			Residuos							

			inertes							
8	0.519907	21.8271	Residuos inertes	0	38	13.5231	20.4882	26.2236	0	26.2236
9	0.519907	22.1644	Residuos inertes	0	38	14.2747	21.6269	27.6812	0	27.6812
10	0.519907	22.2407	Residuos inertes	0	38	14.9688	22.6785	29.0271	0	29.0271
11	0.519907	22.0743	Residuos inertes	0	38	15.5925	23.6234	30.2366	0	30.2366
12	0.519907	21.6804	Residuos inertes	0	38	16.122	24.4257	31.2635	0	31.2635
13	0.519907	21.0723	Residuos inertes	0	38	16.5234	25.0338	32.0417	0	32.0417
14	0.519907	20.2613	Residuos inertes	0	38	16.754	25.3832	32.489	0	32.489
15	0.519907	19.2569	Residuos inertes	0	38	16.7666	25.4022	32.5135	0	32.5135
16	0.519907	18.0676	Residuos inertes	0	38	16.5137	25.0191	32.023	0	32.023
17	0.519907	16.7007	Residuos inertes	0	38	15.9541	24.1712	30.9376	0	30.9376
18	0.519907	15.1624	Residuos inertes	0	38	15.0578	22.8133	29.1998	0	29.1998
19	0.519907	13.4583	Residuos inertes	0	38	13.8121	20.926	26.7841	0	26.7841
20	0.519907	11.5931	Residuos inertes	0	38	12.2242	18.5202	23.7047	0	23.7047
21	0.491601	9.15773	Arcilla compactada	11.2	19	12.008	18.1927	20.3082	0	20.3082
22	0.491601	7.32746	Arcilla compactada	11.2	19	11.1228	16.8515	16.4133	0	16.4133
23	0.491601	5.37684	Arcilla compactada	11.2	19	10.1162	15.3266	11.9846	0	11.9846
24	0.491601	3.3078	Arcilla compactada	11.2	19	9.00854	13.6484	7.11063	0	7.11063
25	0.491601	1.12195	Arcilla compactada	11.2	19	7.8247	11.8548	1.90172	0	1.90172

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
16.9777	11.7223
28.288	13.642
43.504	14.922
78.3085	16.5912

External Boundary

X	Y
78.9126	16.5912

78.8925	16.5912
78.8925	16.5912
78.3085	16.5912
66.109	24.7242
39.6852	24.708
33.7208	20.7084
28.6808	20.7084
15.0475	11.7098
13.5303	10.7084
18.449	10.6648
42.3947	10.4212
68.6554	10.6838
69.0292	11.0576
72.0264	14.0548
76.9097	16.4965
78.4126	16.5339
78.4126	15.9987
78.9126	15.9987

Material Boundary

X	Y
16.9597	11.7103
16.9777	11.7223
28.8947	19.7084
34.0247	19.7084
39.9894	23.7082
65.8065	23.7242
76.7412	16.4344

Material Boundary

X	Y
17.8708	11.0707
42.3947	10.8212
69.0292	11.0576

Material Boundary

X	Y
69.0208	11.0775
69.4241	11.4808
72.0143	14.071
76.7412	16.4344
76.9061	16.5169
78.433	16.5549
78.433	16.0191
78.8927	16.019
78.8925	16.5912

Material Boundary

X	Y
17.8776	11.0906
42.3947	10.8412
69.0208	11.0775

Material Boundary

X	Y
17.2994	11.4965
42.3947	11.2412
69.4241	11.4808

Material Boundary

X	Y
15.0475	11.7098
16.9597	11.7103
17.8708	11.0707
18.449	10.6648

Material Boundary

X	Y
16.9776	11.7224
16.9777	11.7223
17.2994	11.4965
17.8776	11.0906

APÉNDICE V.

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DEL TALUD EXCAVADO (SLIDE)

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Talud Excavacion Burgoabaso_seco.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/10/2019, 17:09:14

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Roca	Eluvial
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	24	16
Cohesion [kPa]	800	6
Friction Angle [deg]	30	19
Water Surface	None	None
Ru Value	0	0

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.663020
Center: 177.140, 25.285
Radius: 9.914
Left Slip Surface Endpoint: 175.788, 15.463
Right Slip Surface Endpoint: 185.527, 19.997
Resisting Horizontal Force=125.273 kN
Driving Horizontal Force=75.3283 kN

Method: spencer

FS: 1.656520
Center: 178.234, 27.472
Radius: 12.053
Left Slip Surface Endpoint: 176.086, 15.612
Right Slip Surface Endpoint: 187.827, 20.174
Resisting Moment=2291.84 kN-m
Driving Moment=1383.52 kN-m
Resisting Horizontal Force=171.811 kN
Driving Horizontal Force=103.718 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.656340
Center: 178.234, 27.472
Radius: 12.053
Left Slip Surface Endpoint: 176.086, 15.612
Right Slip Surface Endpoint: 187.827, 20.174
Resisting Moment=2291.59 kN-m

Driving Moment=1383.52 kN-m
Resisting Horizontal Force=171.819 kN
Driving Horizontal Force=103.734 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4496
Number of Invalid Surfaces: 355

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 258 surfaces
Error Code -112 reported for 30 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 4212
Number of Invalid Surfaces: 639

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 264 surfaces
Error Code -111 reported for 277 surfaces
Error Code -112 reported for 31 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 4493
Number of Invalid Surfaces: 358

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 258 surfaces
Error Code -111 reported for 2 surfaces
Error Code -112 reported for 31 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular, deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.66302

