

ANEJO N°2

Geología y geotecnia

Índice

1	Introducción	1
2	Características de los materiales	2
2.1	Estratigrafía	2
2.1.1	Sustrato rocoso	2
2.1.2	Formaciones superficiales	2
2.1.2.1	Depósitos Aluviales	2
2.1.2.2	Depósitos Antrópicos	2
2.2	Tectónica y estructura	2
2.3	Geomorfología	3
2.4	Condiciones hidrogeológicas	3
2.5	Características geotécnicas de los materiales	3
3	Geotecnia	4
3.1	Análisis de la estabilidad	4
3.2	Determinación de los asientos	4
3.3	Caracterización de la explanada	4

APENDICE Nº2.1: SONDEOS DE FIRMES
APÉNDICE Nº2.2: CÁLCULO DE ESTABILIDAD
APÉNDICE Nº2.3: DETERMINACIÓN DE ASIENTOS

1 Introducción

En la carretera BI-735 a la altura de Macro se propone realizar una subida de cota del actual trazado a fin de evitar inundaciones en esta zona.

En este anejo se recopilan los estudios geotécnicos realizados en la zona, se analizan las propiedades de los materiales y se estudia si las modificaciones en cota de la carretera pudieran constituir un problema de orden geotécnico.

Los proyectos utilizados han sido:

- Estudio informativo de las cocheras de Arriaga, T.M. Erandio ETS
- Proyecto informativo de encauzamiento del río Asua entre industrias Alba y el puente de Sangroniz URA

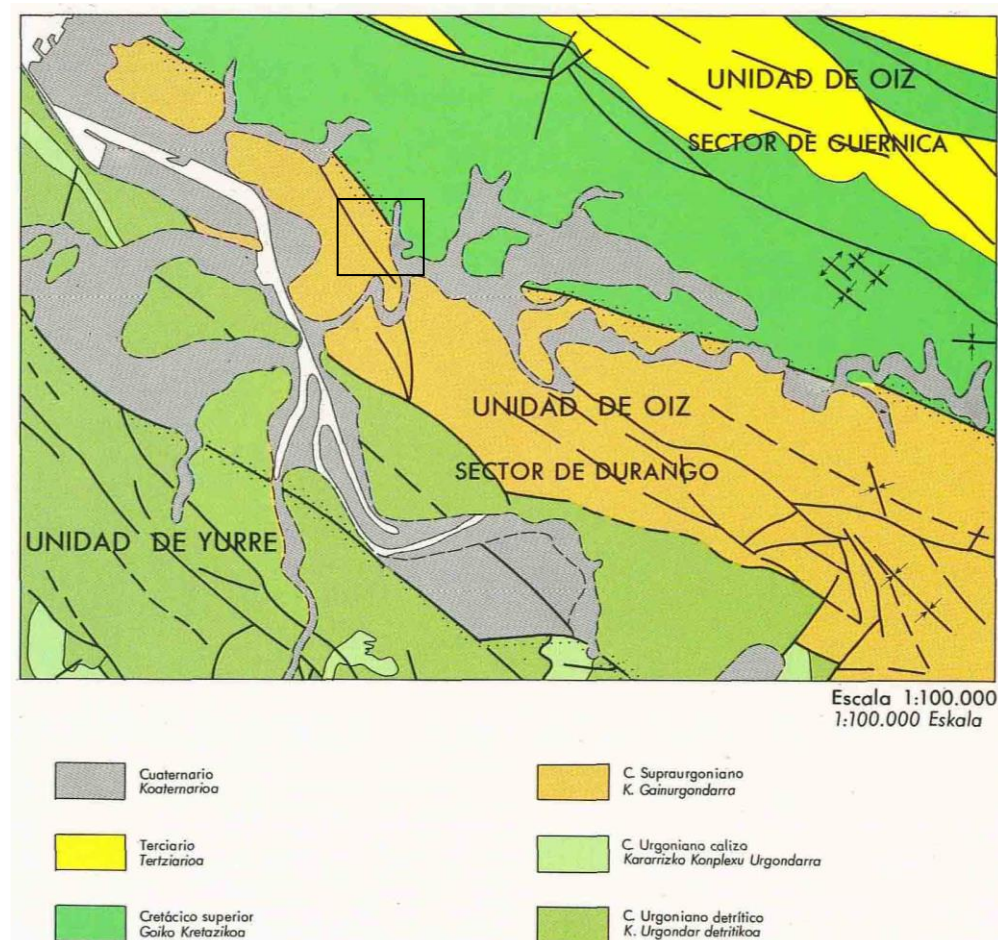
La composición de la estructura del firme existente se ha obtenido a través de un sondeo realizado en la campaña de Mayo del año 2001 (sondeo nº4 pk 11+010) cuyos datos se presentan en el Apéndice 2.1.

