

Máster Universitario en Túneles y Obras Subterráneas



ÁREA: C4
MÓDULO: CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES

SEGUIMIENTO NUMÉRICO

PONENTES: Pablo de la Fuente

Dr. I.C.C.P.
UPM

Día: 22/05/07

Hora: 18:15 A 20:15

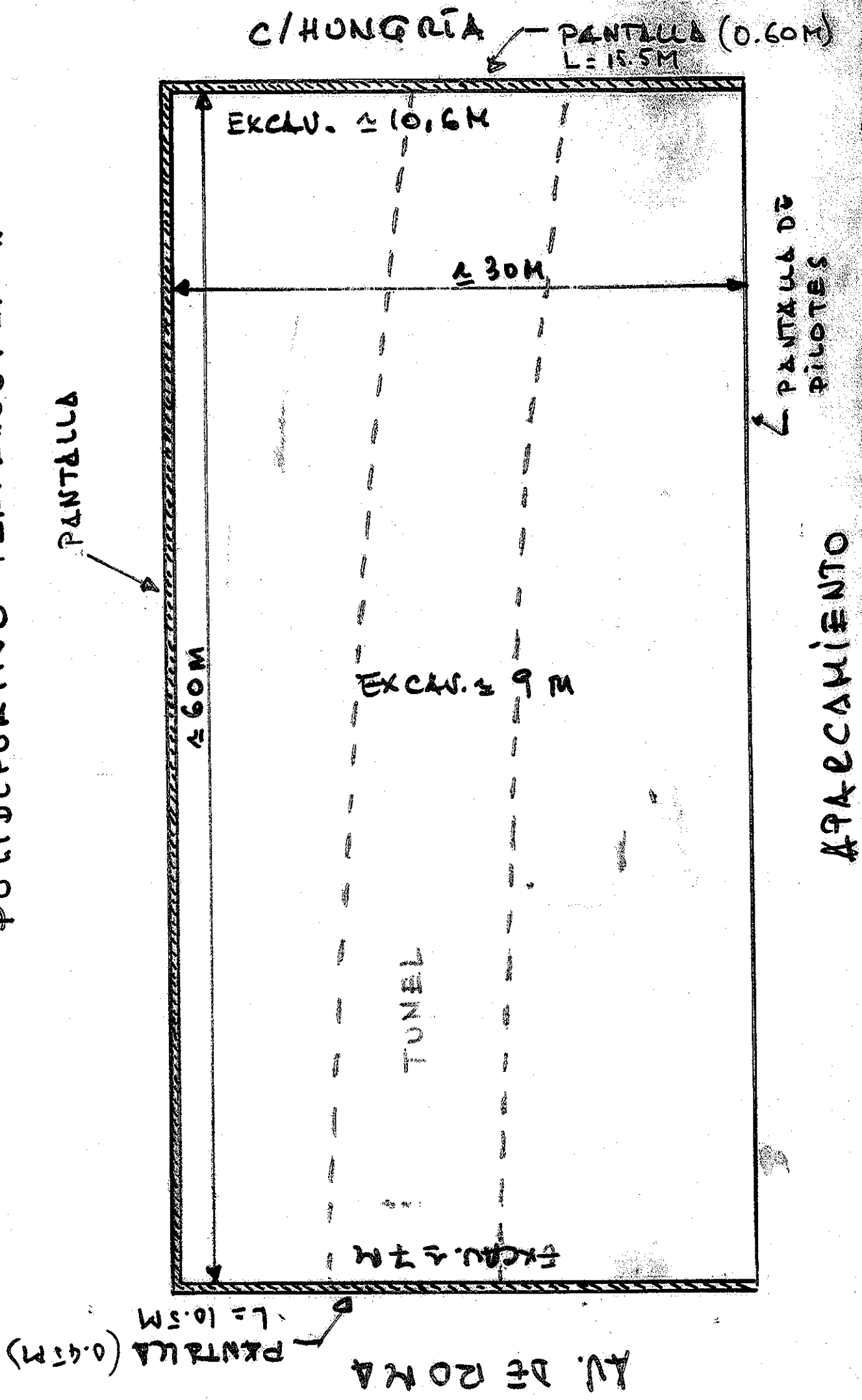
MÁSTER DE TÚNELES Y OBRAS
SUBTERRÁNEAS

SIMULACIÓN NUMÉRICA
SEGUIMIENTO NUMÉRICO

METROSUR (FUENLABRADA)

PABLO DE LA FUENTE MARTÍN
DR. INGENIERO DE CAMINOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

POLIDEPORTIVO FERNANDO MARTÍN



APARCAMIENTO

PANTALLA DE PILOTES

C/HUNGRIA - PANTALLA (0.60M) L=15.5M

AV. DE ROMA - PANTALLA (0.45M) L=10.5M

AV. DE ROMA

EXCLV. ≈ 9M

EXCLV. ≈ 10.6M

≈ 30M

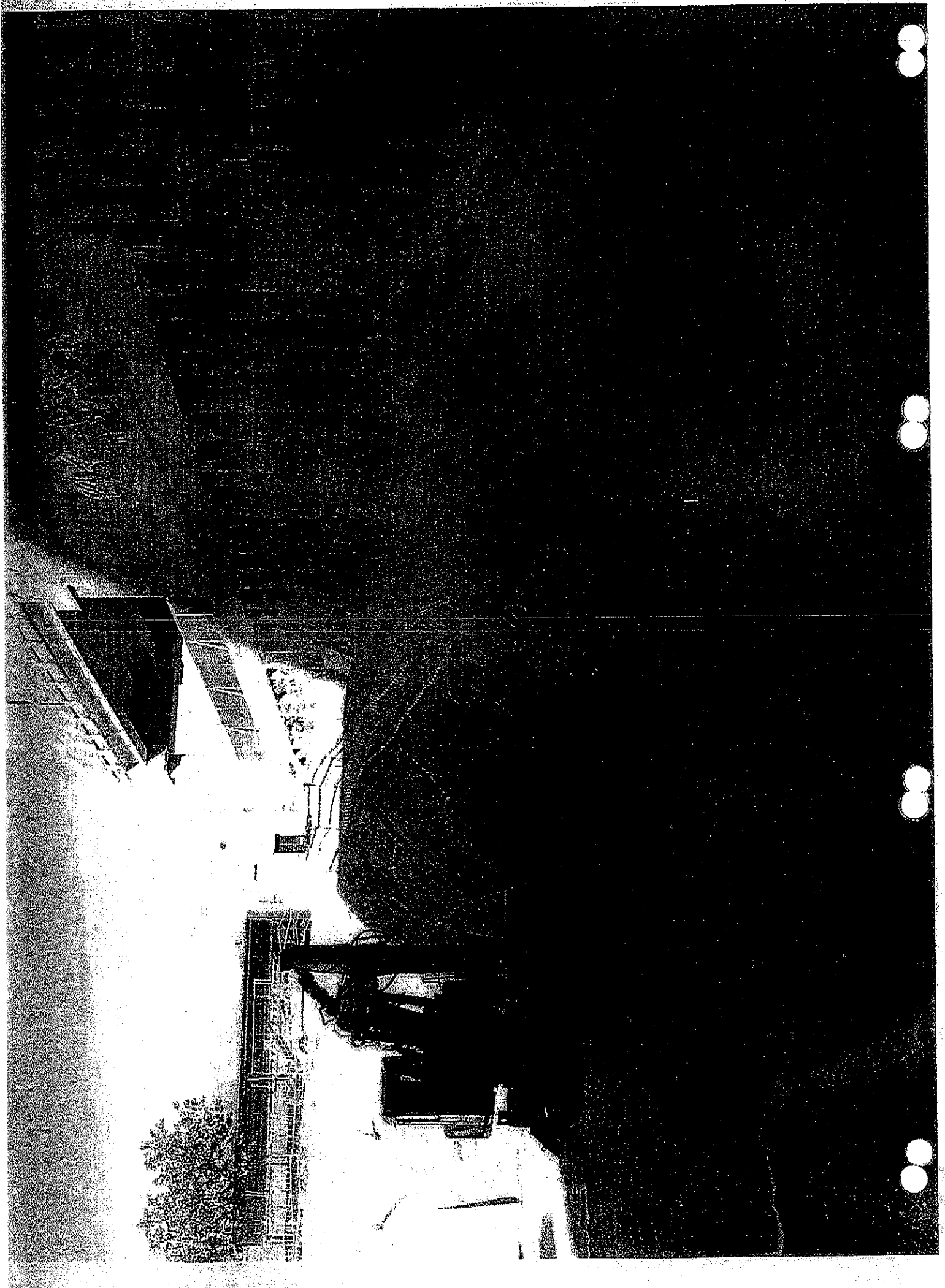
≈ 60M

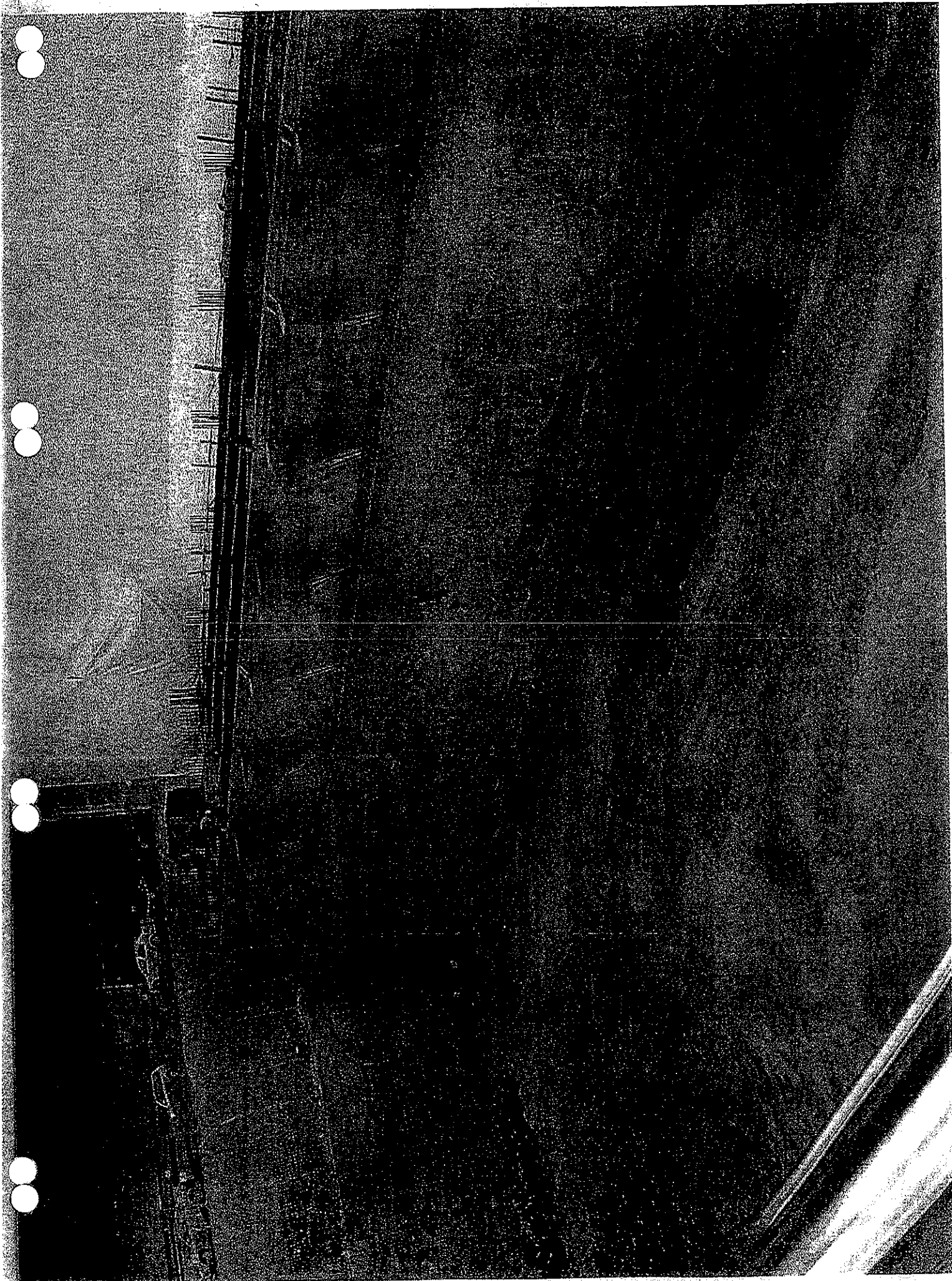
EXCLV. ≈ 7M

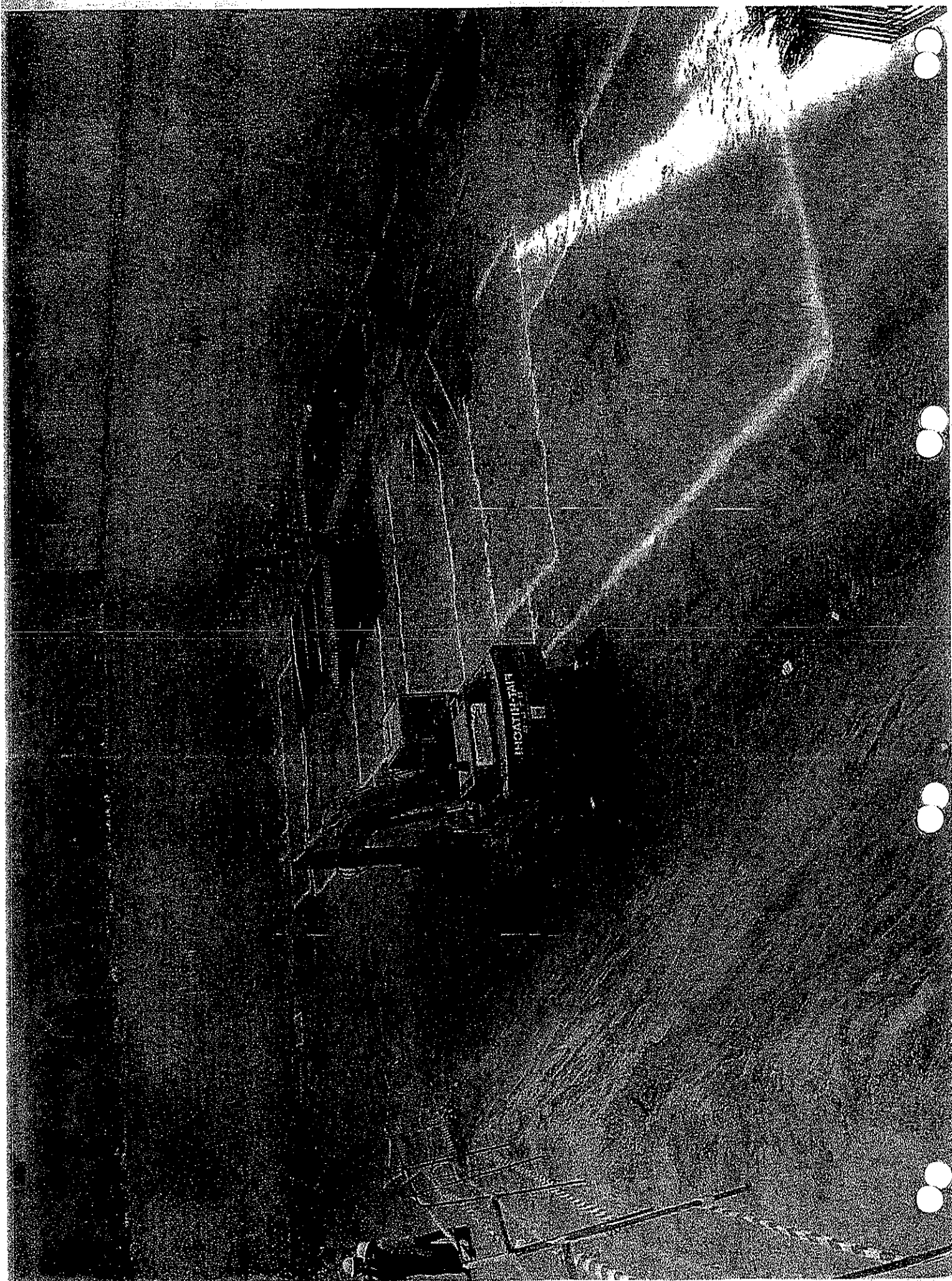
FIN

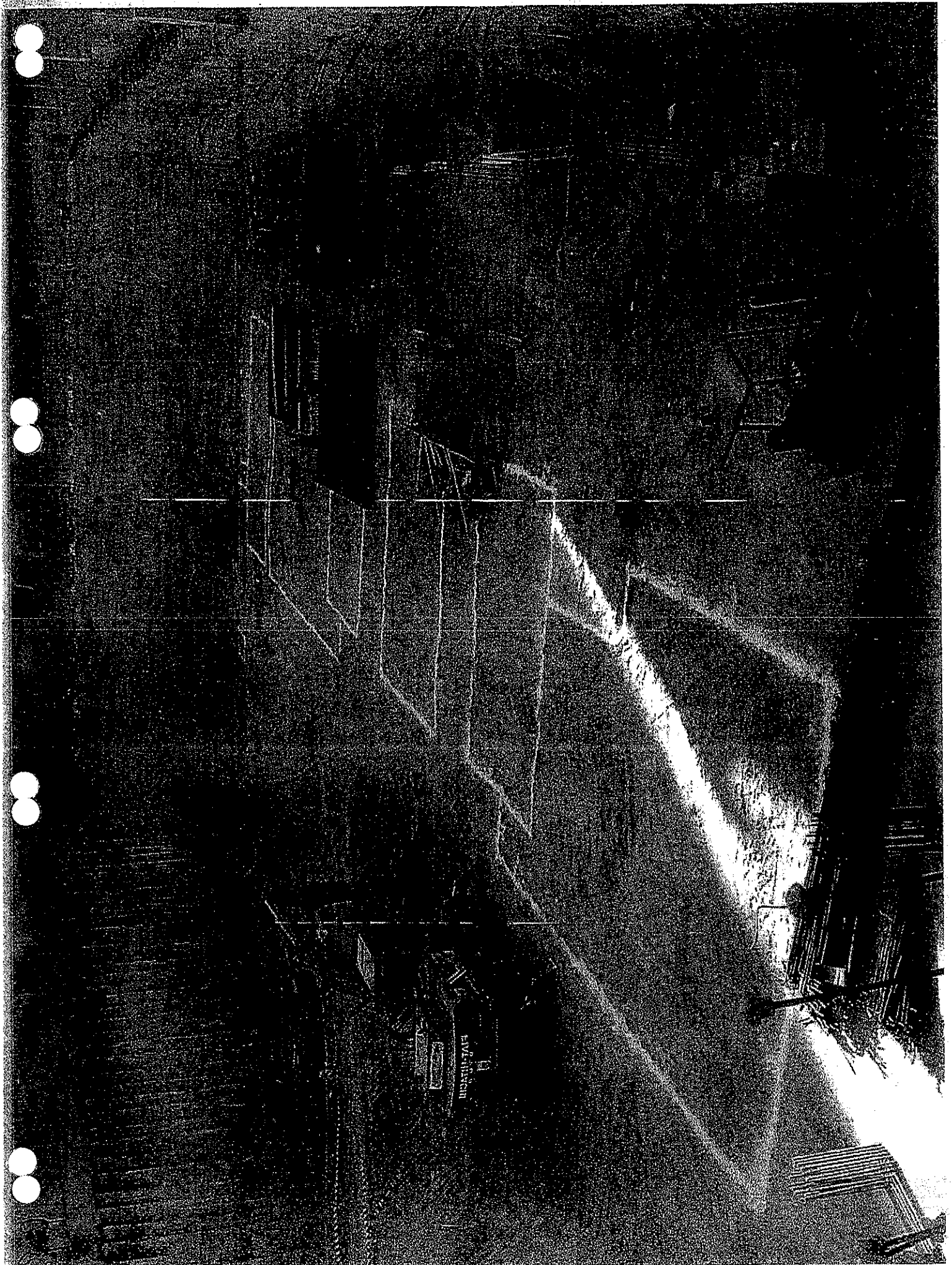
PANTALLA







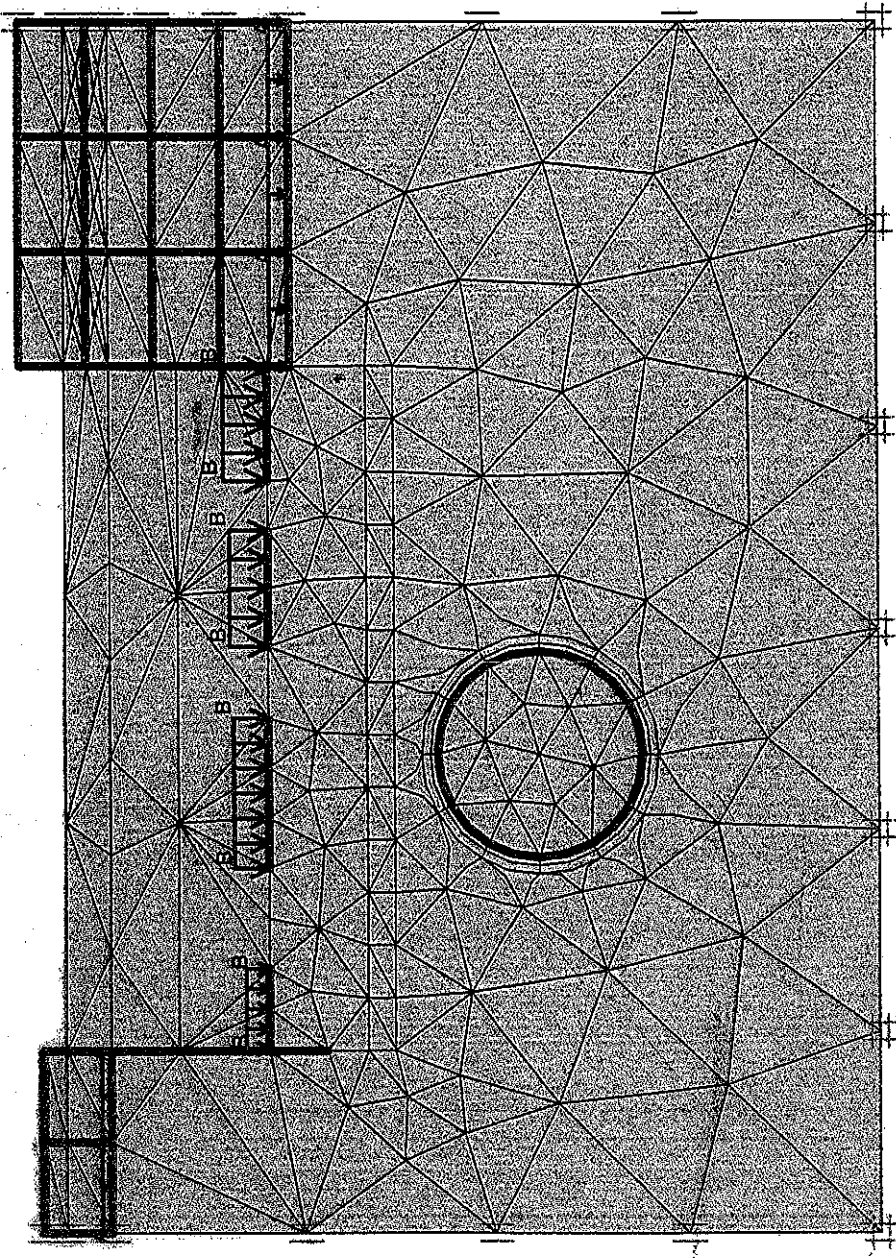




42.50 40.00 37.50 35.00 32.50 30.00 27.50 25.00 22.50 20.00 17.50 15.00 12.50 10.00 7.50 5.00 2.50 0.00