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	0.389567	0.749809	Eluvial	6	19	4.11266	6.83944	2.43792	0	2.43792
2	0.389567	2.20102	Eluvial	6	19	4.86071	8.08345	6.05077	0	6.05077
3	0.389567	3.55586	Eluvial	6	19	5.54432	9.22032	9.35249	0	9.35249
4	0.389567	4.81498	Eluvial	6	19	6.16546	10.2533	12.3524	0	12.3524
5	0.389567	5.9786	Eluvial	6	19	6.72564	11.1849	15.058	0	15.058
6	0.389567	7.04649	Eluvial	6	19	7.226	12.017	17.4746	0	17.4746
7	0.389567	8.01795	Eluvial	6	19	7.66735	12.751	19.6062	0	19.6062
8	0.389567	8.89183	Eluvial	6	19	8.05013	13.3875	21.4549	0	21.4549
9	0.389567	9.66649	Eluvial	6	19	8.3745	13.927	23.0216	0	23.0216
10	0.389567	10.3397	Eluvial	6	19	8.6403	14.369	24.3053	0	24.3053
11	0.389567	10.9088	Eluvial	6	19	8.84703	14.7128	25.3038	0	25.3038
12	0.389567	11.3703	Eluvial	6	19	8.99386	14.957	26.013	0	26.013
13	0.389567	11.7199	Eluvial	6	19	9.0796	15.0996	26.4271	0	26.4271
14	0.389567	11.9525	Eluvial	6	19	9.10266	15.1379	26.5383	0	26.5383
15	0.389567	12.062	Eluvial	6	19	9.061	15.0686	26.3371	0	26.3371
16	0.389567	12.0408	Eluvial	6	19	8.95204	14.8874	25.811	0	25.811
17	0.389567	11.8797	Eluvial	6	19	8.77259	14.589	24.9444	0	24.9444
18	0.389567	11.5676	Eluvial	6	19	8.51874	14.1668	23.7181	0	23.7181
19	0.389567	11.0905	Eluvial	6	19	8.1856	13.6128	22.1093	0	22.1093
20	0.389567	10.4309	Eluvial	6	19	7.76715	12.9169	20.0883	0	20.0883
21	0.389567	9.56626	Eluvial	6	19	7.25583	12.0666	17.6187	0	17.6187
22	0.389567	8.4671	Eluvial	6	19	6.64204	11.0459	14.6542	0	14.6542
23	0.389567	7.0927	Eluvial	6	19	5.91311	9.83362	11.1337	0	11.1337
24	0.389567	4.83874	Eluvial	6	19	4.82533	8.02462	5.87992	0	5.87992
25	0.389567	1.69082	Eluvial	6	19	3.4064	5.66491	-0.973172	0	-0.973172

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.65652

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	0.469623	1.16588	Eluvial	6	19	4.63642	7.68032	4.88001	0	4.88001
2	0.469623	3.42681	Eluvial	6	19	5.72291	9.48011	10.107	0	10.107
3	0.469623	5.5471	Eluvial	6	19	6.69163	11.0848	14.7674	0	14.7674
4	0.469623	7.5284	Eluvial	6	19	7.55128	12.5088	18.9031	0	18.9031
5	0.469623	9.37171	Eluvial	6	19	8.30909	13.7642	22.5488	0	22.5488
6	0.469623	11.0774	Eluvial	6	19	8.9711	14.8608	25.7337	0	25.7337
7	0.469623	12.6452	Eluvial	6	19	9.54237	15.8071	28.4819	0	28.4819
8	0.469623	14.0742	Eluvial	6	19	10.027	16.61	30.8138	0	30.8138
9	0.469623	15.3628	Eluvial	6	19	10.4287	17.2753	32.7459	0	32.7459
10	0.469623	16.5089	Eluvial	6	19	10.7501	17.8077	34.2923	0	34.2923
11	0.469623	17.5093	Eluvial	6	19	10.9935	18.211	35.4631	0	35.4631

12	0.469623	18.3602	Eluvial	6	19	11.1607	18.488	36.2678	0	36.2678
13	0.469623	19.0569	Eluvial	6	19	11.253	18.6409	36.7119	0	36.7119
14	0.469623	19.5936	Eluvial	6	19	11.2713	18.6711	36.7996	0	36.7996
15	0.469623	19.9631	Eluvial	6	19	11.2159	18.5794	36.5331	0	36.5331
16	0.469623	20.1569	Eluvial	6	19	11.0868	18.3655	35.912	0	35.912
17	0.469623	20.1647	Eluvial	6	19	10.8835	18.0288	34.9342	0	34.9342
18	0.469623	19.9739	Eluvial	6	19	10.6051	17.5676	33.5946	0	33.5946
19	0.469623	19.3139	Eluvial	6	19	10.1609	16.8318	31.4578	0	31.4578
20	0.469623	17.3124	Eluvial	6	19	9.26594	15.3492	27.1521	0	27.1521
21	0.469623	14.9256	Eluvial	6	19	8.2733	13.7049	22.3766	0	22.3766
22	0.469623	12.2519	Eluvial	6	19	7.22634	11.9706	17.3399	0	17.3399
23	0.469623	9.25172	Eluvial	6	19	6.12317	10.1432	12.0326	0	12.0326
24	0.469623	5.87235	Eluvial	6	19	4.96159	8.21897	6.44435	0	6.44435
25	0.469623	2.04013	Eluvial	6	19	3.74239	6.19934	0.578932	0	0.578932

