UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
SECCIÓN DE POST GRADO

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN PARA LA AMPLIACIÓN DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTIA

Dr. Jorge E. Alva Hurtado
Ing. Roberto Tello Barbarán
Ing. Deycy Tellez Monzón

VISTA PANORÁMICA DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ENSAYOS DE LABORATORIO

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

- **Sistema Terramesh**
- **Tendido del Talud**
- **Sistema de Drenaje**
- **Revegetación**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCIÓN

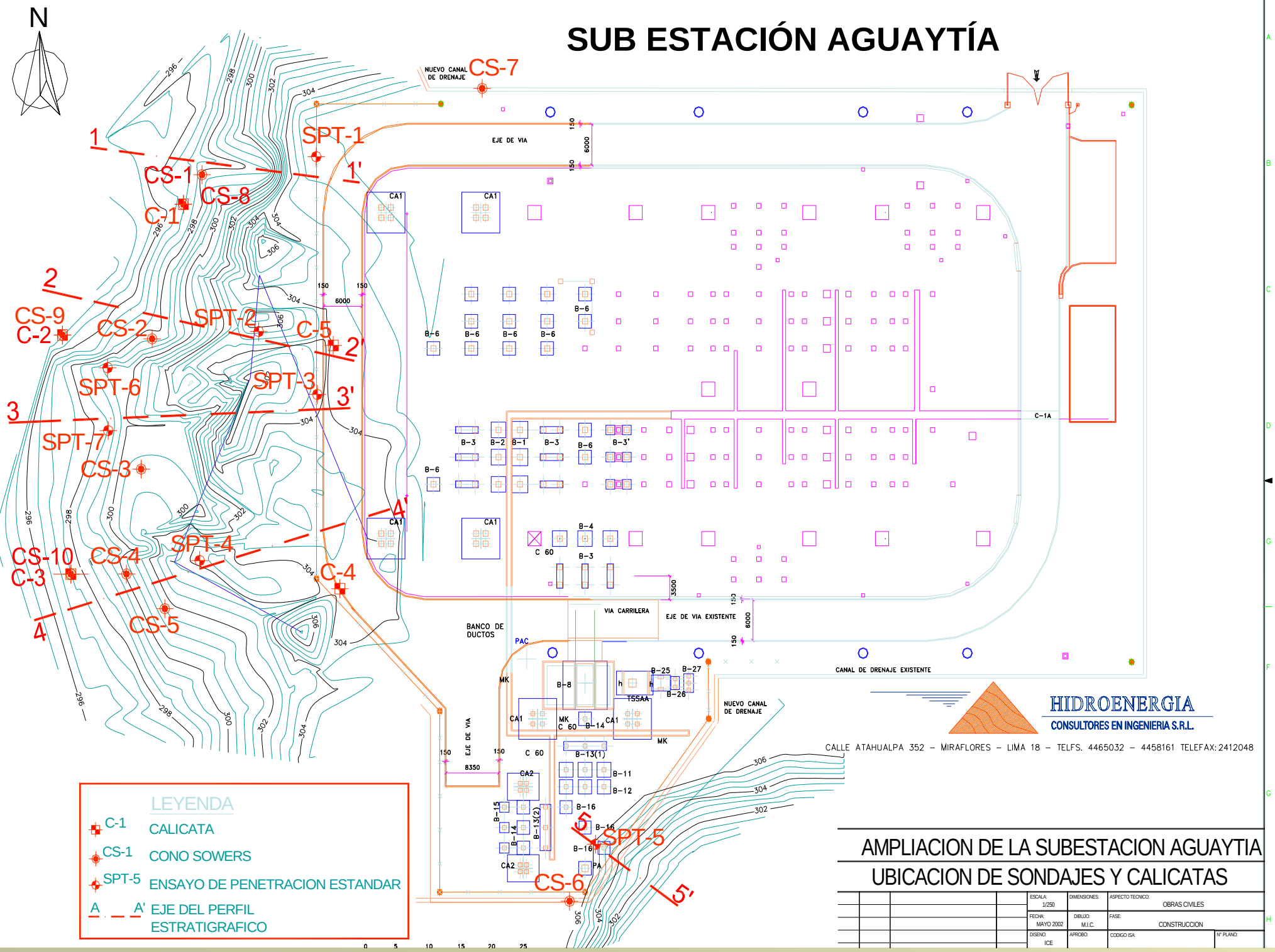
Se ejecutó la ampliación de la Subestación Eléctrica Aguaytía que consiste en estructuras de pórticos de llegada de línea, instalación de equipos y la construcción de una vía perimetral de circulación interna.

Los sectores oeste y sur de la Subestación se ubican sobre taludes inestables, por lo que se analizó la estabilidad de estos taludes y se diseñó una estabilización mediante estructuras de contención, tendido del talud, drenaje y revegetación.

INVESTIGACIÓN DE CAMPO

- **Levantamiento topográfico**
- **Ejecución de ensayos de penetración estándar y Cono Peck (7)**
- **Ejecución de calicatas de exploración (5)**
- **Ejecución de ensayos de Cono Sowers (10)**
- **Obtención de muestras alteradas e inalteradas**

SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA



LEYENDA

- C-1 CALICATA
- CS-1 CONO SOWERS
- SPT-5 ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR
- A _ _ A' EJE DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

HIDROENERGIA
CONSULTORES EN INGENIERIA S.R.L.
CALLE ATAHUALPA 352 – MIRAFLORES – LIMA 18 – TELFS. 4465032 – 4458161 TELEFAX: 2412048

AMPLIACION DE LA SUBESTACION AGUAYTIA

UBICACION DE SONDAJES Y CALICATAS

ESCALA: 1/250	DIMENSIONES:	ASPECTO TECNICO: OBRAS CIVILES	
FECHA: MAYO 2002	DIBUJO: M.I.C.	FASE: CONSTRUCCION	
DISEÑO: ICE	APROBO:	CODIGO ISA:	N° PLANO:

Calicata en la cual se han extraído muestras en tubos Shelby.

Ubicación de la Calicata C-5 y SPT-3

Ensayo de Penetración Estándar (SPT-1)

Vista de la plataforma en la parte alta del talud en estudio

Vista del talud inferior cubierto de vegetación

Límite de la sub estación con la zona de la ampliación en la parte alta del talud

Talud superior en la zona crítica

Zona sin vegetación por depósito de material de las excavaciones

Ensayo de Penetración Estándar SPT con recuperación de muestras

Extracción de muestras con la posteadora y limpieza del punto de perforación

Ensayo de Cono Sowers CS-8 en el fondo de la Calicata C- 1

Cono Sowers en la Calicata C- 2

Extracción de muestra inalterada de la excavación para la cimentación de maquinarias

Calicatas inundadas por las intensas lluvias. Cono Sowers (CS-10)

ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayos Estándar

- **Análisis Granulométrico**
- **Límites de Atterberg**
- **Contenido de Humedad**
- **Compactación Proctor y CBR**

Ensayos Especiales

- **Compresión No-confinada**
- **Corte Directo**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION

INFORME : LG02-050
SOLICITANTE : HIDROENERGIA S. R. L.
PROYECTO : Sub Estación Aguaytía
UBICACION : Aguaytía - Ucayali
FECHA : Mayo, 2002

Sondaje : C - 5
Muestra : M - 2
Profundidad (m) : 1.00

Granulometría por tamizado			ASTM - D422
Acumulado que pasa	Tamiz	(mm)	(%)
	3 "	76.20	100.0
	2 "	50.80	100.0
	1 ½"	38.10	100.0
	1 "	25.40	100.0
	¾"	19.05	100.0
	3/8"	9.525	100.0
	N° 004	4.750	100.0
	N° 010	2.000	100.0
	N° 020	0.850	99.0
	N° 040	0.425	94.6
	N° 060	0.250	82.4
	N° 140	0.106	65.3
	N° 200	0.075	61.8

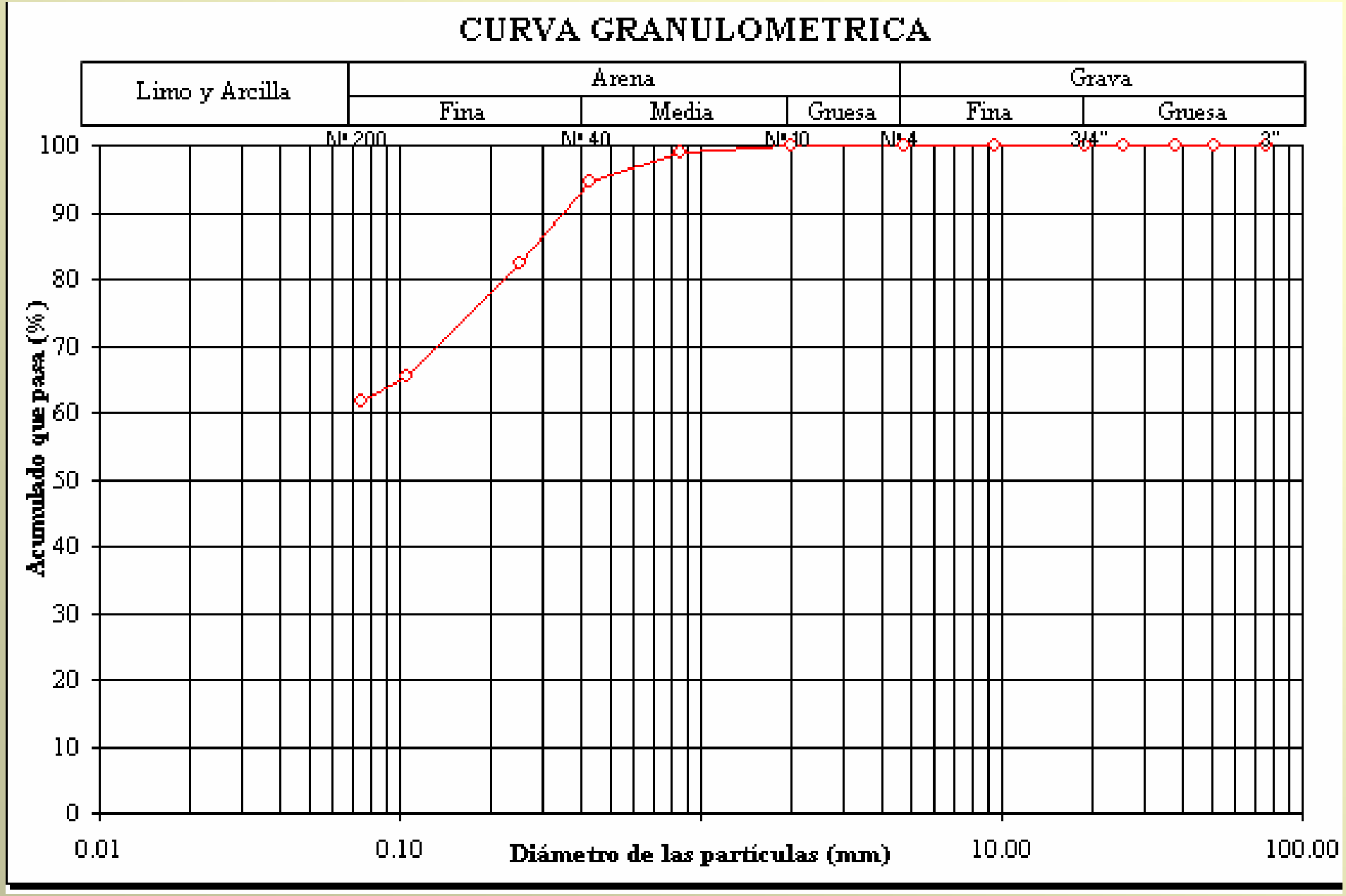
Humedad		ASTM - D2216
Contenido de humedad (ω)	(%)	28.0

Límites de consistencia		ASTM - D427 / ASTM - D4318
Límite líquido (ω_l)	(%)	49
Límite plástico (ω_p)	(%)	26
Indice de platicidad (I_p)	(%)	23
Límite contracción (ω_c)	(%)	---

Resultados			ASTM - D2487 / ASTM - D3282
Coeficiente	Uniformidad (C_u)		---
	Curvatura (C_c)		---
Material	Grava	(%)	0.00
	Arena	(%)	38.20
	Limo y arcilla	(%)	61.80
Clasificación	AASHTO		A-7-5 (15)
	S U C S		CL

Nombre de grupo - SUCS

Arcilla arenosa de baja plasticidad


CURVA GRANULOMETRICA
Limo y Arcilla
Arena
Grava
Fina
Media
Gruesa
Fina
Gruesa
Nº 200
Nº 40
Nº 10
Nº 4
3/4"
2"
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Acumulado que pasa (%)
0.01
0.10
Diámetro de las partículas (mm)
10.00
100.00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

