



INFORME DE OBRA

Antecedentes

Debido a las necesidades en capacidad de operación del Puerto de Veracruz, la Administración Portuaria Integral de Veracruz ha decidido ampliar el área portuaria. En este proyecto específicamente en el nuevo Centro Regulador se tuvo la necesidad de hacer retenciones verticales de hasta 13.00m de altura para el máximo aprovechamiento del área, para ello el sistema Estatec se observó era la solución idónea técnica y económicamente. Y bajo el contrato API-GI-CO-6103-31-07 se desarrolló el trabajo denominado "MURO DE CONTENCIÓN TIPO ESTATEC, EN COLINDANCIAS SUR Y OESTE DEL NUEVO CENTRO REGULADOR DEL PUERTO DE VERACRUZ"

Investigación Geotécnica

Tecnosuelo como parte de su proceso de calidad verifica las condiciones de terreno en el que se desarrolla el sistema. En el nuevo Centro Regulador se hicieron 2 sondeos de penetración estándar y pruebas químicas del material (Arena).

Sondeos de penetración estándar.

Sondeo	Elevación. (m.s.n.m)	Cadenamiento	Prof. (m)
S-1	31.3	4+420	15.00
S-2	33.5	4+380	16.20



El material del Centro Regulador corresponde a una arena fina uniforme mal graduada de compacidad variable a partir de los 8,00 m (S-1) se encuentra muy compacta.

Es importante hacer notar que la arena tiene una variación de finos de 0.1% a 2.1%, por lo que se puede decir que carece de cohesión.

Con un contenido de humedad del 6.82%

El nivel freático no fue encontrado en ninguno de los sondeos y al considerar en el diseño la instalación de drenes, el empuje hidrostático considerado fue nulo.

Se anexan perfiles estratigráficos y pruebas de laboratorio (Anexo 1).

Cálculo del Proyecto

Para la elaboración del proyecto se evaluaron diferentes mecanismos de falla:

- Determinación de los empujes por el método de Rankine y Soil Nailing.
- Deformaciones por elementos finitos
- Círculos de falla por el método de Bishop

Los cálculos y gráficos se presentan en el anexo 2

Anclaje para empujes en la parte alta del muro (6 niveles de anclaje)

Ancla	Soli Nailing (Ton)	Rankine (Ton)
1	7.75	4.32
2.	7.75	5.14
3	7.75	6.76
4	7.75	8.03
5.	7.75	7.79
6	7.75	13.40
Total	46.5	46.52



Mediante el cálculo de elementos finitos se obtuvo una deformación máxima en el muro de 92.39×10^{-03}

Por el método de Bishop se tiene un factor de seguridad de 2.83 sin sismo y 2.00 con sismo

Procedimiento Constructivo

Una vez armado e instalado todo el equipo se construye el sistema de la siguiente manera.

Se construyó el muro de mortero plástico con la ayuda de un equipo guiado, empotrando por lo menos 0,50 m en la cota de la subrasante y/o 1,00 m en las arenas muy compactas (SPT>40 golpes), posteriormente se descubrió el muro plástico para colocar la malla electro soldada 6-6/6-6 para recibir el concreto lanzado y después alojar las anclas de diferentes longitudes según planos de proyecto, una vez colocadas las anclas se inyectaron con una lechada Agua – Cemento para después tensarlas según precargas de diseño. El proceso fue repetitivo hasta llegar a nivel de carpeta. Las especificaciones, profundidades de anclaje, procedimiento constructivo se presentan en las laminas del plano API-GI-0714-0104 del anexo 3

En el proceso de construcción se cuenta con varios controles de calidad.

- Tensión de anclaje (Anexo 4)
- Resistencia de concreto lanzado (Anexo 4)

.El tensado de las anclas se realizó en secuencia de cargas del 25%, 50%, 75%, 100% y 130% de acuerdo a la precarga de diseño realizada por el departamento de



ingeniería de TECNOSUELO. Todas las anclas pasaron la prueba al ser cargadas al 130% .

Por otro lado se realizaron pruebas de compresión simple al concreto lanzado para verificar su resistencia las cuales dieron como resultado resistencias mayores a 280 kg/cm² siendo que la resistencia de proyecto era de 200 kg/cm²

Conclusión

Se realizó con éxito la retención de arenas en una pared vertical para el máximo aprovechamiento del área destinada al nuevo Centro Regulador.