62.50 65.00 67.50 70.00 72.50 75.00

120kPa 180kPa 200kPa 230kPa



Connectivities

Project description



POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

Date

31/05/05

User name

Universidad Politecnica de Madrid

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 1.2.1.2

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

RELLENO

COMPORTAMIENTO ELASTO PLÁSTICO

CRITERIO DE ROTURA DE MOHR-COULOMB

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$E = 25000 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 28^\circ$$

$$K_0 = 0.5$$

MATERIALES TOMADOS

MODELO CON ENDURECIMIENTO PLÁSTICO (H.S.M)

$$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$$

$$E_{so}^{ref} = 80.000 \text{ kN/m}^2 = E_{ea}^{ref}$$

$$E_{ur}^{ref} = 3 E_{so}^{ref}$$

$$m = 0.5; R_f = 0.9$$

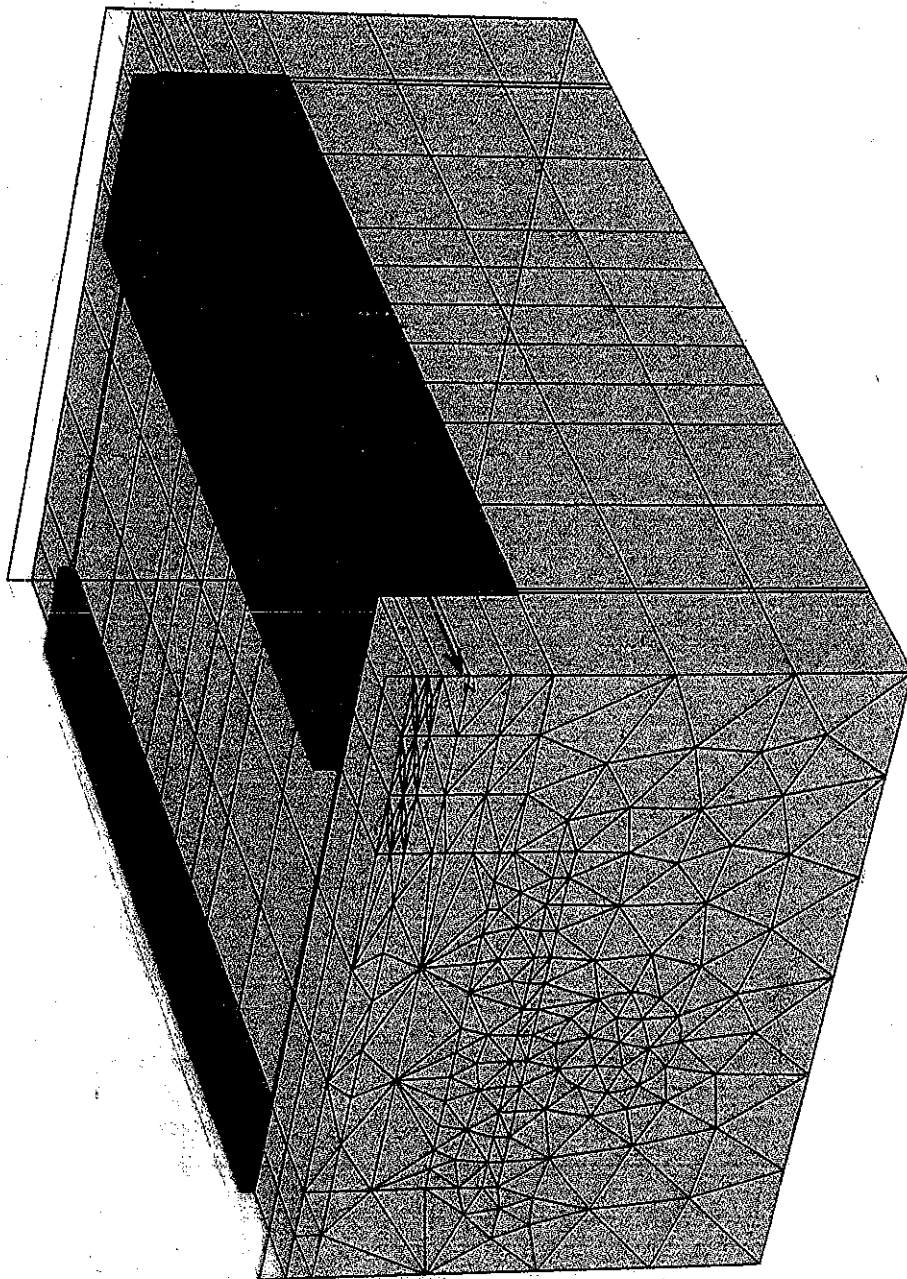
$$p_{ref} = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$K_0 = 0.8$$

ELEMENTO ESTRUCTURAL (HORMIGÓN)

$$E = 280 \times 10^5 \text{ kN/m}^2; \nu = 0.2$$

$$\text{Anillo del túnel: } e = 32 \text{ cm}$$



Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

User name

Universidad Politecnica de Madrid

Date

31/05/05

Step

2

PLAXIS

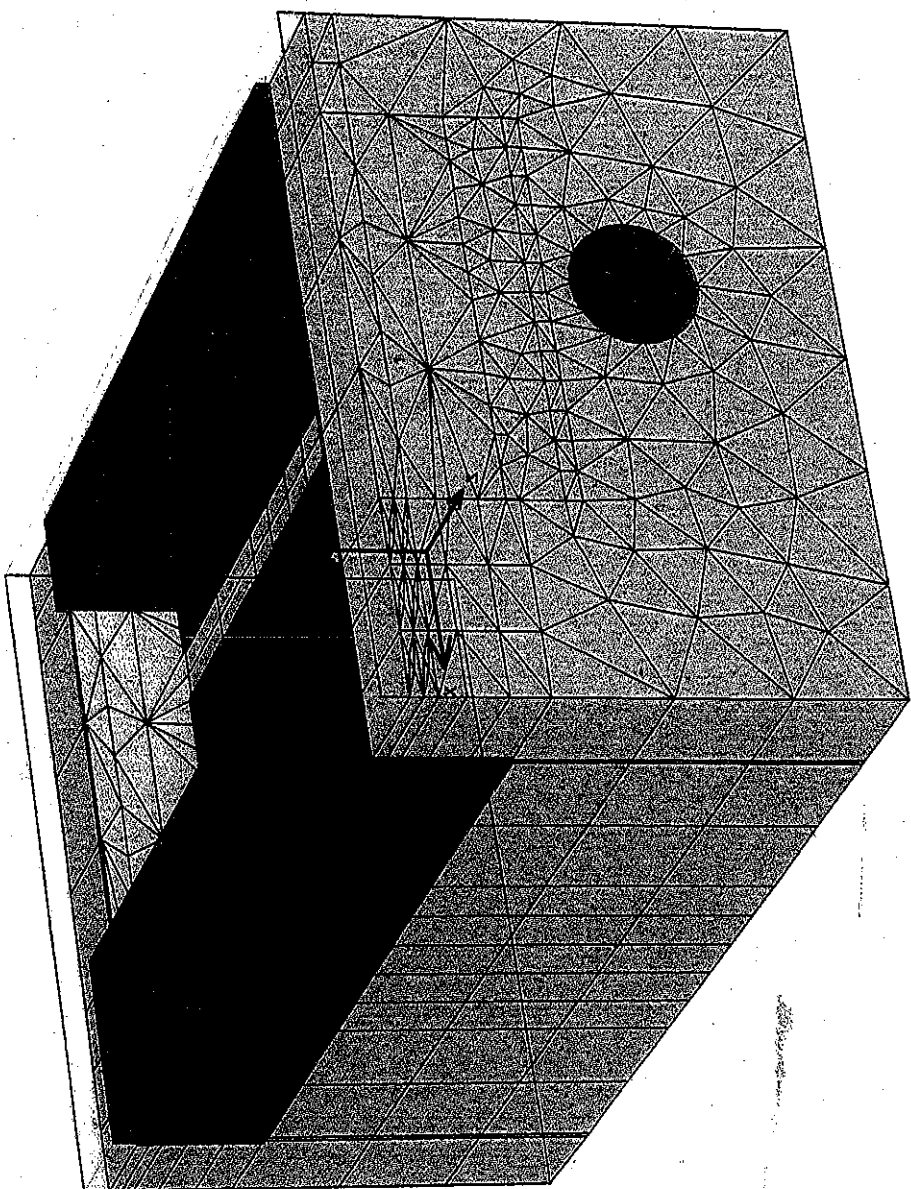
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

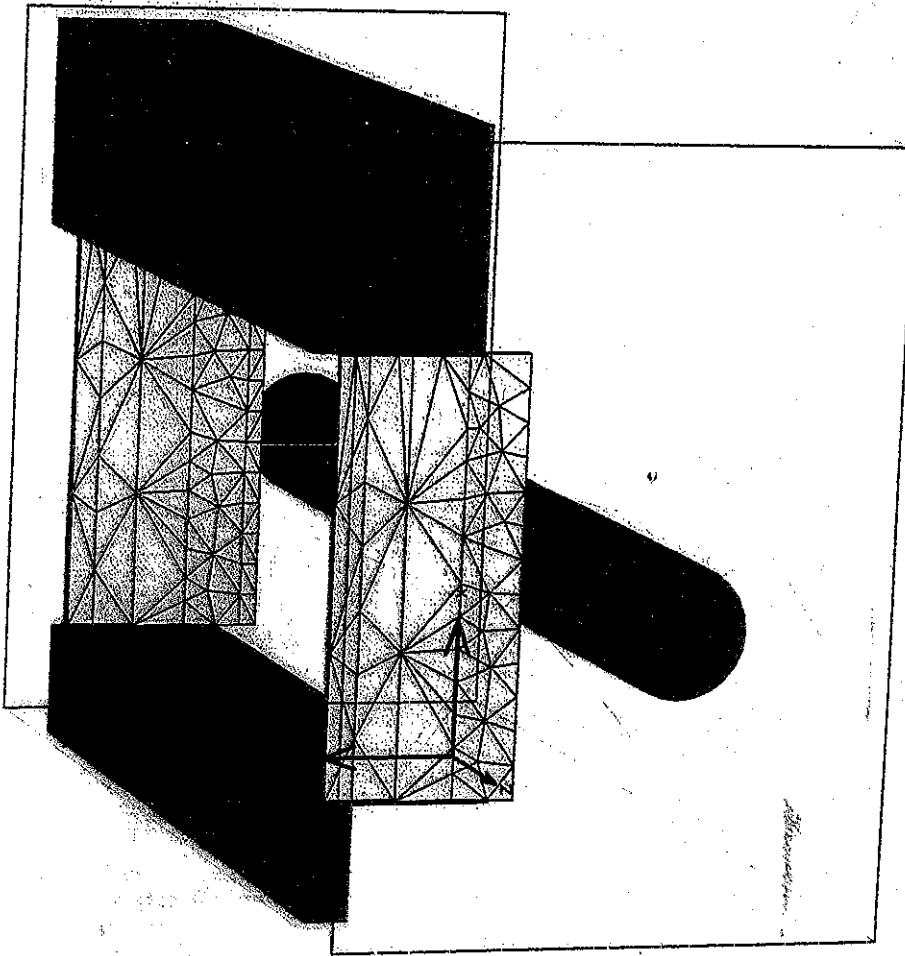
Version 12.1.2

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

PLAXIS

Project name	Slab	Date	User name
POTIDEBORLI...	18	31/05/02	Universidad Politécnica de Madrid
Project description			
POTIDEBORTIVO(FUENTEABRADA)_L1			





Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

User name

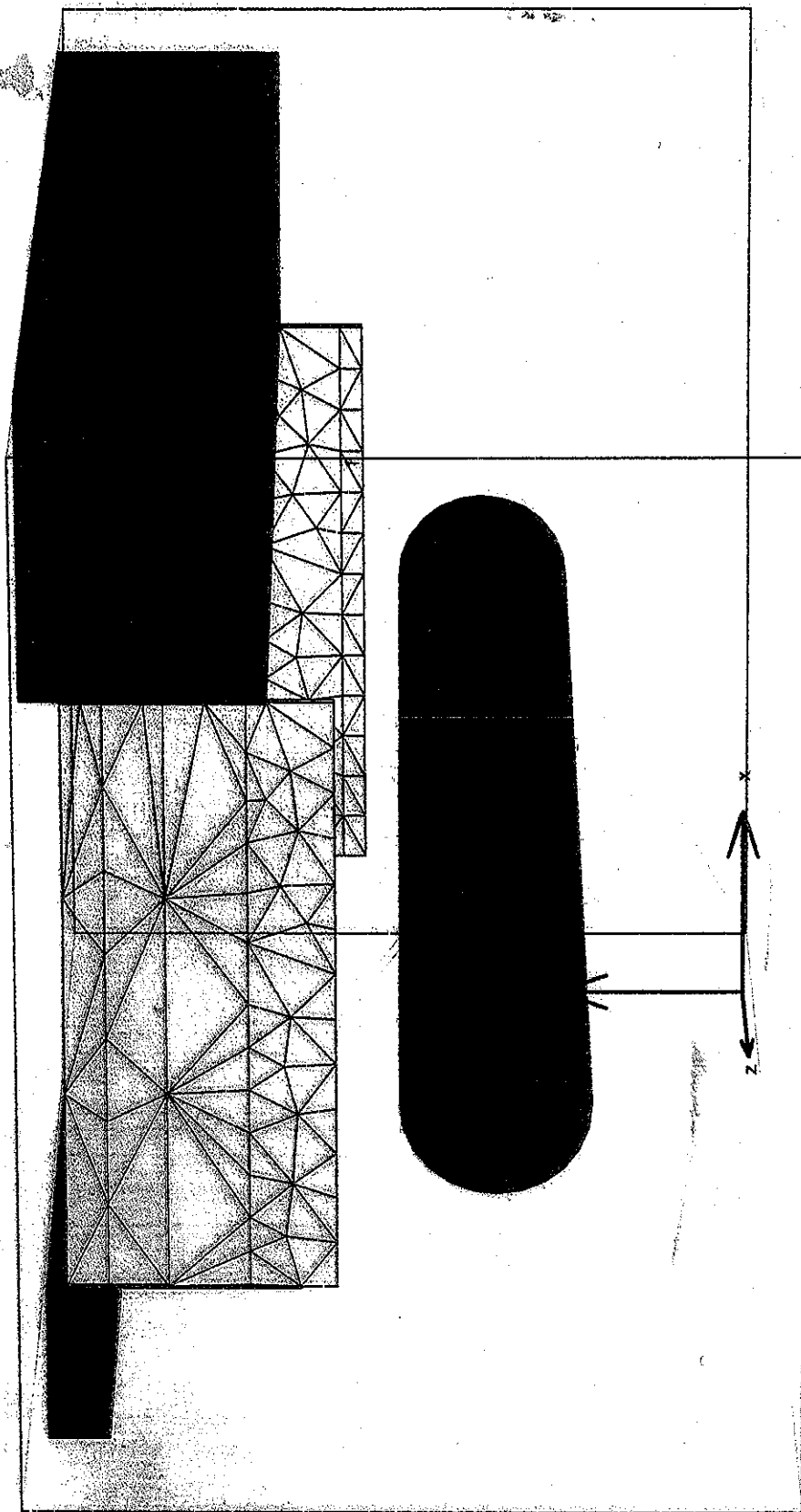
Universidad Politecnica de Madrid

Date

31/05/05

Step

14



Deformed Mesh
Extreme total displacement $13,56 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements at true scale)

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name:

Step

Date

User name

14

31/05/05

Universidad Politecnica de Madrid

POLIDEPORTI...

FASES DE LA SIMULACIÓN

A PARTIR DEL ESTADO INICIAL DE TENSIONES
DEFINIDO POR $K_0 = 0,8$ ($K_0 = 0,5$ EN EL RELLENO)

FASE 1: SE SIMULAN LOS EDIFICIOS
(APARCAMIENTO Y POLIDEPORTIVO)

FASE 2: SE SIMULA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL
($\alpha = 0,3$). SE ANULAN MOVIMIENTOS DE
FASE 1

FASE 3: SE SIMULAN LOS ANILLOS DEL TÚNEL

FASE 4: SE SIMULA LA CONSTRUCCIÓN DE
PANTALLAS (C/ KUNERÍA Y AV. ROMA)

FASE 5: SE SIMULA LA EXCAVACIÓN HASTA
LA COTA -2. SE ANULAN LOS MOVIMIENTOS
ORIGINADOS EN FASES ANTERIORES.

FASE 6: SE SIMULA LA EXCAVACIÓN HASTA
LA COTA -5

FASE 7: SE SIMULA LA EXCAVACIÓN HASTA
LA COTA -9

FASE 8: SE SIMULAN ZAPATAS DE EDIFICIOS
Y LAS CARGAS TRANSMITIDAS
(SE CONSIDERAN ZAPATAS CORRIDAS
CON CARGA EQUIVALENTE).

MOVIMIENTOS EN EL REVESTIMIENTO DEL TÚNEL

FASE	MOV. VERTICAL DE LA CLAVE (MM)	CONVERGENCIA DIÁMETRO HORIZ. (MM)
FASE 5 EXCAV. HASTA - 2M.	1.5	- 0.96
FASE 6 EXCAV. HASTA - 5M	4.2	- 2.7
FASE 7 EXCAV. HASTA - 9M	8.7	- 5.9
FASE 8 TRANSMISIÓN DE CARGAS DEL NUEVO EDIFICIO.	2.7	- 1.8

ESFUERZO EN EL REVESTIMIENTO

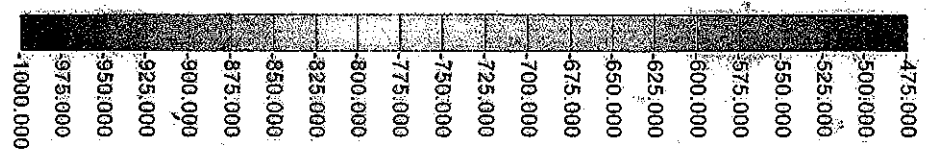
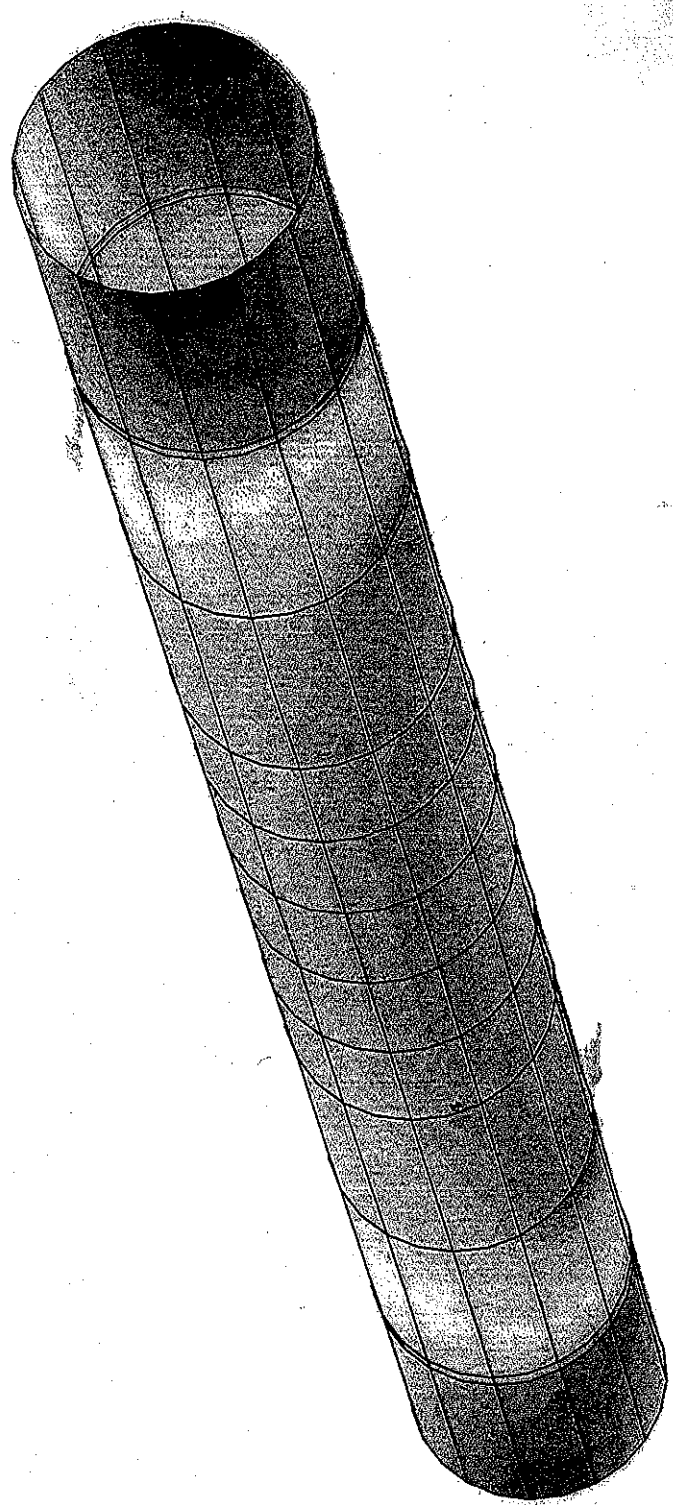
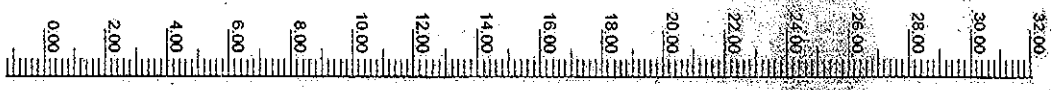
FASE	ESFUERZO EN LA SECCIÓN		ESFUERZO LONGITUD.
	AXIL N°1 (KN/m)	MOMENTO M11 (KNm/a)	AXIL N°2 (KV/m)
FASE 3 FINAL EJECUCIÓN TUNEL	-1120	10.99	-360
FASE 5 EXCAVACIÓN HASTA -2M	-1070	7.58	-230 a -360
FASE 6 EXCAVACIÓN HASTA -5M	-875	19.68	-100 a -420
FASE 7 EXCAVACIÓN HASTA -9M	-702	46.35	-80 a -640
FASE 8 TRANSMISIÓN DE CARGA DEL NUEVO EDIFICIO	-1020	11.32	-180 a -460

EN FASE 7 : $\sigma_c = 4900 \text{ KN/m}^2$

$\sigma_t = 519 \text{ KN/m}^2$

0.00 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 22.00 24.00 26.00 28.00 30.00 32.00 34.00 36.00 38.00 40.00 42.00 44.00 46.00 48.00 50.00 52.00 54.00

Horizontal distance [m]



kN/m

Axial forces (N1)
Extreme axial force: -983.37 kN/m

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

14

Date

31/05/05

User name

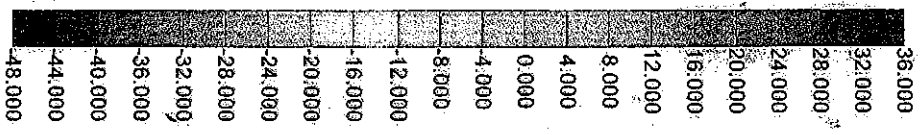
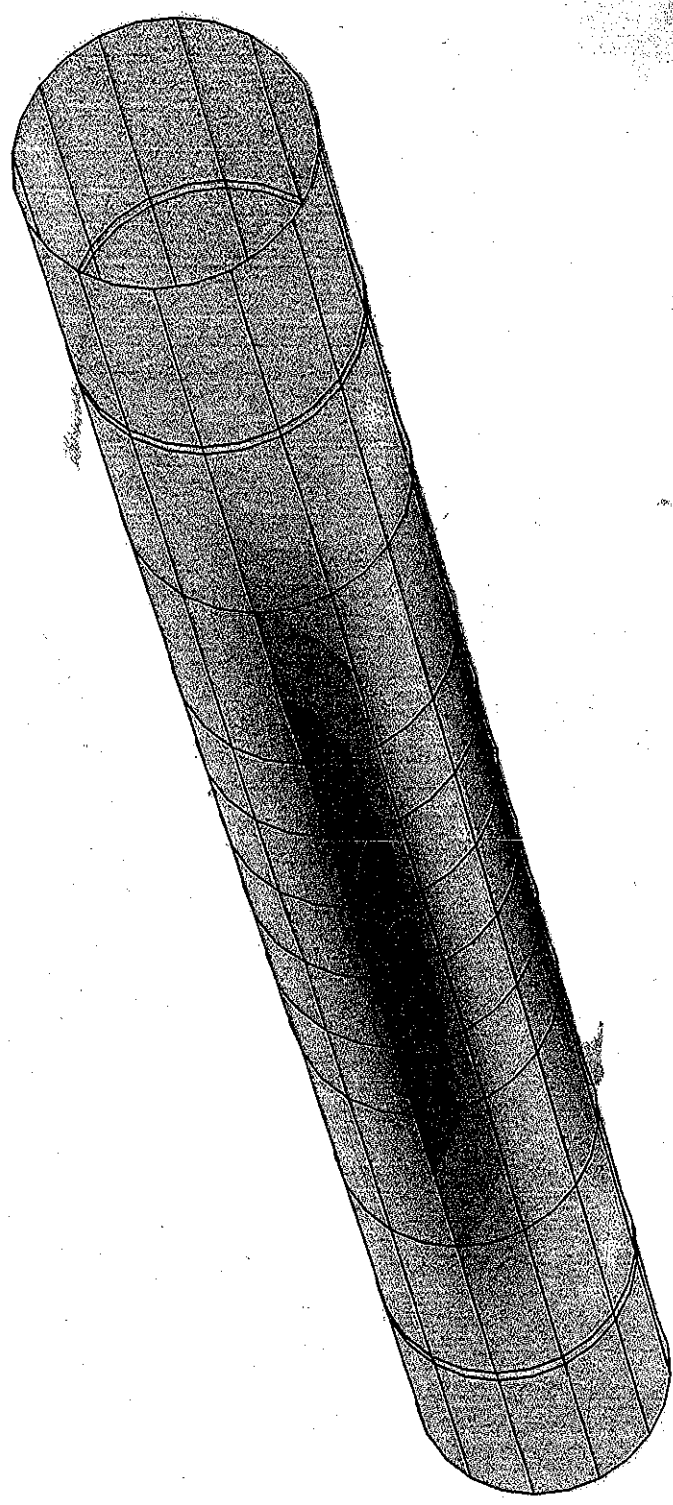
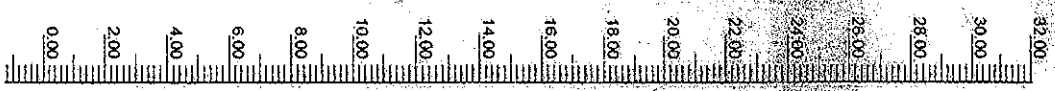
Universidad Politecnica de Madrid



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

0.00 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 22.00 24.00 26.00 28.00 30.00 32.00 34.00 36.00 38.00 40.00 42.00 44.00 46.00 48.00 50.00 52.00 54.00