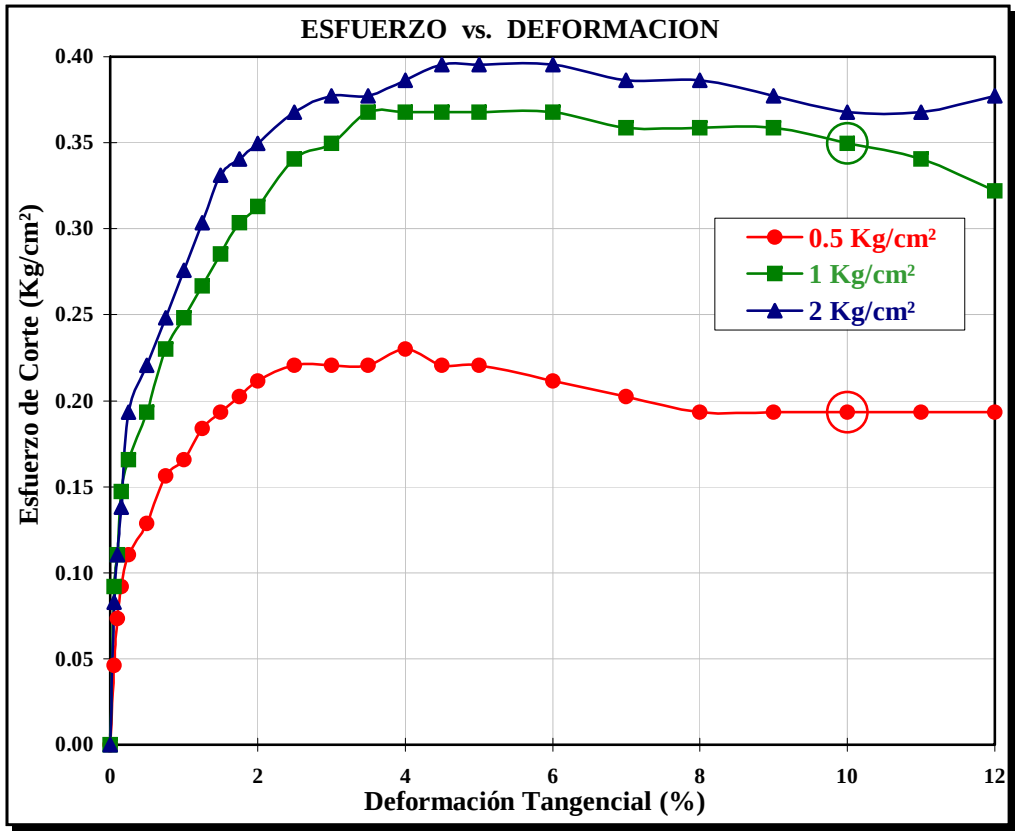
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

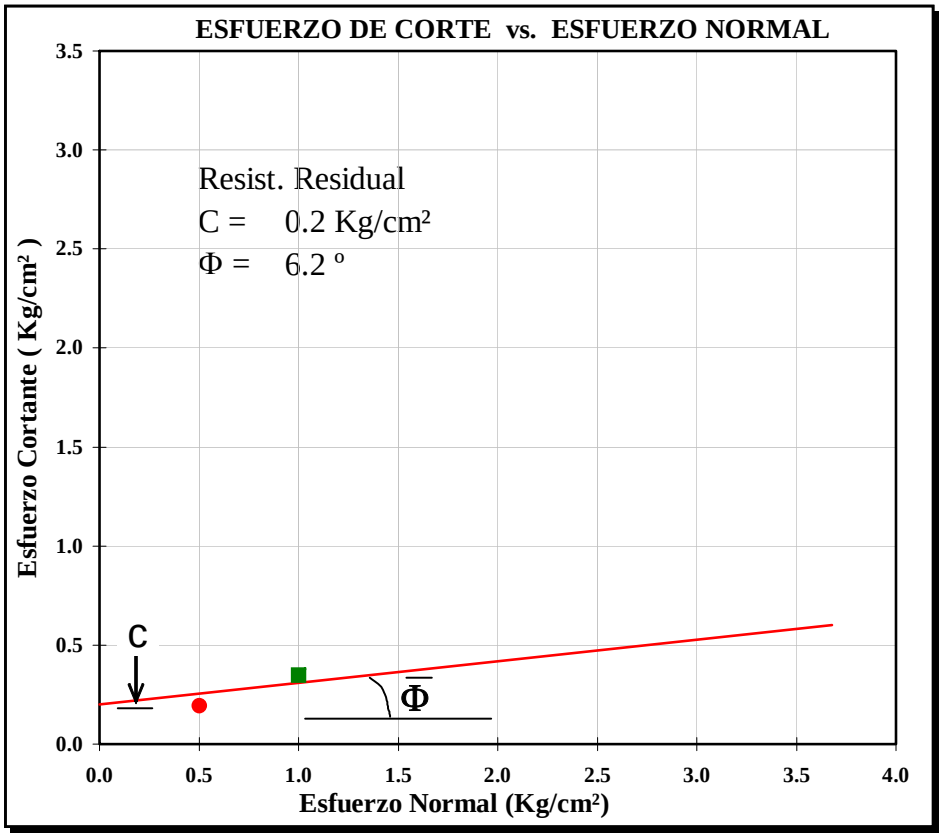
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

INFORME Nº	: LG02-050	Sondaje	: C - 4
SOLICITANTE	: HIDROENERGIA S. R. L.	Muestra	: M - 2
PROYECTO	: Sub Estación Aguaytía	Profundidad (m)	: 1.50
UBICACION	: Aguaytía - Ucayali	Clasific. (SUCS)	: SC
FECHA	: Mayo, 2002	Estado	: Inalterado





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

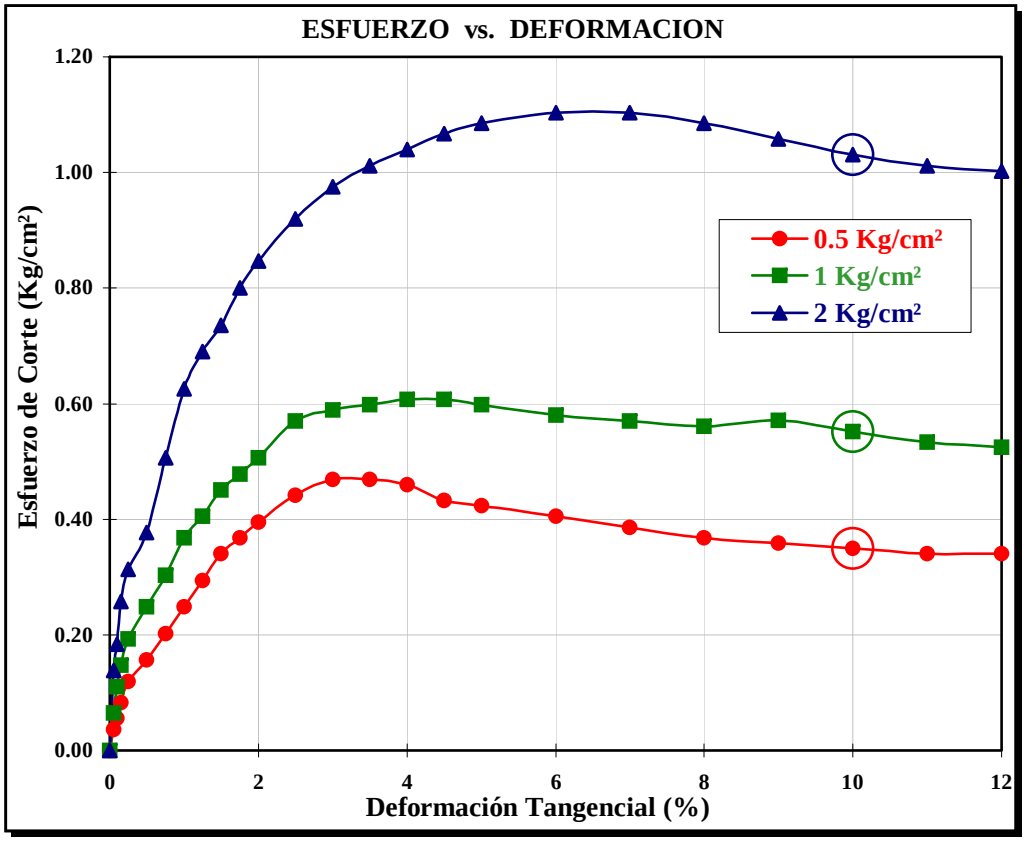
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

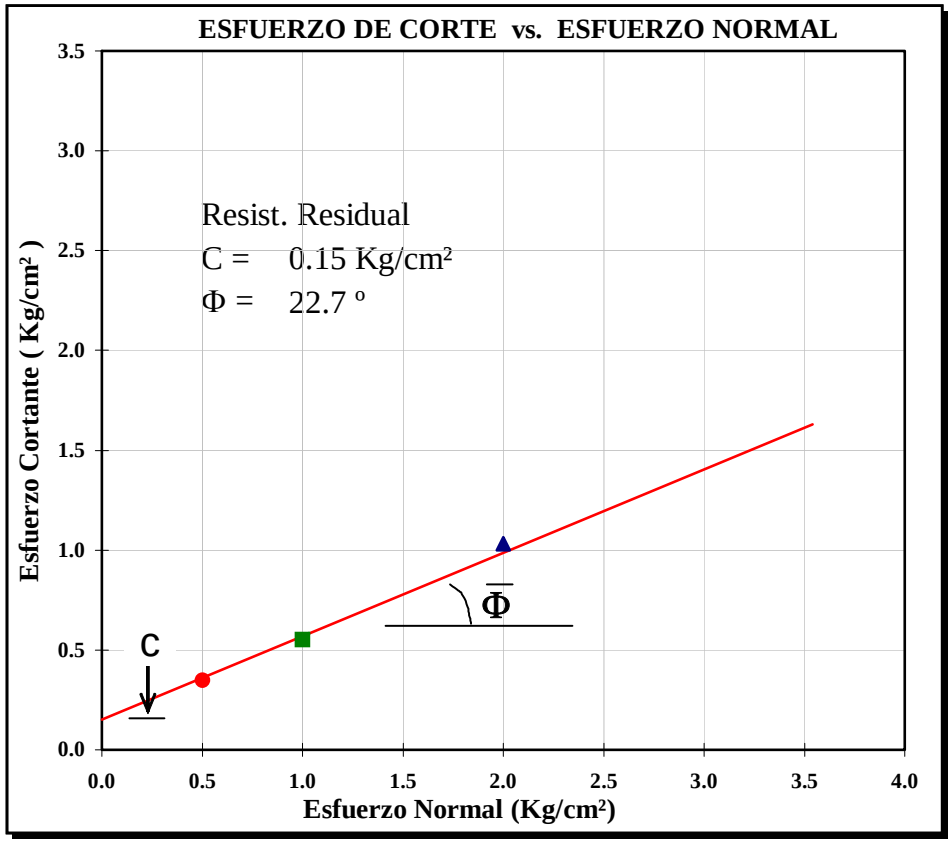
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

INFORME Nº	: LG02-050	Sondaje	: C - 5
SOLICITANTE	: HIDROENERGIA S. R. L.	Muestra	: M - 2
PROYECTO	: Sub Estación Aguaytía	Profundidad (m)	: 1.00
UBICACION	: Aguaytía - Ucayali	Clasific. (SUCS)	: CL
FECHA	: Mayo, 2002	Estado	: Inalterado