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.65634

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	0.469623	1.16588	Eluvial	6	19	4.33028	7.17241	3.40493	0	3.40493
2	0.469623	3.42681	Eluvial	6	19	5.44717	9.02237	8.77761	0	8.77761
3	0.469623	5.5471	Eluvial	6	19	6.5093	10.7816	13.8868	0	13.8868
4	0.469623	7.5284	Eluvial	6	19	7.49422	12.413	18.6247	0	18.6247
5	0.469623	9.37171	Eluvial	6	19	8.38187	13.8832	22.8947	0	22.8947
6	0.469623	11.0774	Eluvial	6	19	9.15644	15.1662	26.6206	0	26.6206
7	0.469623	12.6452	Eluvial	6	19	9.80765	16.2448	29.7529	0	29.7529
8	0.469623	14.0742	Eluvial	6	19	10.3312	17.1119	32.2713	0	32.2713
9	0.469623	15.3628	Eluvial	6	19	10.7287	17.7704	34.1838	0	34.1838
10	0.469623	16.5089	Eluvial	6	19	11.0071	18.2315	35.5229	0	35.5229
11	0.469623	17.5093	Eluvial	6	19	11.1771	18.513	36.3405	0	36.3405
12	0.469623	18.3602	Eluvial	6	19	11.2519	18.6369	36.7002	0	36.7002
13	0.469623	19.0569	Eluvial	6	19	11.2456	18.6265	36.67	0	36.67
14	0.469623	19.5936	Eluvial	6	19	11.172	18.5046	36.3159	0	36.3159
15	0.469623	19.9631	Eluvial	6	19	11.043	18.2909	35.6955	0	35.6955
16	0.469623	20.1569	Eluvial	6	19	10.8681	18.0012	34.8542	0	34.8542
17	0.469623	20.1647	Eluvial	6	19	10.6537	17.6462	33.8231	0	33.8231
18	0.469623	19.9739	Eluvial	6	19	10.4032	17.2312	32.6177	0	32.6177
19	0.469623	19.3139	Eluvial	6	19	10.0254	16.6055	30.8007	0	30.8007
20	0.469623	17.3124	Eluvial	6	19	9.21877	15.2694	26.9203	0	26.9203
21	0.469623	14.9256	Eluvial	6	19	8.31907	13.7792	22.5925	0	22.5925
22	0.469623	12.2519	Eluvial	6	19	7.34904	12.1725	17.9263	0	17.9263
23	0.469623	9.25172	Eluvial	6	19	6.2773	10.3973	12.7708	0	12.7708
24	0.469623	5.87235	Eluvial	6	19	5.05937	8.38003	6.9121	0	6.9121
25	0.469623	2.04013	Eluvial	6	19	3.63058	6.01347	0.0391228	0	0.0391228

List Of Coordinates

External Boundary

X	Y
155.123	11.077
155.123	4.1326
197.236	4.1326
197.236	16.9757
197.236	20.8999
184.734	19.936
175.078	15.1077
171.078	11.1077

Material Boundary

X	Y
175.078	15.1077
197.236	16.9757

Slide Analysis Information

SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Project Summary

File Name: Talud Excavacion Burgoabaso_agua.slim
Slide Modeler Version: 6.005
Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created: 23/10/2019, 17:09:14

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Failure Direction: Right to Left
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
Janbu corrected
Spencer

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50
Check malpha < 0.2: Yes
Initial trial value of FS: 1
Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method: Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/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: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Material Properties

Property	Roca	Eluvial
Color		
Strength Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Unsaturated Unit Weight [kN/m3]		16
Saturated Unit Weight [kN/m3]		20
Cohesion [kPa]	800	6
Friction Angle [deg]	30	19
Water Surface	None	Water Table
Hu Value		Automatically Calculated
Ru Value	0	

Global Minimums

Method: janbu corrected

FS: 1.541430
Center: 178.234, 27.472
Radius: 12.053
Left Slip Surface Endpoint: 176.086, 15.612
Right Slip Surface Endpoint: 187.827, 20.174
Resisting Horizontal Force=170.105 kN
Driving Horizontal Force=110.355 kN

Method: spencer

FS: 1.522330
Center: 178.234, 27.472
Radius: 12.053
Left Slip Surface Endpoint: 176.086, 15.612
Right Slip Surface Endpoint: 187.827, 20.174
Resisting Moment=2168.12 kN-m
Driving Moment=1424.21 kN-m
Resisting Horizontal Force=161.921 kN
Driving Horizontal Force=106.364 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.522220
Center: 178.234, 27.472
Radius: 12.053

Left Slip Surface Endpoint: 176.086, 15.612
Right Slip Surface Endpoint: 187.827, 20.174
Resisting Moment=2167.96 kN-m
Driving Moment=1424.21 kN-m
Resisting Horizontal Force=161.931 kN
Driving Horizontal Force=106.378 kN

Valid / Invalid Surfaces

Method: janbu corrected

Number of Valid Surfaces: 4496
Number of Invalid Surfaces: 355

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 258 surfaces
Error Code -112 reported for 30 surfaces

Method: spencer

Number of Valid Surfaces: 4208
Number of Invalid Surfaces: 643

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 264 surfaces
Error Code -111 reported for 281 surfaces
Error Code -112 reported for 31 surfaces

Method: gle/morgenstern-price

Number of Valid Surfaces: 4493
Number of Invalid Surfaces: 358

Error Codes:

Error Code -103 reported for 67 surfaces
Error Code -108 reported for 258 surfaces
Error Code -111 reported for 2 surfaces
Error Code -112 reported for 31 surfaces

Error Codes

The following errors were encountered during the computation:

-103 = Two surface / slope intersections, but one or more surface / nonslope external polygon intersections lie between them. This usually occurs when the slip surface extends past the bottom of the soil region, but may also occur on a benched slope model with two sets of Slope Limits.
-108 = Total driving moment or total driving force < 0.1. This is to limit the calculation of extremely high safety factors if the driving force is very small (0.1 is an arbitrary number).
-111 = safety factor equation did not converge
-112 = The coefficient M-Alpha = cos(alpha)(1+tan(alpha)tan(phi)/F) < 0.2 for the final iteration of the safety factor calculation. This screens out some slip surfaces which may not be valid in the context of the analysis, in particular,

deep seated slip surfaces with many high negative base angle slices in the passive zone.

Slice Data

Global Minimum Query (janbu corrected) - Safety Factor: 1.54143

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	0.469623	1.17157	Eluvial	6	19	4.62539	7.12972	3.28093	0	3.28093
2	0.469623	3.68803	Eluvial	6	19	5.52699	8.51947	8.55811	1.24105	7.31706
3	0.469623	6.1751	Eluvial	6	19	6.28355	9.68565	13.6876	2.98372	10.7039
4	0.469623	8.48845	Eluvial	6	19	6.98024	10.7596	18.384	4.56131	13.8227
5	0.469623	10.6293	Eluvial	6	19	7.61891	11.744	22.6568	5.975	16.6818
6	0.469623	12.5982	Eluvial	6	19	8.201	12.6413	26.5129	7.22523	19.2877
7	0.469623	14.3739	Eluvial	6	19	8.57111	13.2118	29.9251	8.98071	20.9444
8	0.469623	15.854	Eluvial	6	19	9.14409	14.095	32.6492	9.13963	23.5095
9	0.469623	17.1385	Eluvial	6	19	9.65468	14.882	34.9136	9.11834	25.7952
10	0.469623	18.2447	Eluvial	6	19	10.1124	15.5875	36.7582	8.91396	27.8442
11	0.469623	19.1689	Eluvial	6	19	10.5171	16.2113	38.1782	8.52262	29.6556
12	0.469623	19.9062	Eluvial	6	19	10.8681	16.7524	39.1667	7.93939	31.2273
13	0.469623	20.4508	Eluvial	6	19	11.1648	17.2098	39.7137	7.15817	32.5555
14	0.469623	20.7953	Eluvial	6	19	11.406	17.5815	39.8065	6.17146	33.6351
15	0.469623	20.9309	Eluvial	6	19	11.59	17.8652	39.4292	4.97018	34.459
16	0.469623	20.8469	Eluvial	6	19	11.715	18.0579	38.5619	3.54334	35.0185
17	0.469623	20.5304	Eluvial	6	19	11.7783	18.1555	37.1798	1.87766	35.3022
18	0.469623	20.0198	Eluvial	6	19	11.7911	18.1752	35.3595	0	35.3595
19	0.469623	19.3139	Eluvial	6	19	11.3476	17.4915	33.3735	0	33.3735
20	0.469623	17.3124	Eluvial	6	19	10.3749	15.9922	29.0195	0	29.0195
21	0.469623	14.9256	Eluvial	6	19	9.26052	14.2745	24.0307	0	24.0307
22	0.469623	12.2519	Eluvial	6	19	8.05107	12.4102	18.6165	0	18.6165
23	0.469623	9.25172	Eluvial	6	19	6.73879	10.3874	12.7418	0	12.7418
24	0.469623	5.87235	Eluvial	6	19	5.31423	8.19152	6.36466	0	6.36466
25	0.469623	2.04013	Eluvial	6	19	3.76595	5.80495	-0.566455	0	-0.566455

Global Minimum Query (spencer) - Safety Factor: 1.52233

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	0.469623	1.17157	Eluvial	6	19	5.07025	7.71859	4.99114	0	4.99114
2	0.469623	3.68803	Eluvial	6	19	6.08098	9.25726	10.7008	1.24105	9.45977
3	0.469623	6.1751	Eluvial	6	19	6.90002	10.5041	16.0646	2.98372	13.0809
4	0.469623	8.48845	Eluvial	6	19	7.62295	11.6046	20.8384	4.56131	16.2771
5	0.469623	10.6293	Eluvial	6	19	8.25738	12.5705	25.057	5.975	19.082
6	0.469623	12.5982	Eluvial	6	19	8.80973	13.4113	28.7492	7.22523	21.524
7	0.469623	14.3739	Eluvial	6	19	9.11637	13.8781	31.8606	8.98071	22.8799
8	0.469623	15.854	Eluvial	6	19	9.63183	14.6628	34.2984	9.13963	25.1588
9	0.469623	17.1385	Eluvial	6	19	10.0723	15.3333	36.2243	9.11834	27.106