Horizontal distance [m]



kNm/m

Bending moments M11
Extreme bending moment: -46.49 kNm/m

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

14

Date

31/05/05

User name

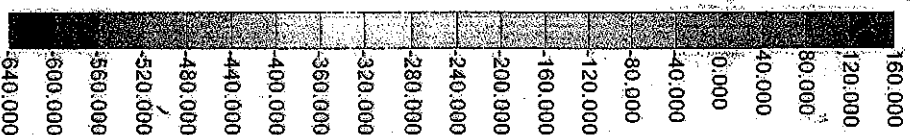
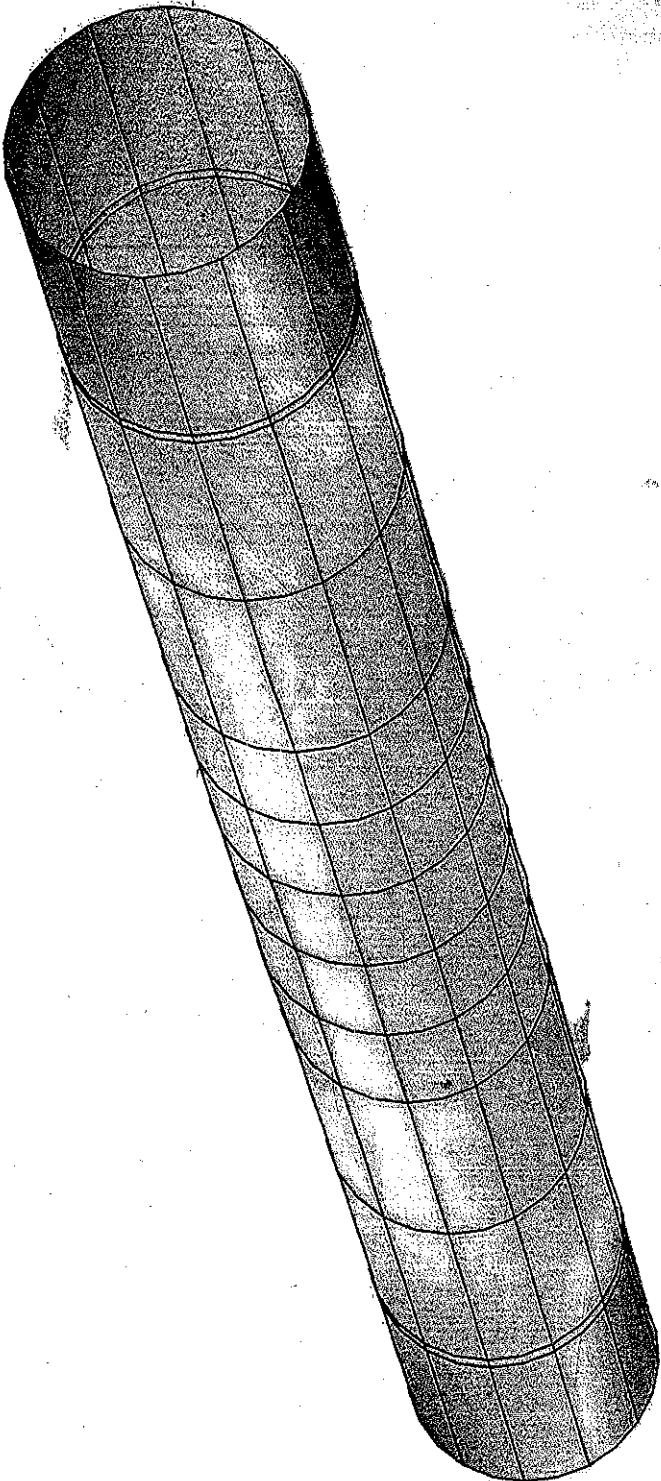
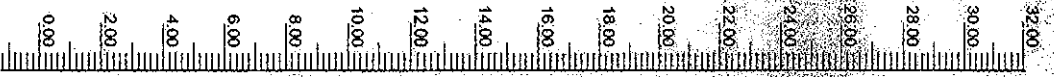
Universidad Politecnica de Madrid



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

0.00 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 22.00 24.00 26.00 28.00 30.00 32.00

Horizontal distance [m]



[kN/m]

Axial forces N22
Extreme axial force -602.09kN/m

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

14

Date

31/05/05

User name

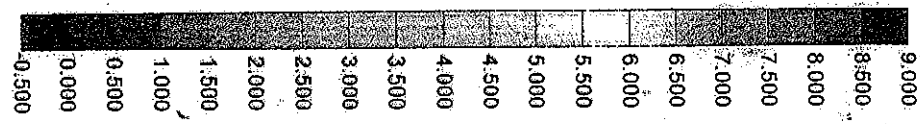
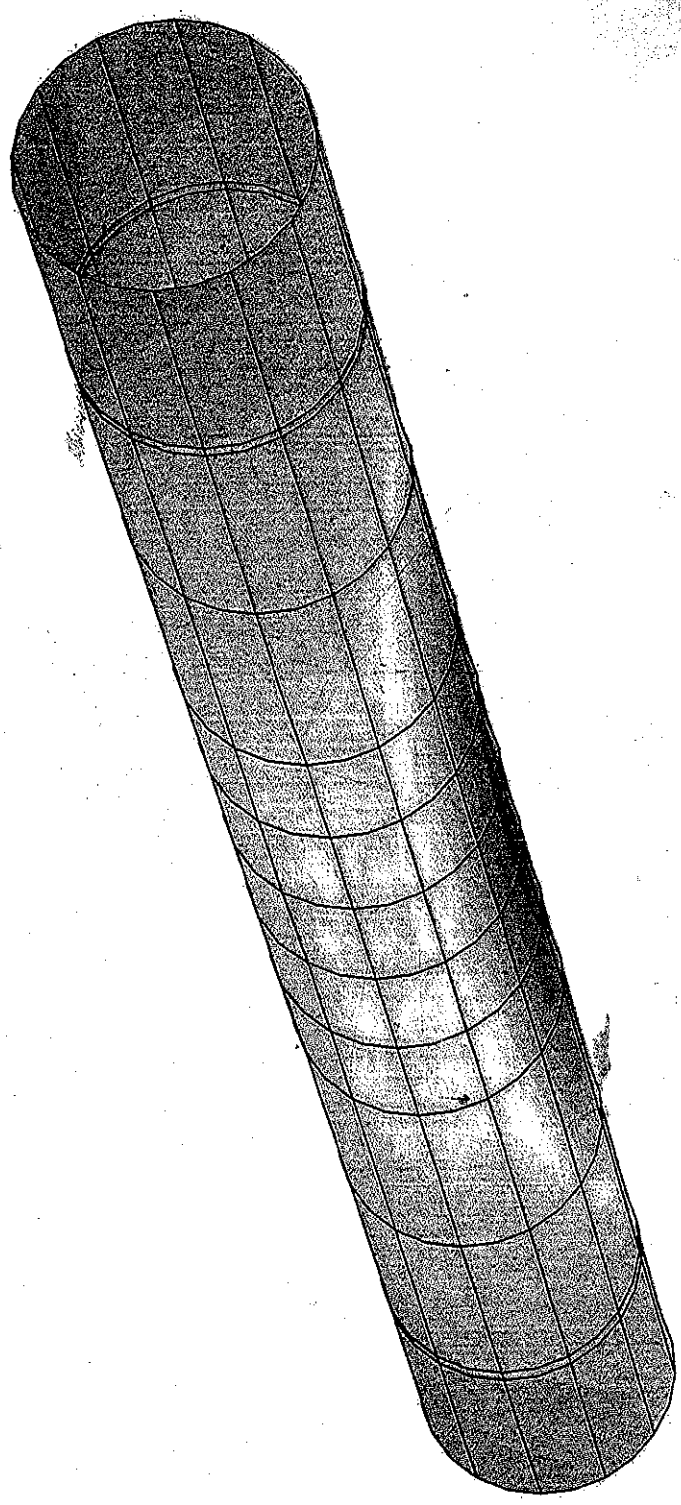
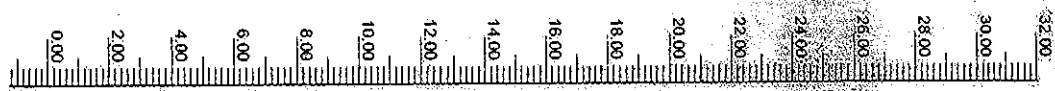
Universidad Politecnica de Madrid

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

0.00 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 22.00 24.00 26.00 28.00 30.00 32.00 34.00 36.00 38.00 40.00 42.00 44.00 46.00 48.00 50.00 52.00 54.00

Horizontal displacements (Ux)



1*10⁻³m

Vertical displacements (Uy)
Extreme Uy 8.74*10⁻³ m

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

14

Date

31/05/05

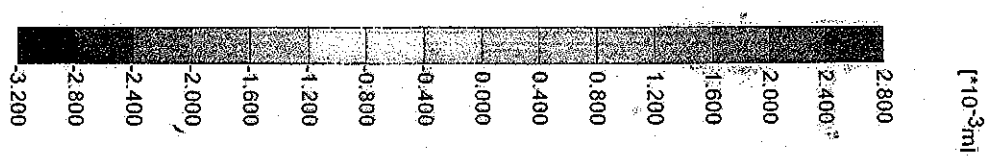
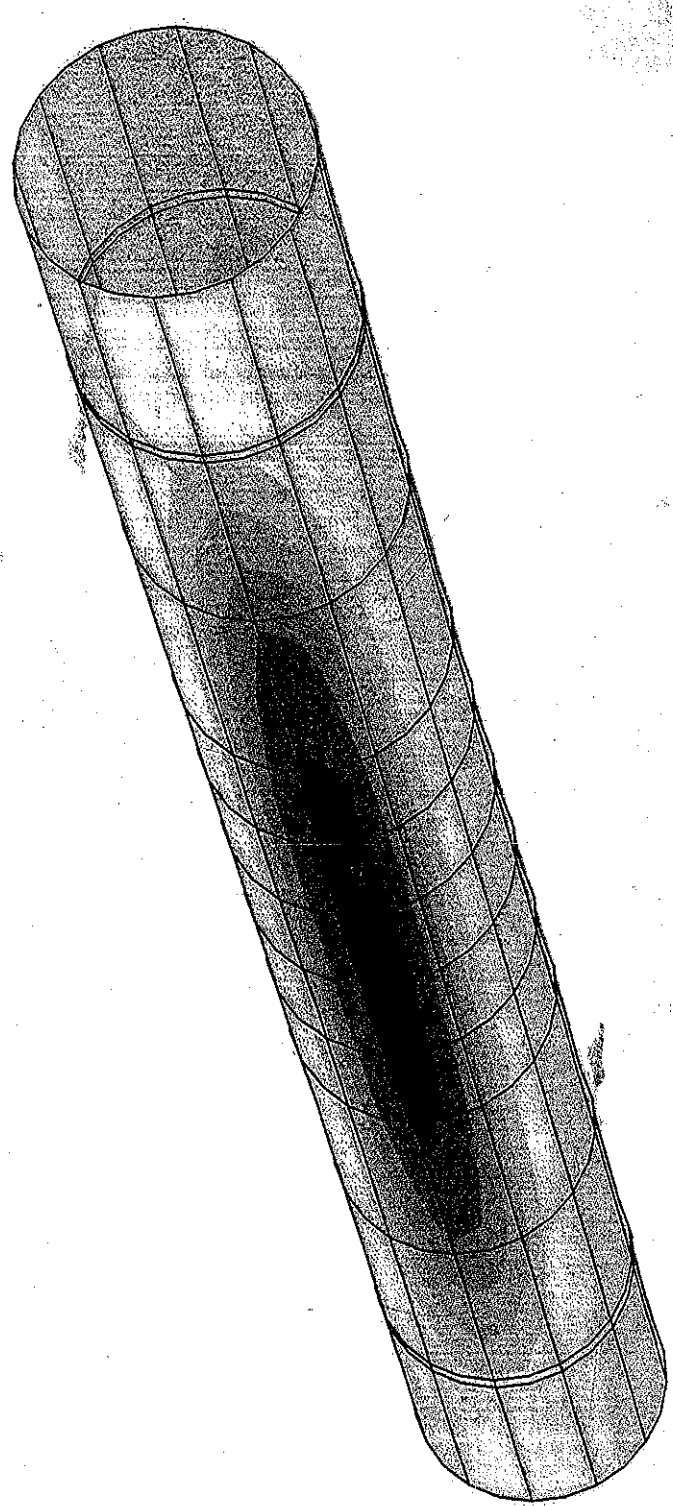
User name

Universidad Politecnica de Madrid

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

0.00 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 14.00 16.00 18.00 20.00 22.00 24.00 26.00 28.00 30.00 32.00



[*10⁻³m]

Horizontal displacements (ux)
Extreme Ux -2.98*10⁻³ m

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

14

Date

31/05/05

User name

Universidad Politecnica de Madrid



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

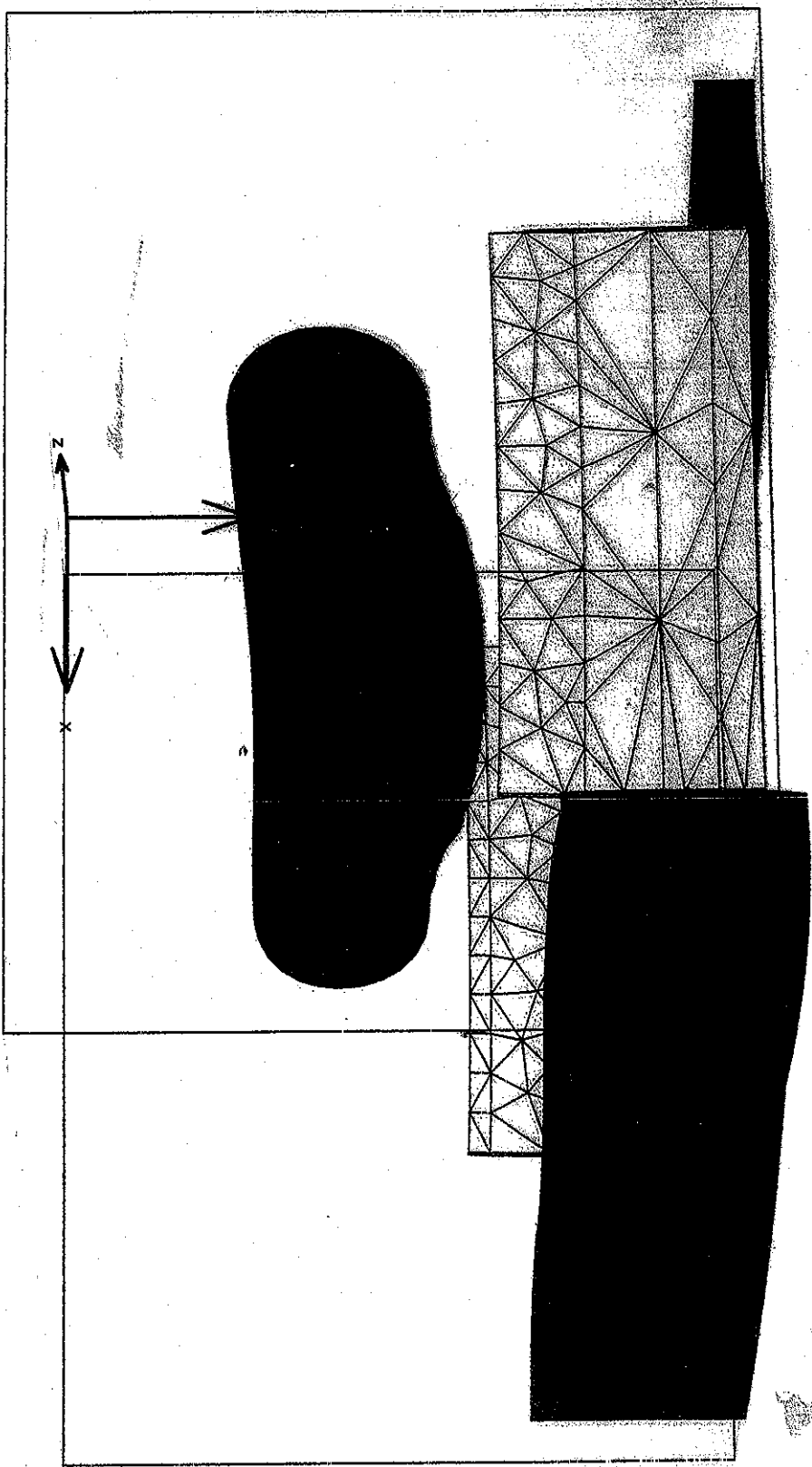
Version 1.2.1.210

Project description

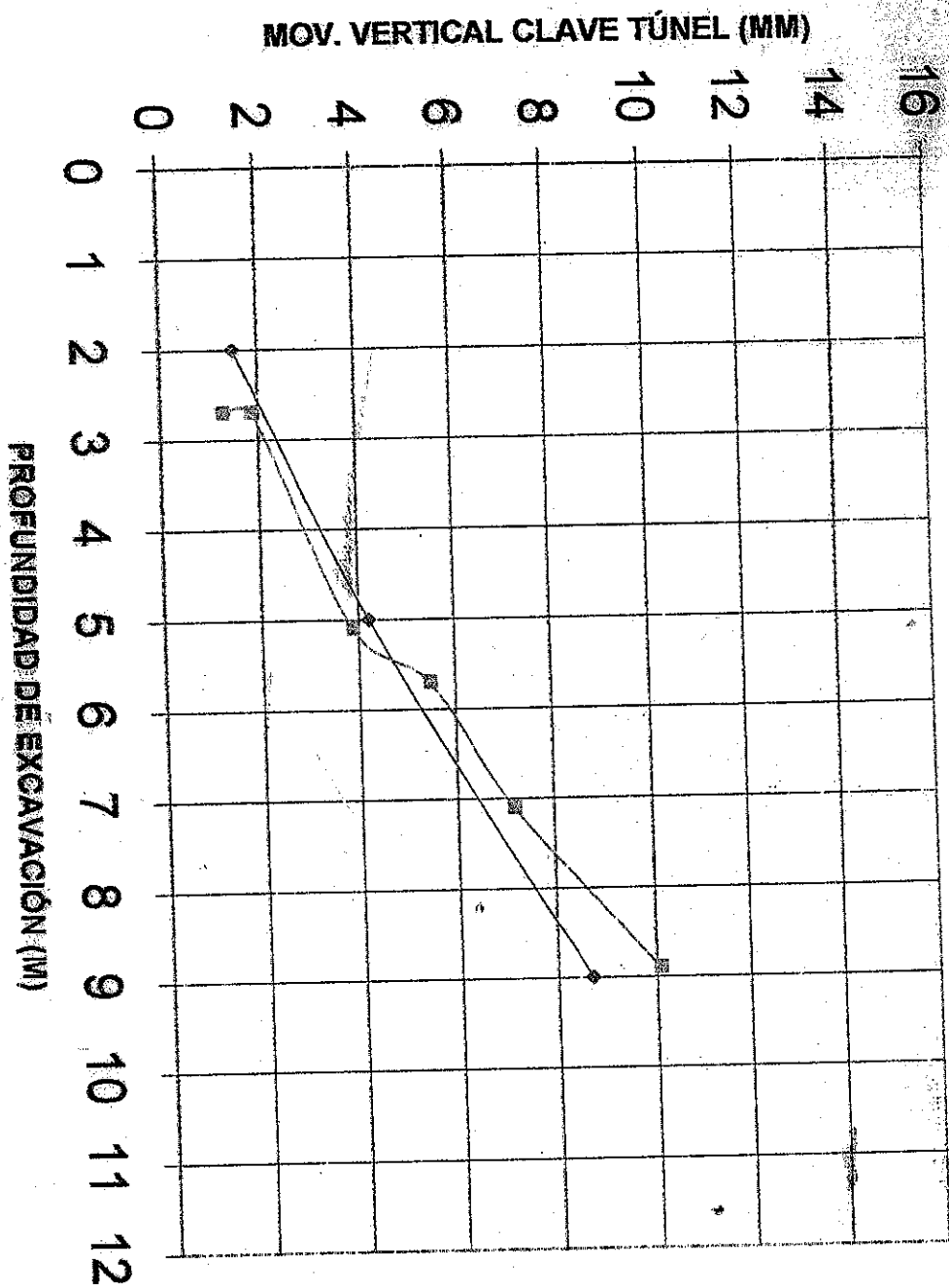
POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name	Step	Date	User name
POLIDEPORTI..	14	31/05/05	Universidad Politecnica de Madrid

Deformed Mesh
Extreme total displacement $13.56 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 500.00 times)



MOVIMIENTOS VERTICALES DE LA CLAVE DEL TÚNEL



—◆— PREVISIÓN DE CÁLCULO
—■— MOVIMIENTOS REGISTRADOS

MOVIMIENTOS VERTICALES DE LA CLAVE DEL TÚNEL

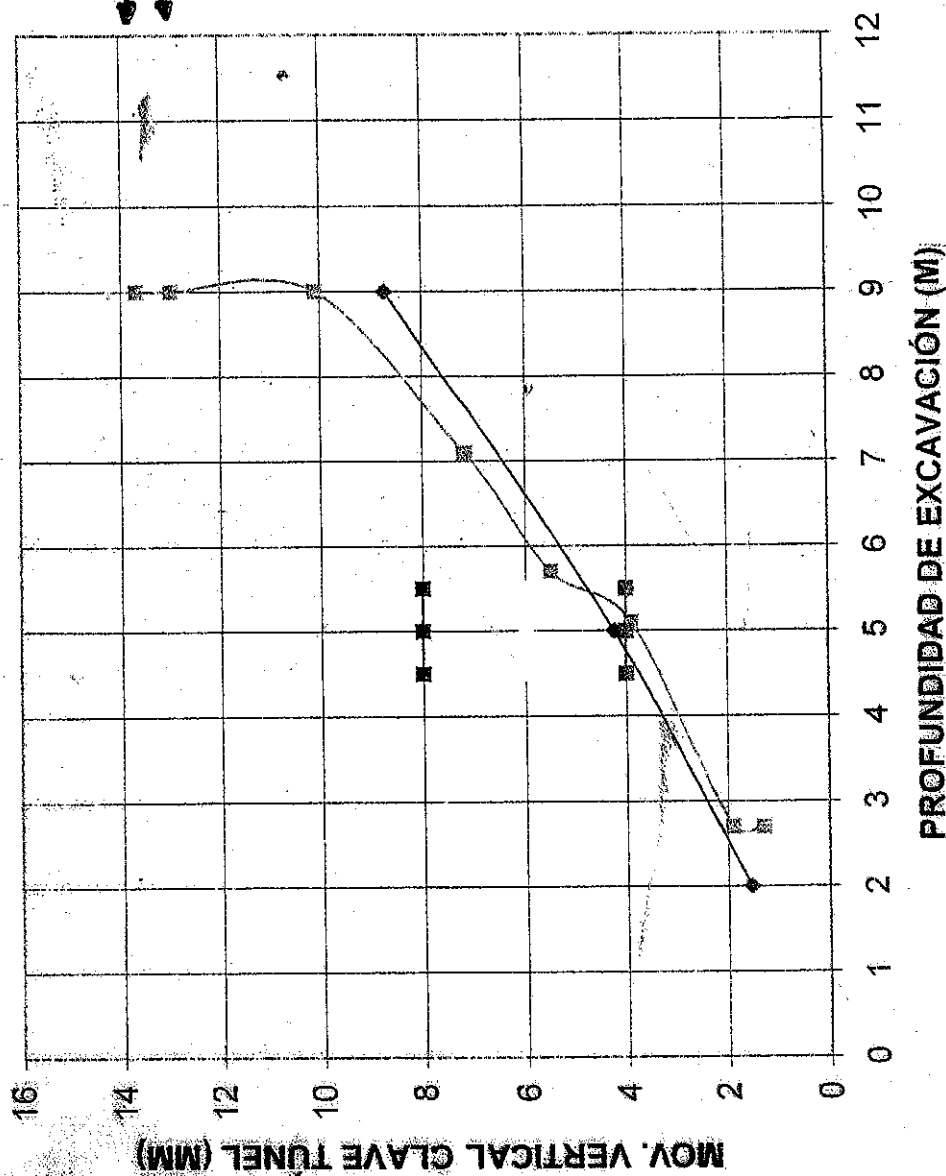
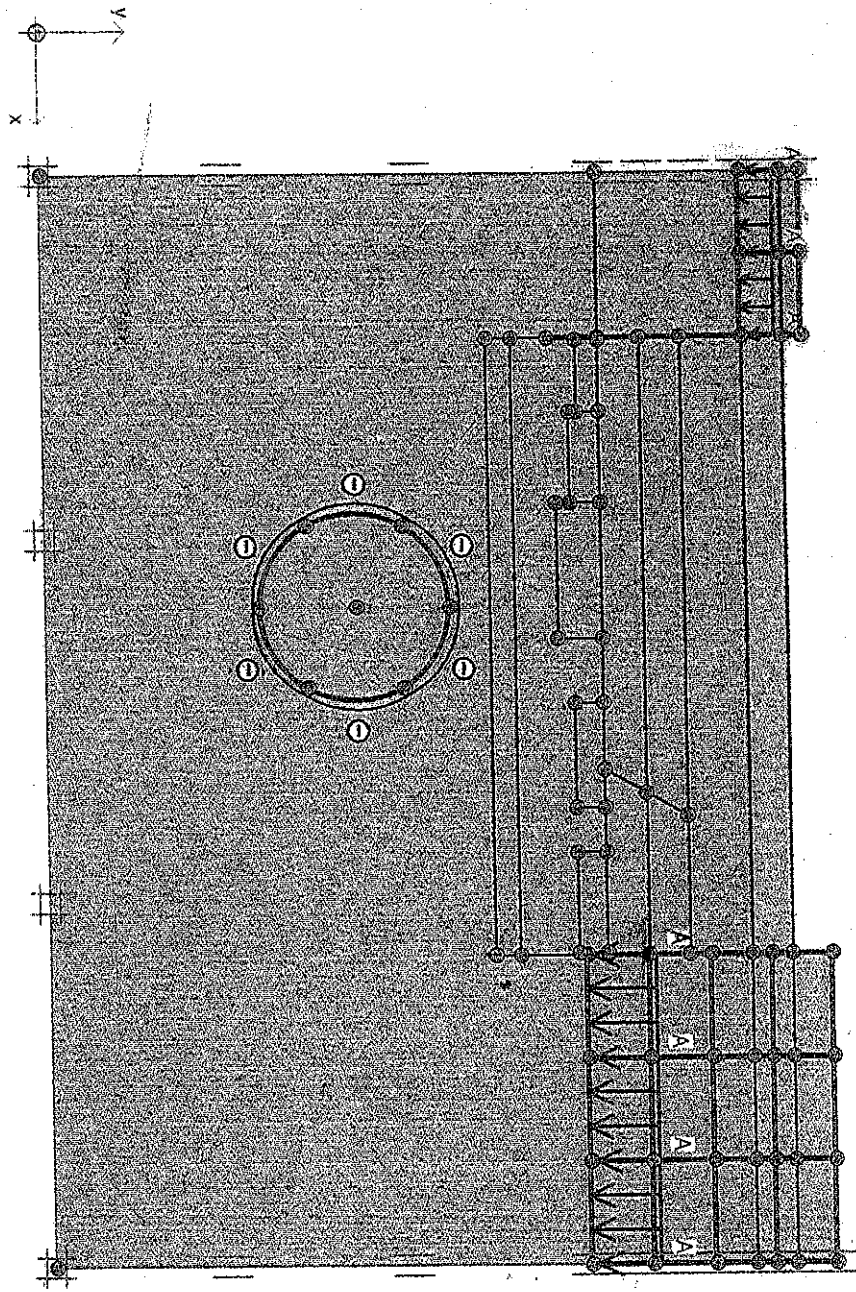


FIGURA 1. MOVIMIENTOS DE LA CLAVE DEL TÚNEL EN LA SECCIÓN 3 (SECCIÓN CENTRAL DE LA EXCAVACIÓN)

0.00 10.00 20.00 30.00 40.00 50.00 60.00 70.00

40.00 30.00 20.00 10.00 0.00



PLAXIS
Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T_1

Project name

POLIDEPORTIVO...