Para la realización de este anejo no se ha realizado ninguna campaña geotécnica, por lo que todos los datos aquí presentes proceden de otros proyectos.

El máximo de altura respecto a la cota actual se alcanza en el PK 1+290 con 1.70 m.

2 Características de los materiales

Desde un punto de vista regional la zona se sitúa dentro de la Unidad Oiz, en el sector de Gernika. Este sector se caracteriza por estar compuesto principalmente por una alternancia de materiales terrígenos denominado como Flysch y está cortada en la zona de estudio por el valle y sedimentos del río Asua. La dirección general de las capas es N-120, y el buzamiento general, según mapa del EVE es de 70 hacia el NE, pero existen muchos repliegues que lo hacen cambiante. La edad de los materiales es Cretácico Superior (Cenomaniense-Coniaciense)



Estructuralmente la zona pertenece al flanco Sur del Sinclinal de Bizkaia y se sitúa en contacto con la Falla de Durango, importante accidente tectónico que hace cabalgar los materiales del sector Durango hacia el norte, lo que produce una intensa deformación de los mismos.

Esa zona está constituida por materiales terrígenos formados por una alternancia con características flyschoides en la que predomina el componente margoso. También aparecen niveles calcareníticos y de caliza micrítica de color blanco. Sobre estos se sitúan los depósitos aluviales del río Asua, sobre los que se han efectuado rellenos para la urbanización del polígono, y para elevar la cota del terreno y evitar el encharcamiento y las inundaciones.

2.1 Estratigrafía

2.1.1 Sustrato rocoso

En la zona de estudio afloran de forma alternante margas, margocalizas y calcarenitas

2.1.2 Formaciones superficiales

Las principales formaciones superficiales observadas son suelos aluviales y rellenos.

2.1.2.1 DEPÓSITOS ALUVIALES

Por debajo de los rellenos antrópicos y sobre el nivel rocoso, se dispone un nivel de materiales aluviales cuaternarios asociados al río Asua, configurando la antigua llanura de inundación. Pese a que no se trata de niveles diferenciados con contactos netos, sino más bien transiciones graduales y contactos difusos, se puede distinguir tres subniveles: Arcillas marrones (1), limos y arcillas limosas (2), y gravas con arenas y arenas (3).

2.1.2.2 DEPÓSITOS ANTRÓPICOS

Corresponden a suelos procedentes de la adecuación del terreno a la plataforma de la actual carretera. El espesor de este nivel de materiales es variable.

2.2 Tectónica y estructura

Desde el punto de vista estructural, la zona de estudio se sitúa al oeste del dominio tectónico conocido como Arco Vasco, justo en la zona externa del mismo en su articulación con el Arco de Balmaseda. Se sitúa concretamente en el Sector Gernika.

Desde un punto de vista tectónico, el complejo Volcánico está limitado por la Falla de Durango al norte y por el Cabalgamiento de Santo Domingo al Sur, que está cubierto por los sedimentos de la ría. La más importante es la de Durango ya que se trata de un gran cabalgamiento vergente hacia el NE que pone en contacto material de edades muy diferentes.

Ambas fallas, tienen una orientación general NW-SE, que coincide con las directrices tectónicas regionales. El juego de ambas fallas ha comprimido la banda situada entre ellas provocando pliegues vergentes hacia el noroeste con esquistosidad. En ocasiones aparecen fallas oblicuas que desplazan estos materiales.

2.3 Geomorfología

El trazado atraviesa una zona bastante llana, correspondiente a la llanura de inundación del río Asua.

2.4 Condiciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrológico, la zona de estudio se localiza en el entorno del dominio del Cuaternario, debido a la existencia del aluvial del río Asua. Este aluvial es eminentemente limoso arenoso y de muy poca potencia en la zona de estudio. No constituye acuífero para su explotación.