ANEXOS

ANEXO 1

Perfiles estratigráficos

Pruebas de laboratorio

ANEXO 2

Calculo de empujes por numero de anclas

Desplazamientos por método de elemento finito

Factores de seguridad por el método de Bishop

ANEXO 3

Planos

ANEXO 4

Tabla de cargas de tensión

Resultados de pruebas de calidad para concreto lanzado

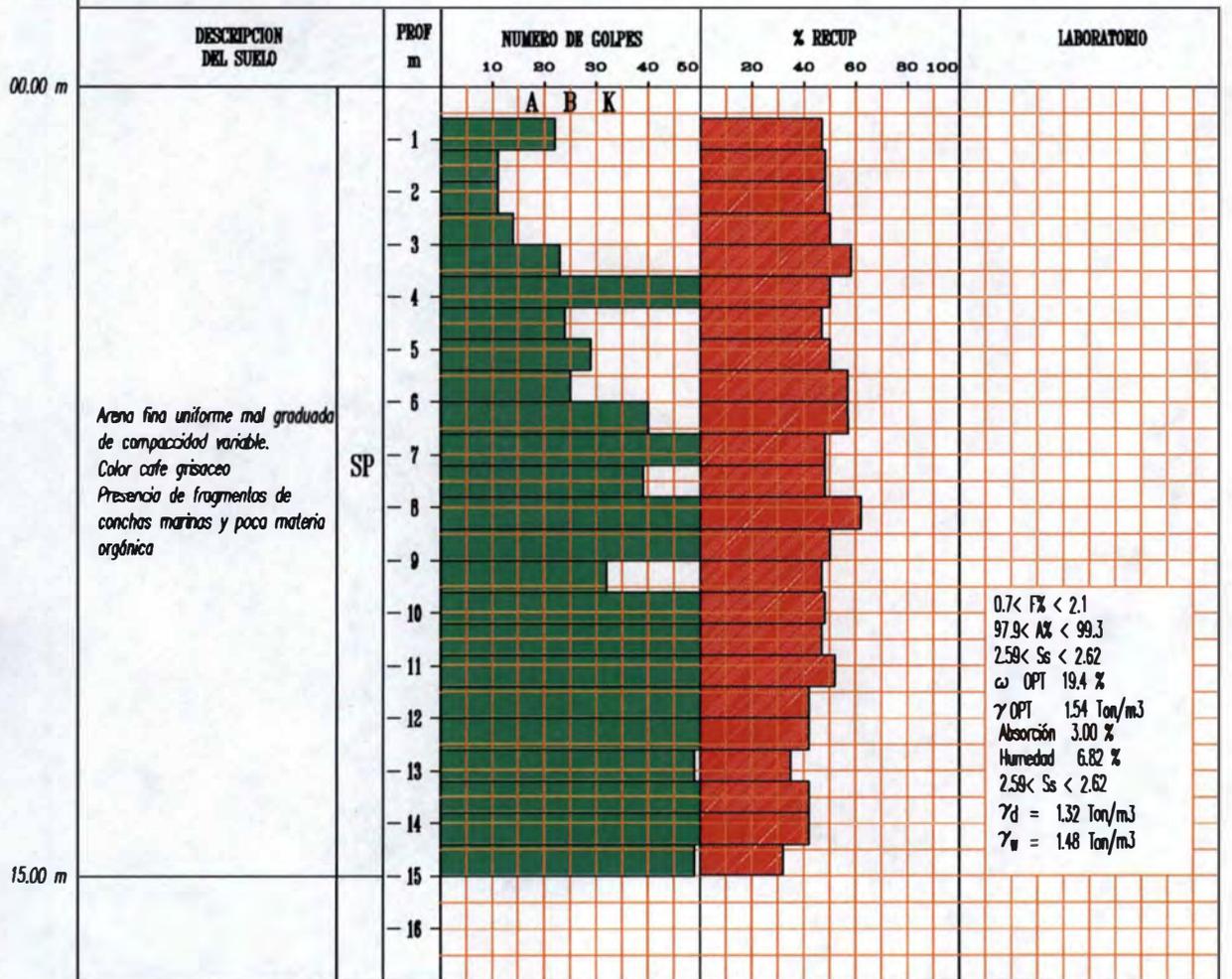
ANEXO 5

Memoria fotográfica

SONDEO S-1 (API-VER)

ELEV. + 31,3

CAD. 4 + 420



El sondeo llegó a 15.00 m de profundidad respecto a su brocal

SMBELOGIA

% REC	Porcentaje de recuperación	A%	Porcentaje de arena
ω	Contenido de agua	F%	Porcentaje de finos
A B K	Avance con broca kay	Ss	Densidad de solidos
γ _d	Peso volumetrico seco	γ _w	Peso volumetrico humedo