Date

01/06/2005

User name

Universidad Politecnica de Madrid

ANÁLISIS RETROSPECTIVO PROPIEDADES DE LOS MATERIALES.

RELLENO (IGUAL PARÁMETROS INICIALES)

COMPORTAMIENTO: M-C.

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3; E = 25000 \text{ kN/m}^2; c' = 5 \text{ kPa}; \phi' = 28^\circ$$

SUELO TOQUIZO (IGUAL PARÁMETROS INICIALES) (HASTA -5M)

COMPORTAMIENTO: H.S.M.

$$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3; E_{50}^{\text{ref}} = 80.000 \text{ kN/m}^2 = E_{\text{ed}}^{\text{ref}} \\ c' = 10 \text{ kPa}; \phi' = 32^\circ; E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 3 E_{50}^{\text{ref}}$$

SUELO TOQUIZO 1 (HASTA -7M)

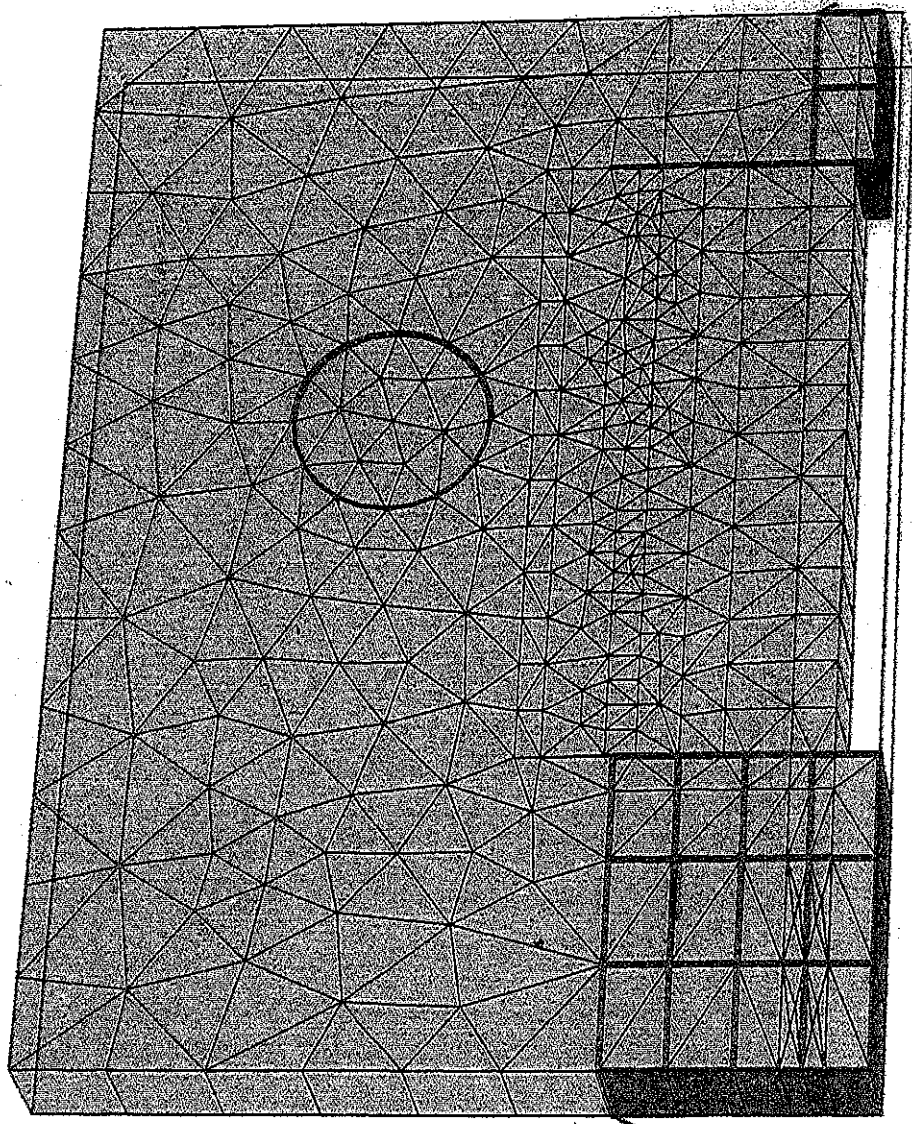
COMPORTAMIENTO: H.S.M.

$$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3; E_{50}^{\text{ref}} = 60.000 \text{ kN/m}^2 = E_{\text{ed}}^{\text{ref}} \\ c' = 10 \text{ kPa}; \phi' = 32^\circ; E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 2.5 E_{50}^{\text{ref}}$$

SUELO TOQUIZO 2 (A PARTIR DE -7M)

COMPORTAMIENTO: H.S.M.

$$\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3; E_{50}^{\text{ref}} = 35.000 \text{ kN/m}^2 = E_{\text{ed}}^{\text{ref}} \\ c' = 10 \text{ kPa}; \phi' = 32^\circ; E_{\text{ur}}^{\text{ref}} = 2 E_{50}^{\text{ref}}$$



Connectivities

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

Date

01/06/05

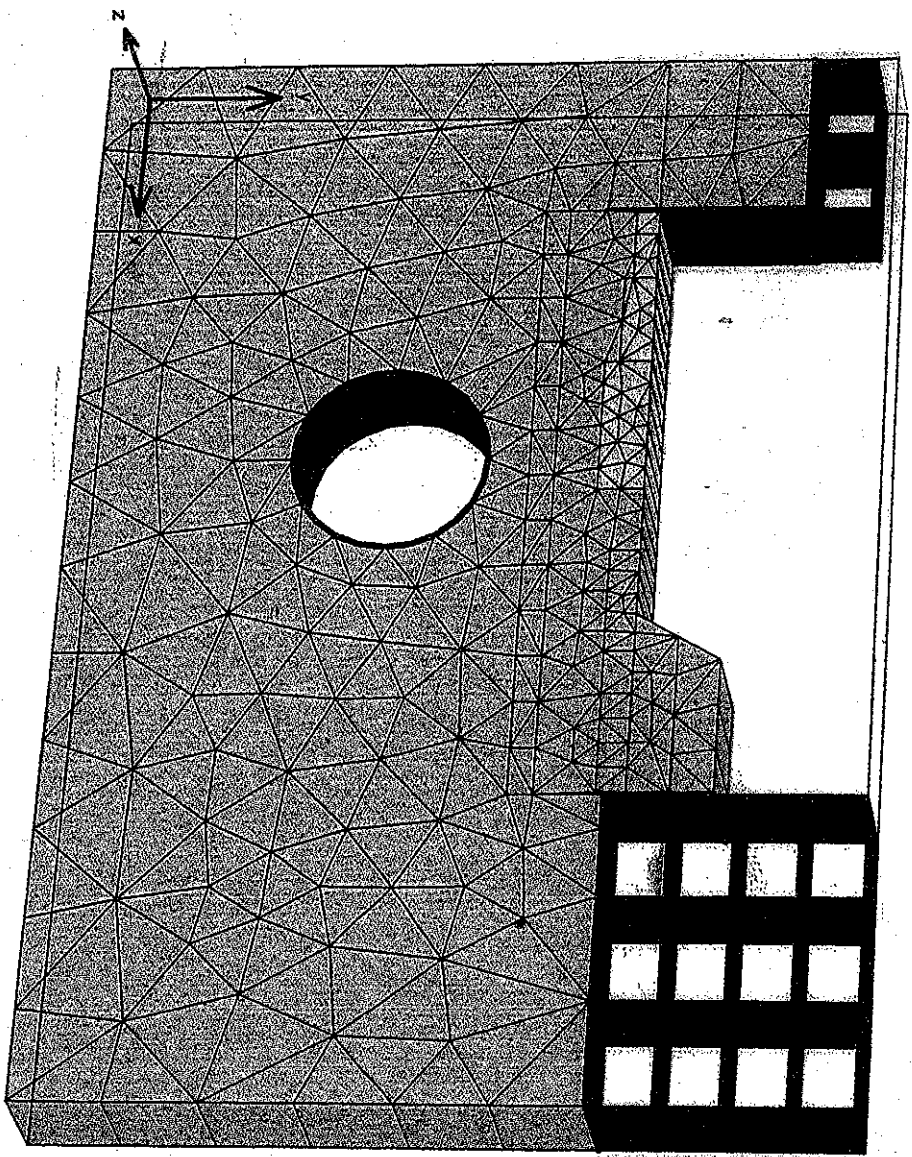
User name

Universidad Politecnica de Madrid

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 1.2.1.21



Deformed Mesh
Extreme total displacement 29.78*10⁻³ m
(displacements at true scale)

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 12.1.210

Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTI...

Step

24

Date

31/05/05

User name

Universidad Politecnica de Madrid

FASES DE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA

FASE 1: EDIFICIOS, APARCAMIENTO, POLIDEPORTIVO

FASE 2: EXCAVACIÓN TÚNEL ($\alpha = 0.3$). SE ANULAN MOVIMIENTO FASE 1.

FASE 3: REVESTIMIENTO TÚNEL

FASE 4: EXCAVACIÓN HASTA -2M. SE ANULAN MOVIM. FASES ANTERIORES.

FASE 5: EXCAV. HASTA -5M.

FASE 6: EXCAV. HASTA -7M.

FASE 7: EXCAV. HASTA -9M.

FASE 8: EXCAV. ZAPATA FILA F (prof. 1.10m)
Y ZAPATA PARA GRÚA (prof. 1.50m)

FASE 9: HORMIGONADO ZAPATA FILA F Y PARA GRÚA

FASE 10: EXCAV. ZAPATA FILAS E Y D (-2.20m)

FASE 11: HORMIGONADO ZAPATA FILAS E Y D

FASE 12: EXCAV. DE 2M DE RAMPA (DE GR. DE ALTURA)

FASE 13: EXCAV. DE 2M. FINAL RANPA

FASE 14: EXCAV. ZAPATA FILA C (prof. 1.40m)

FASE 15: HORMIGONADO ZAPATA FILA C.

FASE 16: EXCAV. ZAPATA FILA B (prof. 1.40m)

FASE 17: HORMIGONADO ZAPATA FILA B.

Uy (m)

0.020

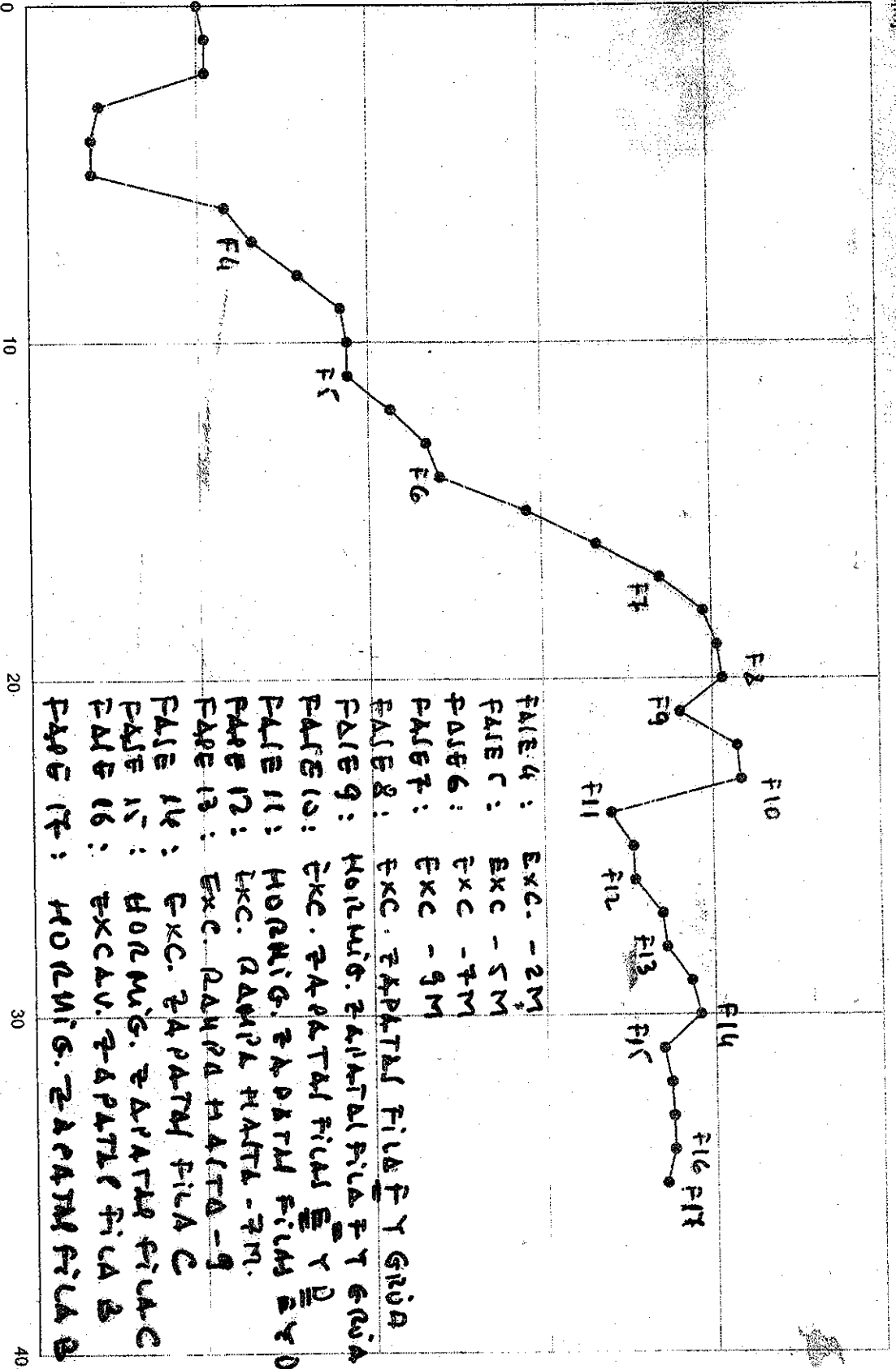
0.015

0.010

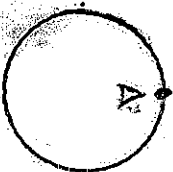
5e-3

0.000

-5e-3



Point A
CLAVE
TÚNEL



Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTIV...

Date

31/05/2005

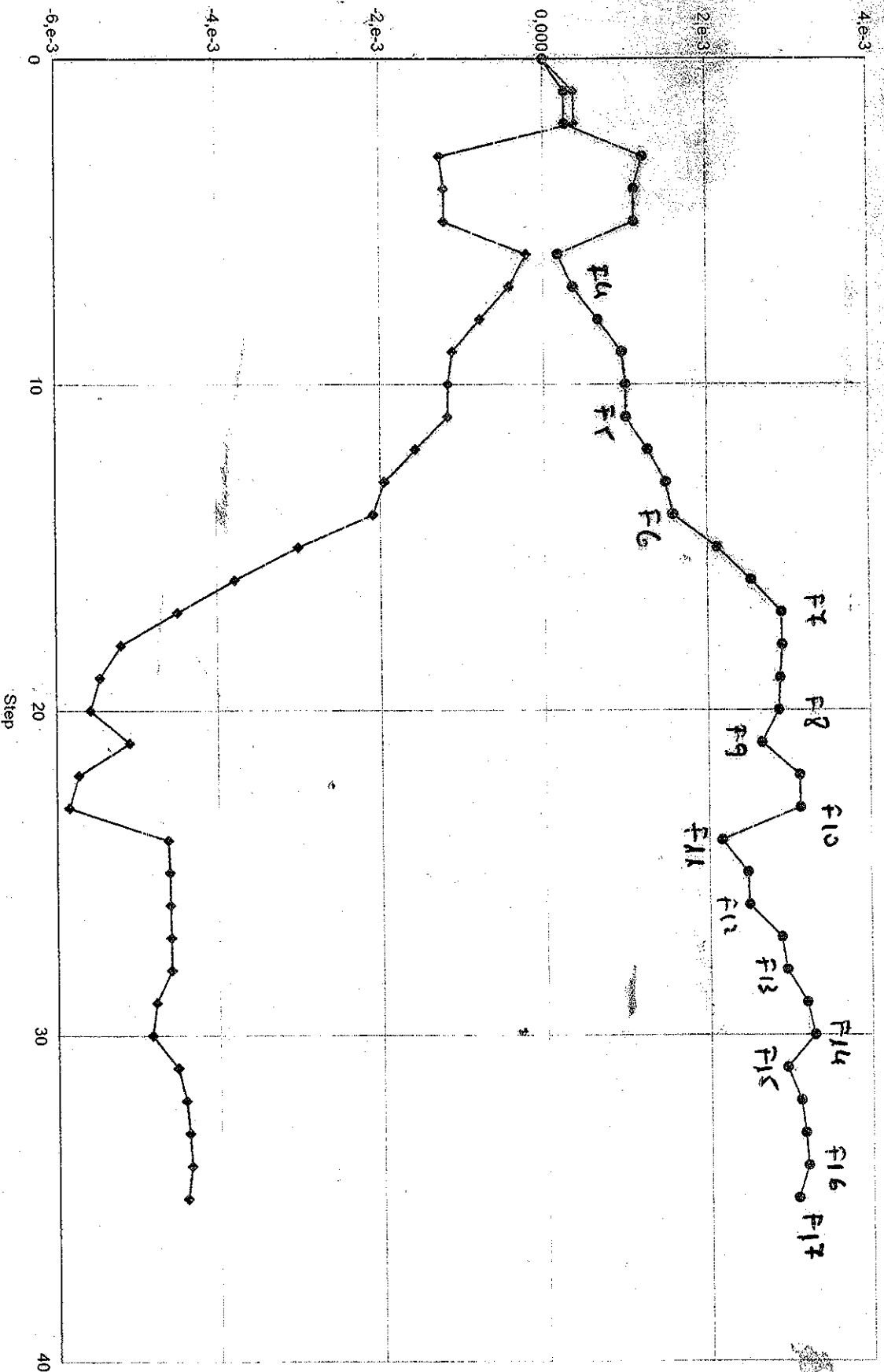
User name

Universidad Politecnica de Madrid

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Displacement (m):



Point C
Point D



Project description

POLIDEPORTIVO(FUENLABRADA)_T1

Project name

POLIDEPORTIVO...

Date

31/05/2005

User name

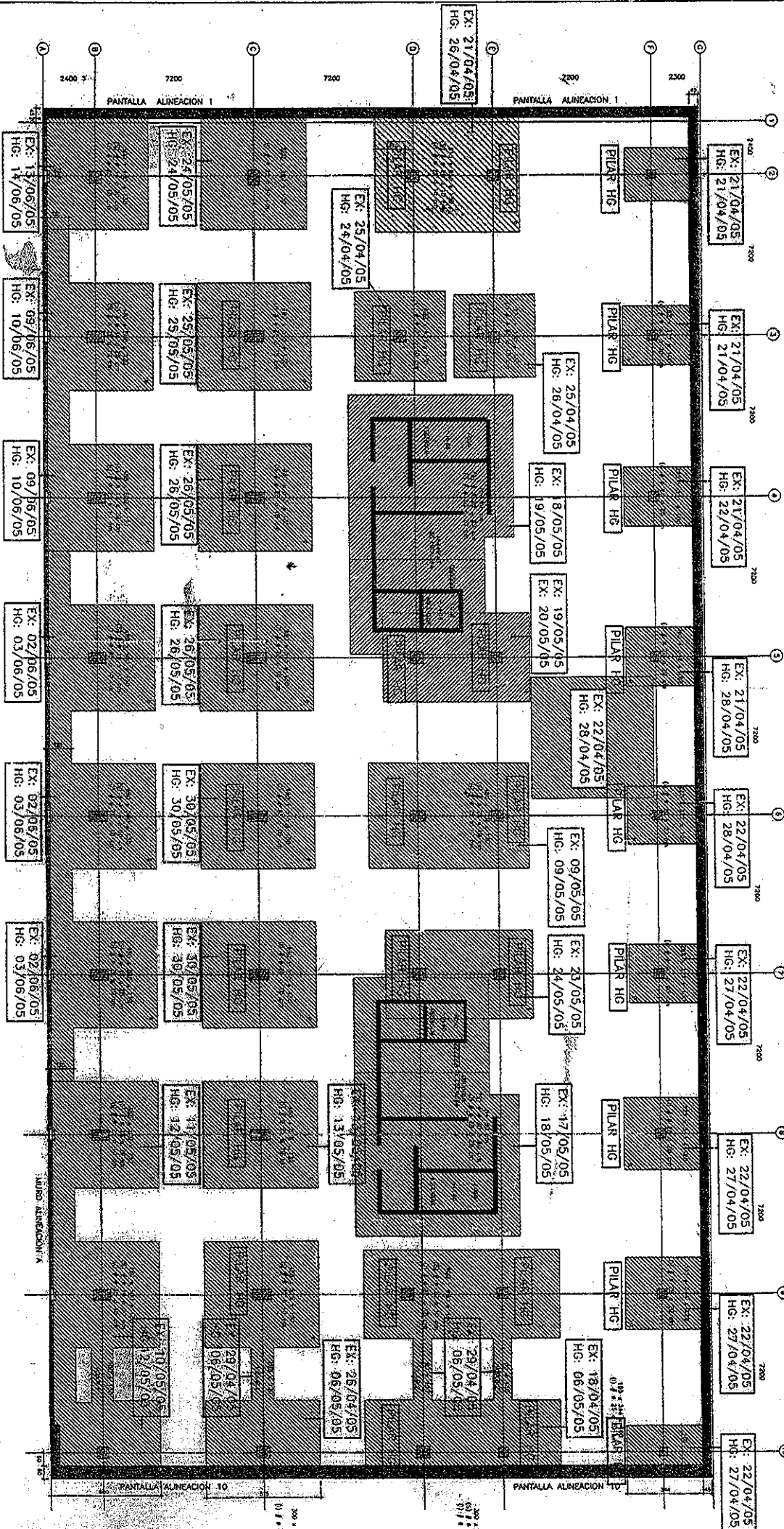
Universidad Politecnica de Madrid

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 1.2.1.25

FECHA	MOVIMIENTOS REGISTRADOS (mm)(1)														
	SECCION 1			SECCION 2			SECCION 3			SECCION 4			SECCION 5		
	(P.K. 17+550)			(P.K. 17+535)			(P.K. 17+520)			(P.K. 17+505)			(P.K. 17+480)		
	E(m) (2)	Δh	ΔL	E(m) (2)	Δh	ΔL	E(m) (2)	Δh	ΔL	E(m) (2)	Δh	ΔL	E(m) (2)	Δh	ΔL
21.01.2005	0,8	0,0	0	1,7	0,4	-1	2,7	1,3	0	3,6	0,0	0	4,5	0,0	0
28.01.2005	0,8	1,6	-1	1,7	1,7	-1	2,7	1,9	0	3,6	1,3	0	4,5	1,3	0
25.02.2005	3,2	2,9	-1	4,1	4	-2	5,1	3,9	0	6,0	2,4	-1	6,9	1,3	0
08.04.2005	3,2	2,9	-1	4,1	4,6	-2	5,1	5,5	-1	6,0	3,4	-2	6,9	1,3	0
15.04.2005	5,2	4,2	-1	6,1	6,9	-3	7,1	7,2	-2	8,0	4,7	-2	8,9	2,0	0
22.04.2005	6,9	5,2	-2	7,8	7,9	-4	8,9	10,1	-3	9,7	7,0	-3	10,6	3,2	0
29.04.2005	6,9	7,4	-3	7,8	9,2	-4	8,9	13,0	-4	9,7	10,1	-4	10,6	4,2	-1
05.05.2005	6,9	7,4	-3	7,8	9,2	-4	8,9	13,7	-4	9,7	10,7	-4	10,6	4,2	-1
10.05.2005	6,9	7,4	-3	7,8	9,8	-4	8,9	13,7	-4	9,7	11,9	-4	10,6	4,2	-1
13.05.2005	6,9	7,4	-3	7,8	9,8	-4	8,9	13,7	-4	9,7	11,9	-4	10,6	4,2	-1
17.05.2005	6,9	7,4	-3	7,8	10,4	-4	8,9	13,0	-4	9,7	12,5	-4	10,6	4,2	-1
20.05.2005	6,9	6,8	-3	7,8	11,1	-4	8,9	13,0	-4	9,7	13,1	-4	10,6	4,2	-1
24.05.2006	6,9	6,8	-3	7,8	11,1	-4	8,9	13,7	-4	9,7	13,1	-4	10,6	4,2	-1
27.05.2005	6,9	6,8	-3	7,8	12,4	-4	8,9	14,3	-4	9,7	13,1	-4	10,6	4,2	-1
31.05.2005	6,9	6,8	-3	7,8	12,4	-4	8,9	15,0	-4	9,7	13,1	-4	10,6	4,2	-1
03.06.2005	6,9	6,8	-3	7,8	12,4	-4	8,9	15,0	-4	9,7	13,8	-4	10,6	4,2	-1
07.06.2005	6,9	7,4	-3	7,8	12,4	-4	8,9	15,0	-4	9,7	13,8	-4	10,6	4,2	-1
10.06.2005	6,9	7,4	-3	7,8	12,4	-4	8,9	15,0	-4	9,7	13,1	-4	10,6	4,2	-1
14.06.2006	6,9	8,1	-3	7,8	13,0	-4	8,9	15,6	-4	9,7	13,7	-4	10,6	4,9	-1
17.06.2005	6,9	7,4	-3	7,8	13,0	-4	8,9	15,6	-4	9,7	14,4	-4	10,6	4,9	-1
21.06.2005	6,9	7,4	-3	7,8	13,6	-4	8,9	16,2	-4	9,7	14,4	-4	10,6	5,5	-1
24.06.2005	6,9	8,7	-3	7,8	13,6	-4	8,9	16,2	-4	9,7	14,4	-4	10,6	5,5	-1
15.07.2005	6,9	8,7	-3	7,8	14,3	-4	8,9	16,2	-4	9,7	15,7	-4	10,6	5,5	-1