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

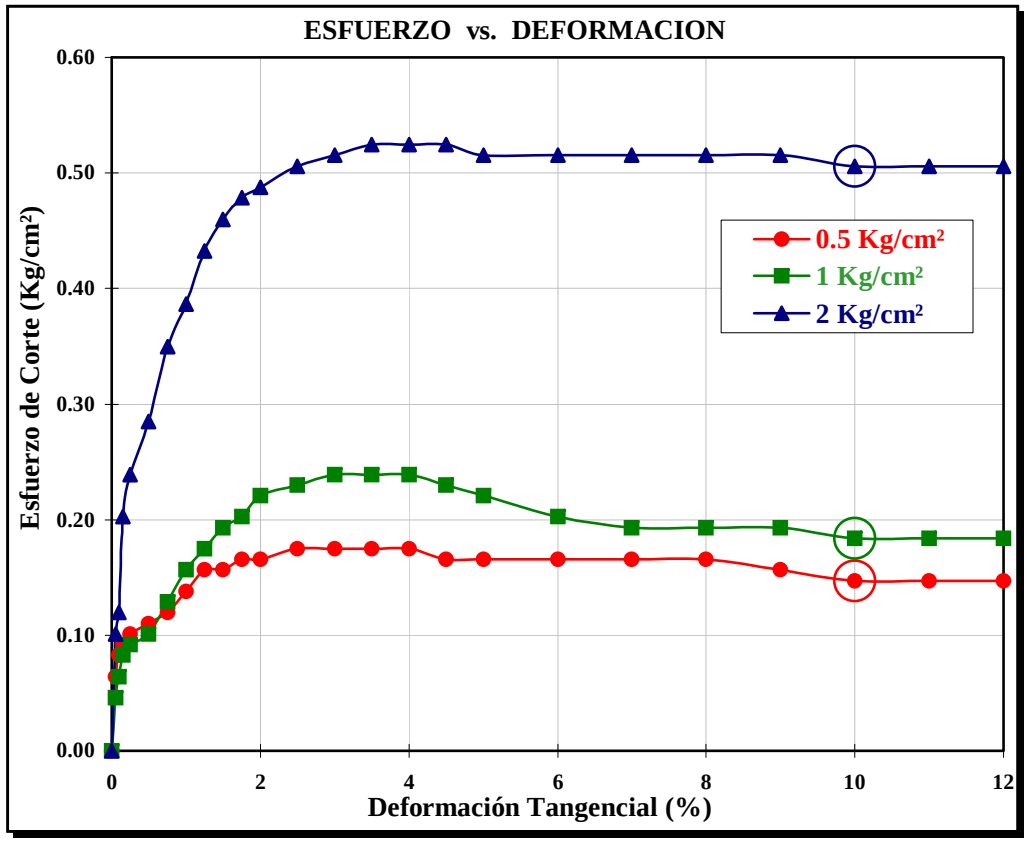
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

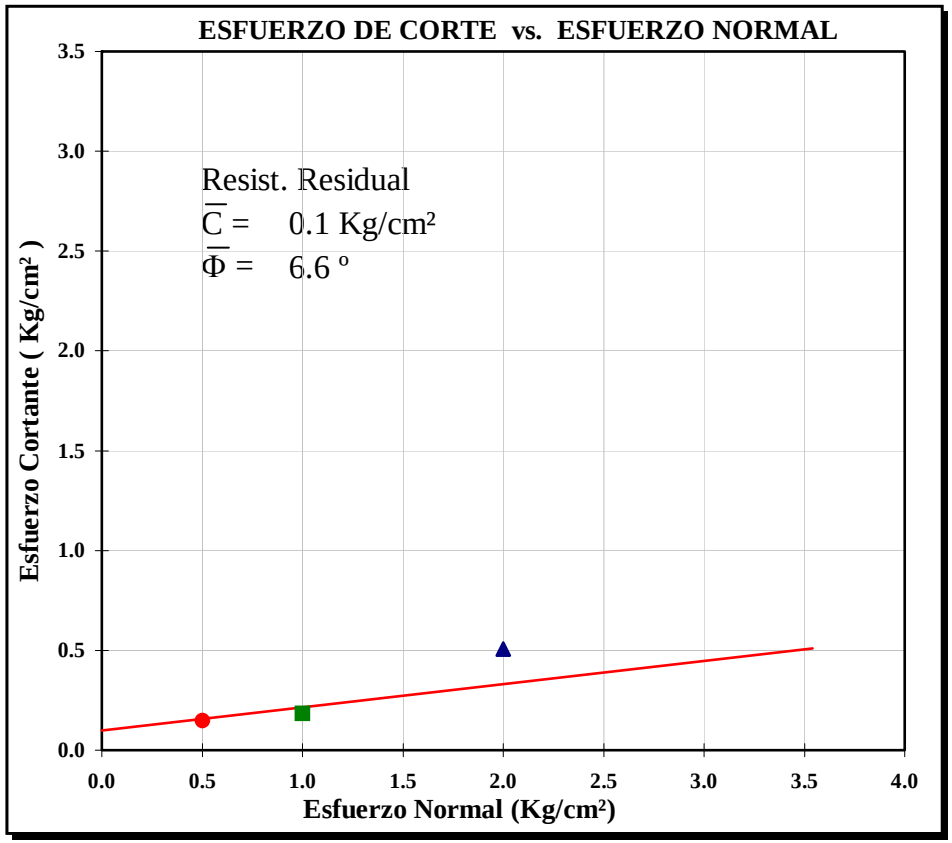
CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES

LABORATORIO GEOTECNICO

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)

INFORME Nº	: LG02-050	Sondaje	: B - 16
SOLICITANTE	: HIDROENERGIA S. R. L.	Muestra	: M - 6
PROYECTO	: Sub Estación Aguaytía	Profundidad (m)	: 0.70
UBICACION	: Aguaytía - Ucayali	Clasific. (SUCS)	: SC
FECHA	: Mayo, 2002	Estado	: Inalterado



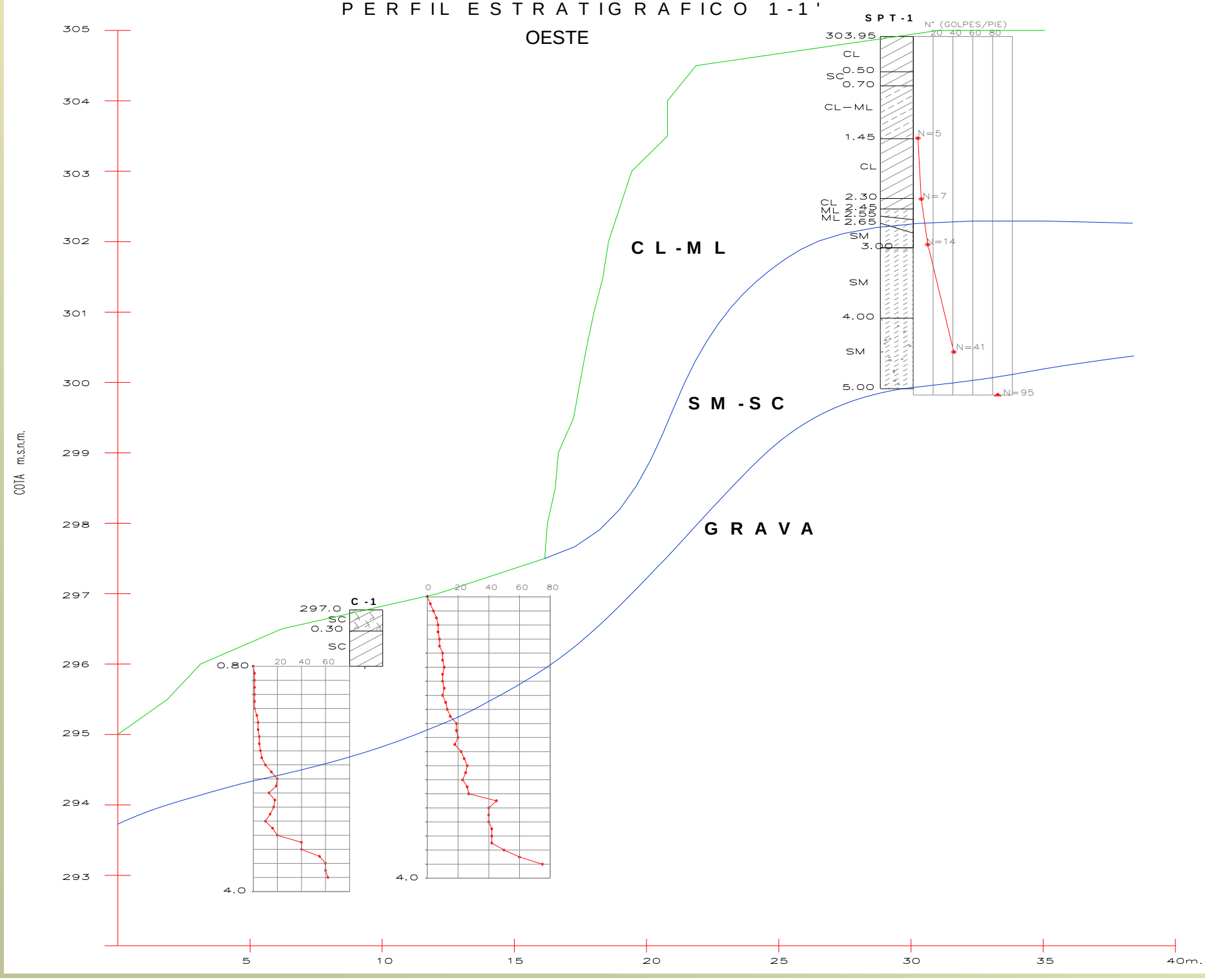


PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Se prepararon 5 perfiles estratigráficos, 4 en el sector oeste y 1 en el sector sur, en la zonas inestables. El talud está compuesto por una capa superior de material arcilloso-limoso (CL-ML) blando, seguido de una capa de arena limo-arcillosa (SM-SC) medianamente densa y por debajo material gravoso. No se encontró nivel freático.

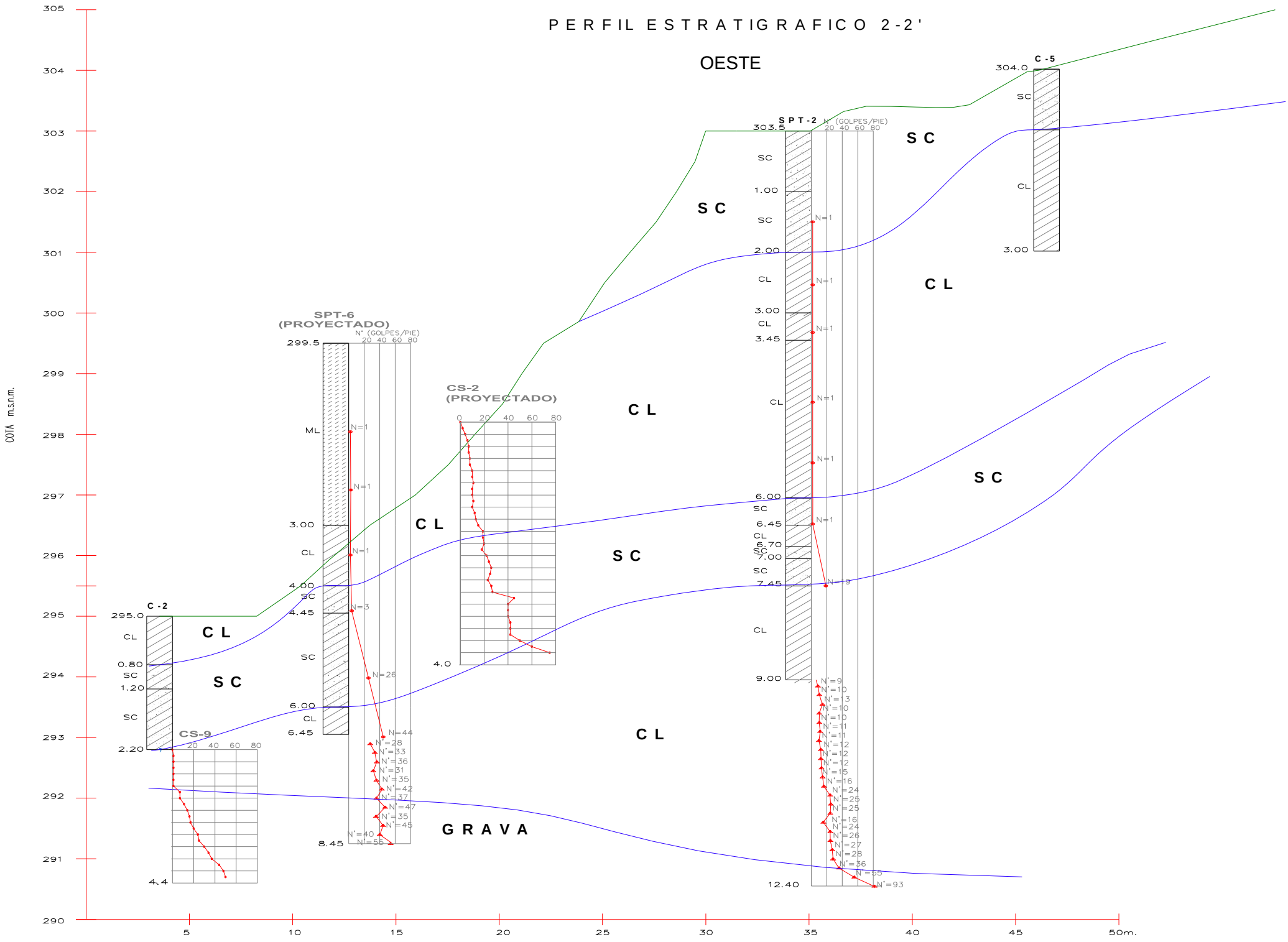
P E R F I L E S T R A T I G R A F I C O 1 - 1 '