Fig 1 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SONDEO S-1

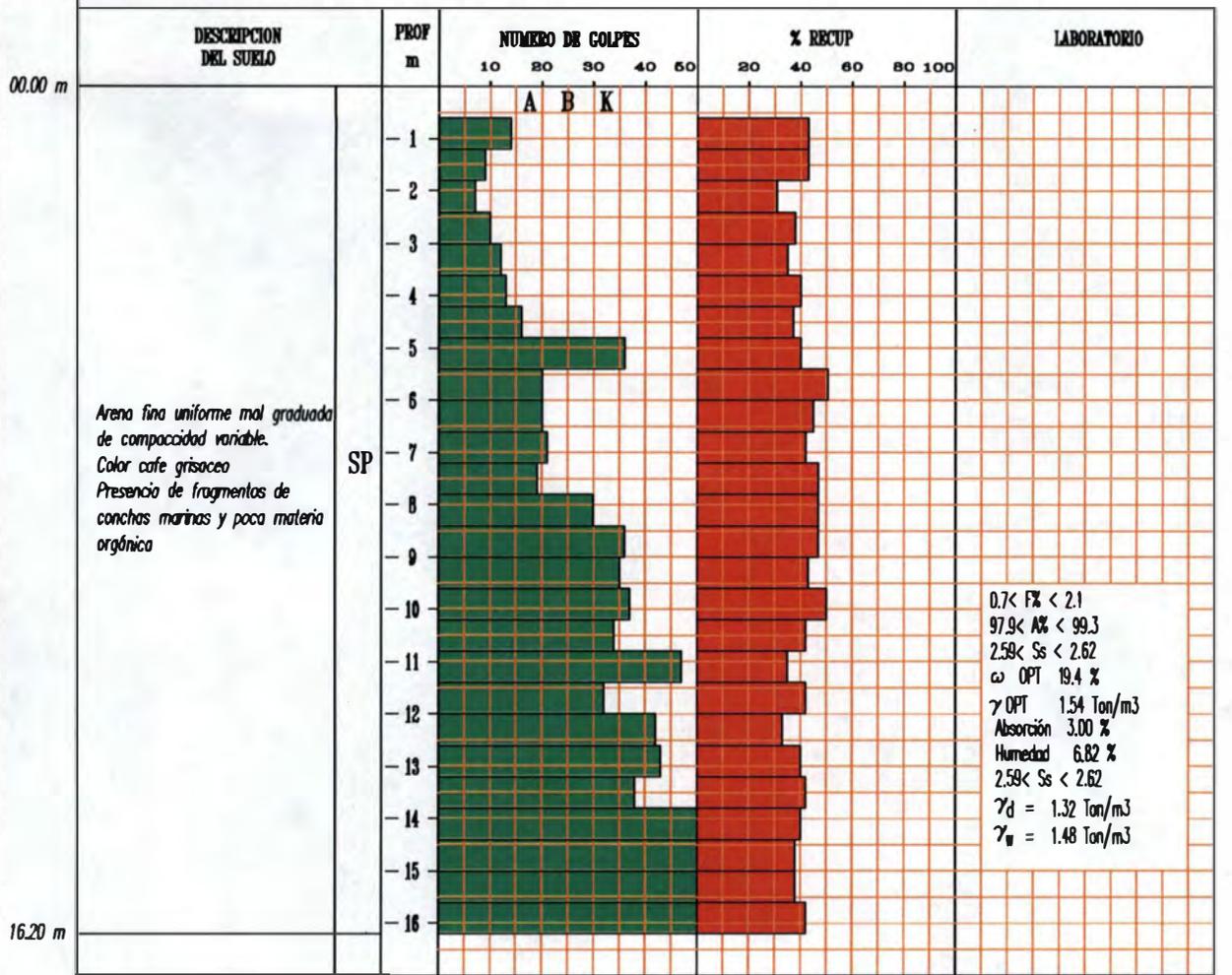
VERACRUZ, VER.

Nota: la elevación del sondeo esta referida al nivel medio del mar (n.m.m.)

SONDEO S-2 (API-VER)

ELEV. + 33,5

CAD. 4 + 380



0.7 < F% < 2.1
 97.9 < A% < 99.3
 2.59 < Ss < 2.62
 ω OPT 19.4 %
 γ OPT 1.54 Ton/m³
 Absorción 3.00 %
 Humedad 6.82 %
 2.59 < Ss < 2.62
 γ_d = 1.32 Ton/m³
 γ_w = 1.48 Ton/m³

El sondeo llegó a 16.20 m de profundidad respecto a su brocal

SIMBOLOGIA

% REC	Porcentaje de recuperación	A%	Porcentaje de arena
ω	Contenido de agua	F%	Porcentaje de finos
A B K	Avance con broca kay	Ss	Densidad de solidos
γ_d	Peso volumetrico seco	γ_w	Peso volumetrico humedo

Fig 2 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SONDEO S-2 VERACRUZ, VER.

Nota: la elevación del sondeo esta referida al nivel medio del mar (n.m.m.)



INFORME DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Nombre del cliente: **TECNOSUELO, S. A. DE C. V.**

Dirección: **BAHIA DE CHACHALACAS No. 27
COLONIA VERONICA ANZURES
MEXICO, D. F.
C. P. 11300**

Orden de Trabajo N°: **1118**

Informe Técnico N°: **469/2007**

Fecha recepción: **2007-12-10**

Fecha ensaye: **2007-12-11**

Descripción de muestras: **UNA MUESTRA DE ARENA**

Pruebas realizadas: **DETERMINACION DE LA REACTIVIDAD POTENCIAL (METODO QUIMICO)
Y CLORUROS, SULFATOS Y PH**

Resultados: **SE REPORTAN EN HOJAS ANEXAS**

Referencias: **NMX-C-271-ONNCCE-1999, ASTM-C-114-06, ASTM-C-1218-99 Y ASTM-C-1293-99**

Condiciones Ambientales: **Temperatura: - °C
Humedad relativa: - %**

Procedimientos Utilizados: **PO-GTLCE 022**

Realizó.

Alejandro Ibarra Barrientos
Técnico Laboratorio de Cemento

Revisó.

Ing. David López Morales
Jefe Laboratorio de Cemento

Fecha de emisión

2007-12-17

Hoja N° 1 de 4

EVALUACION DE PARAMETROS POTENCIALMENTE AGRESIVOS

Orden de Trabajo No.	1118	Informe Técnico No.	469/2007	Hoja No.	4	de	4
Cliente	TECNOSUELO, S. A. DE C. V.						
Muestra No.	Q1035 - MUESTRA DE ARENA						

DETERMINACION DE CLORUROS, SULFATOS Y pH

Determinación de Cloruros (CL ⁻)	0,02	%
Determinación de Sulfatos (SO ⁴)	0,002	%
Determinación del grado de Alcalinidad (pH)	7,3	

Especificación para Sulfatos

GRADO DE ATAQUE POR SULFATOS CONTENIDOS EN LA MUESTRA	PORCENTAJE DE SULFATOS
Insignificante	0,00 - 0,10
Moderado	0,10 - 0,20
Severo	0,20 - 2,00
Muy Severo	mas de 2,00

Especificación para Cloruros

TIPO DE ELEMENTO	CONTENIDO MAXIMO DE IONES DE CLORUROS %
Concreto Presforzado	0,06
Concreto Reforzado en servicio	0,15
Concreto Reforzado en servicio (seco)	1,00

Especificaciones para p.H.