SECCION 1

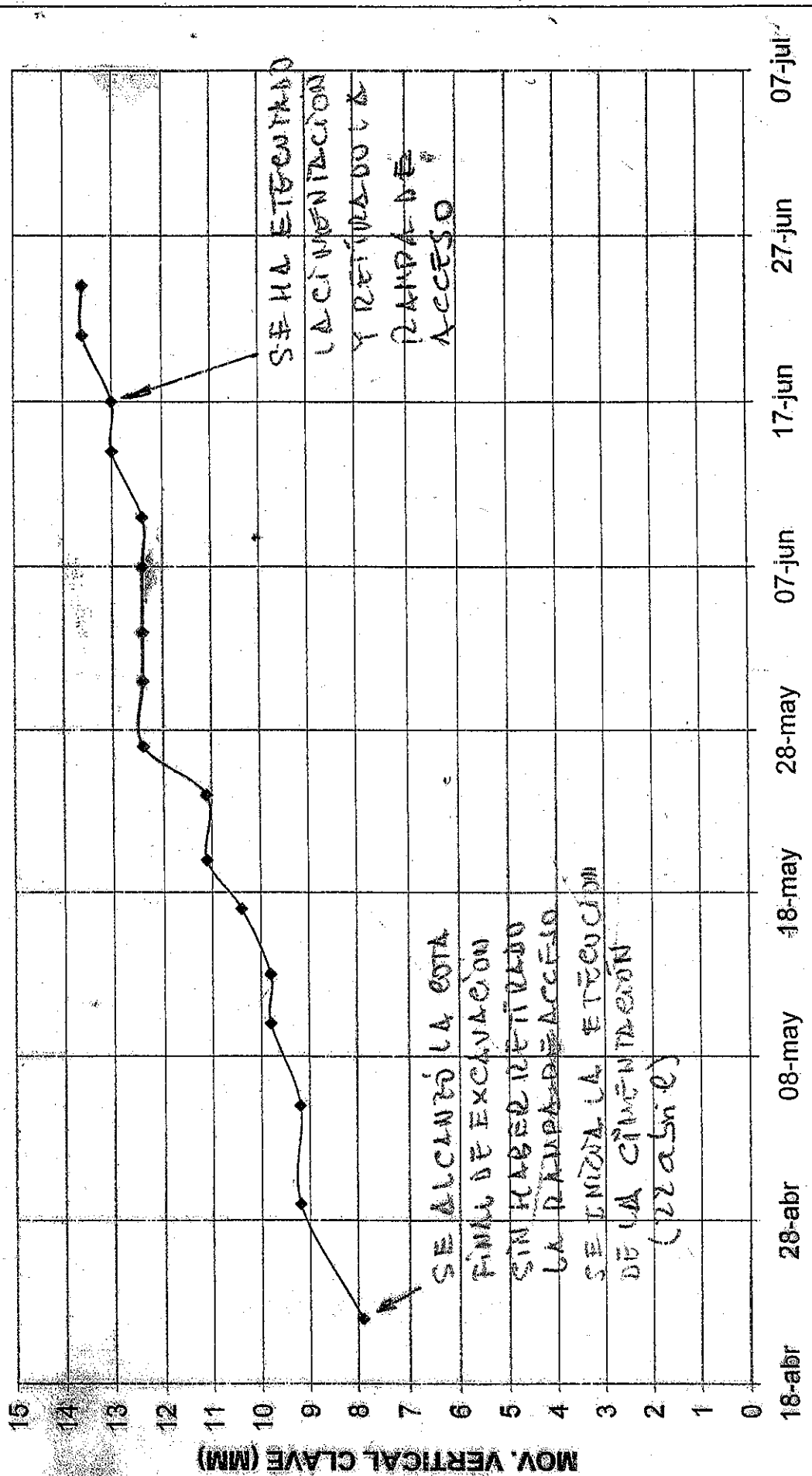
SECCION 2

SECCION 3

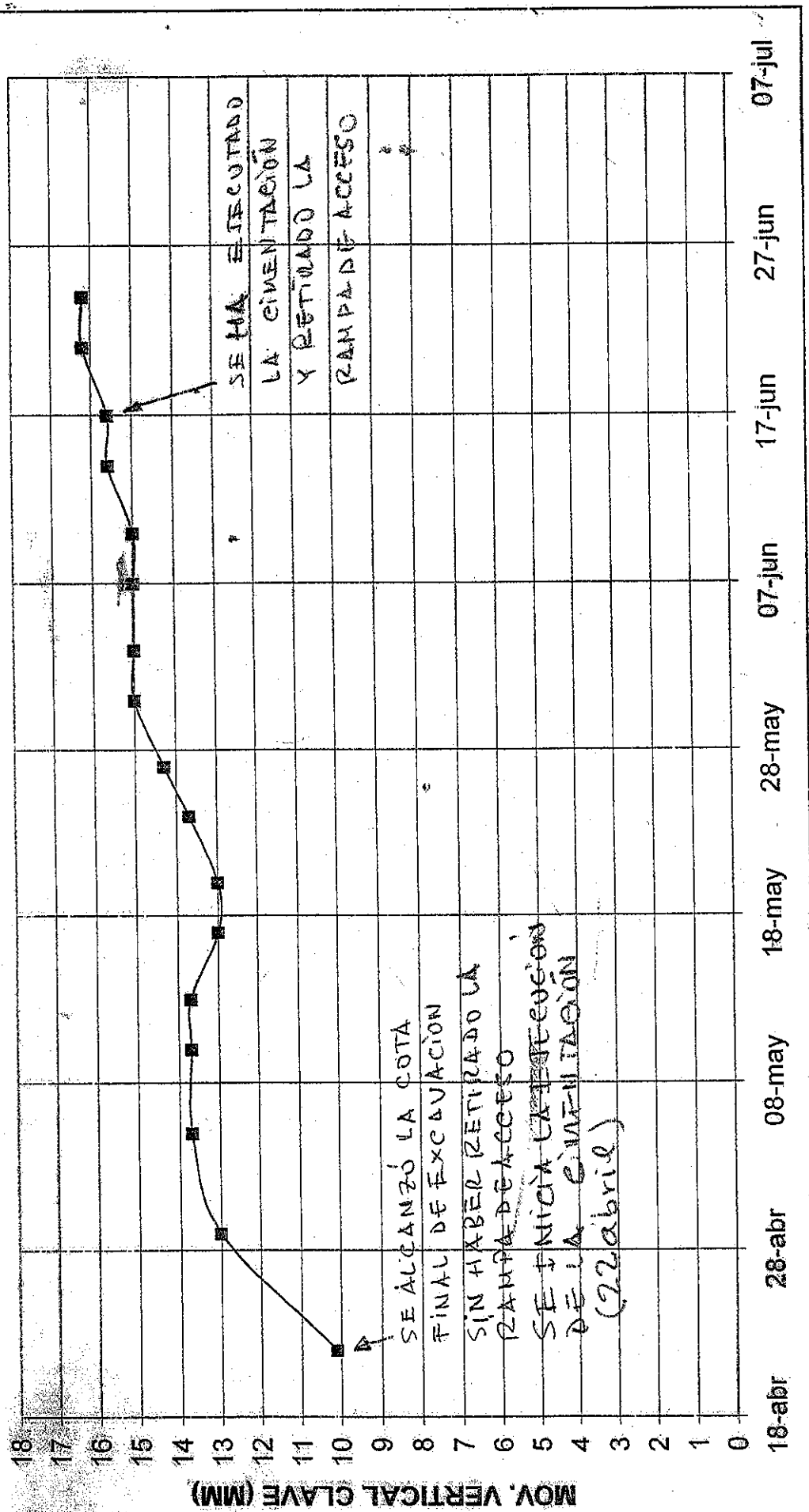
SECCION 4

SECCION 5

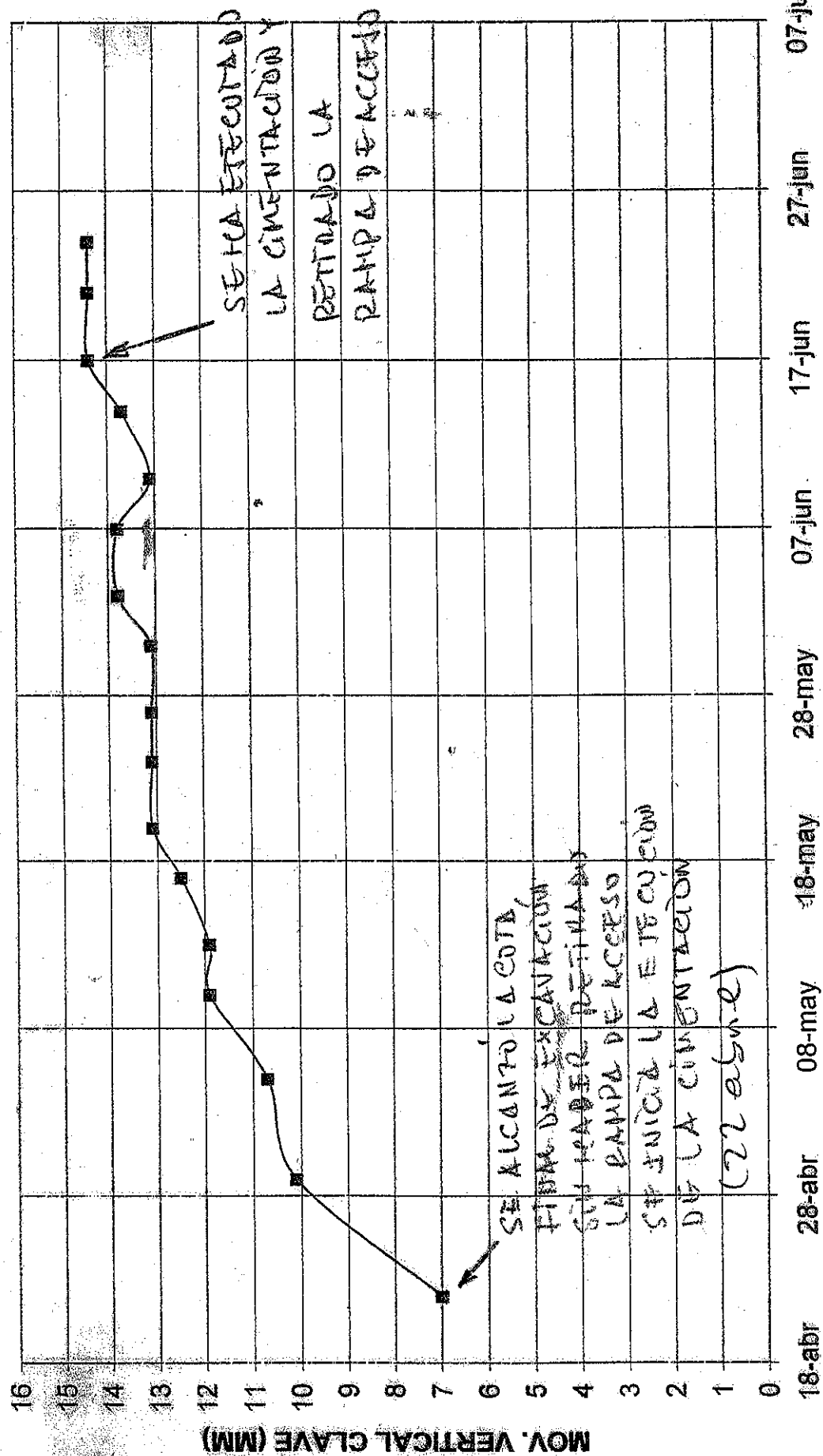
SECCIÓN 2. EXCAVACIÓN EN FUENLABRADA SOBRE METROSUR



SECCIÓN 3. EXCAVACIÓN EN FUENLABRADA SOBRE METROSUR



SECCIÓN 4. EXCAVACIÓN EN FUENLABRADA SOBRE METROSUR



CUADRO 2
MOVIMIENTOS EN EL REVESTIMIENTO DEL TUNEL

FASE	MOV. VERTICAL DE LA CLAVE (mm/r')	CONVERGENCIA (mm/r')
FASE 4 Excavación hasta -2 m	1,6	-0,8
FASE 5 Excavación hasta -5 m	4,4	-2,2
FASE 6 Excavación hasta -7 m	7,0	-3,7
FASE 7 Excavación hasta -9 m (Máxima excavación)	13,5	-7,4
FASE 8 Excavación zapatas fila F y zapata grúa	15,3	-8,4
FASE 9 Hormigonado zapatas fila F y zapata grúa	14,0	-7,7
FASE 10 Excavación zapatas filas E,D	15,8	-9,0
FASE 11 Hormigonado zapatas filas E,D	12,0	-6,8
FASE 12 Excavación rampa hasta -7 m	12,7	-7,1
FASE 13 Excavación rampa hasta -9 m	13,6	-7,5
FASE 14 Excavación zapatas fila C	14,6	-8,1
FASE 15 Hormigonado zapatas fila C	13,5	-7,4
FASE 16 Excavación zapatas fila B	13,7	-7,5
FASE 17 Hormigonado zapatas fila B	13,5	-7,5

(*) El signo positivo es movimiento hacia arriba

(**) El signo negativo significa cierre de la sección

CUADRO 1**ESFUERZOS EN EL REVESTIMIENTO DEL TUNEL****ESFUERZOS EN LA SECCIÓN DEL TUNEL**

FASE	AXIL N11 (kN/m)(C)	MOMENTO M11 (kNm/m)
FASE 3	-1120	11
Final ejecución túnel		
FASE 4	-1010	4,9
Excavación hasta -2 m		
FASE 5	-864	19,5
Excavación hasta -5 m		
FASE 6	-783	35,7
Excavación hasta -7 m		
FASE 7	-753	80,9
Excavación hasta -9 m		
(Máxima excavación)		
FASE 8	-748	95,5
Excavación zapatas fila F y zapata grúa		
FASE 9	-768	90,5
Hormigonado zapatas fila F y zapata grúa		
FASE 10	-766	107,5
Excavación zapatas filas E,D		
FASE 11	-797	73,2
Hormigonado zapatas filas E,D		
FASE 12	-780	71,3
Excavación rampa hasta -7 m		
FASE 13	-758	68,8
Excavación rampa hasta -9 m		
FASE 14	-750	72,7
Excavación zapatas fila C		
FASE 15	-763	69,7
Hormigonado zapatas fila C		
FASE 16	-754	67,7
Excavación zapatas fila B		
FASE 17	-761	68,9
Hormigonado zapatas fila B		

(*) El axil negativo es de compresión

En la Figura 2 se refleja la situación de zapatas

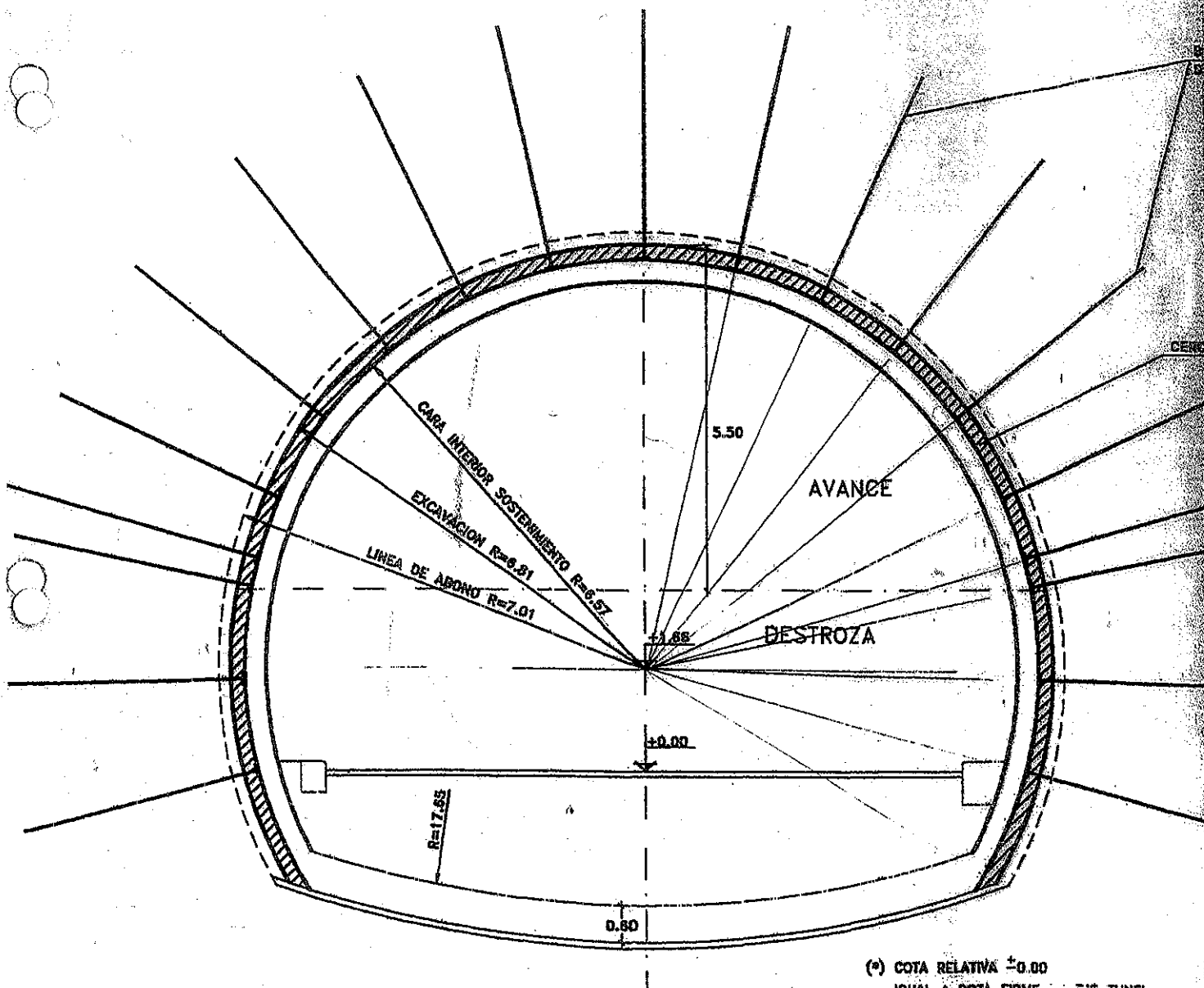
MASTER DE TÚNELES Y OBRAS
SUBTERRÁNEAS

SIMULACIÓN NUMÉRICA
SEGUIMIENTO NUMÉRICO

PABLO DE LA FUENTE MARTÍN
DR. INGENIERO DE CAMINOS
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

INTRODUCCIÓN

- TÚNELES DE NIEVARES
 - DOBLES (SEPARADOS 35-40 M)
 - 2299 M DE LONGITUD
- SECCIONES S-5, S-6, S-7
 - BOCA SUR (EN ± 600 M)
 - MARGAS CON DISTINTO GRADO DE ALTURA
- OBJETO DE LOS ANÁLISIS
 - COMPROBAR SI LOS MOVIMIENTOS QUE SE PRODUCEN EN LAS DISTINTAS FASES SUPERAN LOS UMBRALES A PARTIR DE LOS CUALES SE HA PREVISTO UN REFUERZO EN EL SOSTENIMIENTO
 - COMPROBAR SI LAS TENSIONES EN SOSTENIMIENTO Y CONTRABÓVEDA SUPERAN LAS ADMISIBLES



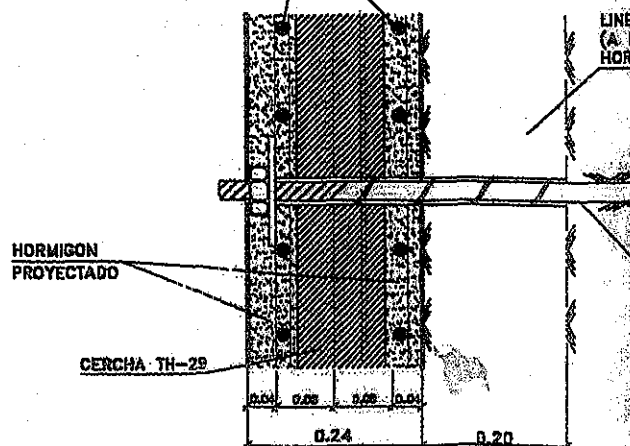
(*) COTA RELATIVA ± 0.00
IGUAL A COTA FIRME EN DSE TUNEL.

SOSTENIMIENTO TIPO S-5

ESCALA 1/80

NOTA: EL RADIO TEORICO DE EXCAVACION
INCLUYE UN MARGEN DE CONVERGENCIA DE 5 cm

DOS MALLAZOS 150x150x5



DETALLE DE BULON
Escala 1:5

CARACTERISTICAS DE MATERIALES								
ELEMENTO	MATERIALES						EJECUCION	
	HORMIGON			ACERO				
	TIPO	CONTROL	Yo	TIPO	CONTROL	Yo	CONTROL	Yo
HORMIGON	AE-25	NORMAL	1.50	ES-303	NORMAL	1.15	NORMAL	1.80
SUNITA	tel=250	NORMAL	1.80	ES-500	NORMAL	1.15	NORMAL	1.80
ACERO ESTRUCTURAL	-	-	-	A-42	NORMAL	-	-	-

Ministerio de Fomento

SECRETARIA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

EL COLABORADOR DE LA
CONSTRUCCION TECNICA

LA DIRECCION DE DISEÑO

EL CONTRATISTA

ESCALA:
VER EN PLANO
ORIGINALES EN DN-A1

SECCIÓN S-5

BULONES SWEEXLEX #25
DE 4m CADA 1.50m.

BULONES SWEEXLEX #25
DE 4m CADA 1.00m.

CERCHA TH-29 CADA 1.00m

BULON #25 L=6.00m

CERCHA TH-29
CADA 1.00m.