2.5 Características geotécnicas de los materiales

En base a los resultados obtenidos en otros proyectos se aceptan los siguientes valores para los parámetros geomecánicos:

Material	Densidad ap kN/m3	Cohesión kPa	Ángulo de roz °	Mod elástico kPa
Rellenos	19.0	0	35	72000
Aluvial 1	20.2	35	25	32000
Aluvial 2	18.8	40	20	22500
Aluvial 3	19.3	0	30	64000
Flysch	26.8			> >

3 Geotecnia

La única operación relacionada con este proyecto es la creación de un relleno sobre la actual carretera de una altura máxima de 1.70 m.

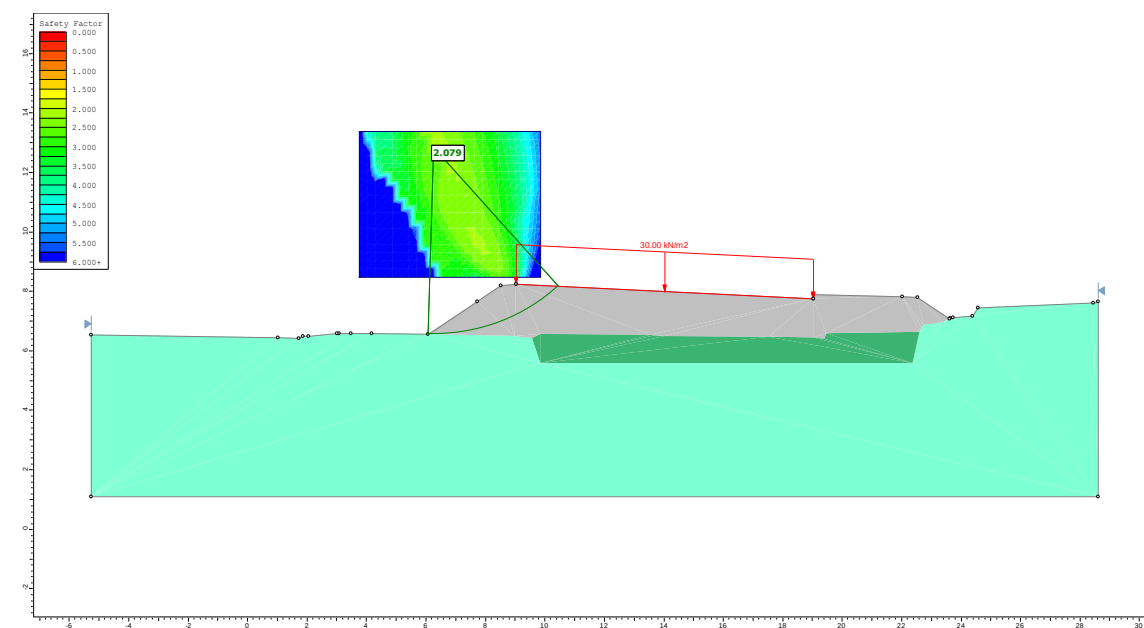
En este apartado se estudia tanto la posibilidad de un deslizamiento global como la magnitud de los asentamientos asociados a su construcción.

Así mismo se clasifican los suelos de cara al diseño de la capa de firmes.

3.1 Análisis de la estabilidad

Para el estudio de la estabilidad se ha utilizado el perfil 1+290 en el que la altura del relleno alcanza 1.70 m sobre el terreno actual.

El análisis se ha llevado a cabo mediante el método de las rebanadas a través del programa SLIDE 2. El resultado se muestra a continuación:

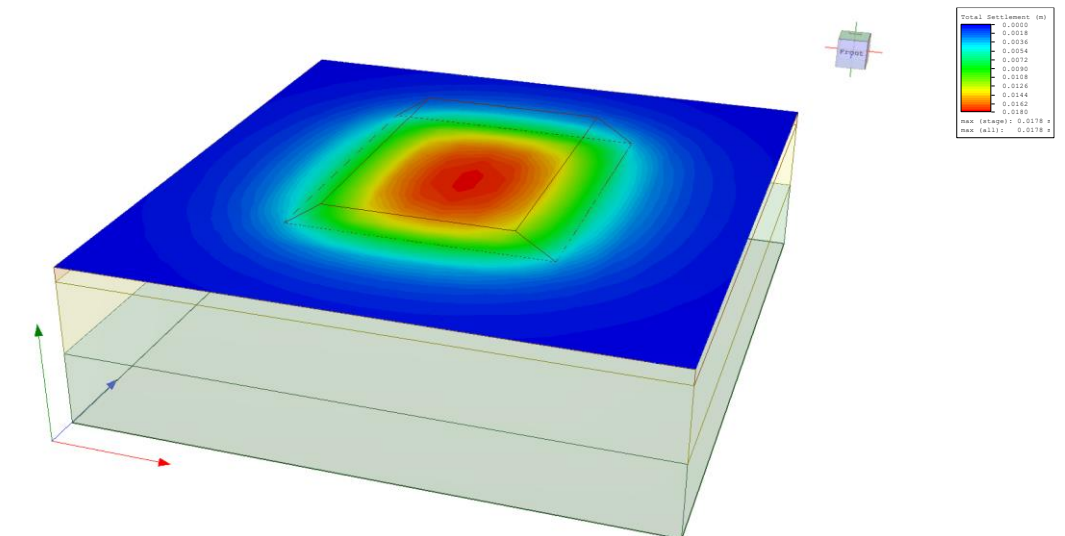


El factor de seguridad para el relleno es de 2.

3.2 Determinación de los asentamientos

Se han estimado los asentamientos asociados a la ejecución del relleno mediante un modelo construido para el programa SETTLE 3 modelizándose la situación bajo la rasante con un primer nivel de rellenos, los limos grises (5 m), las arcillas marrones (5 m) y el sustrato rocoso.

El resultado proporcionado por el cálculo es del entorno de 2 cm.



3.3 Caracterización de la explanada

En esta zona se hicieron varios sondeos de caracterización de la explanada en el que se observa la presencia de varias capas de firmes con una potencia superior a 70 cm, tras la que se encuentra la explanada.

Considerando que los nuevos firmes se apoyan sobre los actuales la explanada puede considerarse que se trata de un suelo seleccionado

APÉNDICE 2.1

Sondeos de firmas

Índice

1 Sondeo 03 BI-735 pk 10+000	1
2 Sondeo 04 BI-735 pk 11+010	1

1 Sondeo 03 BI-735 pk 10+000

Caracterización de firmes - Red foral de Bizkaia

Visualizador v 3.1

ArchivoReferenciaFotografíasGISSeñalizaciónInformesAyuda

SONDEO

Campaña Mayo 2001

Sin filtrado

Todos los registros

SALIR

DATOS DEL SONDEO 03 DE LA CARRETERA BI-735

PK DEL SONDEO

10+000

CARRIL SENTIDO

IZQUIERDO

SEÑALIZACIÓN TIPO

B

FECHA TOMA DATOS

26/04/2001

COORDENADAS UTM

X

503.447

Y

4.794.378

DEFLEXIÓN

86,926

DATOS DE AFOROS (2000)

ESTACIÓN DE AFORO

81B

INTENSIDAD MEDIA DIARIA

13.061

% DE VEHÍCULOS PESADOS

8,5

DISTANCIAS DE REFERENCIA

A LÍNEA BLANCA

220 cm

A LÍNEA DEL EJE

180 cm

AL HITO ANTERIOR

1 cm

OTRA REFERENCIA

DESCRIPCIÓN DE LA REFERENCIA ADICIONAL

TRAMOS REFERIDOS

PK INICIAL

9+800

PK FINAL

10+800

CARACTERÍSTICAS CALZADA (Anchuras en m)