No Menor a 6,5

Observaciones: Los resultados son únicamente para la muestra recibida.
El muestreo y procedencia fue responsabilidad del
IMCYC (), CLIENTE (X)

Referencias: ACI 318, ASTM-Q-114-04 Y ASTM-C-1218-99

Las especificaciones son para núcleos de concreto y se presentan únicamente como una guía para la interpretación

Realizó: Alejandro Barba Barrientos
Técnico Laboratorio Cemento

Revisó: Ing. David López Morales
Jefe Laboratorio Cemento

Fecha de elaboración:
2007-12-17

OBRA: API VERACRUZ

USO MORTERO PLASTICO

REF: TEC 08/03

Fecha: 04/07/2007	Mina: APIVER
Planta:	Tipo de Arena:
Analisis No. 1	Clasificación Petrográfica:
Proveedor:	Color: ANEXO V

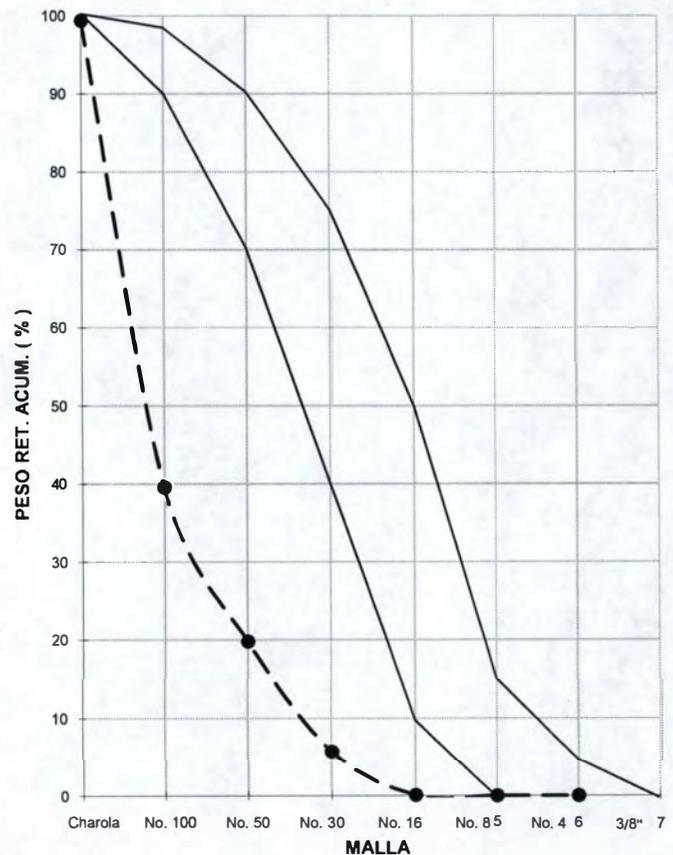
$\text{DENSIDAD} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} = \frac{50.00}{19.70} \times 1,000 = 2.54 \text{ kg/m}^3$	
<p style="text-align: center;">ABSORCION</p> $\frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{442.30 - 429.40}{429.40} \times 100 = 3.00 \%$	
<p style="text-align: center;">HUMEDAD TOTAL</p> $\frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{151.41 - 141.74}{141.74} \times 100 = 6.82 \%$	

<p style="text-align: center;">PESO VOLUMETRICO SUELTO</p> $P. \text{ Suelto} \times \text{Volumen} = 6444 \times 205.17 = 1322.115 \text{ kg/m}^3$	
<p style="text-align: center;">PESO VOLUMETRICO COMPACTADO</p> $P. \text{ Suelto} \times \text{Volumen} = 7211 \times 205.17 = 1479.481 \text{ kg/m}^3$	
<p style="text-align: center;">PERDIDA POR LAVADO</p> $\frac{P_{s1} - P_{s2}}{P_{s1}} \times 100 = \frac{285.10 - 280.60}{285.10} \times 100 = 1.58 \%$	

PROPIEDADES FISICAS		
Densidad	kg/m ³	2.54
Absorcion	%	3.00
Humedad Total	%	6.82
Peso Volumetrico Suelto	kg/m ³	1,322
Peso Volumetrico Compactado	kg/m ³	1,479
Perdida por Lavado	%	1.58
Contraccion Lineal	%	N/A
Contaminacion de Grava en Arena	%	N/A
Materia Organica		N/A
Modulo de Fisura		0.65

Malla	Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	Modulo Finura
3/8"				
No. 4	-	-	-	
No. 8	-	-	-	
No. 16	0.56	0.1	0.1	
No. 30	28.69	5.7	5.8	
No. 50	70.98	14.0	19.8	
No. 100	99.73	19.7	39.5	0.65
No. 200	302.60	59.9	99.4	
Charola	2.86	0.6	100.0	
TOTAL	505.42	100.00	100.00	

ARENA



Metodos de prueba empleados: NMX-C-30, C-73, C-77, C-84, C-111, C-165, C-166 y C-170.