OESTE



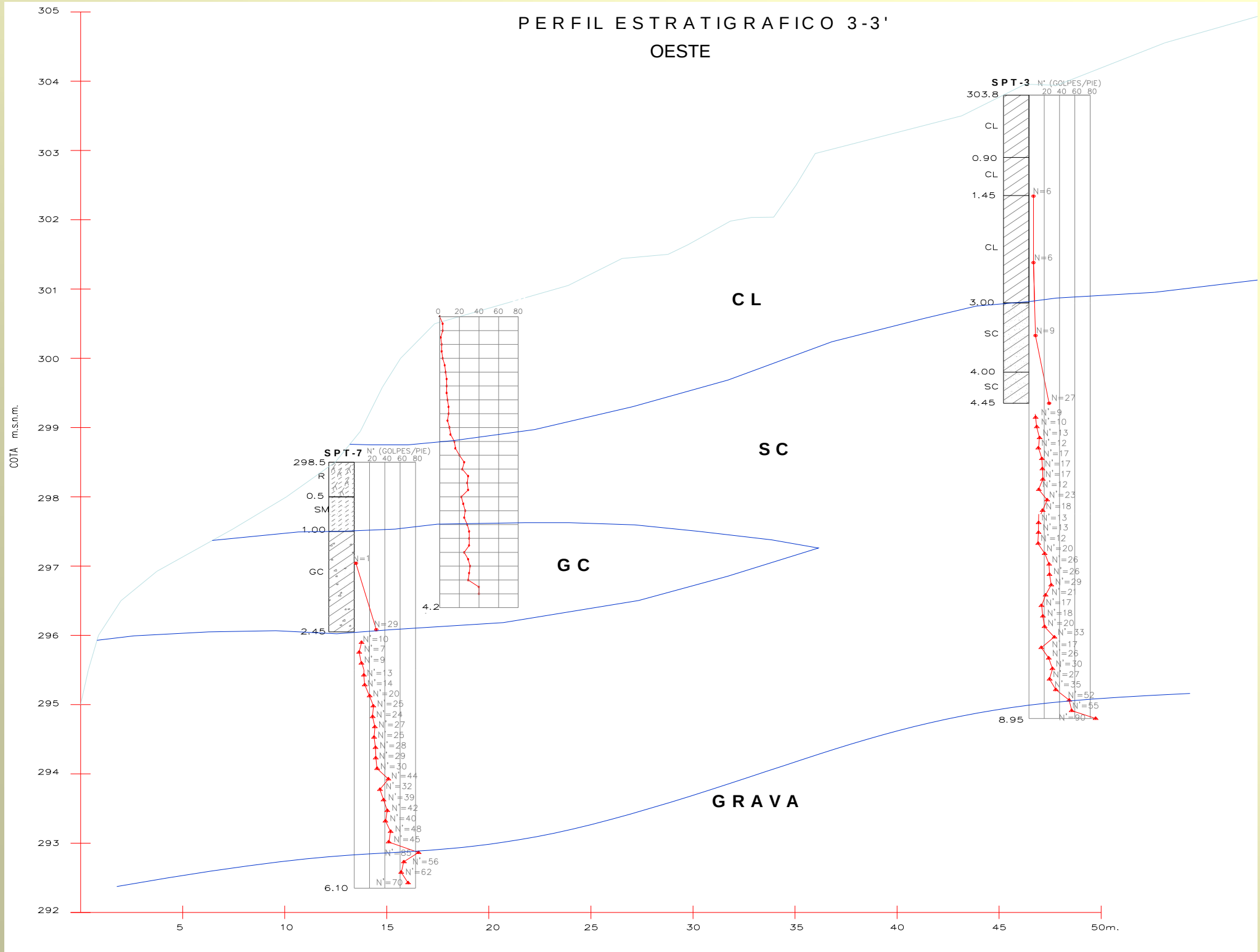
PERFIL ESTRATIGRAFICO 2-2'

OESTE



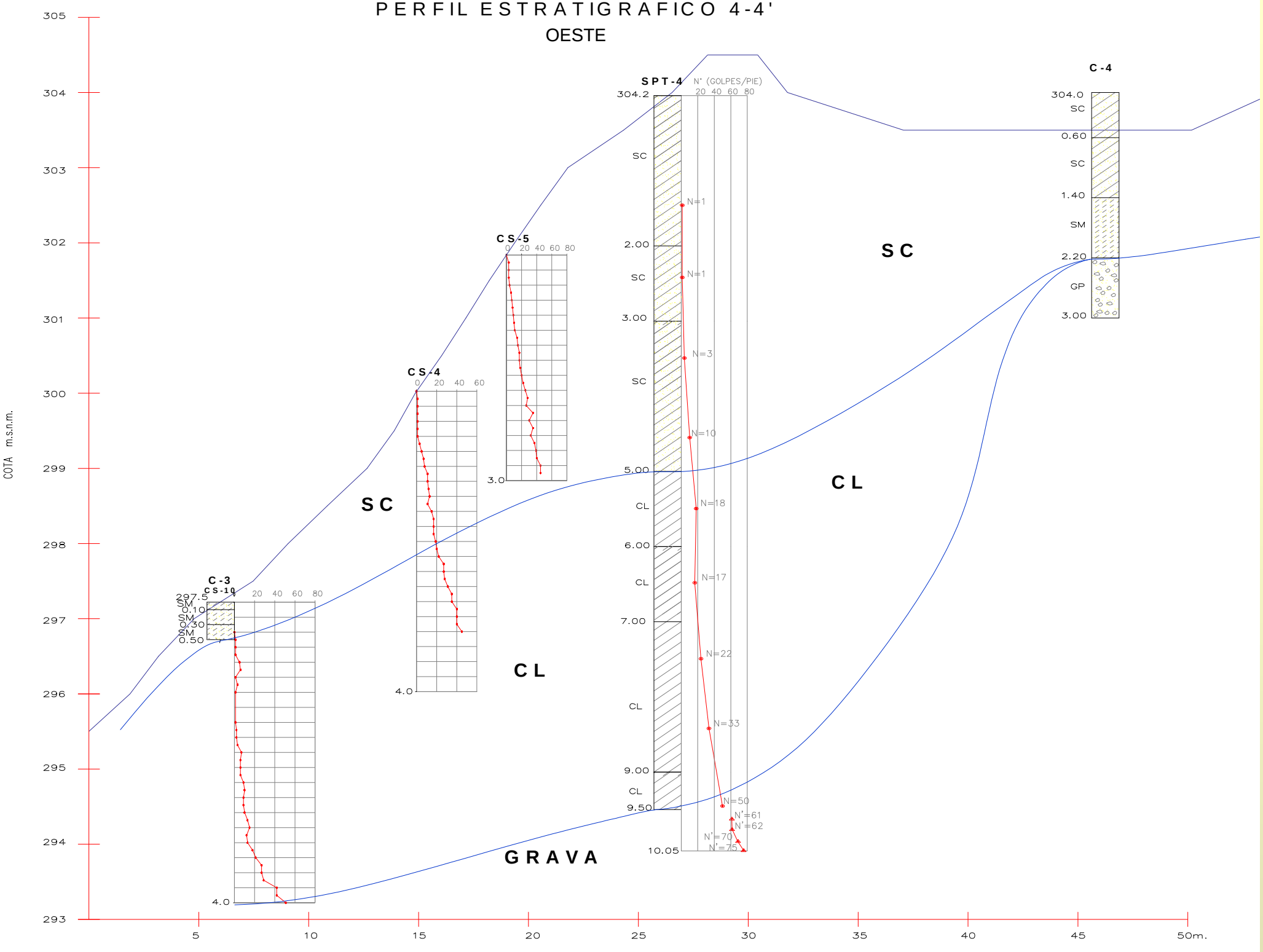
PERFIL ESTRATIGRAFICO 3-3'

OESTE



PERFIL ESTRATIGRAFICO 4-4'

OESTE



ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

Se realizó el análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite en el perfil 2-2', que es el más crítico.

Se utilizó el programa SLOPE/W en condiciones estáticas y pseudoestáticas, con un coeficiente lateral sísmico de 0.10.

Los parámetros geotécnicos utilizados fueron para condiciones drenadas en base a las investigaciones de campo y los ensayos de laboratorio.

Se consideró que la vía perimetral soportaría una carga de 50 toneladas.

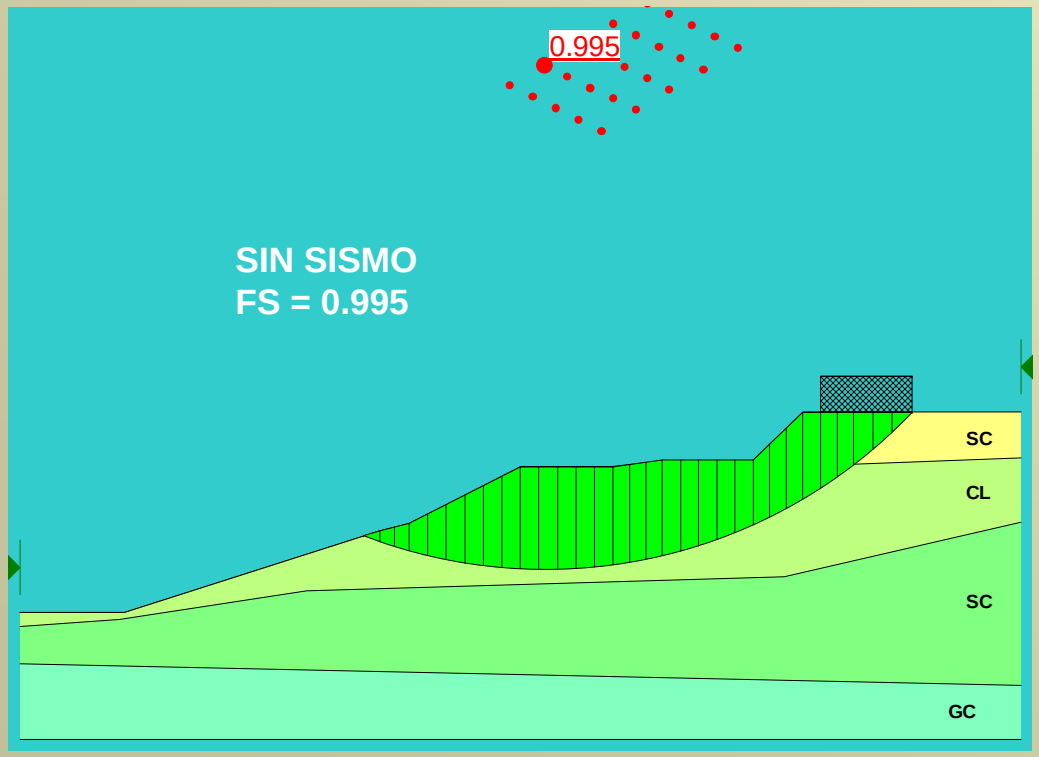
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD NATURAL