Entorno

DESMONTE

Berma - Arcén

2,6 m

Carril izquierdo

4 m

Carril Derecho

3,8 m

Berma - Arcén

0,6 m

Entorno

TERRAPLÉN

REFERENCIA

DATOS DE FIRME

FOTOGRAFÍAS

REGISTRO

SEÑALIZACIÓN

Punto de control número 647 de 867

Caracterización de firmes - Red foral de Bizkaia

Visualizador v 3.1

ArchivoReferenciaFotografíasGISSeñalizaciónInformesAyuda

SONDEO

Campaña Mayo 2001

Sin filtrado

Todos los registros

SALIR

CAPAS ENCONTRADAS EN EL SONDEO 03 DE LA CARRETERA BI-735

FUNCIÓN	ORDEN	TIPO	PROFUNDIDAD	ESPESOR	FECHA	SUBT. MEZCLA	SUBT. ARIDO	SUBT. GRANUL.	DENSIDAD
RODADURA	01	MEZCLA BITUMINOSA	0-5,5	5,5		CONVENCIONAL	OFÍTICO		2,5
INTERMEDIA	02	MEZCLA BITUMINOSA	5,5-12	8,5		CONVENCIONAL	CALIZO		2,4
BASE	03	GRAVA ESCORIA	12-15	3					2,305
BASE	04	CAPA GRANULAR	15-20	45			CALIZO	ZAHORRA ARTIF	2,3
EXPLANADA	05	CAPA GRANULAR	20-	80					2,153

Propiedades:

Comentarios a la densidad:

Densidad aplicada por valor estándar

RESULTADOS DEL ANÁLISIS 715/2001

MUESTRA	%BETÚN (Áridos)	%BETÚN (Mezcla)	% FILLER	RELACIÓN FILLER/BETÚN
OFITA	5,28	5,01	8,01	1,14
CALIZA	4,3	4,13	4,74	1,1

Comentarios:

COMENTARIOS GENERALES AL REGISTRO

REFERENCIA

DATOS DE FIRME

FOTOGRAFÍAS

REGISTRO

SEÑALIZACIÓN

Punto de control número 647 de 867

2 Sondeo 04 BI-735 pk 11+010

Caracterización de firmes - Red foral de Bizkaia

Visualizador v 3.1

ArchivoReferenciaFotografíasGISSeñalizaciónInformesAyuda

SONDEO

Campaña Mayo 2001

Sin filtrado

Todos los registros

SALIR

DATOS DEL SONDEO 04 DE LA CARRETERA BI-735

PK DEL SONDEO

11+010

CARRIL SENTIDO

IZQUIERDO

SEÑALIZACIÓN TIPO

C

FECHA TOMA DATOS

26/04/2001

COORDENADAS UTM

X

504.081

Y

4.794.783

DEFLEXIÓN

26,671

DATOS DE AFOROS (2000)

ESTACIÓN DE AFORO

81B

INTENSIDAD MEDIA DIARIA

13.061

% DE VEHÍCULOS PESADOS

8,5

DISTANCIAS DE REFERENCIA

A LÍNEA BLANCA

530 cm

A LÍNEA DEL EJE

120 cm

AL HITO ANTERIOR

12 cm

OTRA REFERENCIA

DESCRIPCIÓN DE LA REFERENCIA ADICIONAL

TRAMOS REFERIDOS

PK INICIAL

10+800

PK FINAL

11+380

CARACTERÍSTICAS CALZADA (Anchuras en m)

Entorno

NINGUNO

Berma - Arcén

0,6 m

Carril izquierdo

3,8 m

Carril Derecho

6,5 m

Berma - Arcén

0,7 m

Entorno

NINGUNO

REFERENCIA

DATOS DE FIRME

FOTOGRAFÍAS

REGISTRO

SEÑALIZACIÓN

Ver datos de sondeo

Punto de control número 646 de 867

Caracterización de firmes - Red foral de Bizkaia

Visualizador v 3.1

ArchivoReferenciaFotografíasGISSeñalizaciónInformesAyuda

SONDEO

Campaña Mayo 2001

Sin filtrado

Todos los registros

SALIR

CAPAS ENCONTRADAS EN EL SONDEO 04 DE LA CARRETERA BI-735

FUNCIÓN	ORDEN	TIPO	PROFUNDIDAD	ESPESOR	FECHA	SUBT. MEZCLA	SUBT. ARIDO	SUBT. GRANUL.	DENSIDAD
RODADURA	01	MEZCLA BITUMINOSA	0-7,5	7,5		CONVENCIONAL	OFÍTICO		2,5
INTERMEDIA	02	MEZCLA BITUMINOSA	7,5-13	5,5		CONVENCIONAL	CALIZO		2,4
BASE	03	HORMIGÓN	13-18	5					2,4
BASE	04	CAPA GRANULAR	18-32	14			CALIZO	ZAHORRA ARTIF	2,3
SUBBASE	05	HORMIGÓN	32-40	8					2,4
SUBBASE	06	CAPA GRANULAR	40-60	20			CALIZO	ZAHORRA ARTIF	2,3
EXPLANADA	07	CAPA GRANULAR	60-	70			ESCORIA ACEI	GRAVAS	1,85