Observaciones: COLORIMETRIA MATERIA ORGANICA
COLOR LIGERAMENTE SUPERIOR AL FINAL

Realizo: MARIO CASTILLO A.

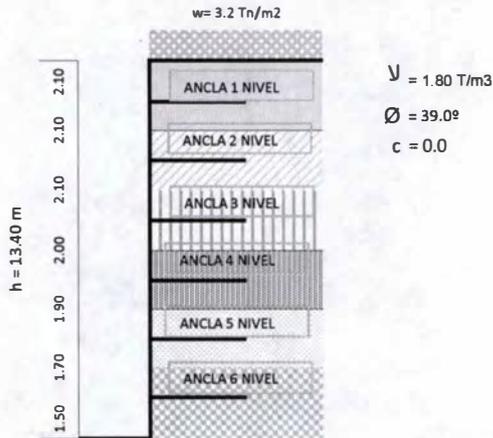
CALCULO:

CALCULO DE EMPUJES POR NUMERO DE ANCLAS

DETERMINACION DE LOS EMPUJES DEL SUELO POR METODO DE RANKINE Y SOIL NAILING

MURO CARA SUR 6 ANCLAS

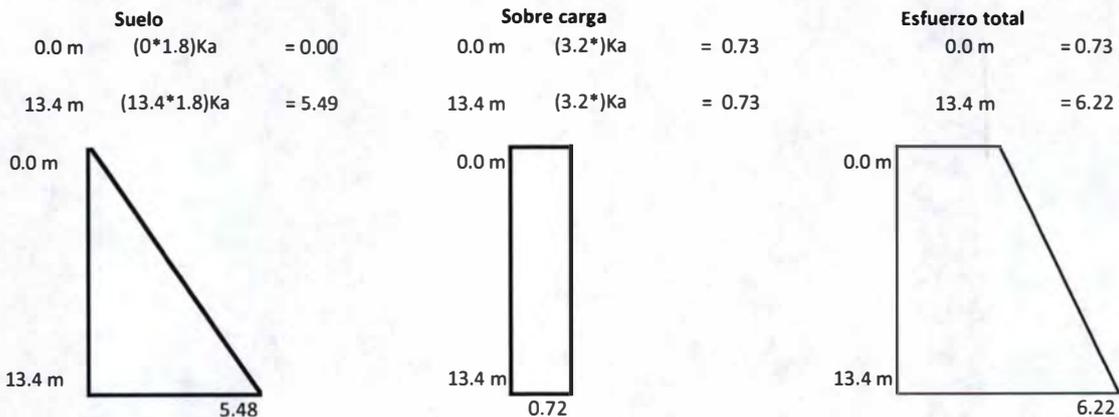
1.- Determinacion del area que recibe cada ancla



2.- Calculo del coeficiente de empuje activo de Rankine

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 39}{1 + \sin 39} = 0.228$$

3.- Determinacion de esfuerzos de suelo y de la sobre carga



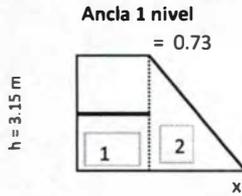
calculo de esfuerzo suelo
 $(13.4 \cdot 5.48) / 2 = 36.77$

calculo de esfuerzo sobrecarga
 $(13.4 \cdot 0.72) = 9.76$

NOTA.- La suma de Ambos esfuerzos nos da el empuje total

Esfuerzo de suelo + Esfuerzo de Sobrecarga
 $36.77 + 9.76 = 46.52$

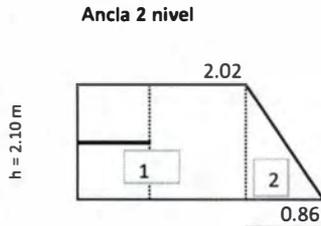
Determinacion de esfuerzo para cada ancla



calculamos el valor de X

$$\frac{13.40}{5.49} = \frac{3.15}{x} \quad x = 1.28$$

Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 0.73 \cdot 3.15 = 2.293$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{3.15 \cdot 1.29}{2} = 2.032$
 Esfuerzo en el ancla = 4.325



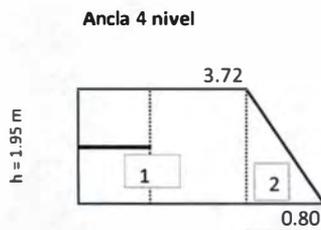
$$\frac{13.40}{5.49} = \frac{2.10}{x} \quad x = 0.85$$

Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 2.02 \cdot 2.10 = 4.238$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{2.10 \cdot 0.86}{2} = 0.903$
 Esfuerzo en el ancla = 5.141



$$\frac{13.40}{5.49} = \frac{2.05}{x} \quad x = 0.83$$

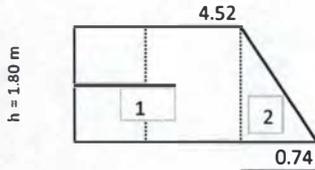
Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 2.88 \cdot 2.05 = 5.900$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{2.05 \cdot 0.84}{2} = 0.860$
 Esfuerzo en el ancla = 6.760



$$\frac{13.40}{5.49} = \frac{1.95}{x} \quad x = 0.79$$

Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 3.72 \cdot 1.95 = 7.249$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{1.95 \cdot 0.80}{2} = 0.779$
 Esfuerzo en el ancla = 8.028