10	0.469623	18.2447	Eluvial	6	19	10.4509	15.9098	37.694	8.91396	28.78
11	0.469623	19.1689	Eluvial	6	19	10.7707	16.3965	38.7163	8.52262	30.1937
12	0.469623	19.9062	Eluvial	6	19	11.034	16.7974	39.2973	7.93939	31.3579
13	0.469623	20.4508	Eluvial	6	19	11.243	17.1155	39.4399	7.15817	32.2817
14	0.469623	20.7953	Eluvial	6	19	11.3993	17.3535	39.1443	6.17146	32.9729
15	0.469623	20.9309	Eluvial	6	19	11.5045	17.5137	38.4084	4.97018	33.4382
16	0.469623	20.8469	Eluvial	6	19	11.5599	17.598	37.2263	3.54334	33.683
17	0.469623	20.5304	Eluvial	6	19	11.5664	17.6079	35.5895	1.87766	33.7119
18	0.469623	20.0198	Eluvial	6	19	11.5369	17.563	33.5814	0	33.5814
19	0.469623	19.3139	Eluvial	6	19	11.0314	16.7934	31.3462	0	31.3462
20	0.469623	17.3124	Eluvial	6	19	10.0525	15.3033	27.0185	0	27.0185
21	0.469623	14.9256	Eluvial	6	19	8.96727	13.6512	22.2205	0	22.2205
22	0.469623	12.2519	Eluvial	6	19	7.82296	11.9091	17.1614	0	17.1614
23	0.469623	9.25172	Eluvial	6	19	6.61781	10.0745	11.8332	0	11.8332
24	0.469623	5.87235	Eluvial	6	19	5.34988	8.14428	6.22743	0	6.22743
25	0.469623	2.04013	Eluvial	6	19	4.01927	6.11865	0.344577	0	0.344577

Global Minimum Query (gle/morgenstern-price) - Safety Factor: 1.52222

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	0.469623	1.17157	Eluvial	6	19	4.73039	7.2007	3.48709	0	3.48709
2	0.469623	3.68803	Eluvial	6	19	5.78277	8.80265	9.38054	1.24105	8.13949
3	0.469623	6.1751	Eluvial	6	19	6.71065	10.2151	15.2252	2.98372	12.2415
4	0.469623	8.48845	Eluvial	6	19	7.57228	11.5267	20.612	4.56131	16.0506
5	0.469623	10.6293	Eluvial	6	19	8.34567	12.7039	25.4446	5.975	19.4696
6	0.469623	12.5982	Eluvial	6	19	9.01418	13.7216	29.6502	7.22523	22.425
7	0.469623	14.3739	Eluvial	6	19	9.39951	14.3081	33.1093	8.98071	24.1286
8	0.469623	15.854	Eluvial	6	19	9.94549	15.1392	35.6819	9.13963	26.5423
9	0.469623	17.1385	Eluvial	6	19	10.3732	15.7904	37.5517	9.11834	28.4334
10	0.469623	18.2447	Eluvial	6	19	10.7014	16.2899	38.798	8.91396	29.884
11	0.469623	19.1689	Eluvial	6	19	10.9426	16.657	39.4729	8.52262	30.9503
12	0.469623	19.9062	Eluvial	6	19	11.1117	16.9144	39.6371	7.93939	31.6977
13	0.469623	20.4508	Eluvial	6	19	11.224	17.0854	39.3524	7.15817	32.1942
14	0.469623	20.7953	Eluvial	6	19	11.2939	17.1918	38.6748	6.17146	32.5033
15	0.469623	20.9309	Eluvial	6	19	11.3335	17.2521	37.6486	4.97018	32.6785
16	0.469623	20.8469	Eluvial	6	19	11.3518	17.2799	36.3027	3.54334	32.7593
17	0.469623	20.5304	Eluvial	6	19	11.3539	17.2832	34.6465	1.87766	32.7688
18	0.469623	20.0198	Eluvial	6	19	11.3531	17.2819	32.765	0	32.765
19	0.469623	19.3139	Eluvial	6	19	10.9108	16.6087	30.8098	0	30.8098
20	0.469623	17.3124	Eluvial	6	19	10.0168	15.2478	26.8576	0	26.8576
21	0.469623	14.9256	Eluvial	6	19	9.02038	13.731	22.4524	0	22.4524
22	0.469623	12.2519	Eluvial	6	19	7.9476	12.098	17.7098	0	17.7098
23	0.469623	9.25172	Eluvial	6	19	6.76661	10.3003	12.4889	0	12.4889
24	0.469623	5.87235	Eluvial	6	19	5.43287	8.27003	6.59264	0	6.59264
25	0.469623	2.04013	Eluvial	6	19	3.88295	5.9107	-0.259333	0	-0.259333

List Of Coordinates

Water Table

X	Y
175.078	15.1077
179.137	16.386
185.923	17.269
197.236	18.3457

External Boundary

X	Y
155.123	11.077
155.123	4.1326
197.236	4.1326
197.236	16.9757
197.236	20.8999
184.734	19.936
175.078	15.1077
171.078	11.1077

Material Boundary

X	Y
175.078	15.1077
197.236	16.9757

APÉNDICE VI.

CÁLCULO DE ROTURAS EN MACIZO ROCOSO (SWEDGE)

Swedge Analysis Information

Document Name:
S0-J2.swd

Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.92489
Wedge height(on slope)=6 m
Wedge width(on upper face)=10.8567 m
Wedge volume=269.439 m3
Wedge weight=673.597 tonnes
Wedge area (joint1)=222.519 m2
Wedge area (joint2)=32.7744 m2
Wedge area (slope)=105.292 m2
Wedge area (upper face)=134.719 m2
Normal force (joint1)=634.734 tonnes
Normal force (joint2)=114.952 tonnes
Driving force=224.86 tonnes
Resisting force=432.832 tonnes

Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=19.5008 deg, trend=353.225 deg
length=17.9738 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=25.3351 m
Joint2 on slope face=8.53783 m
Joint1 on upper face=27.7857 m
Joint2 on upper face=10.8832 m