Propiedades:

Comentarios a la densidad:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS 715/2001

MUESTRA	%BETÚN (Áridos)	%BETÚN (Mezcla)	% FILLER	RELACIÓN FILLER/BETÚN
OFITA	6	5,88	6,88	1,11
CALIZA	4,79	4,57	5,81	1,17

Comentarios:

COMENTARIOS GENERALES AL REGISTRO

REFERENCIA

DATOS DE FIRME

FOTOGRAFÍAS

REGISTRO

SEÑALIZACIÓN

Punto de control número 646 de 867

Apéndice nº2.1: Sondeos de firmes

XX000100-126-PC-AN-GE0-00

1

 **Bizkaia**
foru aldundia
diputación foral

 **FULCRUM**

APÉNDICE 2.2

Cálculo de estabilidad



Table of Contents

Project Summary 3

 Currently Open Scenarios 3

General Settings 4

Analysis Options 5

 All Open Scenarios 5

Groundwater Analysis 6

 All Open Scenarios 6

Random Numbers 7

 All Open Scenarios 7

Surface Options 8

 All Open Scenarios 8

Seismic Loading 9

 All Open Scenarios 9

Loading 10

 Group 1 - Master Scenario 10

 Group 1 - Scenario 2 10

Materials 11

 Materials In Use 11

Entity Information 12

 Group 1 12

 Shared Entities 12

 Scenario-based Entities 13

Slide Analysis Information

0+290

Project Summary

File Name: 0+290.slmd
Last saved with Slide version: 9.02
Date Created: 09/02/2022, 9:52:12

Currently Open Scenarios

Group Name	Scenario Name	Compute Time
Group 1	Master Scenario	
	Scenario 2	

General Settings

Units of Measurement: Metric Units
Time Units: days
Permeability Units: meters/second
Data Output: Standard
Failure Direction: Right to Left

Analysis Options

All Open Scenarios

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
	GLE/Morgenstern-Price with interslice force function (Half Sine)
	Janbu simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

All Open Scenarios

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m3]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

All Open Scenarios

Pseudo-random Seed:10116

Random Number Generation Method:Park and Miller v.3

Surface Options

All Open Scenarios

Surface Type:Circular

Search Method:Grid Search

Radius Increment:10

Composite Surfaces:Disabled

Reverse Curvature:Invalid Surfaces

Minimum Elevation:Not Defined

Minimum Depth:Not Defined

Minimum Area:Not Defined

Minimum Weight:Not Defined

Seismic Loading

All Open Scenarios

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

◆ Group 1 - Master Scenario

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	30
Orientation:	Vertical

◆ Group 1 - Scenario 2

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	40
Orientation:	Vertical

Materials

nuevo relleno	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19.5
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	35
Water Surface	Assigned per scenario
Ru Value	0
antiguo relleno	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	35
Water Surface	Assigned per scenario
Ru Value	0
limos grises	
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m3]	18.8
Cohesion [kPa]	40
Friction Angle [deg]	20
Water Surface	Assigned per scenario
Ru Value	0

Materials In Use

Material	Group 1	Scenario 2
nuevo relleno	✓	✓
antiguo relleno	✓	✓
limos grises	✓	✓