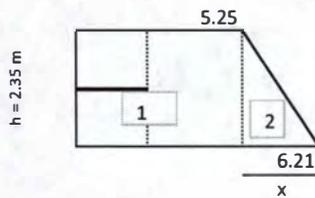
Ancla 5 nivel



$$\frac{13.40}{5.49} = \frac{1.80}{x} \quad x = 0.73$$

Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 4.52 \cdot 1.80 = 8.129$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{1.80 \cdot 0.74}{2} = 0.663$
 Esfuerzo en el ancla = 8.792

Ancla 6 nivel



$$x = 6.21 - 5.25 = 0.96$$

Esfuerzo 1
 $b \cdot h = 5.25 \cdot 2.35 = 12.345$
 Esfuerzo 2
 $(b \cdot h) / 2 = \frac{2.35 \cdot 0.96}{2} = 1.131$
 Esfuerzo en el ancla = 13.476

Sumatoria de esfuerzo por anclas = 46.52

Esfuerzo en ancla por SOIL NAILING

$$\frac{\text{ESFUERZO TOTAL } 46.52}{\text{NUMERO DE ANCLAS } 6} = 7.75$$

CARGA POR ANCLA

ANCLA	SOIL NAILING Tn/m	RANKINE Tn/m
1 nivel	7.75	4.32
2 nivel	7.75	5.14
3 nivel	7.75	6.76
4 nivel	7.75	8.03
5 nivel	7.75	8.79
6 nivel	7.75	13.48
	46.52	46.52

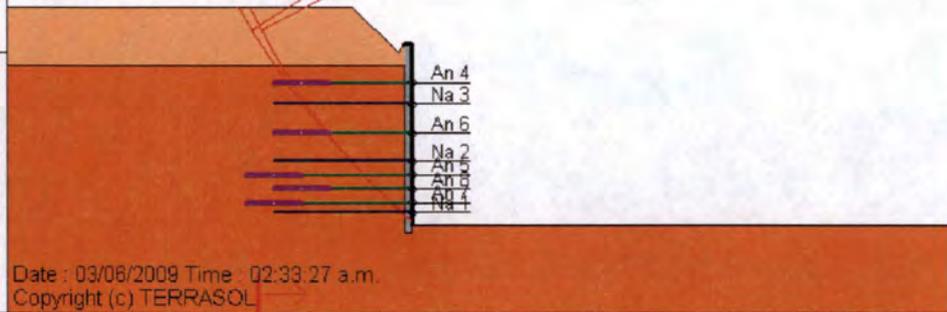
Soil no	1	2	3
γ	1.72	2.01	1.
Γ_{s1}	1	1	1
c	10	10	50
Γ_c	1	1	1
ϕ	34	41	0
Γ_ϕ	1	1	1
Ks B	9999	9999	9999

Units : kN meters and degrees
 Calculation method : Bishop

4.023 663.7
 3.763.773.543 583.383.3
 3.863.473.673.383.283
 3.543.583.273.283.233.193.083
 3.
 3.593.423.293.112.972.882.82.8
 3.433.283.072.932.833.043.033.183.262.96
 3.283.23.153.032.972.953.083.163.473.17
 3.183.112.972.912.872.993.063.373.613.3
 3.072.922.832.812.973.273.513.223.55

8

Γ_{min}	2.8
Γ_{qsNail}	1.05
Γ_{qsAnc}	1.5
Γ_{pl}	1.15
Γ_{sNail}	1.4
Γ_{sAnc}	1.8
Γ_{s3}	1