Maximum Persistence:
Joint1=27.7857 m
Joint2=17.9738 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 76.7922 deg
J1&Crest on slope face = 19.5678 deg
J1&Crest on upper face = 23 deg
J2&Crest on slope face = 83.64 deg
J2&Crest on upper face = 94 deg
J1&2 on upper face = 63 deg

Joint Set 1 Data:

dip=22 deg, dip direction=22 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=85 deg, dip direction=265 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=45 deg, dip direction=359 deg
slope height=6 meters
rock unit weight=2.5 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=0 deg, dip direction=359 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -23.8, -6.42, 6
Point 234: 1.05, -5.98, 6
Point 123: 2, -16.8, 6

Swedge Analysis Information

Document Name:
S0-J3.swd

Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis

Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=1.42899
Wedge height(on slope)=6 m
Wedge width(on upper face)=6.89223 m
Wedge volume=121.143 m3
Wedge weight=302.858 tonnes
Wedge area (joint1)=141.263 m2
Wedge area (joint2)=27.4967 m2
Wedge area (slope)=74.572 m2
Wedge area (upper face)=60.5716 m2
Normal force (joint1)=268.656 tonnes
Normal force (joint2)=-18.5304 tonnes
Driving force=113.453 tonnes
Resisting force=162.123 tonnes

Failure Mode:
Sliding on joint1 (S0)

Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=21.8234 deg, trend=29.6342 deg
length=16.14 m

Trace Lengths:
Joint1 on slope face=25.3351 m
Joint2 on slope face=10.5654 m
Joint1 on upper face=17.6393 m
Joint2 on upper face=7.02123 m

Maximum Persistence:
Joint1=25.3351 m
Joint2=16.14 m

Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 33.861 deg
J1&Crest on slope face = 19.5678 deg
J1&Crest on upper face = 23 deg
J2&Crest on slope face = 126.571 deg
J2&Crest on upper face = 79 deg
J1&2 on upper face = 78 deg

Joint Set 1 Data:

dip=22 deg, dip direction=22 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Joint Set 2 Data:

dip=50 deg, dip direction=100 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=30 deg

Slope Data:

dip=45 deg, dip direction=359 deg
slope height=6 meters
rock unit weight=2.5 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:

dip=0 deg, dip direction=359 deg

Wedge Vertices:

Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -23.8, -6.42, 6
Point 234: -6.19, -6.11, 6
Point 123: -7.41, -13, 6

APÉNDICE VII.

TABLAS DE REFERENCIA DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Tabla V.7 (HUNT, 1984) y la Figura 5.13 (NAVFAC, 1971). En condiciones sin drenaje se adopta el valor de la resistencia al corte igual a la mitad de la resistencia a la compresión simple sin confinamiento, q_u.

También hay relaciones entre los distintos tipos de penetrométros estáticos y los valores resistentes que se deducen, y entre los distintos tipos de penetrómetros entre sí. En cada caso concreto se debe acudir en función del tipo de penetrómetro a las correlaciones que con él existan en la bibliografía especializada. Un buen compendio de los mismos existe en el libro de SANGLERAT «El penetrómetro y el reconocimiento de los suelos» (1967).

— Otra posibilidad es el uso del *ensayo del molinete de campo* para obtener valores de la resistencia al corte sin drenaje. En general los valores que se obtienen son muy aceptables. Se debe hacer la corrección del

Tabla V.8

PROPIEDADES TIPICAS DE SUELOS COMPACTADOS (NAVFAC, 1971)

Símbolo del grupo	Tipo de suelo	Cohesión (compactado) t/m²	Cohesión (saturado) t/m²	Angulo roza. int. efect. φ' grados	tg φ'
GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y de arena	0	0	> 38°	> 0,79
GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y de arena	0	0	> 37°	> 0,74
GM	Gravas limosas, mezclas de grava-arena-limo mal graduadas			> 34°	> 0,67
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla mal graduadas			> 31°	> 0,60
SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava	0	0	38°	0,79
SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava	0	0	37°	0,74
SM	Arenas limosas, mezclas de arena-limo mal graduadas	5,13	2,05	34°	0,67
SM-SC	Mezclas de arena-limo-arcilla con finos poco plásticos	5,13	1,46	33°	0,66
SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcilla	7,57	1,12	31°	0,60
ML	Limos inorgánicos y limos arcillosos	6,83	0,93	32°	0,62
ML-CL	Mezcla de limo inorgánico y arcilla	6,59	2,24	32°	0,62
CL	Arcillas inorgánicas poco plásticas o de plasticidad mediana	8,79	1,32	28°	0,54
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas poco plásticas	—	—	—	—
MH	Limos arcillosos inorgánicos, suelos limosos	7,32	2,05	25°	0,47
CH	Arcillas inorgánicas muy plásticas	10,5	1,12	19°	0,35
OH	Arcillas orgánicas y arcillas limosas	—	—	—	—

(*) Los ensayos marcados no están amparados por la acreditación de ENAC

Informe de ensayo Nº: B1905-JRA-02

Proyecto Nº: 079151

Hoja nº 1 de 2

Fecha Recepción Laboratorio: 21/02/2019
Fecha Inicio de Ensayos: 21/02/2019
Fecha Final de Ensayos: 05/03/2019

Muestra/s: ARIDOS CONTROL DE PRODUCCIÓN

Destinatario:

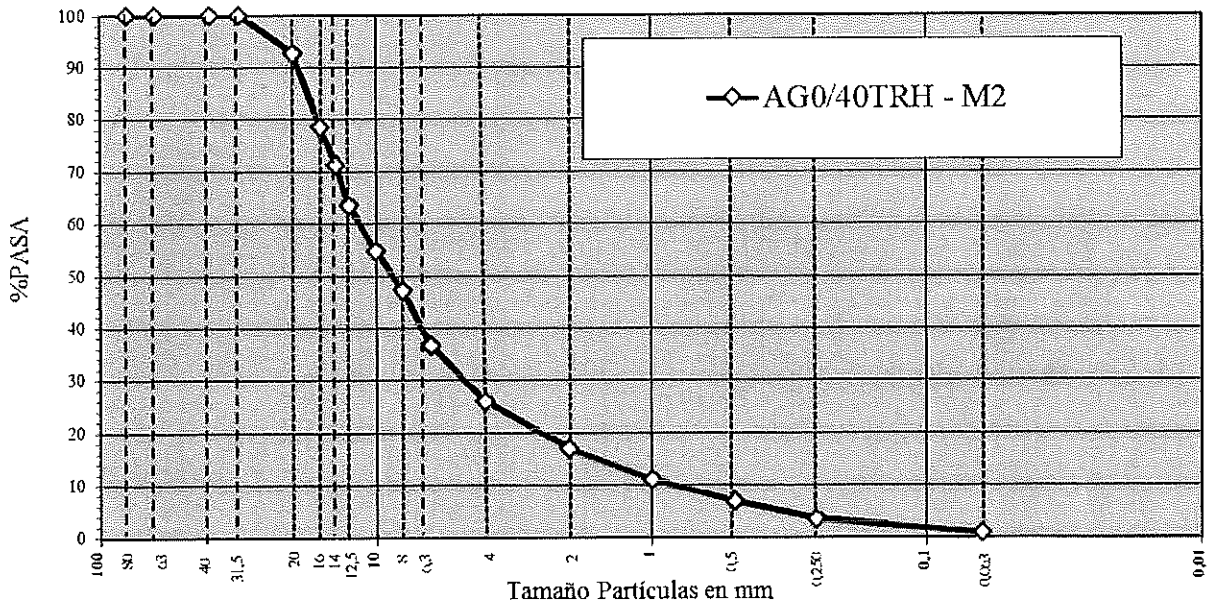
J. RAMÓN ANASAGASTI, S.L.
Martín Deuna, 2 - bajo D
48370 BERMEO (BIZKAIA)
ATT. D. JUAN RAMÓN ANASAGASTI

Tipo de muestra: AG0/40TRH – M2
Planta de: BERMEO
Procedencia: J. RAMÓN ANASAGASTI, S.L.

Recogida por: Personal técnico de TECNALIA
Fecha de recogida: 21/02/2019
Nº Muestras: 1

(*) TOMA DE MUESTRAS, UNE-EN 932-1: 1997 "Ensayo para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo. "

ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS ÁRIDOS.
PARTE 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado, UNE-EN 933-1:2012



TAMAÑOS (mm)	31,5	20	16	14	12,5	10	8	6,3	4	2	1	0,5	0,25	0,063
AG0/40TRH – M2 (% Pasa)	100	93	79	71	63	55	47	37	26	17	11	7	3	0,8

Continúa en las páginas siguientes...

Razón Social / FUNDACION TECNALIA RESEARCH & INNOVATION Nº F-95 Registro de Fundaciones del Gobierno Vasco CIF G48975767

DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA, UNE-EN 933-8:2012+A1:2015/1M:2016

EQUIVALENTE DE ARENA (SE) (%)
28

DETERMINACIÓN DEL AZUL DE METILENO, UNE-EN 933-9:2010+A1:2013

AZUL DE METILENO (g. azul/1 kg de fracción 0/2 mm)
1,2

Preparación de la muestra con secado previo.

ÍNDICE DE LAJAS, UNE-EN 933-3:2012

MATERIAL	PESO MUESTRA (g)	ÍNDICE DE LAJAS (%)
AG0/40TRH – M2	6.244	15

DETERMINACIÓN DE AZUFRE TOTAL Y SULFATOS, UNE-EN 1744-1:2010+A1:2013

MATERIAL	Compuestos de Azufre totales		(*) Sulfatos solubles en agua (%SO_4)
	% SO_3	% S	
AG0/40TRH – M2	0,57	0,23	0,25

(*) PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS ÁRIDOS, CLASIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LOS ÁRIDOS GRUESOS RECICLADOS, UNE-EN 933-11:2009

CLASE	Masas	Porcentajes (P %) (Mclase / M1) x 100	Observaciones
X	6	0,1	Componentes X
Rc	5709	85,8	Hormigón y mortero
Ru	817,6	12,3	Piedra natural
Rb	39,3	0,6	Ladrillos, azulejos
Ra	78,1	1,2	Materiales bituminosos
Rg	0	0	Cristal
SUMA		100	

Derio, 6 de marzo de 2019

LUCÍA GÓMEZ
Jefe Laboratorio de Materiales

tecnalia Inspiring Business
Fundación TECNALIA Research & Innovation

FÉLIX RODRÍGUEZ
Responsable Técnico Ensayo

Laboratorio inscrito en Julio de 2010 en el Registro General del CTE, sección 5-1: PVS-L-013 en las áreas EHA B+C(1,2,3,4,5,6,7); GTL B; VSG B; C(9,10,11,12); EAP B; EAS B.

Notas: - La incertidumbre asociada a las determinaciones está a disposición del cliente en nuestros laboratorios.
- Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.
- Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.