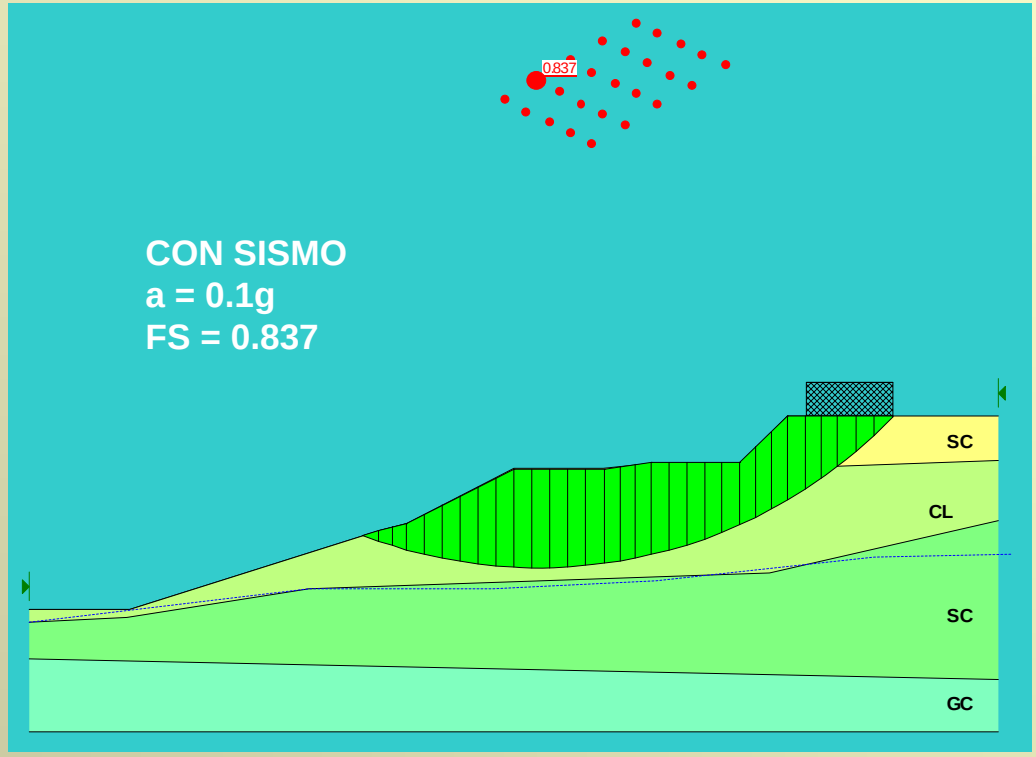
Consideraciones del Análisis :

Carga aplicada de 50 toneladas
Parámetros de diseño de los ensayos SPT y ensayos de laboratorio
Método Bishop
Programa Slope/w
Sección crítica entre las secciones 6-6 y 7-7 al Oeste de la sub estación Aguaytía

Parámetros de los materiales (talud natural)

ZONA	MATERIAL (SUCS)	FRICCION (ϕ^o)	COHESIÓN C(kg/m²)	PESO UNITARIO γ(T/m³)
1	SC	14	0	1.55
2	CL	20	0	1.65
3	SC	20	0	1.7
4	GC- GM	35	0	2.1





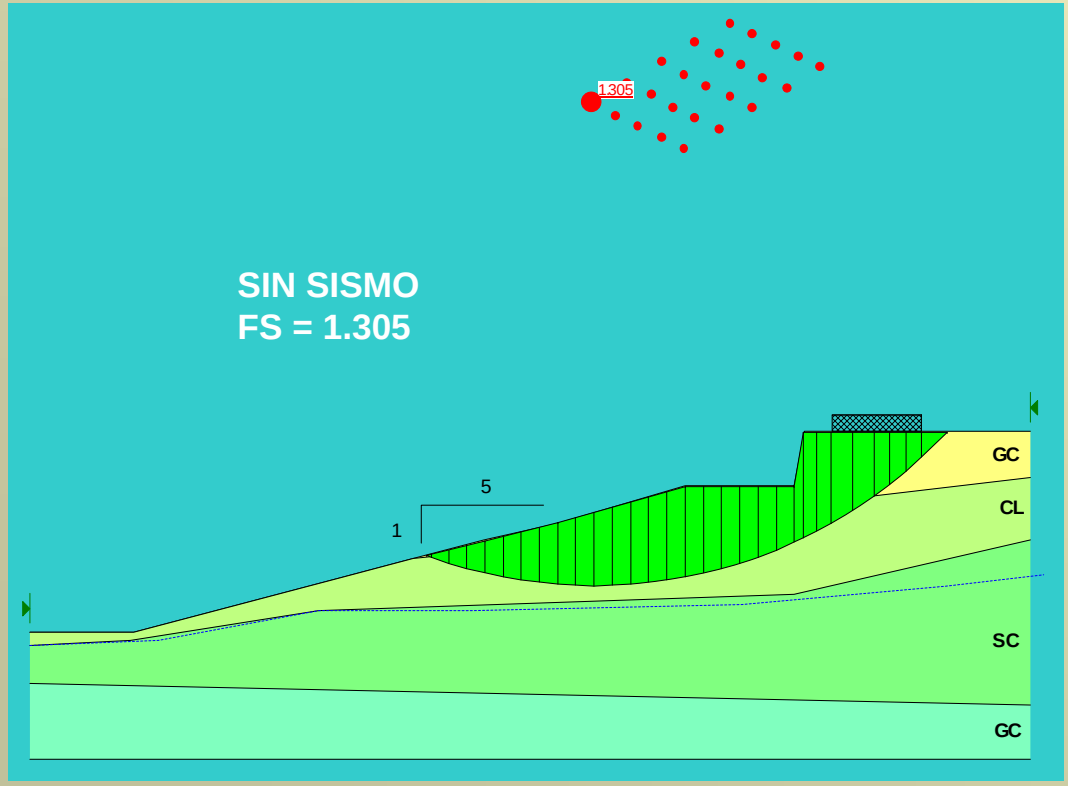
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL TALUD DE DISEÑO

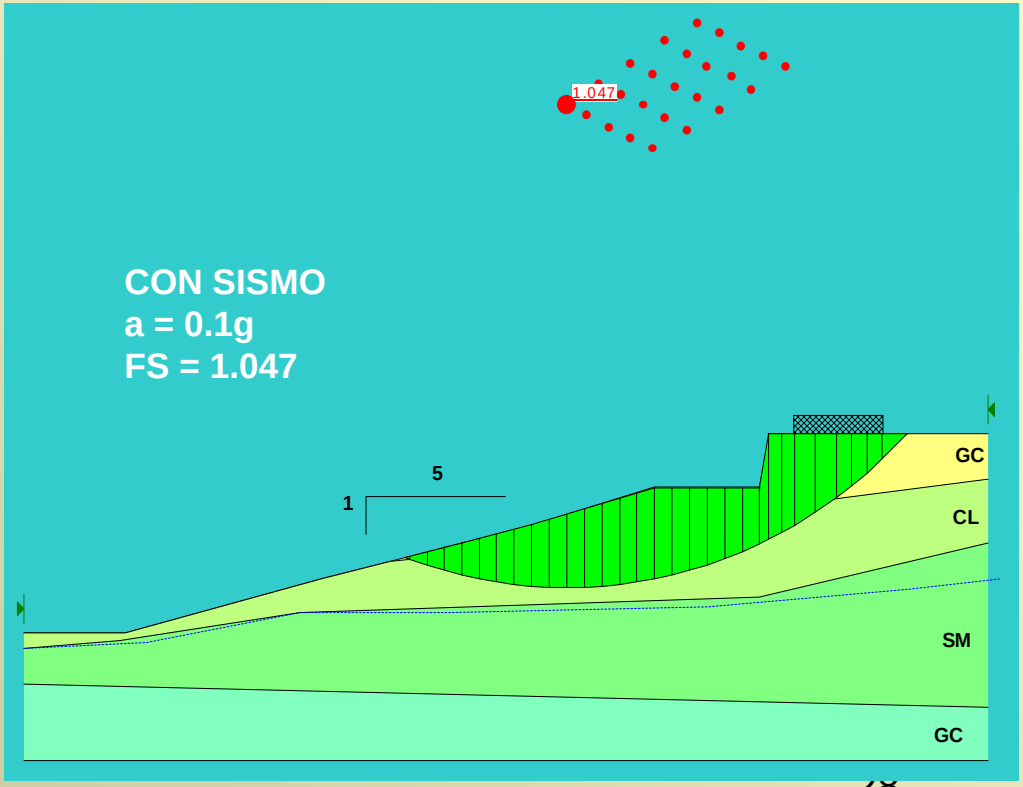
Consideraciones del Análisis :

Carga aplicada 50 toneladas
Parámetros de diseño de los ensayos
SPT y ensayos de laboratorio
Método de Bishop
Programa Slope/w
Nuevo talud 1V:5H
Sección típica

Parámetros de los materiales (talud de diseño)

ZONA	MATERIAL (SUCS)	FRICCION (ϕ^o)	COHESIÓN C(kg/m²)	PESO UNITARIO γ(T/m³)
1	GC	30	0.5	1.8
2	CL	20	0	1.65
3	SC	20	0	1.7
4	GC - GM	35	0	2.1





DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN

1.- Mejora de la Cimentación de la Vía
2.- Contención de la Vía (Uso de Terramesh)

SISTEMA TERRAMESH

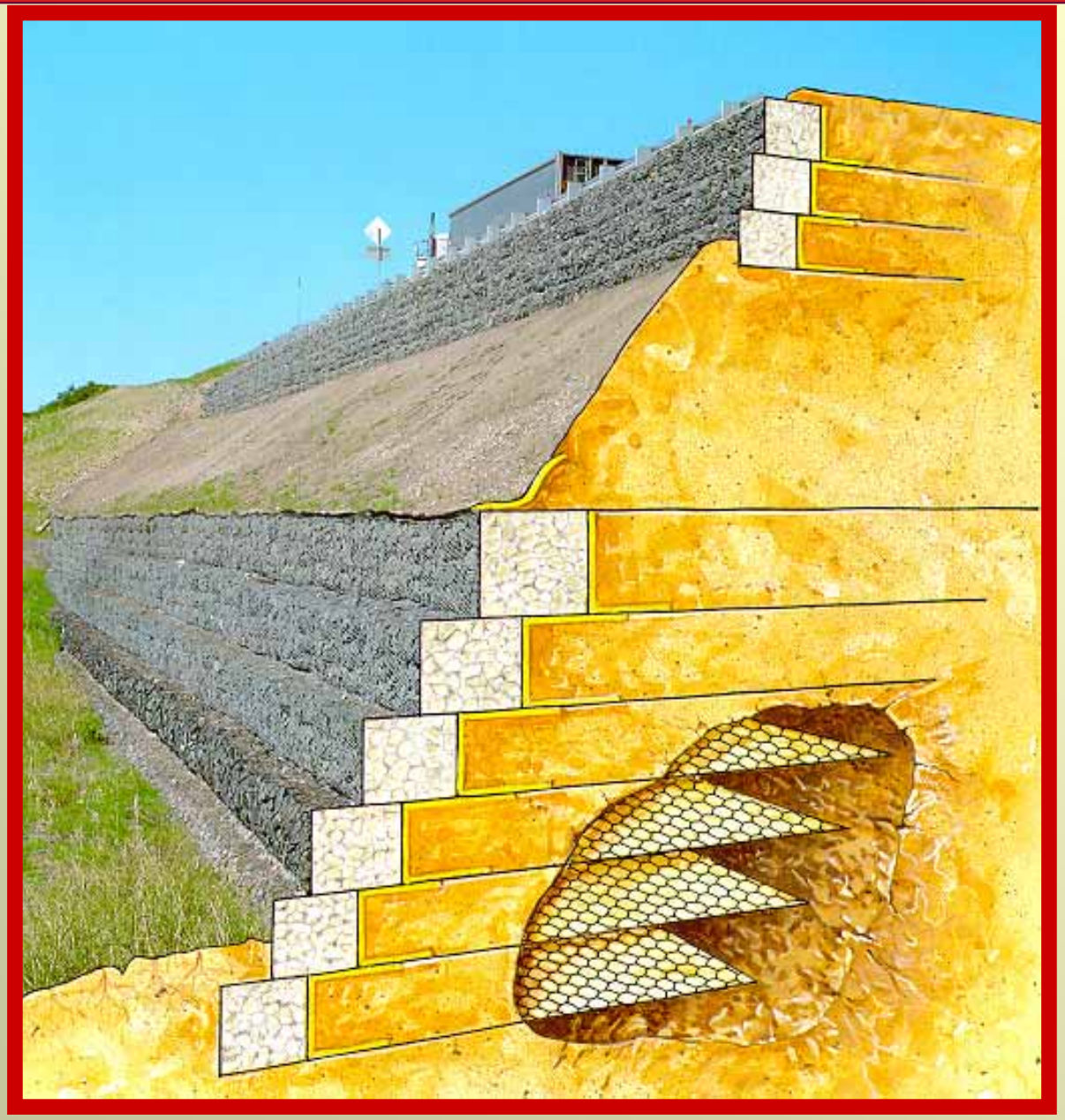
- El Sistema Terramesh está conformado por un muro de gravedad (tipo gavión) y un refuerzo del suelo adyacente.