Date : 03/06/2009 Time : 02:33:27 a.m.
 Copyright (c) TERRASOL



TALREN 97
 V2.2
 TERRASOL

Nuevo Centro Regulator API Veracruz
 FACTOR DE SEGURIDAD SIN SISMO

File : API.4 tal

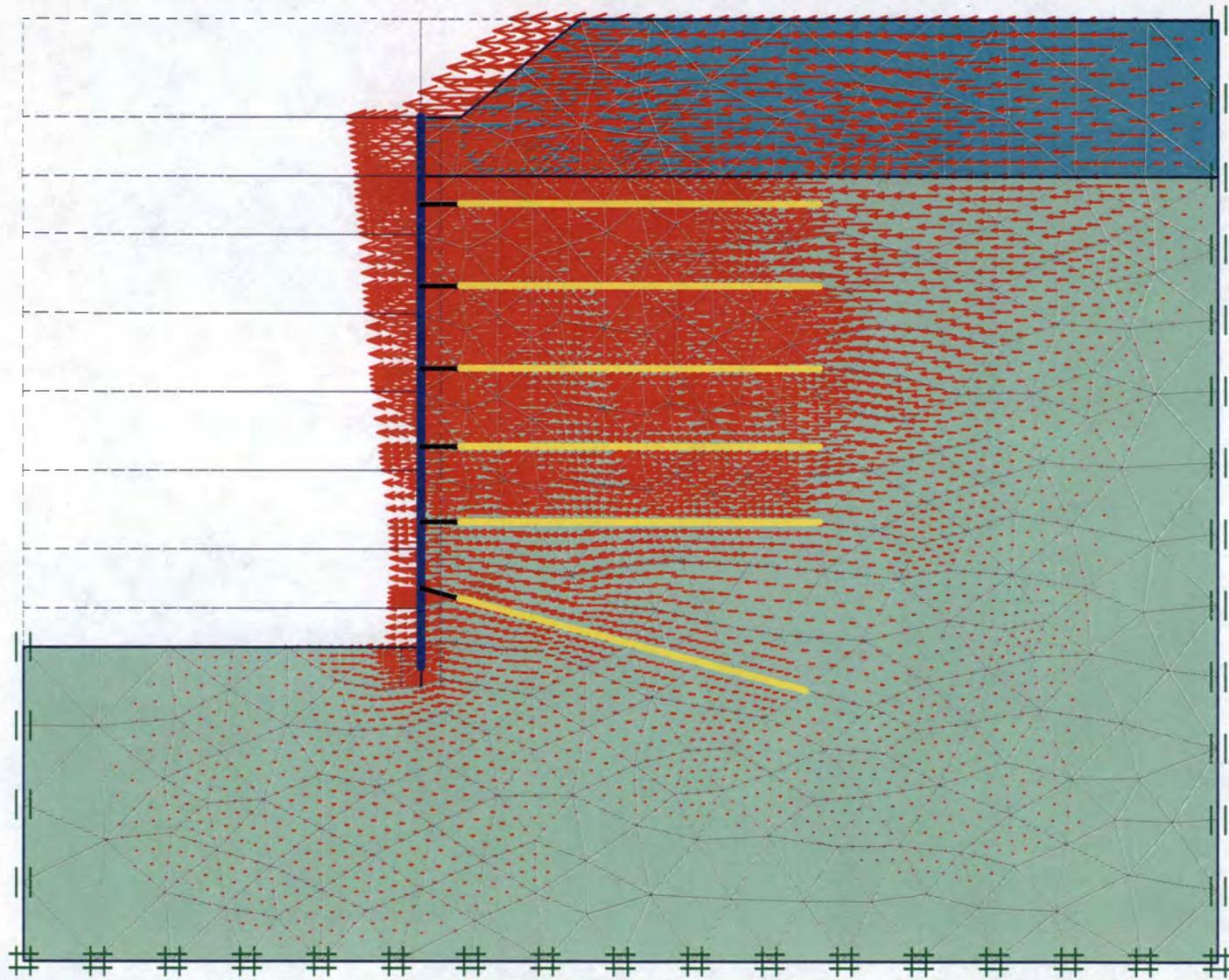
Proj : 001

Study made by :
 TECNOSUELO

Figure :
 01/04/2002

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00

25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00



Horizontal displacements (Ux)
Extreme Ux 92.39×10^{-3} m

TABLA DE PRESIONES DE INYECCIÓN Y TENSADO



SECCION DE 6 ANCLAS

NUMERO DE ANCLA		DIAMETRO (in)	ANGULO RESPECTO HORIZONTAL	PRESION DE INYECCION (kg/cm ²)	PRECARGA (tn)	NUMERO DE ANCLA		SECUENCIA DE CARGA				
								25%	50%	75%	100%	130%
SUPERIOR	1	1	0	2.00	12.00	SUPERIOR	1	3.00	6.00	9.00	12.00	15.60
	2	1	0	2.75	13.00		2	3.25	6.50	9.75	13.00	16.90
	3	1	0	3.50	14.00		3	3.50	7.00	10.50	14.00	18.20
	4	1	0	4.25	15.00		4	3.75	7.50	11.25	15.00	19.50
	5	1 1/2	0	5.00	20.00		5	5.00	10.00	15.00	20.00	26.00
INFERIOR	6	1	-15	5.75	12.00	INFERIOR	6	3.00	6.00	9.00	12.00	15.60

SECCION DE 5 ANCLAS

NUMERO DE ANCLA		DIAMETRO (in)	ANGULO RESPECTO HORIZONTAL	PRESION DE INYECCION (kg/cm ²)	PRECARGA (tn)	NUMERO DE ANCLA		SECUENCIA DE CARGA				
								25%	50%	75%	100%	130%
SUPERIOR	1	1	0	2.00	11.00	SUPERIOR	1	2.75	5.50	8.25	11.00	14.30
	2	1	0	2.75	12.00		2	3.00	6.00	9.00	12.00	15.60
	3	1	0	3.50	13.00		3	3.25	6.50	9.75	13.00	16.90
	4	1	0	4.25	14.00		4	3.50	7.00	10.50	14.00	18.20
INFERIOR	5	1 1/2	0	5.00	15.00	INFERIOR	5	3.75	7.50	11.25	15.00	19.50

SECCION DE 4 ANCLAS

NUMERO DE ANCLA		DIAMETRO (in)	ANGULO RESPECTO HORIZONTAL	PRESION DE INYECCION (kg/cm ²)	PRECARGA (tn)	NUMERO DE ANCLA		SECUENCIA DE CARGA				
								25%	50%	75%	100%	130%
SUPERIOR	1	1	0	2.00	10.00	SUPERIOR	1	2.50	5.00	7.50	10.00	13.00
	2	1	0	2.75	10.00		2	2.50	5.00	7.50	10.00	13.00
	3	1	0	3.50	11.00		3	2.75	5.50	8.25	11.00	14.30
INFERIOR	4	1 1/2	0	4.25	15.00	INFERIOR	4	3.75	7.50	11.25	15.00	19.50