Interface shear strength

Examples of interface shear values

between different geosynthetics and soil. The indicated approximate values result from over 15 years of project experience. The specific design values must be determined on a project by project basis and follow as close as possible on-site conditions.

■ Thermally fused nonwoven achieves the higher value

■ Is rarely designed

	Bentofix®	Secudrän®	Secutex® nonwoven	Carbofol® smooth	Carbofol® MegaFriction	Sand 0/2 mm	Gravel 8/16 mm	Mixed grained top soil
Bentofix®	33°	19-25°		11°	30°	29°	32°	26°
Secudrän®	19-25°			11°	30°	29°	32°	26°
Secutex® nonwoven			18°	11°	30°	29°	32°	26°
Carbofol® smooth	11°	11°	11°			18°		
Carbofol® MegaFriction	30°	30°	30°			25°		
Sand 0/2 mm	29°	29°	29°	18°	25°	32°	-	-
Gravel 8/16 mm	32°	32°	32°			-	36°	-
Mixed grained top soil	26°	26°	26°			-	-	28°

© 2012 NAUE GmbH & Co. KG · www.naue.com

Valores típicos de c y ϕ para roca sana

Roca	Cohesión c (kp/cm^2)	Ángulo de fricción básico ϕ_b (grados)
Andesita	280	45
Arenisca	80-350	30-50
Basalto	200-600	48-55
Caliza	50-400	35-50
Caliza margosa	10-60	30
Cuarcita	250-700	40-55
Diabasa	900-1.200	40-50
Diorita	150	50-55
Dolomía	220-600	25-35
Esquisto	250	25-30*
	20-150*	20-30*
Gabro	300	35
Gneiss	150-400	30-40
Granito	150-500	45-58
Grauvaca	60-100	45-50
Mármol	150-350	35-45
Lutita	30-350	40-60
		15-25*
Pizarra	100-500	40-55
	< 100*	15-30*
Toba	7	—
Yeso	—	30

(*) En superficies de laminación o esquistosidad.
Datos seleccionados a partir de Walthan (1999), Rahn (1986), Goodman (1989), Farmer (1968), Jiménez Salas y Justo Alpañés (1975).

GONZALEZ DE VALLEJO, et al (2002). "Ingeniería geológica". Editorial Pearson, p159.

Tabla IV.5

RESISTENCIA AL CORTE A LO LARGO DE DIVERSAS SUPERFICIES DE DISCONTINUIDAD EN ROCAS (JIMENEZ SALAS, 1975)

		Seca				Saturada			
		Pico		Residual		Pico		Residual	
	Tipo de plano	c' t/m²	φ' grados	c'_r t/m²	φ'_r grados	c' t/m²	φ' grados	c'_r t/m²	φ'_r grados
Arenisca	Plano de sedimentación	0	34-45	0	27-34	0	37-39	—	> 25
Arenisca	Diaclasa	≃0	31-43			0	39-40		
Arenisca de grano muy fino (siltstone) .	Diaclasa	—	28-30	—	—	—	—	—	—
Basalto	Diaclasa	0	47	—	—	0	47	—	—
Caliza	Diaclasa	—	> 45	—	33-37	—	—	—	—
Caliza metafórfica	Superficie de sediment.	3,8	49	0	49	1,5	42	—	—
Caliza oolítica	Diaclasa	0	44	—	27-41	—	—	—	—
Contacto entre arenisca y arcilla esquistosa (clay shale) ...	Plano de sedimentación	1,2	33,5	—	—	0,5	35	—	—
Cuarcita	Diaclasa	0	41-44	—	—	0	37	0	24
Diabasa (Evdokimov y Sapegin, 1964) .	Diaclasas de 0,5 a 1,5 mm rellenas	24-74	31-43	—	—	—	—	—	—
	de clorita	44	31	—	—	37	51	—	—
Dolerita	Diaclasas	0	52	—	—	0	37	—	—
Esquisto	Plano de esquistosidad	13,3	41	4	39,8	—	—	—	—
Esquisto arcill. (shale)	Diaclasa	0	37	—	—	—	27	—	—
Esquisto cretoso ..	Diaclasa	0	29-38	—	—	—	—	—	—
Esquisto cuarzo-sericítico, muy meteorizado, duro, de Venezuela	Plano de esquistosidad	> 40,7	>51,5	—	—	38	> 33	—	—
Esquisto grafitoso, descompuesto, de Venezuela	Plano de esquistosidad	—	—	—	—	< 2,5	> 57	—	—
Esquisto sericítico descompuesto, de Venezuela	Plano de esquistosidad	—	> 45,8	—	—	< 2,1	> 34	—	—
Filita	Plano de esquistosidad	0-1,3	40-42	—	—	0	32	—	—
Gabro	Diaclasa	0	47	—	—	0	48	—	—
Gneiss	Plano de esquistosidad	7	49	0	35-49	0	44	—	> 31
Grauwacka	Diaclasa	—	> 38	—	—	—	—	—	—
Mármol	—	—	—	—	32	—	—	—	—
Monzonita con cuarzo	—	—	—	—	32	—	—	—	—
Pizarra	Plano de esquistosidad	0	32	—	—	0	26	—	—
Pizarra sericítica ..	Plano de esquistosidad	—	> 15,5	—	—	—	—	—	—
Roca de silicato cálcico	Plano de sedimentación	—	48	—	—	—	—	—	—
—	Diaclasa	—	47	—	—	—	—	—	—