HORMIGON
PROYECTADO

TRESILLONES DE
UNION-ENTRE CERCHAS

ALZADO

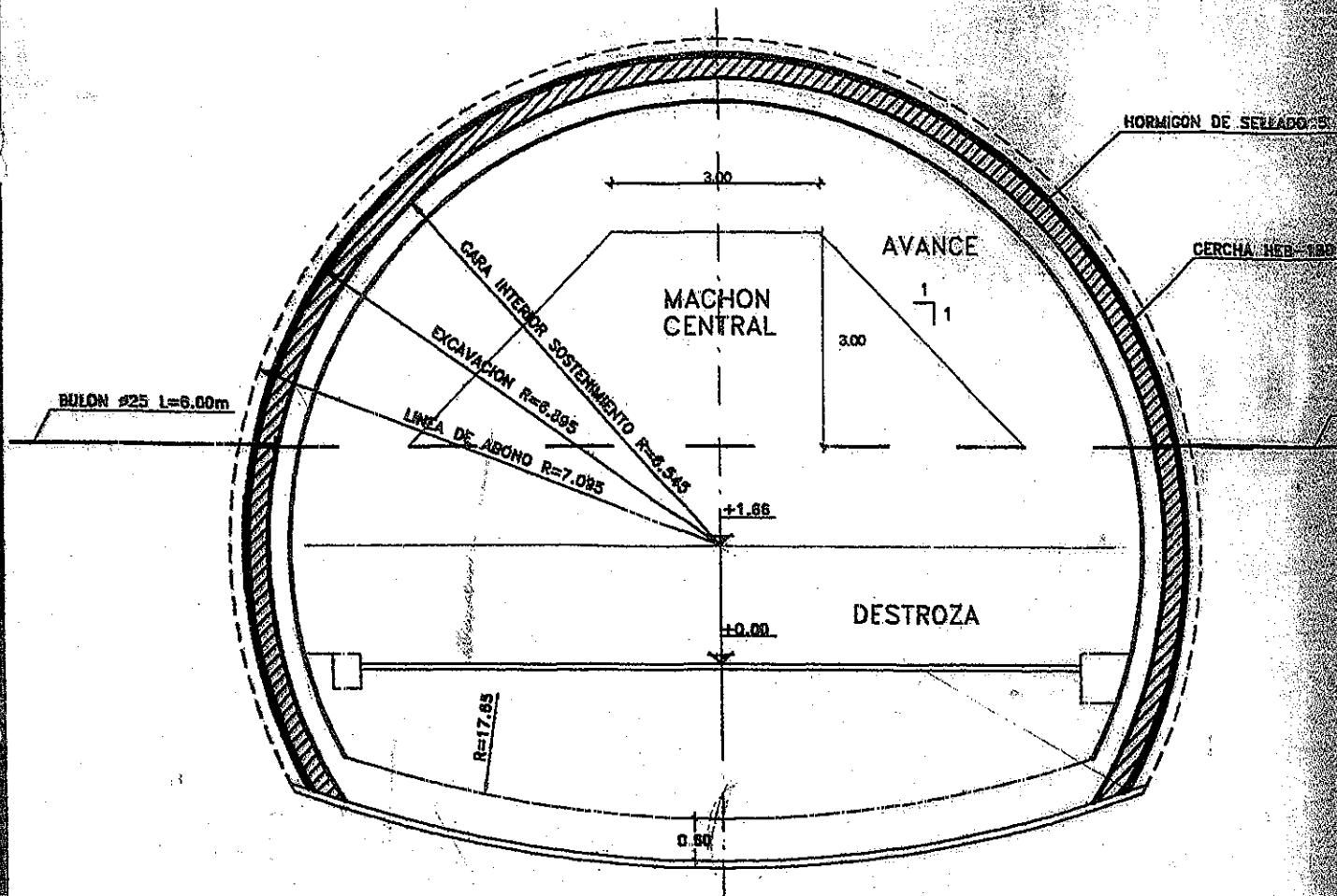
ESCALA 1/50

1.00

DE ABONO
RELLENAR CON
HORMIGON PROYECTADO

BULON SWEEXLEX
#25 L=6m

		SECCIONES TIPO					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
EXCAVACION (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	DATOS						
ABONO (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	DATOS						
HORMIGON PROYECTADO	ESPESORES CAPAS (cm)	DELLADO					
		1 ^a CAPA					
		2 ^a CAPA					
		ABONO					
	TOTAL M ³ /M						
MALLAZO #4 A.0.10	TOTAL M ³ /M						
BULONES #25 de 4.30m	SEPARACION						
	DESTRIZA (BULONES/m)						
CERCHAS	TIPO Y SEPARACION						
	TRESILLONES						
PRESOLERA	AVANCE (M ³ /m)						
	DESTRIZA (M ³ /m)						
HORMIGON REVESTIMIENTO	BOVEDA (M ³ /m)						
	CONTRABOVEDA (M ³ /m)						
	REVESTIMIENTO (M ³ /m)						



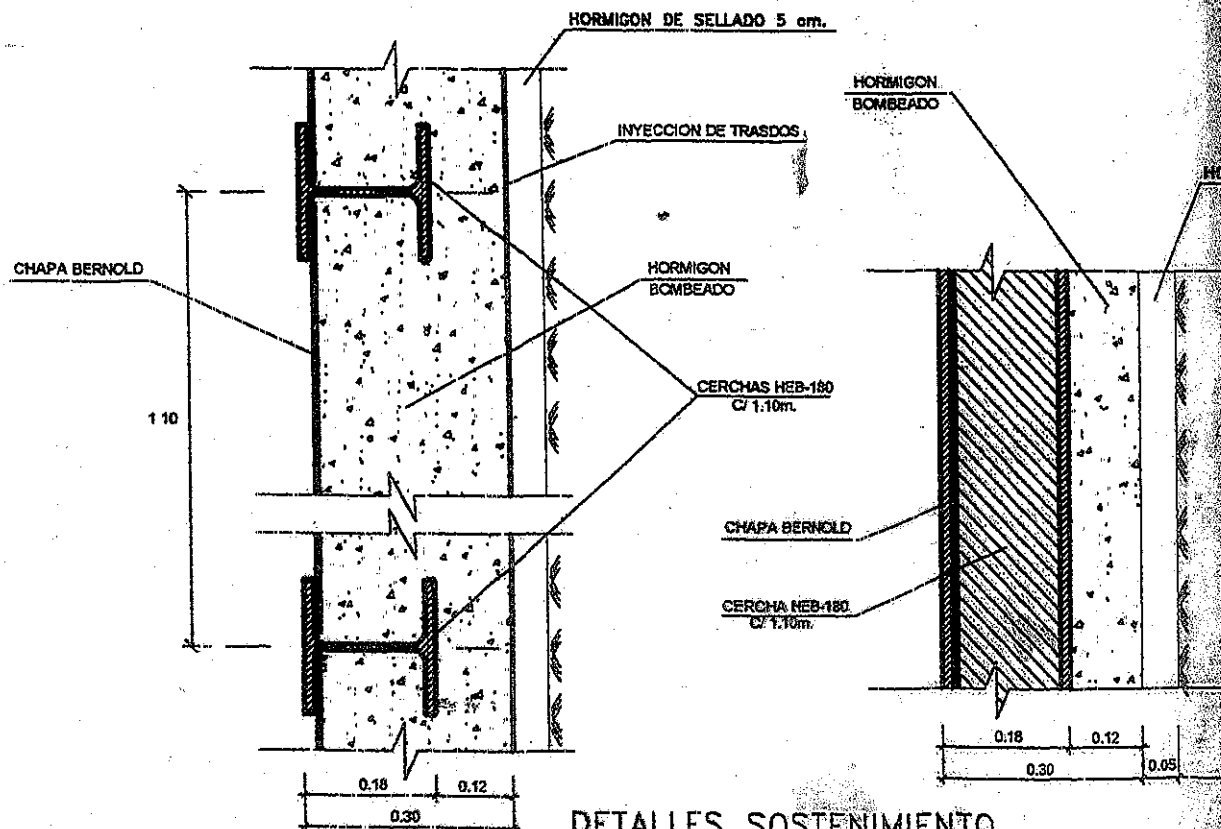
SOSTENIMIENTO TIPO S-6

ESCALA 1:50

SE APLICA DEBAJO DE LOS PARAGUAS
MAS UNA LONGITUD DE 1^o

(*) COTA RELATIVA ± 0.00
IGUAL A COTA FIRME EN EJE TUNEL

NOTA:
INCLUYE



DETALLES SOSTENIMIENTO

ESCALA 1:5



Ministerio de Fomento

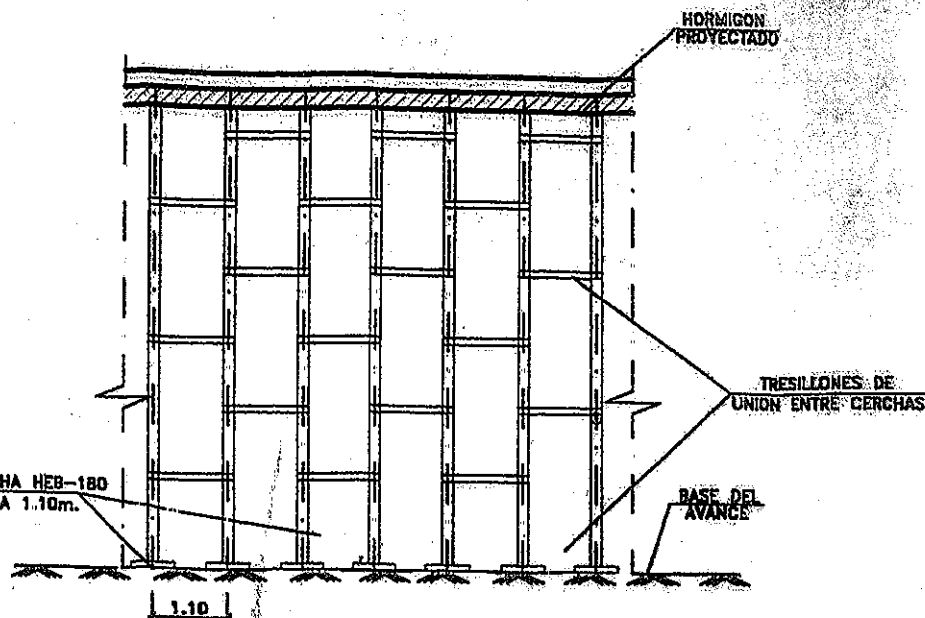
SECRETARIA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

EL INGENIERO DE LA
ADMINISTRACION TECNICA

LA DIRECCION DE OBRA

EL CONTRATISTA

ESC/
VE
DRC



ALZADO
ESCALA 1/50

SECCION S-6

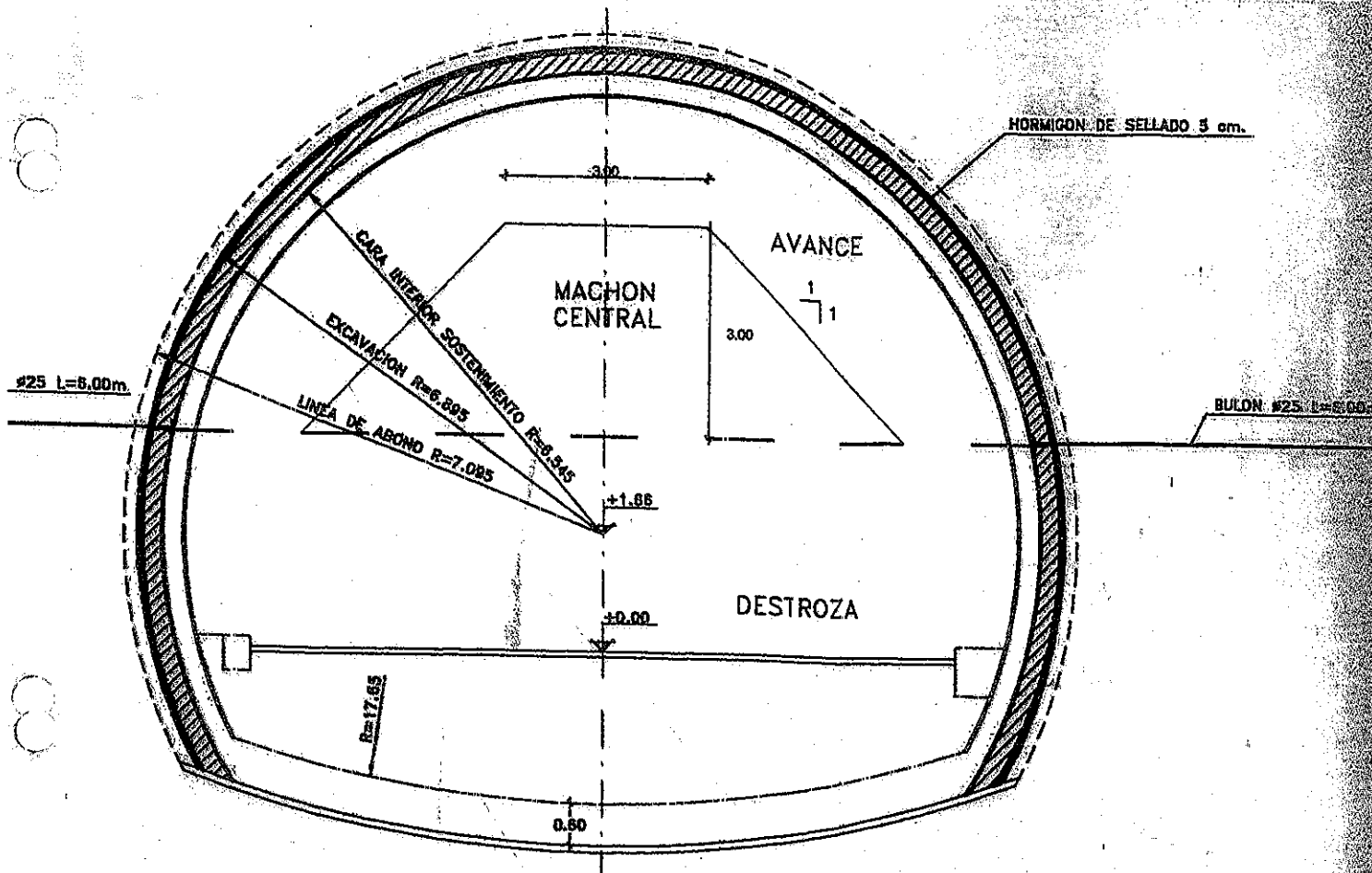
RADIO TEORICO DE EXCAVACION
MARGEN DE CONVERGENCIA DE 2.5 cm

CARACTERISTICAS DE MATERIALES								
ELEMENTO	MATERIALES						EJECUCION	
	HORMIGON			ACERO				
	TIPO	CONTROL	g _c	TIPO	CONTROL	g _s	CONTROL	g _t
HORMIGON	AC-25	NORMAL	1.20	SS-200	NORMAL	1.15	NORMAL	1.20
GRUNTA	FOL-250	NORMAL	1.20	SS-200	NORMAL	1.15	NORMAL	1.20
ACERO ESTRUCTURAL	-	-	-	A-42	NORMAL	-	-	-

DE SELLADO 5 cm.

LINEA DE ABONO
(A RELLENAR CON
HORMIGON BOMBEADO)

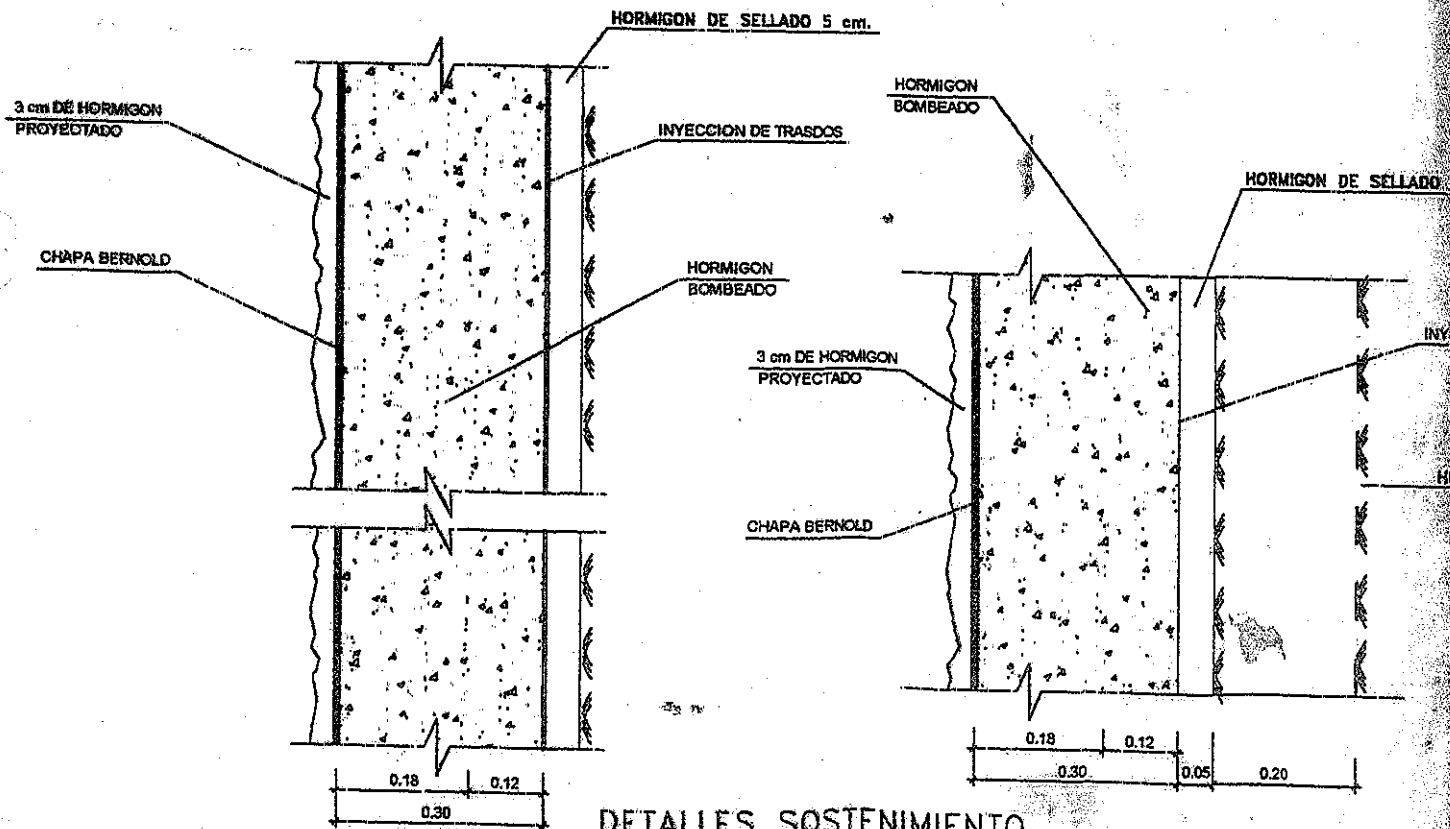
		SECCIONES TIPO					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
EXCAVACION (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	ENTRACHES						
ABONO (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	ENTRACHES						
HORMIGON PROYECTADO	EXPANSIÓN						
	SELLADO						
	1 ^ª CAPA						
	2 ^ª CAPA						
MALLAZO #4 A 0.30	ABONO						
	TOTAL M ³ /M						
BULONES #25 de 4.50m	SEPARACION						
	DENSIDAD (KILÓMETROS/M ³)						
	TIPO Y SEPARACION						
CERCAS	TRESILLONES						
PRESOLERA	AVANCE (M ³ /M)						
	DESTRIZA (M ³ /M)						
HORMIGON REVESTIMIENTO	DOVEDA (M ³ /M)						
	CONTRADOVEDA (M ³ /M)						
	MATERIALES ENTACHES (M ³ /M)						



SOSTENIMIENTO TIPO S-7
ESCALA 1:50

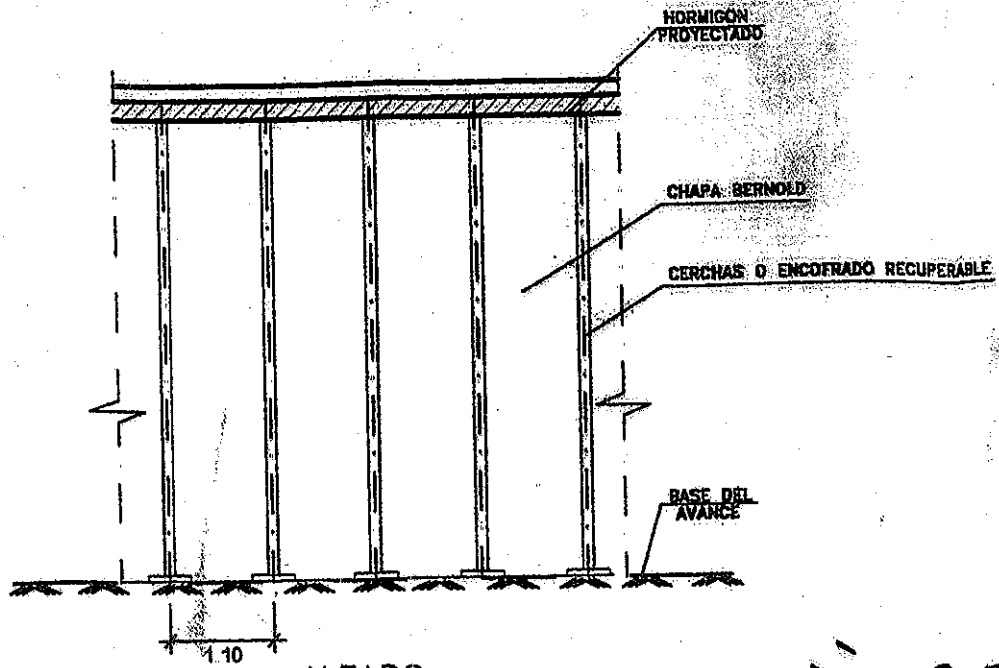
(*) COTA RELATIVA ± 0.00
IGUAL A COTA FIRME EN EJE TUNEL

NOTA: EL RADIO TEO
INCLUYE UN MARGEN



DETALLES SOSTENIMIENTO
ESCALA 1:5

Ministerio de Fomento	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS	EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	LA DISEÑO DE OBRAS	EL CONTRATO	ESCALA: VER EN PLANO ORIGINALES EN DN-A1	TÍTULO: P ALTOVA TRAMO:
	DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS					



ALZADO
ESCALA 1/50

SECCION S-7

DE EXCAVACION
CONVERGENCIA DE 2.5 cm

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES								
ELEMENTO	MATERIALES						EJECUCION	
	HORMIGON			ACERO				
	TIPO	CONTROL	U _s	TIPO	CONTROL	U _s	CONTROL	U _f
HORMIGON	AE-25	NORMAL	1.50	BS-500	NORMAL	1.15	NORMAL	1.50
GRUNTA	GR-250	NORMAL	1.50	BS-500	NORMAL	1.15	NORMAL	1.50
ACERO ESTRUCTURAL	-	-	-	A-45	NORMAL	-	-	-

DE TRASDOS

DE ABONO
RELLENAR CON
(EN BOMBEADO)

		SECCIONES TIPO					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
EXCAVACION (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	BATACHEN						
ABONO (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTRIZA						
	BATACHEN						
HORMIGON PROYECTADO	EXPOSICION CAPAS (cm)	SELLADO					
		1 ^a CAPA					
		2 ^a CAPA					
		ABONO					
	TOTAL M ³ /M						
MALLAZO #4 A 0.10	TOTAL M ³ /M						
BULONES #25 de 4.50m	SEPARACION						
	DENSIDAD (BULONES/m)						
	TIPO Y SEPARACION						
CERCHAS	TREBILLOES						
PRESOLERA	AVANCE (M ³ /m)						
	DESTRIZA (M ³ /m)						
HORMIGON REVESTIMIENTO	BOVEDA (M ³ /m)						
	CONTRABOVEDA (M ³ /m)						
	MATERIALES BATACHEN (M ³ /m)						

DE CONSTRUCCION
- VILLAVICIOSA
ON (GLON) - GRASES (VILLAVICIOSA)

CLAVE:
12-0-3360

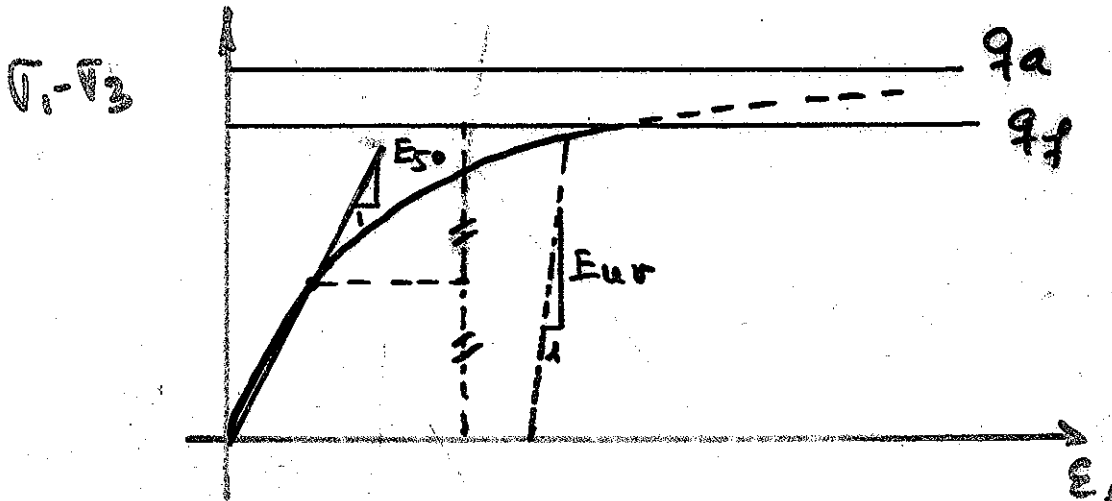
Nº DE PLANO:
8.17
HOJA 19 DE 33

TITULO DEL PLANO:
TUNEL DE NIEVARES
SECCION DE SOSTENIMIENTO TIPO S-7

FECHA:
27 JUNIO 2002
REVISION N°:
1

MODELO DE CÁLCULO

- ANÁLISIS EN 2D (DEFORMACIÓN PLANA)
- MODELO CON ENDORECIMIENTO ISOTRÓPICO



$$\epsilon_1 = \frac{1}{2E_{50}} \frac{q}{1 - q/q_a}$$

$q_a \equiv$ DESVIADOR ASINTÓTICO

$q_f \equiv$ DESVIADOR ÚLTIMO

$$q_a = \frac{q_f}{R_f}$$

$$E_{50} = E_{50}^{ref} \left[\frac{c' \cot \phi' - \sigma'_3}{c' \cot \phi' + p^{ref}} \right]^m$$

$$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left[\frac{c' \cot \phi' - \sigma'_3}{c' \cot \phi' + p^{ref}} \right]^m$$

MARSHAL & KRAUS MARSHAL

% Carbonate $< 15\%$.

$$q_u = 135 \text{ kN/m}^2 - 1721 \text{ kN/m}^2.$$

Triaxial, $\phi' \approx 30^\circ$;
 $c' = 1 \text{ kN/m}^2$

$$E(\text{placa}) = 4 \times 10^4 - 10^5 \text{ kN/m}^2.$$

MODELO DE CÁLCULO

- $K_0 = 0,75 - 2,25$

- PARÁMETROS

	E_{so}^{ref} (kg/m ²)	E_{ur}^{ref} (kg/m ²)	c' (kg/m ²)	ϕ' (°)
MARGAR LIGERAMENTE ALTERADA S-5	2×10^5	6×10^5	50	30°
MARGAR MUY ALTERADA S-6 / S-7	$1,5 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$	35	30°

FASES DE LA SIMULACIÓN

FASE 1: EJECUCIÓN DEL AVANCE
COEF. DE RELAJACIÓN: $\alpha = 0.40$

FASE 2: EJECUCIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN AVANCE
HORM. PROYECTADO: 24 CM EN SECCIÓN S-5
35 CM EN SECCIONES S-6 Y S-7

BULONES: 13 BULONES DE 4 M Y 2 BULONES
DE 6 M EN S-5

2 BULONES DE 6 M EN S-6 Y S-7

CERCHAS: TH-29 CADA 1 M EN S-5
HEB-180 CADA 1.10 M EN S-6

SE SIMULA LA EJECUCIÓN DE LA
CONTRABOVEDA PROVISIONAL EN S-6

FASE 3: EJECUCIÓN DE LA DESTROZA EN UNA
SOLA FASE.
COEF. DE RELAJACIÓN: $\alpha = 0.50$

FASE 4: EJECUCIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN
DESTROZA.