TABLA DE PRESIONES DE INYECCIÓN Y TENSADO



SECCION DE 3 ANCLAS

		DIAMETRO (in)	ANGULO RESPECTO HORIZONTAL	PRESION DE INYECCION (kg/cm ²)	PRECARGA (tn)	NUMERO DE ANCLA		SECUENCIA DE CARGA				
								25%	50%	75%	100%	130%
SUPERIOR	1	1	0	2.00	9.00	SUPERIOR	1	2.25	4.50	6.75	9.00	11.70
	2	1	0	2.75	9.00			2	2.25	4.50	6.75	9.00
INFERIOR	3	1	0	2.75	13.00	INFERIOR	3	3.25	6.50	9.75	13.00	16.90

SECCION DE 2 ANCLAS

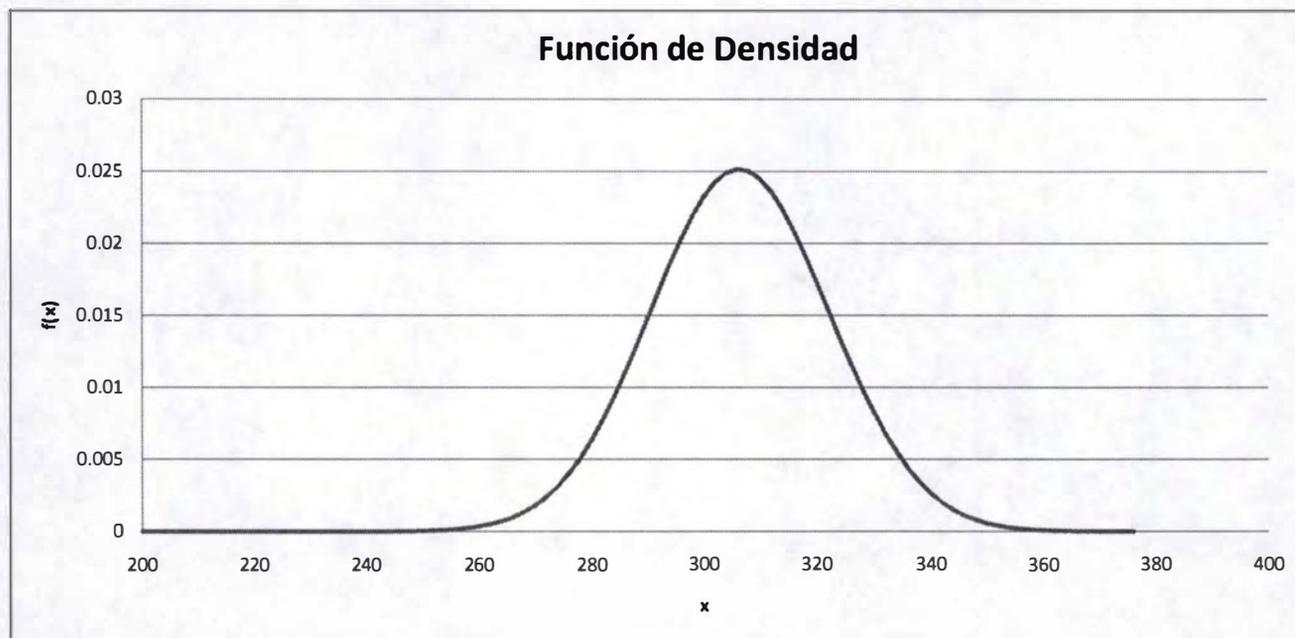
NUMERO DE ANCLA		DIAMETRO (in)	ANGULO RESPECTO HORIZONTAL	PRESION DE INYECCION (kg/cm ²)	PRECARGA (tn)	NUMERO DE ANCLA		SECUENCIA DE CARGA				
								25%	50%	75%	100%	130%
SUPERIOR	1	1	0	2.00	10.00	SUPERIOR	1	2.50	5.00	7.50	10.00	13.00
	INFERIOR	2	1	0	2.75			12.00	INFERIOR	2	3.00	6.00

	PROYECTO:	API VERACRUZ
	LOCALIZACION:	VERACRUZ, VER.
	ING. RESIDENTE DE OBRA	ING. SERGIO AVILA
	CALCULO:	ING CESAR MENDOZA

PROBABILIDAD CONCRETO LANZADO

Resistencia media=	306.3232 kg/cm ²	Desviación Estandar de la Resistencia	15.8577
--------------------	-----------------------------	---------------------------------------	---------

Función de la densidad



La Resistencia de diseño es de 200 Kg/cm2

La probabilidad de que sea menor a 200 kg/cm2 es 0 %

Memoria fotográfica



Obsérvese configuración del terreno en el lado sur



Trazo para excavación con equipo guiado.



Excavación y formación de muro plástico



Formación de Terraza primer nivel.



Formación de terraza para segundo nivel de anclaje en el muro lado poniente



Colocación de malla electro soldada 6-6/6-6 en segundo nivel de anclaje muro sur



Lanzado de concreto sobre previo afine y colocación de malla



Lanzado de concreto en el muro poniente segundo nivel, obsérvese la longitud del tramo de tratamiento



Perforación de anclas en segundo nivel lado sur



Obsérvese que las anclas están inyectadas



Colocación de placas y primer tensado de anclaje



Preparación de siguiente tramo para lanzado



Vista de muro terminado