COMPONENTES

- Geotextil no tejido
- Mallas de alambre revestidas con PVC
- Relleno del paramento del Sistema Terramesh
- Material de relleno seleccionado

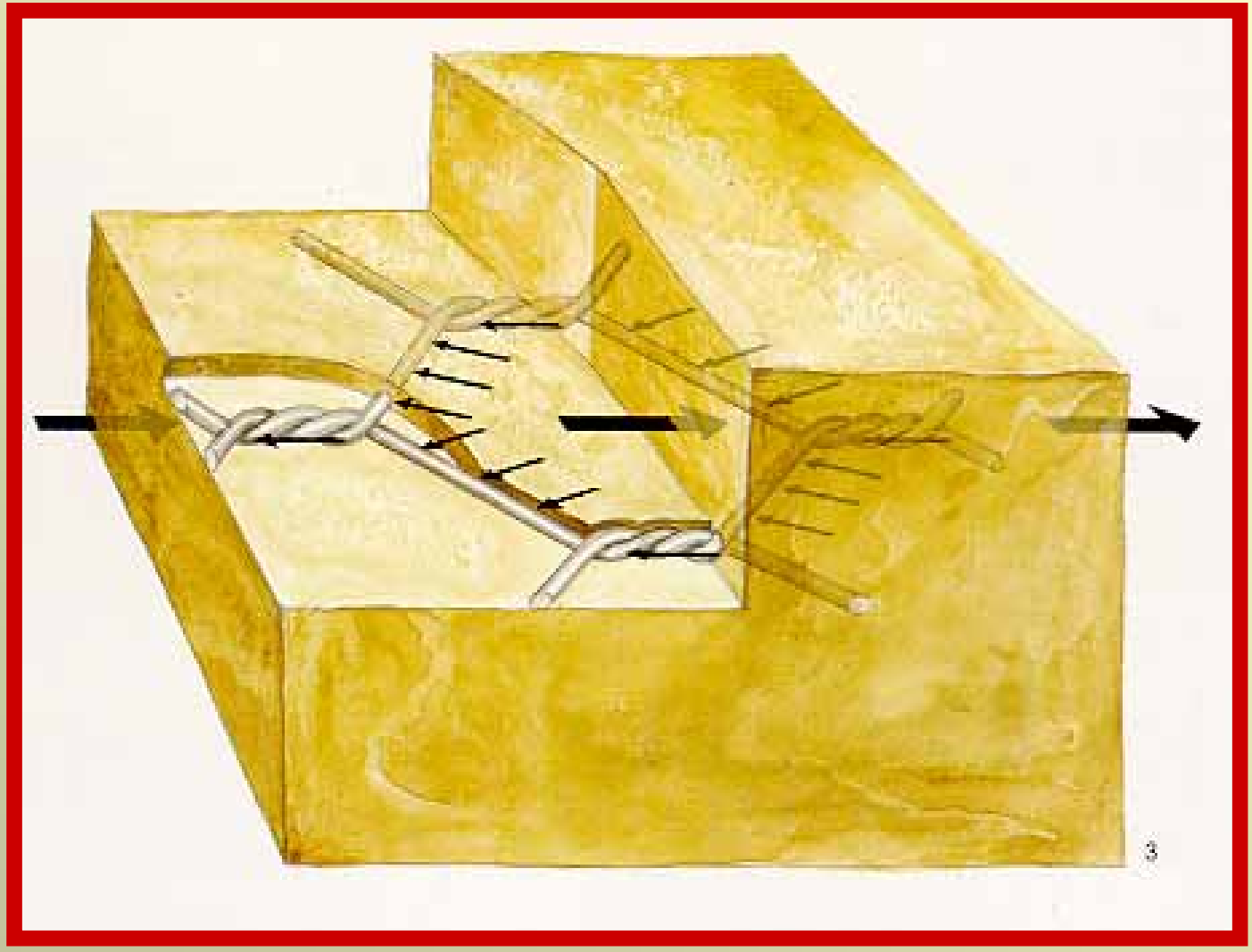
3.- Mejora del Talud (Tendido del Talud Sector Oeste)
4.- Drenaje Superficial y Subdrenaje
5.- Revegetación de los Taludes

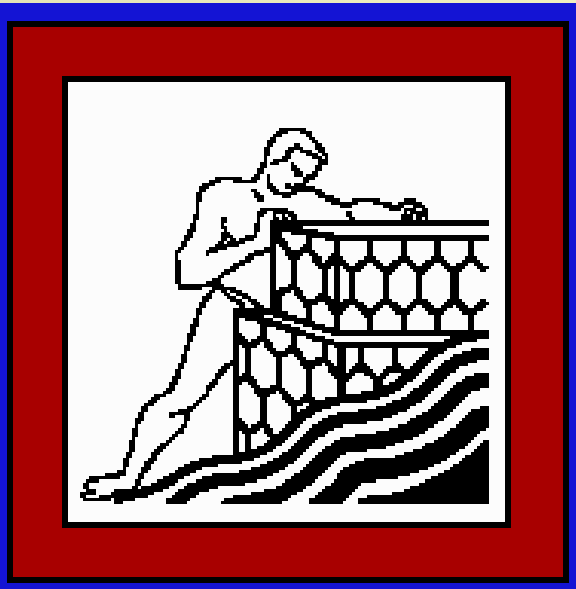
EL SISTEMA TERRAMESH®



EL SISTEMA TERRAMESH®

Cómo la malla desarrolla su capacidad de anclaje





MAC.ST.A.R.S.

MACcaferri
STability Analysis of
Reinforced Slopes

AVISO PARA EL USUARIO

El programa MAC.STA.R.S. fue especialmente desarrollado para analisar y verificar las estructuras construidas con el Sistema TERRAMESH, fabricado por la MACCAFERRI. El Grupo MACCAFERRI no asume cualquier responsabilidad por la utización impropria de esta herramienta en la elaboración de proyecto y en la verificación de estructuras, ya que los calculos y diseños presentados constituyense en SUGESTIONES para la mejor utilización de los productos MACCAFERRI.
El programa utiliza los parametros característicos del Sistema Terramesh, así los resultados no serán realisticos en caso este sea utilizado con materiales de características distintas. Antes de utilizar el programa sugerimos contactar una de las oficinas MACCAFERRI mas proxima, para obtener mayores informaciones sobre el produto, y un analisis adiccional de los resultados obtenidos.
LA DUPLICACION Y VENDIDA DE ESTE PROGRAMA ES PROHIBIDA POR LEYE.

MACCAFERRI GABIOES DO BRASIL LTDA.
Rod. Dom Gabriel P. B. Couto, Km 66
13.200/970 Jundiaí-S.P. (BRASIL)
Tel:(011)73925222 FAX:(011)73923272

Programa autorizado para:
SOLUCIONES TECNICAS A LOS PROBLEMAS DE CONTENCION Y REFUERZO EN GEOTECNIA.

Accionar una tecla para seguir...

NACCAFERRI GABIDES DO BRASIL LTDA. AG2.DES Pág. 1

****

NAC.ST.A.R.S. - NACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes
Análisis del Equilibrio Límite - Método de Bishop Modificado
T E R R A N E S B S Y S T E N

****

Proyecto: SISTEMA TERRANESB
LINEA DE TRANSMISION AGUAYTIA - POCALLPA Y SUBESTACIONES

Fecha...: 13/05/2002

DATOS SUMINISTRADOS AL PROGRAMA

Número de canadas de suelo.....: 3

Canada número.....: 1
Cohesión.....|t/m2| : 0.00
Angulo de fricción.....|Deg| : 20.00
Peso específico .....|t/m3| : 1.00

No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|
1	0.00	0.64	2	1.00	10.00	3	15.00	30.00				
4	16.50	11.50	5	25.00	11.50	6	25.00	13.00				
7	30.00	13.00										

Canada número.....: 2
Cohesión.....|t/m2| : 1.50
Angulo de fricción.....|Deg| : 20.00
Peso específico .....|t/m3| : 1.10

No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|
1	0.00	0.64	2	1.00	10.00	3	15.00	30.00				
4	16.50	11.50	5	22.00	11.50	6	25.00	13.00				
7	30.00	13.00										

Canada número.....: 3
Cohesión.....|t/m2| : 1.00
Angulo de fricción.....|Deg| : 21.00
Peso específico .....|t/m3| : 1.10

No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|	No.	X |m|	Y |m|
1	0.00	5.40	2	1.00	5.40	3	12.00	5.40				
4	21.00	6.90	5	29.00	0.40	6	30.00	0.40				

MACCAFERRI GABIOES DO BRASIL LTDA. AG2.DES Pág.

Presencia de carga vertical (S/N)	:	S
Intensidad de la carga	(t/m2) :	5.00
Coordenada X inicial	(m) :	34.50
Coordenada X final	(m) :	20.50
Análisis sísmico (S/N)	:	S
Aceleración horizontal	(unidad g) :	0.13

```
Número de bloques Terramesh (desde 1 hasta 10).........:        1
-----------------------------------------------------------------------

Presencia de berma intermedia     (S/N)...................:        N
Profund. de la fundación desde el fulcro (f)...........(m):     0.00
-----------------------------------------------------------------------

Bloque Terramesh número.................................:        1
Paramento en gaviones (S/N)............................:        S
Coordenada X de la base del bloque...................(m):    12.00
Coordenada y de la base del bloque...................(m):    10.00
Inclinación del paramento.........................(Deg):     0.00
Ancho del bloque.....................................(m):     4.00
Altura del bloque....................................(m):     3.00
Espaciamiento entre refuerzos........................(m):     0.50
Pendiente del terreno a contener...................(Deg):     0.00
Angulo de fricción.................................(Deg):    20.00
Peso específico del bloque Terramesh..............(t/m3):     1.00
Peso específico del paramento.....................(t/m3):     1.00
Ancho del paramento..................................(m):     1.00
-----------------------------------------------------------------------

Superficie de rotura...................................:        1
(1=Circular, 3=Definida por puntos)
Coeficiente de seguridad de la red.....................:     1.60
-----------------------------------------------------------------------
Coordenada X del punto de inicio.....................(m):    12.00
Coordenada X del extremo izquierdo de salida.........(m):    13.00
Coordenada X del extremo derecho de salida...........(m):    18.00
```

RESULTADOS DEL PROCESO DE OPTIMIZACION

Coeficiente de seguridad..... Fs: 1.252

Superficie de deslizamiento correspondiente al Fs calculado:

Coordenada X, Y del punto de inicio.....|m| :	32.00	30.00
Coordenada X, Y del punto de salida.....|m| :	31.96	33.00
Coordenada X, Y centro de circunferencia ....|m| :	32.35	31.33
Radio de la circunferencia.....|m| :	1.34	

Número de refuerzos.....: 6

Valores calculados con los refuerzos:

Num Ref	Cota |m|	Fuerza |t|	L-A |m|	T-br/F	T-fr/F
1	30.00	0.00	0.00		
2	30.50	2.94	3.23	3.000	3.342
3	33.00	0.46	0.23	6.401	3.000
4	33.50	0.00	0.00		
5	32.00	0.00	0.00		
6	32.50	0.00	0.00		

Esfuerzos en la base de las franjas, calculados dividiéndose la resistencia del terreno por el coeficiente calculado, igual a Fs| 1.252|

Num Con	X |m|	Y |m|	Alfa |Deg|	N-med |t/m2|	T-med |t/m2|	T-soli |t/m2|	W-prez |t/m2|
1	32.35	30.00	0.03	2.10	3.44	3.35	
2	32.45	30.03	2.43	5.29	2.03	2.25	
3	32.15	30.03	4.03	5.31	2.15	2.20	
4	33.04	30.06	1.23	5.03	2.61	2.34	
5	33.34	30.30	9.64	4.01	2.59	2.01	
6	33.64	30.36	32.01	4.69	2.49	3.99	
7	33.94	30.23	34.54	4.49	2.39	3.93	
8	34.24	30.33	31.02	4.20	2.20	3.02	
9	34.53	30.43	39.55	6.13	3.50	2.06	
10	34.03	30.52	22.33	8.06	4.29	3.43	
11	35.33	30.65	24.12	7.13	4.30	3.20	
12	35.43	30.80	21.39	7.34	3.90	3.32	
13	35.13	30.96	30.32	6.95	3.10	2.95	
14	36.03	33.35	32.93	6.54	3.40	2.10	
15	36.32	33.35	35.03	6.30	3.24	2.59	
16	36.62	33.50	30.05	5.63	2.99	2.39	
17	36.92	33.03	43.99	5.34	2.13	2.30	
18	37.22	32.32	45.33	4.63	2.45	3.96	
19	37.52	32.44	40.03	4.04	2.35	3.12	
20	37.02	32.00	52.62	3.44	3.03	3.46	