Entity Information

Group 1

Shared Entities

Type	Coordinates (x,y)
External Boundary	-5.2653, 6.53191
	-5.2653, 1.08522
	28.6083, 1.08522
	28.6083, 7.66262
	28.4569, 7.61382
	24.5776, 7.45112
	24.3897, 7.16222
	23.7339, 7.11472
	23.6402, 7.08522
	23.6083, 7.06822
	22.5292, 7.78772
	22.0292, 7.82772
	19.0292, 7.88772
	19.0292, 7.73772
	9.02843, 8.23576
	8.52921, 8.19582
	7.73241, 7.66472
	6.06181, 6.55092
	4.16681, 6.58362
	3.48041, 6.57562
	3.07438, 6.58522
	3.00011, 6.58782
	2.05951, 6.48682
	1.86371, 6.48252
	1.72591, 6.41722
	1.02921, 6.42806
Material Boundary	6.06181, 6.55092
	8.99751, 6.48992
	9.58321, 6.42342
	9.85151, 6.56522
	13.5781, 6.52882
	13.6941, 6.50152
	14.0292, 6.48562
	17.5292, 6.46671
	19.0292, 6.42975
	19.4081, 6.39952
	19.4868, 6.58268
	22.6179, 6.61462
	22.6774, 6.77242
	22.7405, 6.84802
Material Boundary	23.4108, 6.96322
	23.6083, 7.06822
	9.85151, 6.56522
Material Boundary	9.85151, 5.56522
	22.37, 5.56522
	22.6179, 6.61462
Material Boundary	9.58321, 6.42342
	9.85151, 5.56522

Scenario-based Entities

Type	Coordinates (x,y)	Master Scenario	Scenario 2
Distributed Load	9.02843, 8.23576 19.0292, 7.73772	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 30 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No	Constant DistributionOrientation: VerticalMagnitude: 40 kN/m2Creates Excess Pore Pressure: No

APÉNDICE 2.3

Determinación de asientos



Table of Contents

Project Settings 3

Stage Settings 4

Results 5

 Stage: Stage 1 5

Embankments 6

 1. Embankment: "Embankment Load 1" 6

Soil Layers 7

Soil Properties 8

Field Point Grid 9

 Grid Coordinates 9

Settle3 Analysis Information

0+290

Project Settings

Document Name	0+290.s3z
Date Created	09/02/2022, 11:24:07
Stress Computation Method	Boussinesq
Minimum settlement ratio for subgrade modulus	0.9
Use average poisson's ratio to calculate layered stresses	
Improve consolidation accuracy	
Ignore negative effective stresses in settlement calculations	

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1

Results

Time taken to compute: 0.976135 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.0178122
Total Consolidation Settlement [m]	0	0
Virgin Consolidation Settlement [m]	0	0
Recompression Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.0178122
Loading Stress ZZ [kPa]	0	30.6
Loading Stress XX [kPa]	-11.4473	22.2695
Loading Stress YY [kPa]	-14.6244	44.2852
Total Stress ZZ [kPa]	0	231.905
Total Stress XX [kPa]	-6.70593	229.132
Total Stress YY [kPa]	-4.89501	258.004
Modulus of Subgrade Reaction (Total) [kPa/m]	0	0
Modulus of Subgrade Reaction (Immediate) [kPa/m]	0	0
Modulus of Subgrade Reaction (Consolidation) [kPa/m]	0	0
Total Strain	0	0.00260151
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [kPa]	0.95	231.812
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0
Undrained Shear Strength	0	1.00695

Embankments

1. Embankment: "Embankment Load 1"

Label				Embankment Load 1			
Center Line				(9.017, 20.352) to (9.017, -0.753)			
Near End Angle				90 degrees			
Far End Angle				90 degrees			
Number of Layers				1			
Base Width				18.14			
Layer	Stage	Left Bench Width (m)	Left Angle (deg)	Height (m)	Unit Weight (kN/m3)	Right Angle (deg)	Right Bench Width (m)
1	Stage 1	0	33	1.7	18	33	0

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Elevation [m]
1	rellenos previos	1	0
2	suelos grises	5	-1
3	arcillas marrones	5	-6

Soil Properties

Property	suelos grises	arcillas marrones	rellenos previos
Color			
Unit Weight [kN/m3]	18.8	20.2	19
K0	1	1	1
Immediate Settlement	Enabled	Enabled	Enabled
Es [kPa]	22500	10000	72000
Esur [kPa]	22500	32000	72000
Undrained Su A [kN/m2]	0	0	0
Undrained Su S	0.2	0.2	0.2
Undrained Su m	0.8	0.8	0.8

Field Point Grid

Number of points	306
Expansion Factor	2

Grid Coordinates

X [m]	Y [m]
28.6395	30.9045
28.6395	-11.3055
-10.6055	-11.3055
-10.6055	30.9045