HORMIGÓN PROYECTADO: 24 CM EN S-5
35 CM EN S-6 Y S-7

BULONES: 6 BULONES EN S-5

CERCHAS: TH-29 CADA 1 M EN S-5
HEB-180 CADA 1.10 M EN S-6

EJECUCIÓN DE LA CONTRABOVEDA DE
HORMIGÓN DE 60 CM.

SIMULACIÓN NUMÉRICA

- EL TERRENO SE HA SIMULADO MEDIANTE ELEMENTO TRIANGULAR DE 15 NODOS CON 2 GDL POR NODO.
- LOS BULONES SE HAN MODELADO MEDIANTE ELEMENTO BARRA, DEFINIDO POR SU ELASTICIDAD ($E = 2.1 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$) Y SU SECCIÓN ($\phi 25 \text{ mm}$).
- LAS CERCAS HEB-180 SE HAN SIMULADO MEDIANTE ELEMENTO VIGA DE 5 NODOS CON 3 GDL POR NODO, DEFINIDO POR SU RIGIDEZ LONGITUDINAL (EA) Y SU RIGIDEZ A FLEXIÓN (EI), CON UN COMPORTAMIENTO ELÁSTICO.
- PARA EL SOSTENIMIENTO DE HORMIGÓN PROYECTADO (GONITA) SE HA CONSIDERADO TAMBIÉN UN COMPORTAMIENTO ELÁSTICO ($E = 3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$).
- PARA EL HORMIGÓN DE CONTRABÓVEDA Y REVESTIMIENTO SE HA CONSIDERADO UN COMPORTAMIENTO ELÁSTICO ($E = 3.1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$; $\nu = 0.2$).
- TODO LOS ELEMENTO DE HORMIGÓN SE HAN MODELADO MEDIANTE ELEMENTO TRIANGULAR DE 15 NODOS.

FASE 5: REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN.

35 CM EN S-5

33 CM EN S-6 Y S-7

SE MODIFICAN LAS CARACTERÍSTICAS
DEL TERRENO EN TORNO AL TÚNEL

$$E_{so}^{ref} = 10^6 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 20 \text{ kN/m}^2$$

SITUACIONES ANALIZADAS

NIÉVARES - 55-2

$$K_0 = 0.75$$

NIÉVARES - 55-5

$$K_0 = 1.50$$

NIÉVARES - 5-5-8

$$K_0 = 2.25$$

NIÉVARES - 56-2

$$K_0 = 0.75$$

NIÉVARES - 56-5

$$K_0 = 1.50$$

NIÉVARES - 56-8

$$K_0 = 2.25$$

NIÉVARES - 565-2

$$K_0 = 0.75$$

NIÉVARES - 565-5

$$K_0 = 1.50$$

NIÉVARES - 565-8

$$K_0 = 2.25$$

SIN
CONTRABANDA
PROVISIONAL

NIÉVARES - 57-2

$$K_0 = 0.75$$

NIÉVARES - 57-5

$$K_0 = 1.50$$

NIÉVARES - 57-8

$$K_0 = 2.25$$

CONVERGENCIA PREVISTA (PROYECTO)

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3
SECCION			
SS	40mm	70mm	100mm
S6/S6S/S7	20mm	35mm	50mm

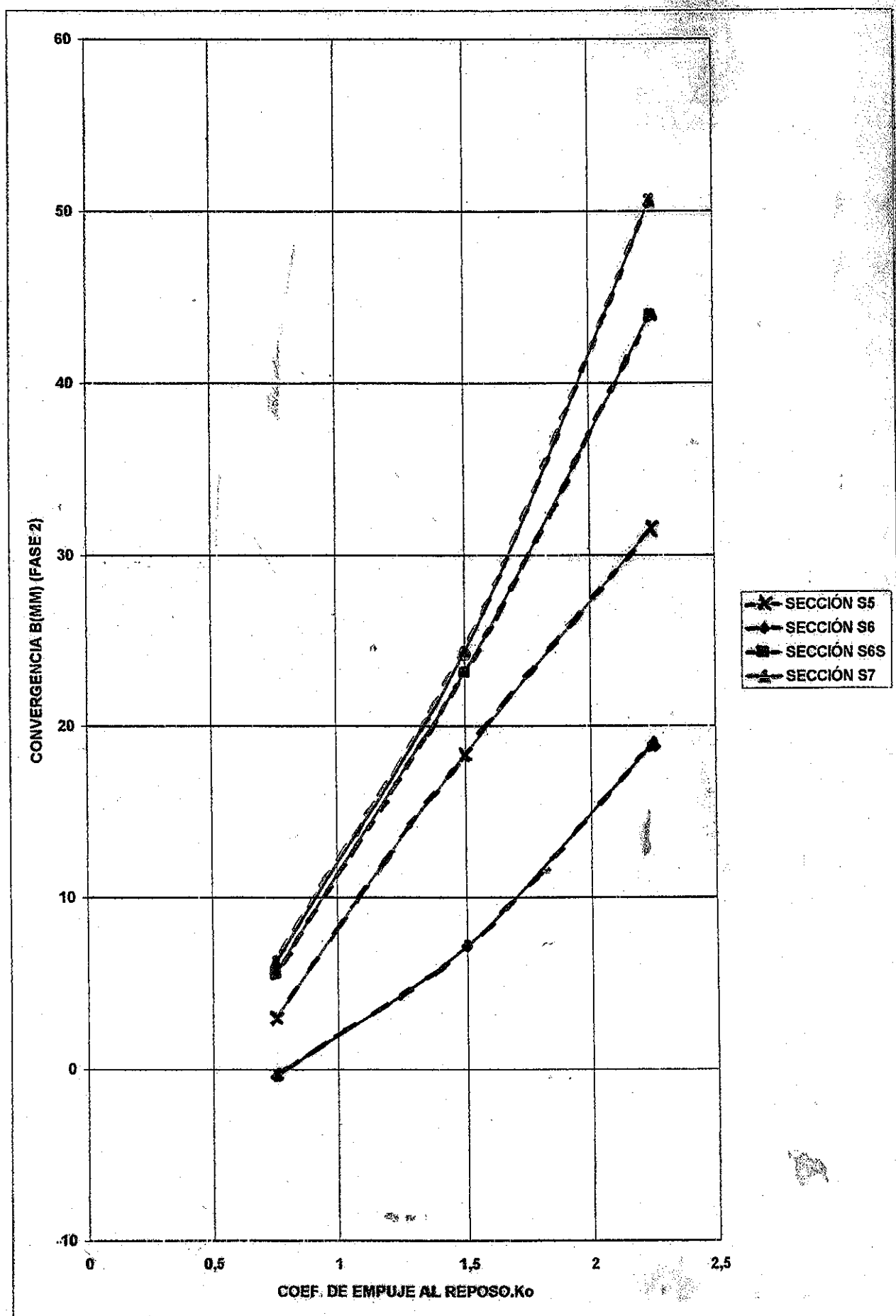


FIG.6 CONVERGENCIA DESPUÉS DE COLOCAR EL SOSTENIMIENTO EN AVANCE

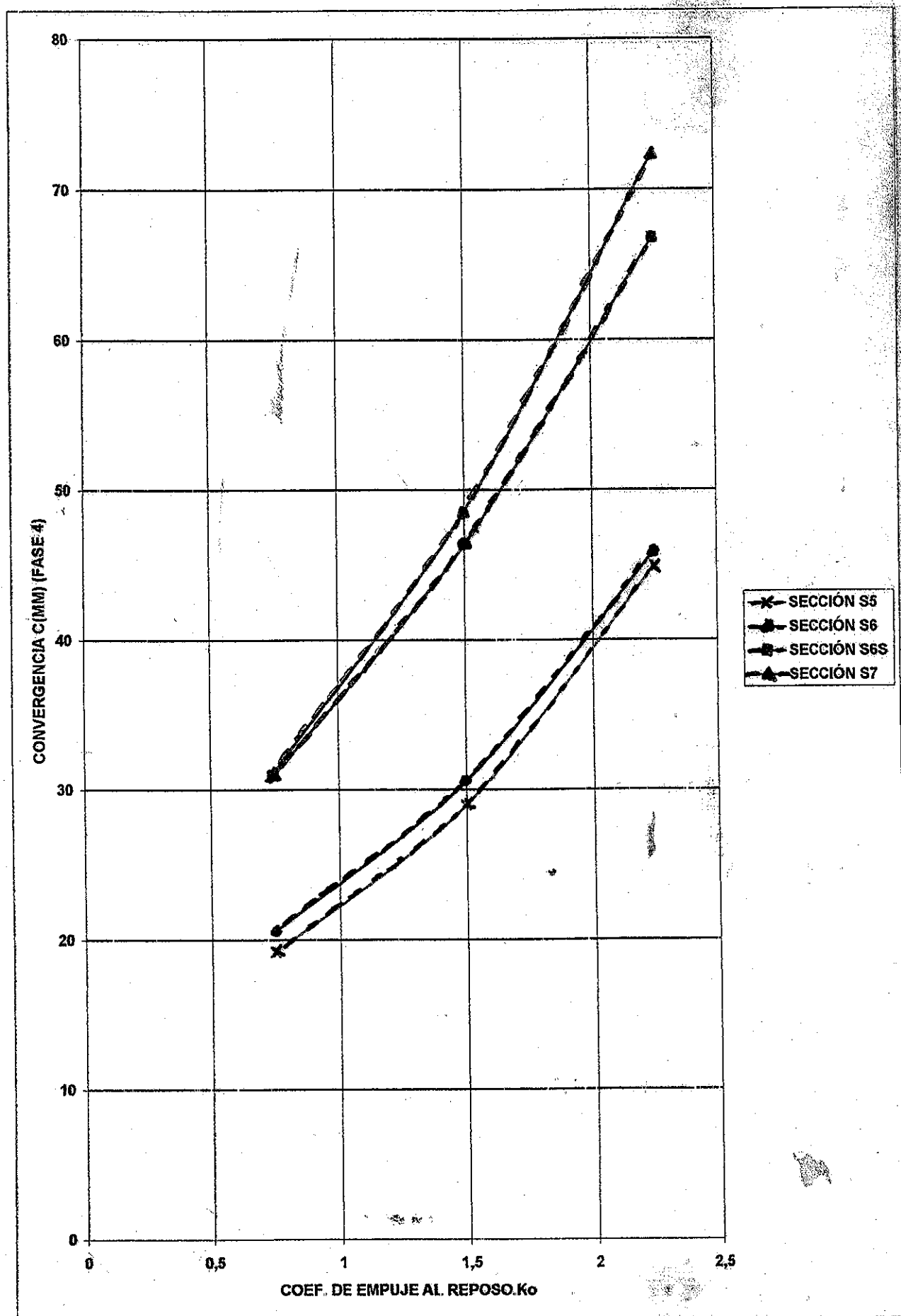


FIG.7 CONVERGENCIA DESPUÉS DE COLOCAR EL SOSTENIMIENTO EN DESTROZA Y LA CONTRABÓVEDA

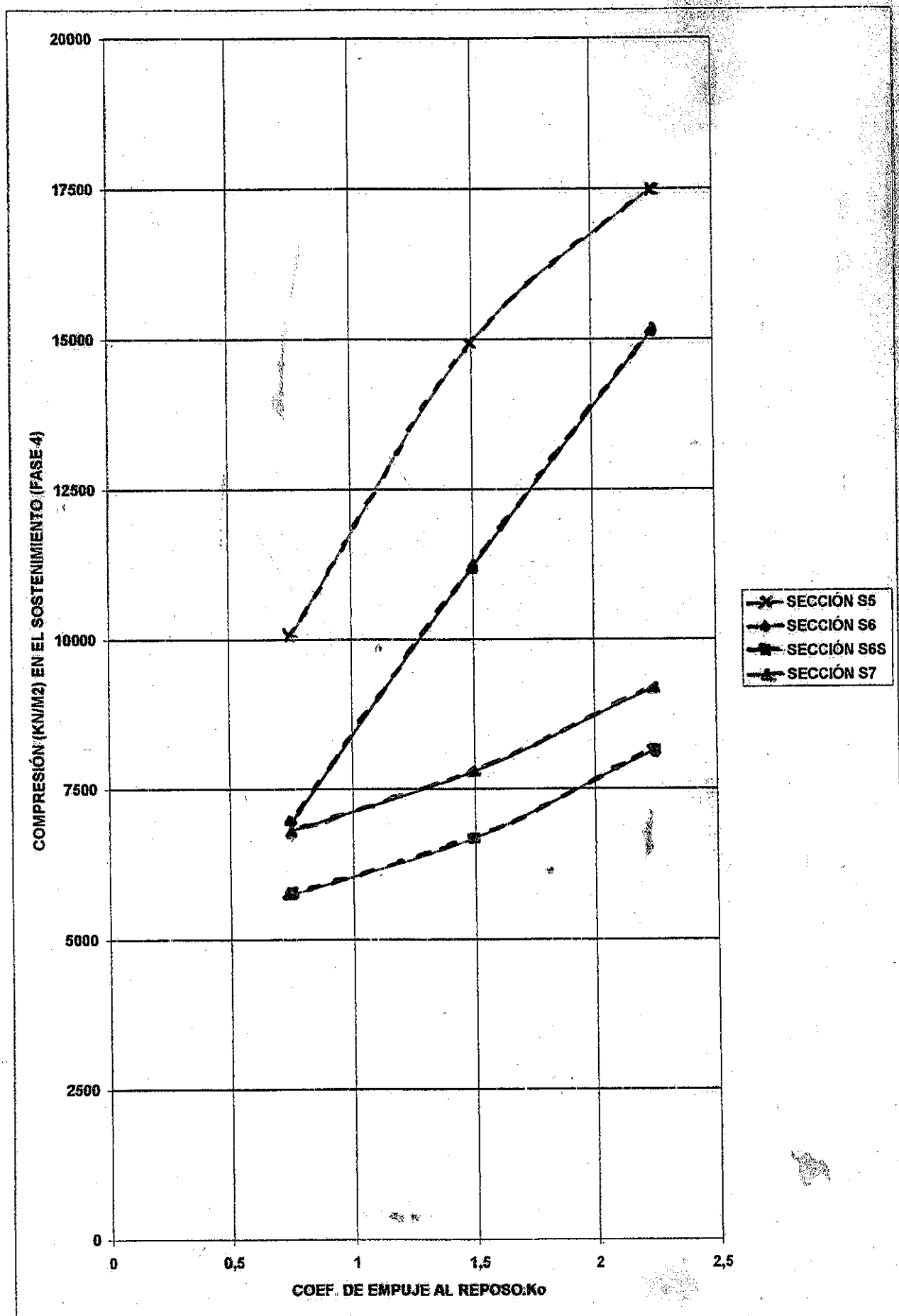
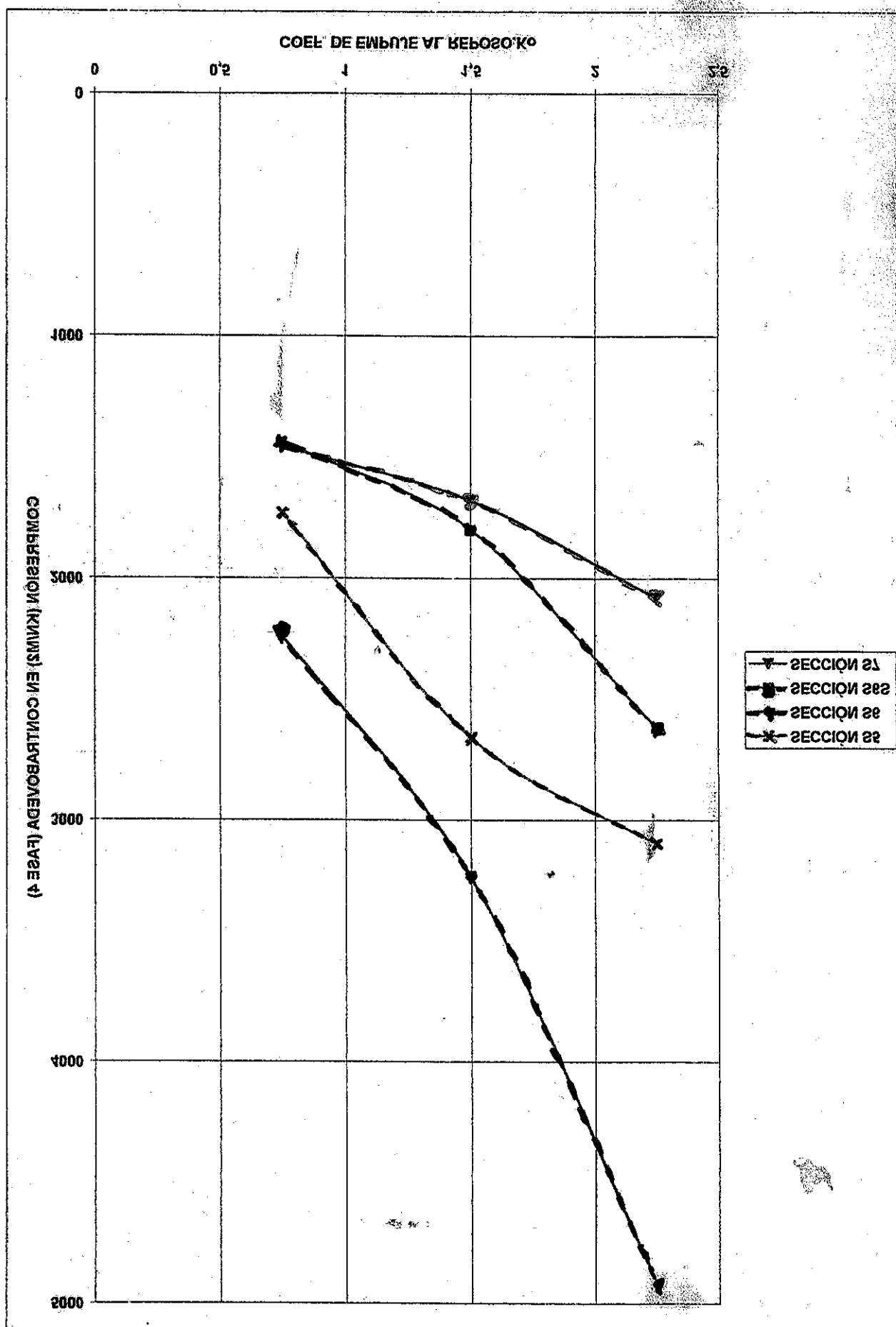


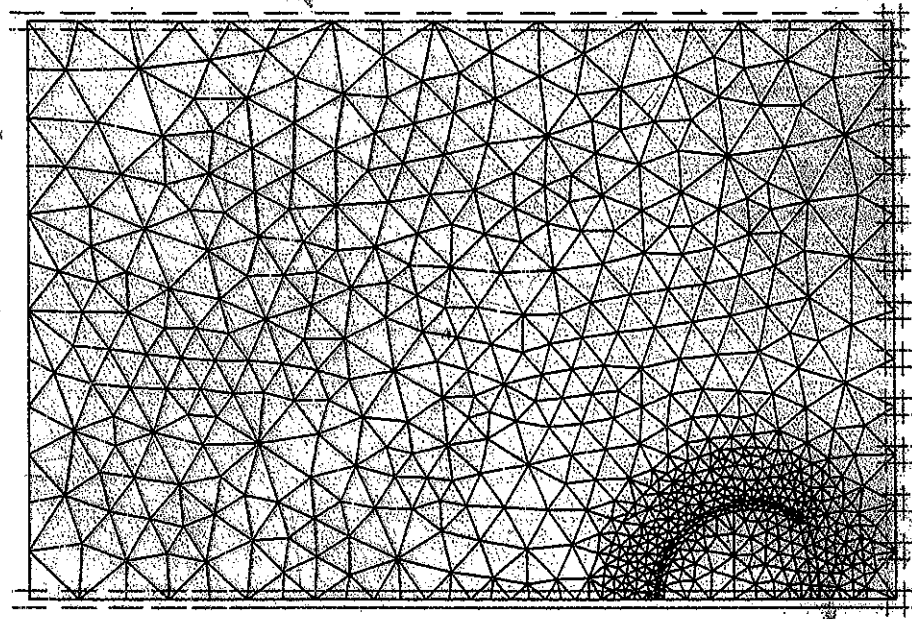
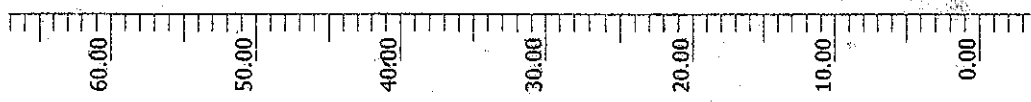
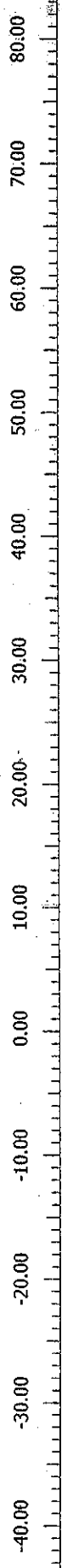
FIG.8 MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN EL SOSTENIMIENTO DESPUÉS DE REALIZAR LA DESTROZA Y EJECUTAR LA CONTRABÓVEDA

FIG 8 MAXIMA COMPRESION MEDIA EN CONTRABOVEDA



CÁLCULO ADICIONAL DE LA SECCIÓN S-S

- EN LOS ENSAYOS DE ARRANCAMIENTO DE BULONES LA FUERZA DE ANCLAJE FUE EN GENERAL INFERIOR QUE LAS MÁXIMAS TRACCIONES OBTENIDAS EN CÁLCULO (14t-18t)
- SE ANALIZÓ LA SECCIÓN S-S SIN BULONES, PERO CON UN SOSTENIMIENTO DE HORMIGÓN PROYECTADO DE 29 CM.
- SE CONSIDERAN LAS MISMAS FASES DE CÁLCULO, CON LOS MISMOS COEFICIENTES DE RELAJACIÓN ($\alpha = 0.40$ EN AVANCE; $\alpha = 0.50$ EN DESTROZA), Y $K_0 = 1.5$.



Connectivities

Project description



NIEVARES_S8_5

Project name

Date

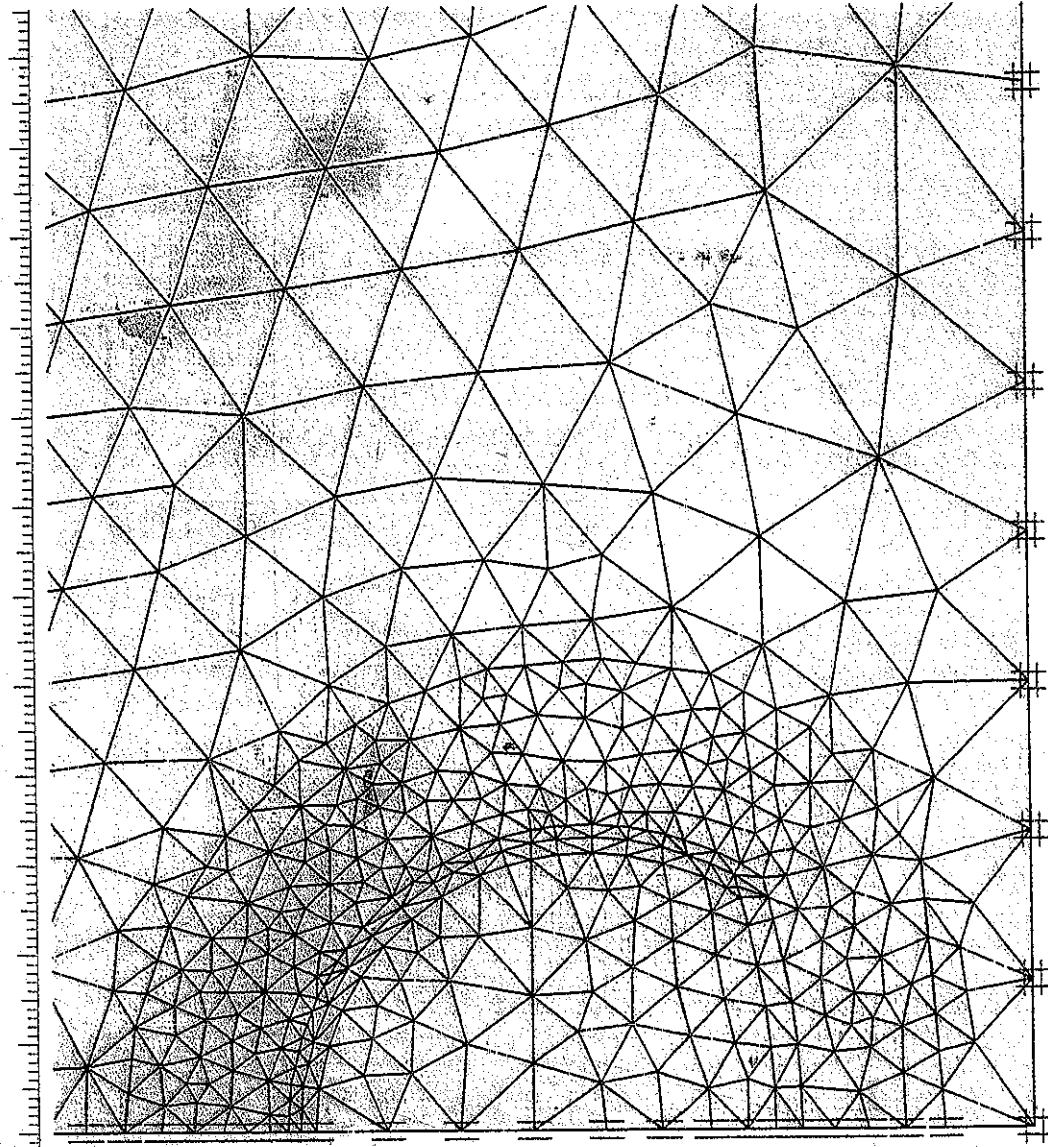
User name

30/05/06

PAFCOM

15.00 14.00 13.00 12.00 11.00 10.00 9.00 8.00 7.00 6.00 5.00 4.00 3.00 2.00 1.00 0.00 -1.00 -2.00 -3.00 -4.00 -5.00 -6.00 -7.00 -8.00 -9.00 -10.00 -11.00 -12.00 -13.00 -14.00 -15.00

22.00 20.00 18.00 16.00 14.00 12.00 10.00 8.00 6.00 4.00 2.00 0.00



Connectivities

Project description

NIEVARES_S8_5

Project name

30/05/06

User name

PAFCOM



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

RESULTADOS

CONVERGENCIA

AVANCE +
SOSTENIM.