MACCAFERRI GABIONS DO BRASIL LTDA. AGI.OUT Pág.: 5

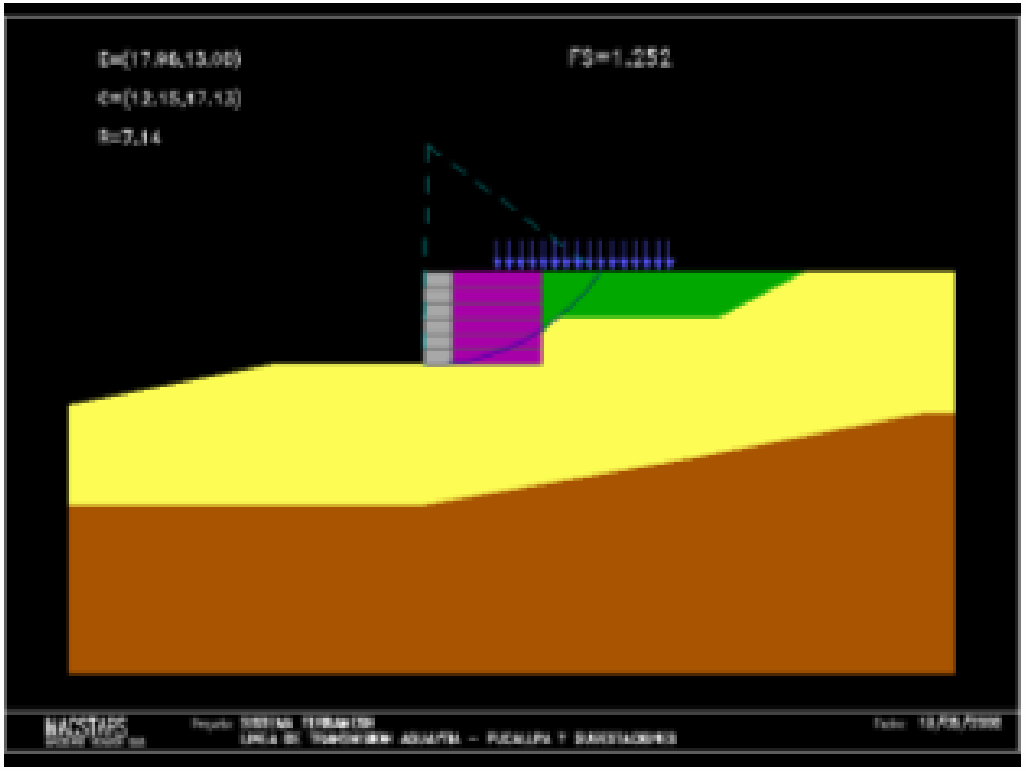
COMPUTATIVOS

Número de bloques Terramesh .....: 1

Núm. Blo.	Altura [m]	Largo [m]	Núm. elem.	Esp.med. [m]	Volumen [m3]
1	3.00	4.00	6	0.50	12.00

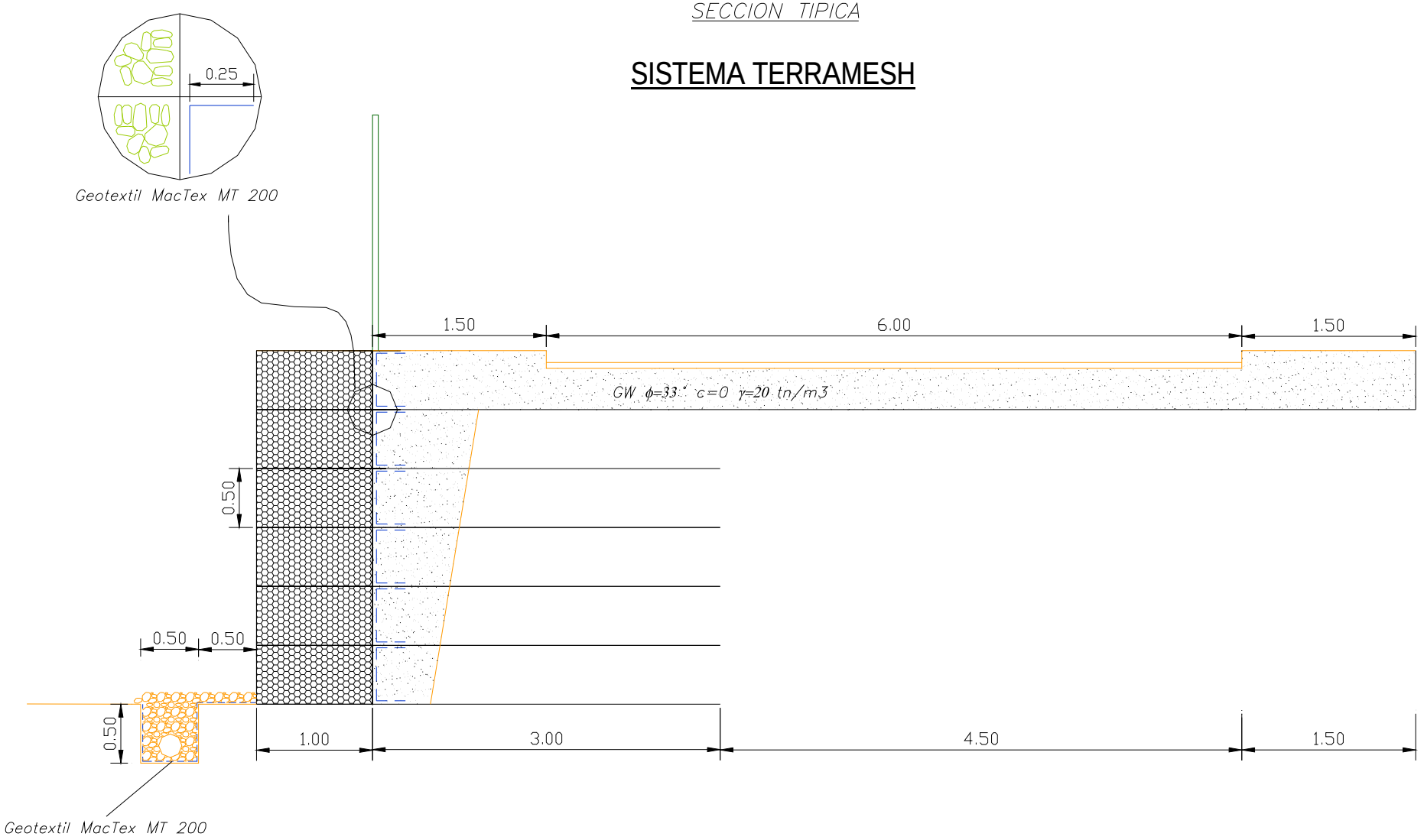
Volumen completo del bloque Terramesh.....[m3] : 12.00

Volumen de terreno removido.....[m3] : 13.13



SECCION TIPICA

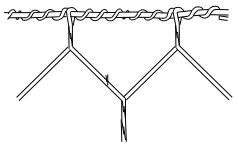
SISTEMA TERRAMESH



ESPECIFICACIONES TECNICAS
ELEMENTOS TERRAMESH

- ABERTURA DE MALLA 10x12cm
- REVEST. MALLA Zn+Al (ASTM A856)
- REVEST. ADICIONAL DE PVC
- DIAMETRO ALAMBRE DE MALLA: 3.70 mm (PVC)
- DIAMETRO ALAMBRE DE BORDE: 4.40 mm (PVC)
- DIAMETRO DE ALAMBRE DE AMARRE Y ATIRANTAMIENTO: 3.20 mm

Detalle de la unión mecánica de la malla con el alambre de borde



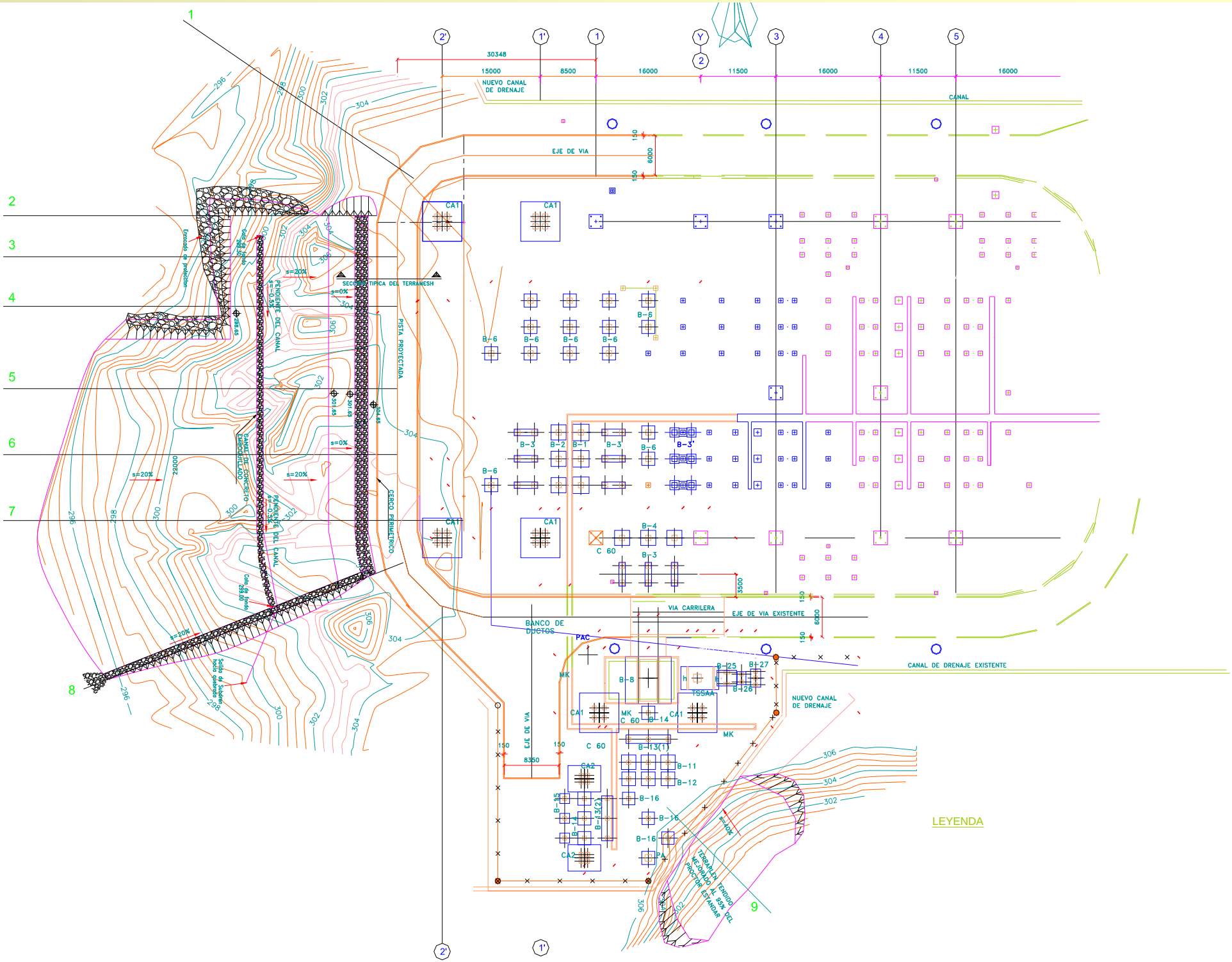
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
SECCION DE POST GRADO

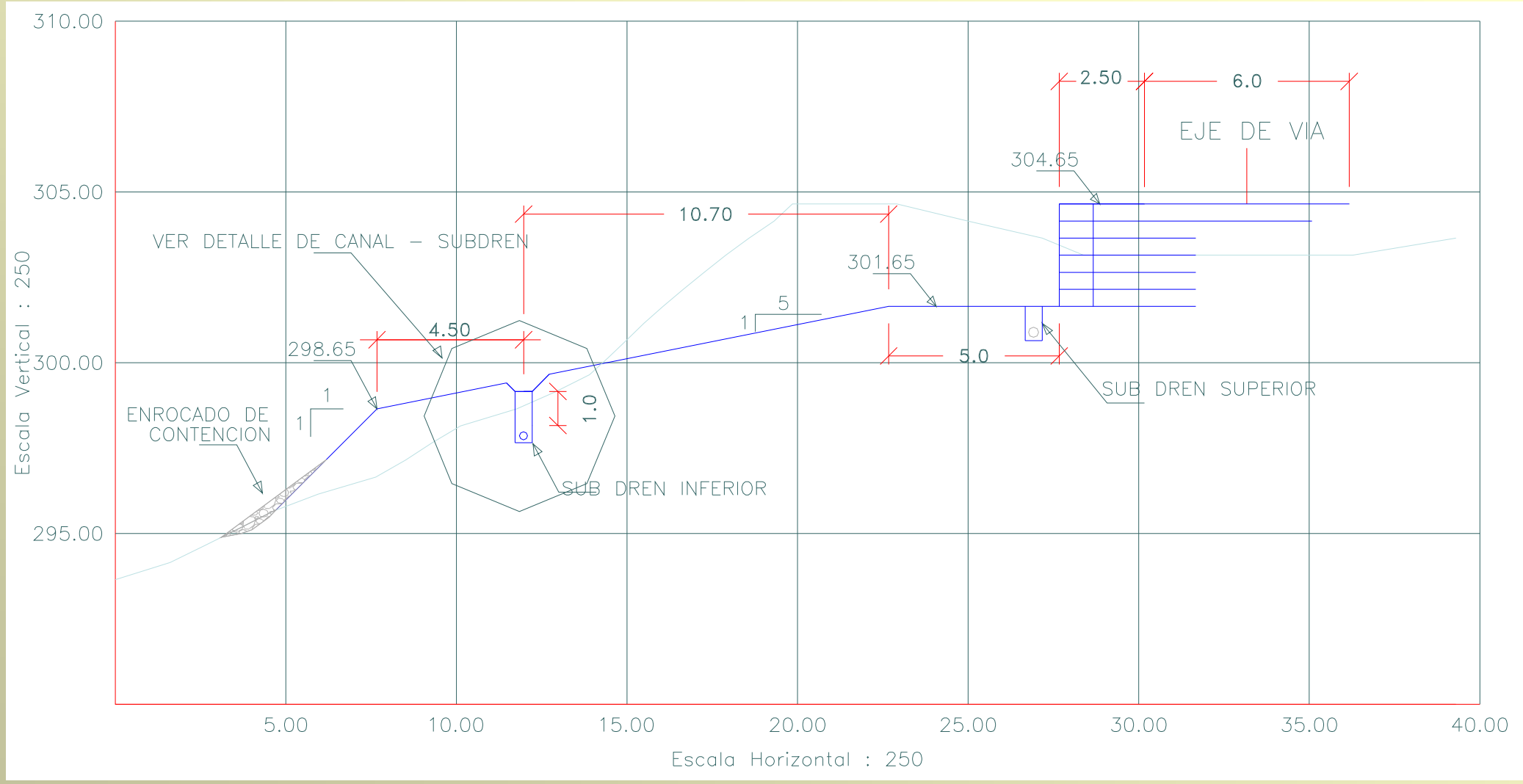
PROYECTO: AMPLIACION DE LA SUBESTACION AGUAYTIA

PLANO: SISTEMA TERRAMESH

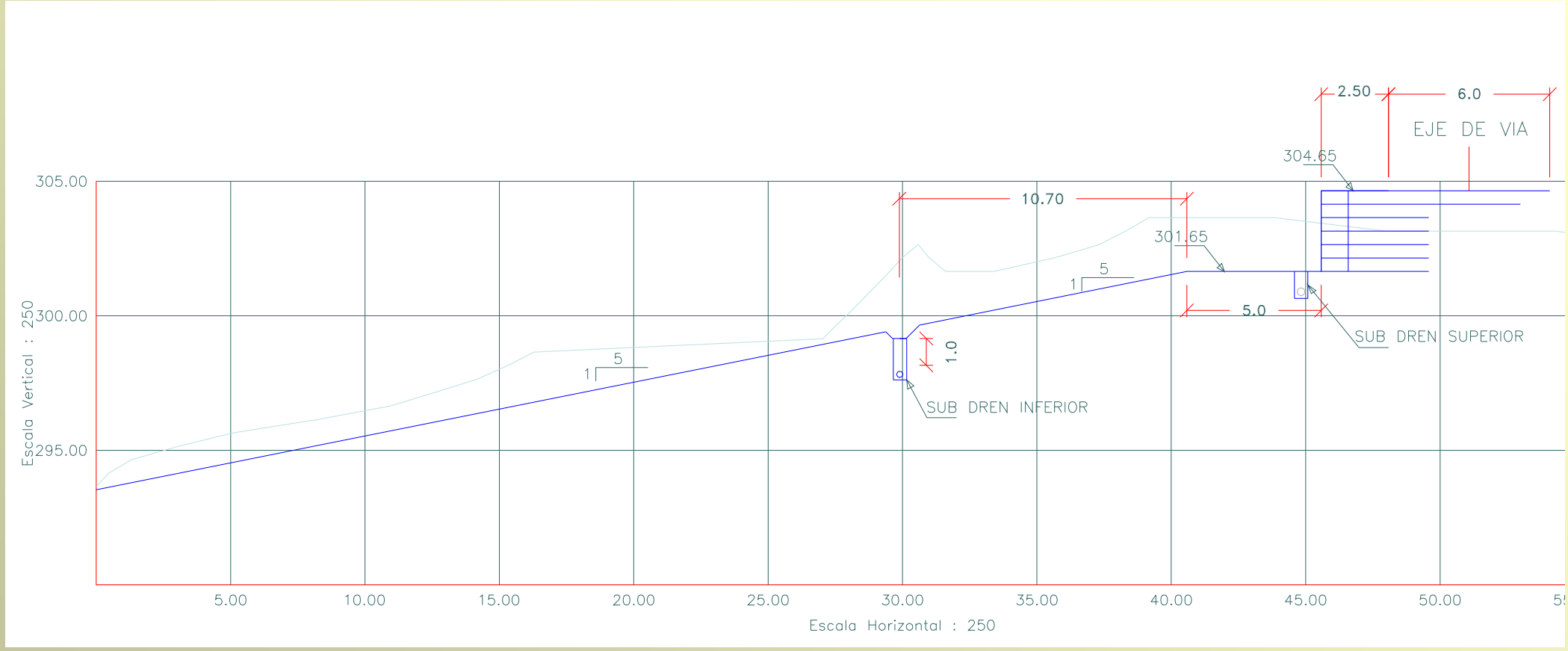
ESCALA: V= H=	DIMENSIONES:	ASPECTO TECNICO: OBRAS CIVILES
FECHA: MAYO 2002	DIBUJO: M.I.C.	FASE: CONSTRUCCION
DISEÑO: ICE	APROBO:	CODIGO ISA: / N° PLANO:
	CONTRATO: P0001	

REV.	FECHA	MODIFICACION	APROBO


30348
15000
8500
16000
11500
16000
11500
16000
NUEVO CANAL DE DRENAJE
CANAL
EJE DE VIA
SECCION TIPICA DEL TERRAMESH
PISTA PROYECTADA
PENDIENTE DEL CANAL
CERCO PERIMETRICO
CANAL DE CONCRETO
BANCO DE DUCTOS
PAC
VIA CARRILERA
EJE DE VIA EXISTENTE
CANAL DE DRENAJE EXISTENTE
NUEVO CANAL DE DRENAJE
TSSAA
TERRAPLEN TENDIDO MEJORADO AL 95% DEL PROCTOR ESTANDAR
LEYENDA

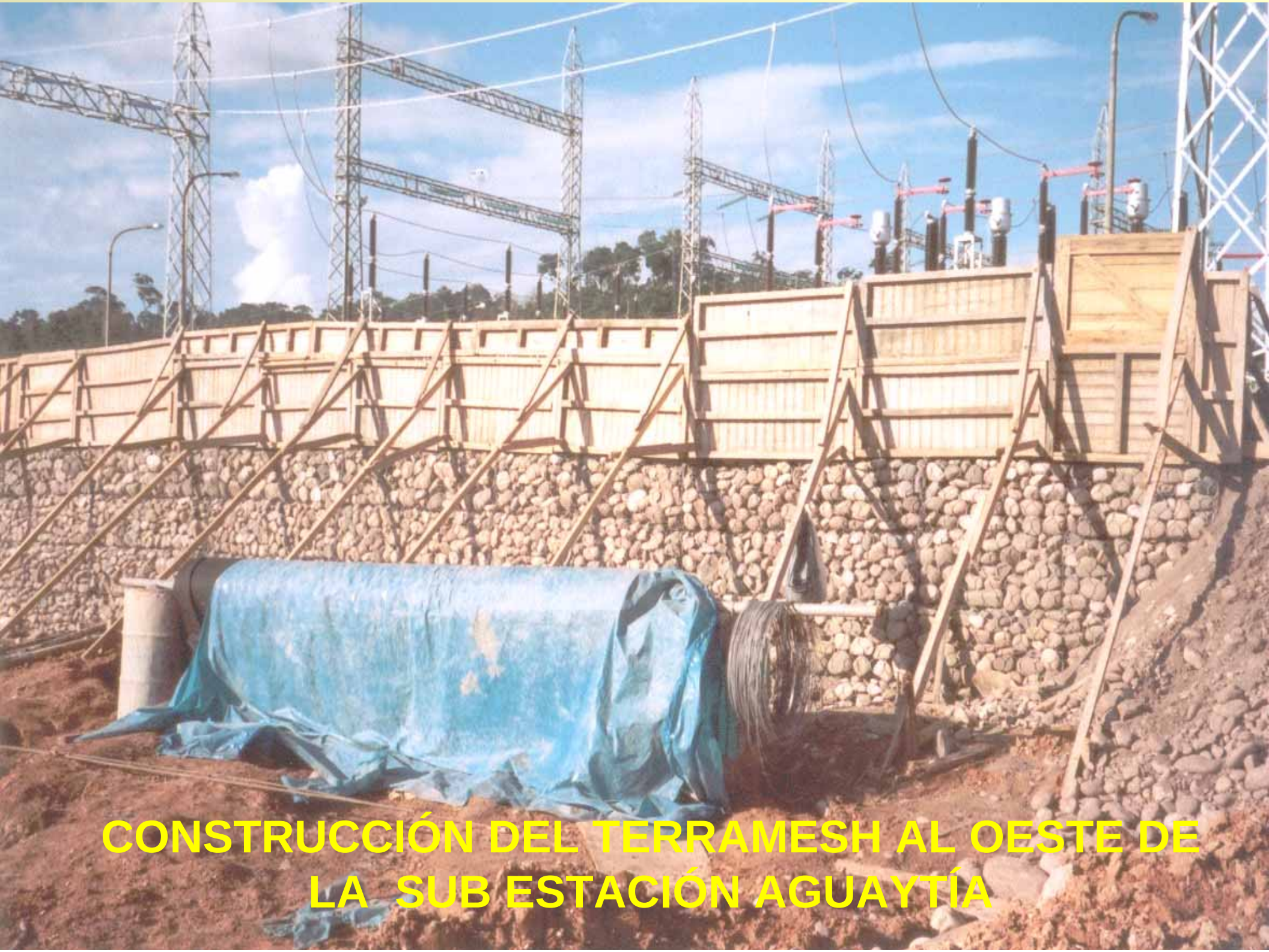

310.00
305.00
300.00
295.00
Escala Vertical : 250
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
Escala Horizontal : 250
2.50
6.0
EJE DE VIA
304.65
10.70
VER DETALLE DE CANAL – SUBDREN
301.65
5
1
4.50
298.65
5.0
SUB DREN SUPERIOR
1
1
ENROCADO DE CONTENCION
1.0
SUB DREN INFERIOR

PERFIL 3-3


2.50
6.0
EJE DE VIA
304.65
10.70
301.65
5
1
5.0
SUB DREN SUPERIOR
1.0
SUB DREN INFERIOR
305.00
300.00
295.00
Escala Vertical : 250
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
45.00
50.00
Escala Horizontal : 250

PERFIL 6-6

CONSTRUCCIÓN DEL TERRAMESH AL OESTE DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA



CONSTRUCCIÓN DEL TERRAMESH AL OESTE DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA

AMPLIACIÓN DE LA VÍA AL OESTE DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA

VISTA DE LA ZONA SUR DE LA SUB ESTACIÓN AGUAYTÍA

VISTA DEL ENROCADO DE CONTENCIÓN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El material de la zona de ampliación está compuesto por una capa superior arcillosa limosa (CL-ML) blanda, una segunda capa de arena limosa arcillosa (SM-SC) medianamente densa y finalmente un material gravoso.

- El talud se estabilizó a través de una estructura de suelo reforzado tipo Terramesh de 1.0 m de ancho y 3.0 m de altura.

-

- El talud planteado en la parte sur es de 1V:5H, con un enrocado de protección al pie del talud desde la sección 2-2 hasta la sección 4-4.

- Construcción de un drenaje superficial (canal revestido) y un subdrenaje (dren francés).

- Revegetación del talud para proteger el talud de la erosión