DESTROZA +
SOSTENIM.

S-5
BULONES
+
24 CH GONITA
($K_0 = 1.5$)

18MM

29MM

S-8-5
29 CH GONITA
($K_0 = 1.5$)

16MM

32MM

RESULTADOS

COMPRESIÓN

SOSTENIMIENTO

CONTRABÓVEDA

S-5

BULONES

+

24 CM GONITA

($K_0 = 1.5$)

150 kp/cm²

30 kp/cm²

S-8-5

29 CM GONITA

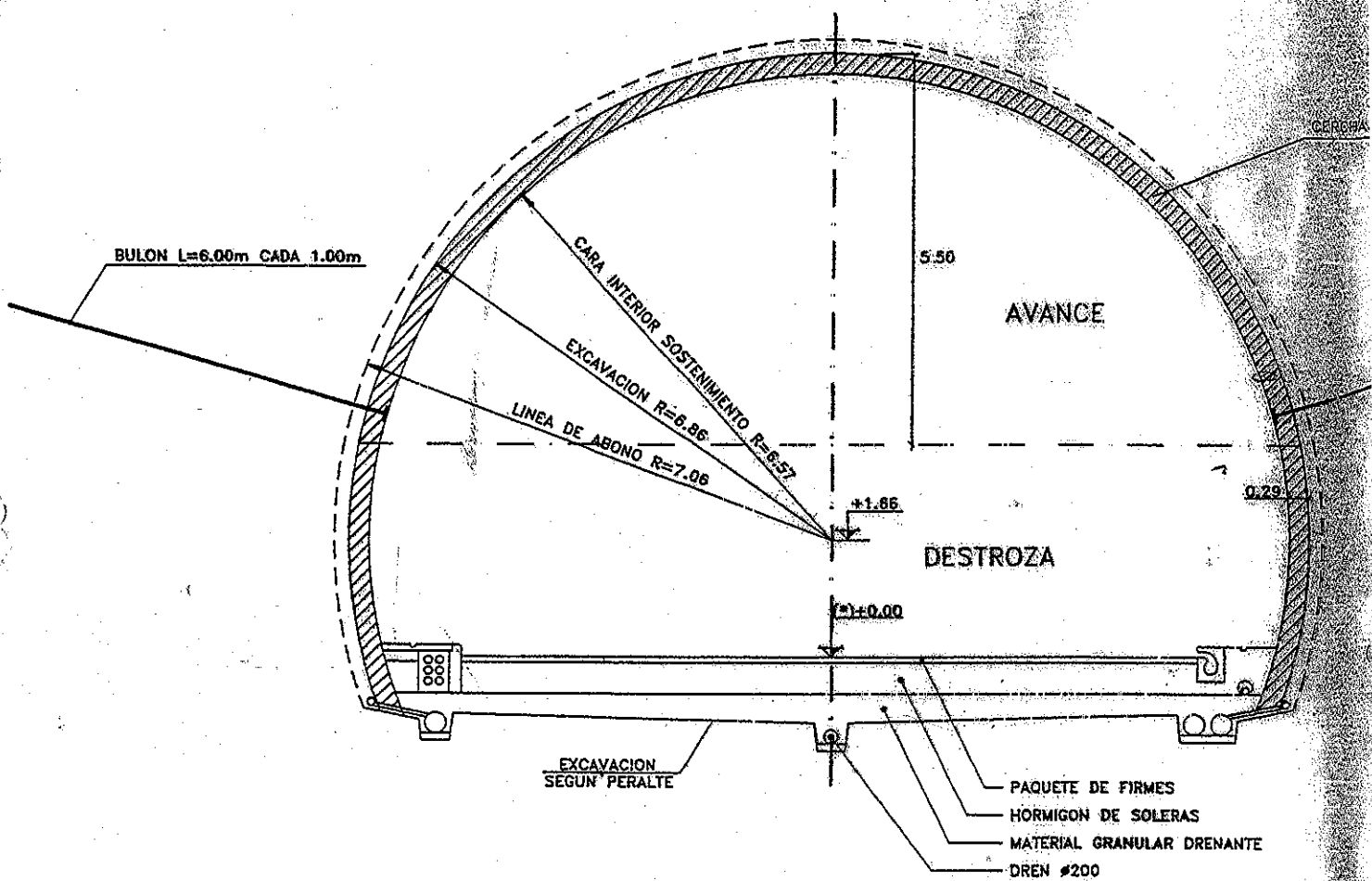
($K_0 = 1.5$)

110 kp/cm²

25 kp/cm²

ANÁLISIS RETROSPECTIVO

- EN DIVERSAS SECCIONES DE LA BOCA SUR, UNA VEZ COLOCADO EL SOSTENIMIENTO DE GONITA ($e = 29 \text{ CM}$) CORRESPONDIENTE AL AVANCE Y UN BULÓN DE 6M AL PIE DE CADA MASTIL SE HAN MEDIDO CONVERGENCIAS QUE SUPERAN LOS 30MM (NIVEL I $\equiv 20\text{MM}$; NIVEL II $\equiv 25\text{MM}$; NIVEL III $\equiv 30\text{MM}$).
- ESTAS SECCIONES SE REFORZARON MEDIANTE BULONES Y EN ALGUNAS SE CONSTRUYÓ UNA SOLERA DE HORMIGÓN DE 25CM EN AVANCE.
- MEDIANTE UN ANÁLISIS RETROSPECTIVO SE HAN AJUSTADO PARÁMETROS DEL TERRENO Y K_0 , CORRESPONDIENTES A DOS SITUACIONES EN LAS QUE SE REGISTRAN CONVERGENCIAS DE 20MM Y 60MM DESPUÉS DE EJECUTAR EL SOSTENIMIENTO EN AVANCE (SE SUPONE QUE SON EL 50% DE LOS MOVIMIENTOS PRODUCIDOS DESDE EL INICIO DEL AVANCE).

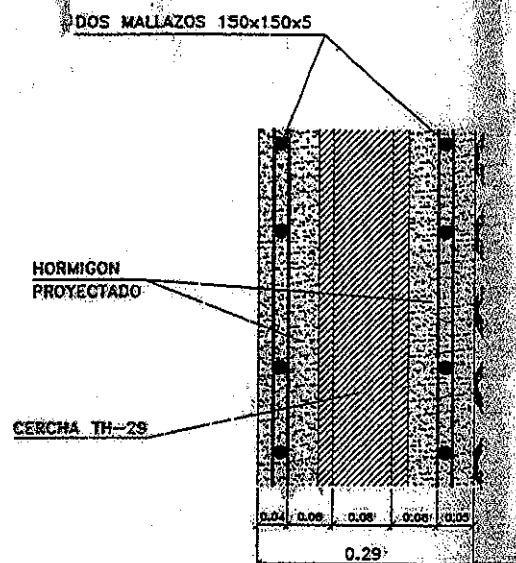


SOSTENIMIENTO TIPO S-8 (EN MARGAS)

ESCALA 1/50

NOTA: EL RADIO TEORICO DE EXCAVACION INCLUYE UN MARGEN DE CONVERGENCIA DE 5 cm.

CARACTERISTICAS DE MATERIALES								
ELEMENTO	MATERIALES						EJECUCION	
	HORMIGON			ACERO				
	TIPO	CONTROL	γ_a	TIPO	CONTROL	γ_a	CONTROL	γ_f
HORMIGON	CE-25	NORMAL	1.50	BS-500	NORMAL	1.15	NORMAL	1.05
GRUTA	CE-25	NORMAL	1.50	BS-500	NORMAL	1.15	NORMAL	1.05
ACERO ESTRUCTURAL	-	-	-	A-42	NORMAL	-	-	-



SECCION TRA
Escala 1:5



Ministerio de Fomento

SECRETARIA DE ESTADO
DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

EL DISEÑO DE LA
ASISTENCIA TECNICA

LA DIRECCION DE OBRA

EL CONTRATISTA

ESCALA
VER EN
ORIGINALES

-29 CADA 1.50m

HORMIGON PROYECTADO

BULON L=6.00m CADA 1.00m

TRESILLONES DE UNION ENTRE CERCAS

CERCHA TH-29 CADA 1.50m

COTA RELATIVA ±0.00
IGUAL A COTA FIRME EN EJE TUNEL

ALZADO
ESCALA 1/50

1.50

S-8 (EN MARGAS)

		SECCIONES TIPO					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
EXCAVACION (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTROZA						
	BATAQUES						
ABONO (M ³ /M)	AVANCE						
	DESTROZA						
	BATAQUES						
HORMIGON PROYECTADO	ESPESORES CAPAS (cm)	SELLADO					
		1ª CAPA					
		2ª CAPA					
		ABONO					
	TOTAL M ³ /M						
MALLAZO #4 A-0.10	TOTAL M ³ /M						
BULONES #25 de 4.50m	SEPARACION						
	DENSIDAD (BULONES/M)						
CERCAS	TIPO Y SEPARACION						
	TRESILLONES						
PRESOLERA	AVANCE (M ³ /m)						
	DESTROZA (M ³ /m)						
HORMIGON REVESTIMIENTO	BOVEDA (M ³ /m)						
	CONTRABOVEDA (M ³ /m)						
	MATERIALES BATAQUES (M ³ /m)						

VERSAL

PLANO 08-01	TITULO: PROYECTO DE CONSTRUCCION AUTOVIA GUON - VILLAVICIOSA TRAMO: INFANZON (GUON) - GRASES (VILLAVICIOSA)	CLAVE: 12-0-3360	Nº DE PLANO: 8.17	TITULO DEL PLANO: TUNEL DE NIEVARES SECCION DE SOSTENIMIENTO TIPO S-8 (EN MARGAS)	FECHA: 19 SEP 2002 REVISION Nº: 1
			HOJA 19C DE 33		

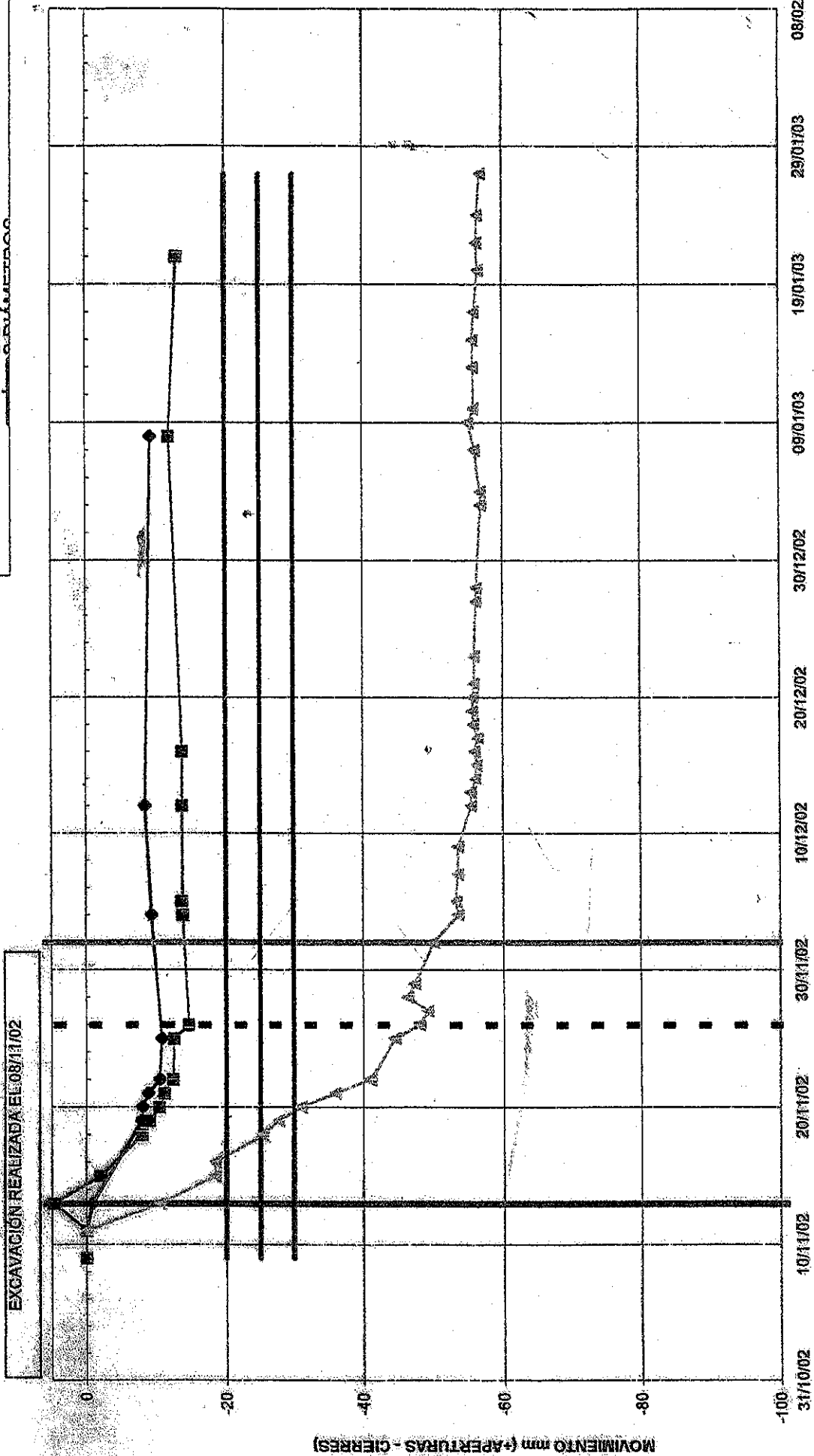
CONVERGENCIAS: TÚNEL NIÉVARES SUR DERECHA

P.K. AVANCE 460,00 P.K. AUTOVÍA 7+582

C-22 SOSTENIMIENTO S8

EXCAVACIÓN REALIZADA EL 08/11/02

- AB
- BC
- ▲— AC
- x— BD
- *— BE
- DE



Error de lectura 20-11-02 / 27-11-02

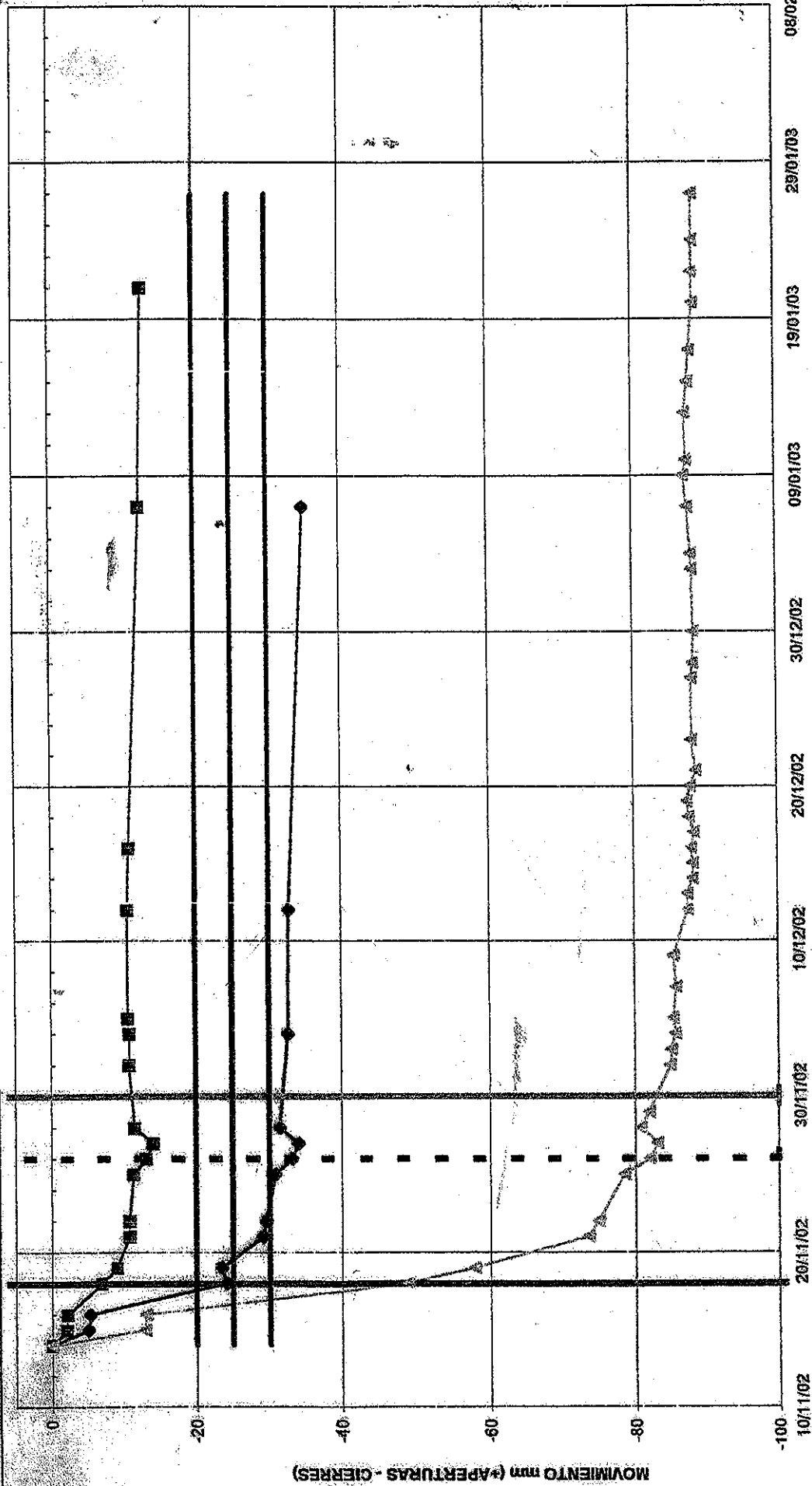
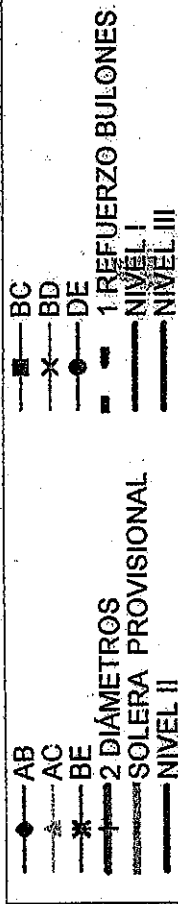
FECHA DE LECTURA

CONVERGENCIAS: TÚNEL NIÉVARES SUR DERECHA

P.K. AVANCE 486.00 P.K. AUTOVÍA 7+55.5

C - 23 SOSTENIMIENTO S9

EXCAVACIÓN REALIZADA EL 13/11/02



Error de lectura 20-11-02 / 27-11-02

FECHA DE LECTURA

ANÁLISIS RETROSPECTIVO. NIÉVARES-SB-R1

FASE 1: EXCAVACIÓN EN AVANCE
COEF. RELAJACIÓN, $\alpha = 0.5$

FASE 2: SOSTENIMIENTO DE HORMIGÓN
(29 CM) Y UN BULÓN (ϕ -25, INYECTADO), DE 6 M, CADA 1.5 M, AL PIE
DE CADA HASTIAL.

- SE HAN AJUSTADO LOS PARÁMETROS GEOMECÁNICOS, CONSIDERANDO, $K_0 = 2.2$, PARA QUE EN LA FASE 2, EL MOVIMIENTO HORIZONTAL DEL PUNTO INFERIOR DEL HASTIAL, SEA ≈ 20 MM $\equiv$ CONVERGENCIA DE 40 MM, REFERIDA AL ORIGEN (2 DOBLE DE LA REGISTRADA "IN SITU" DESPUÉS DE COLOCAR EL SOSTENIMIENTO)

- PARÁMETROS AJUSTADOS

$$E_{so}^{ref} = 35 \times 10^4 \text{ KN/m}^2 \quad (20 \times 10^4 \text{ KN/m}^2)$$

$$C' = 60 \text{ KN/m}^2$$

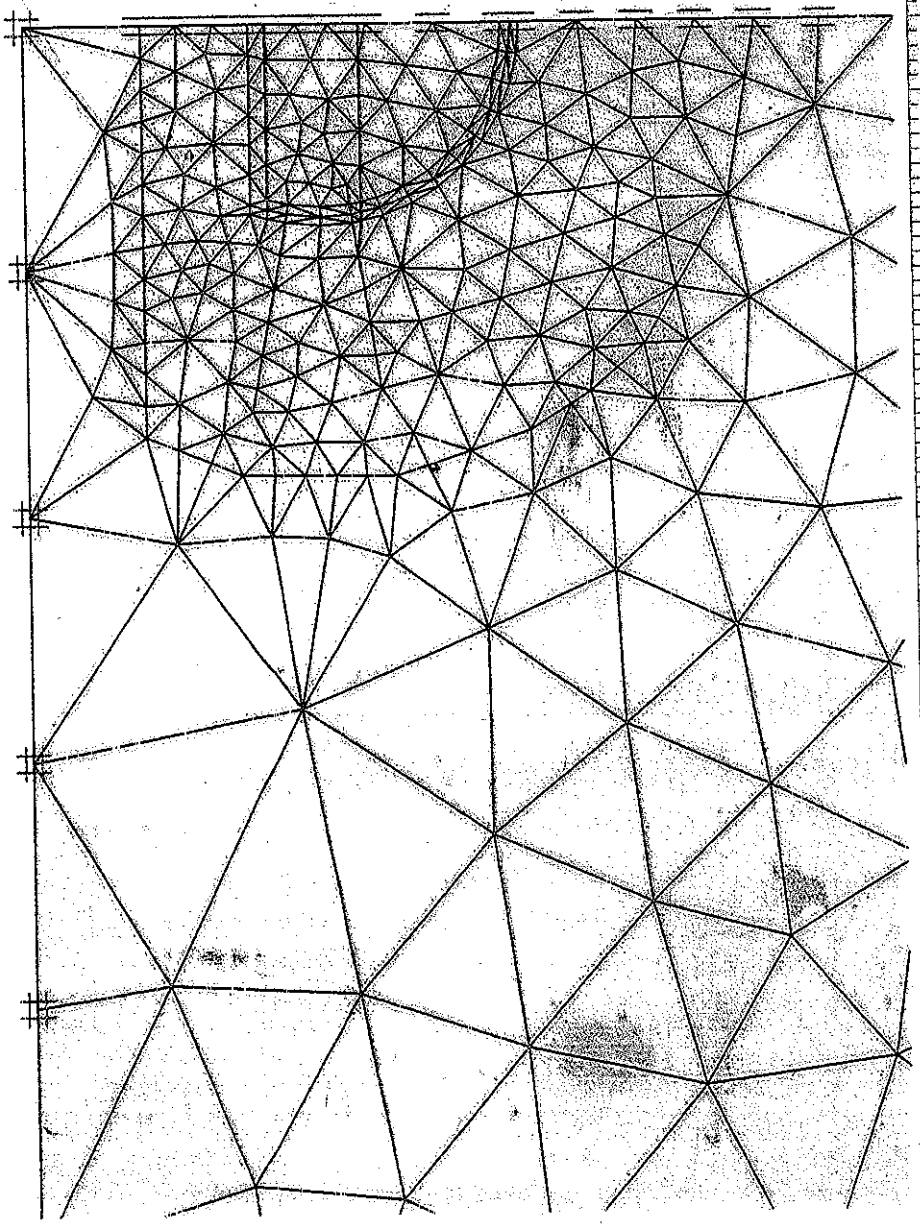
$$(50 \text{ KN/m}^2)$$

$$\phi' = 30^\circ$$

$$(30^\circ)$$

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00 40.00

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00



Connectivities

Project description

NIEVARES_S8_R1

Project name

NIEVARES_S8_R1

Step

0

Date

30/05/06

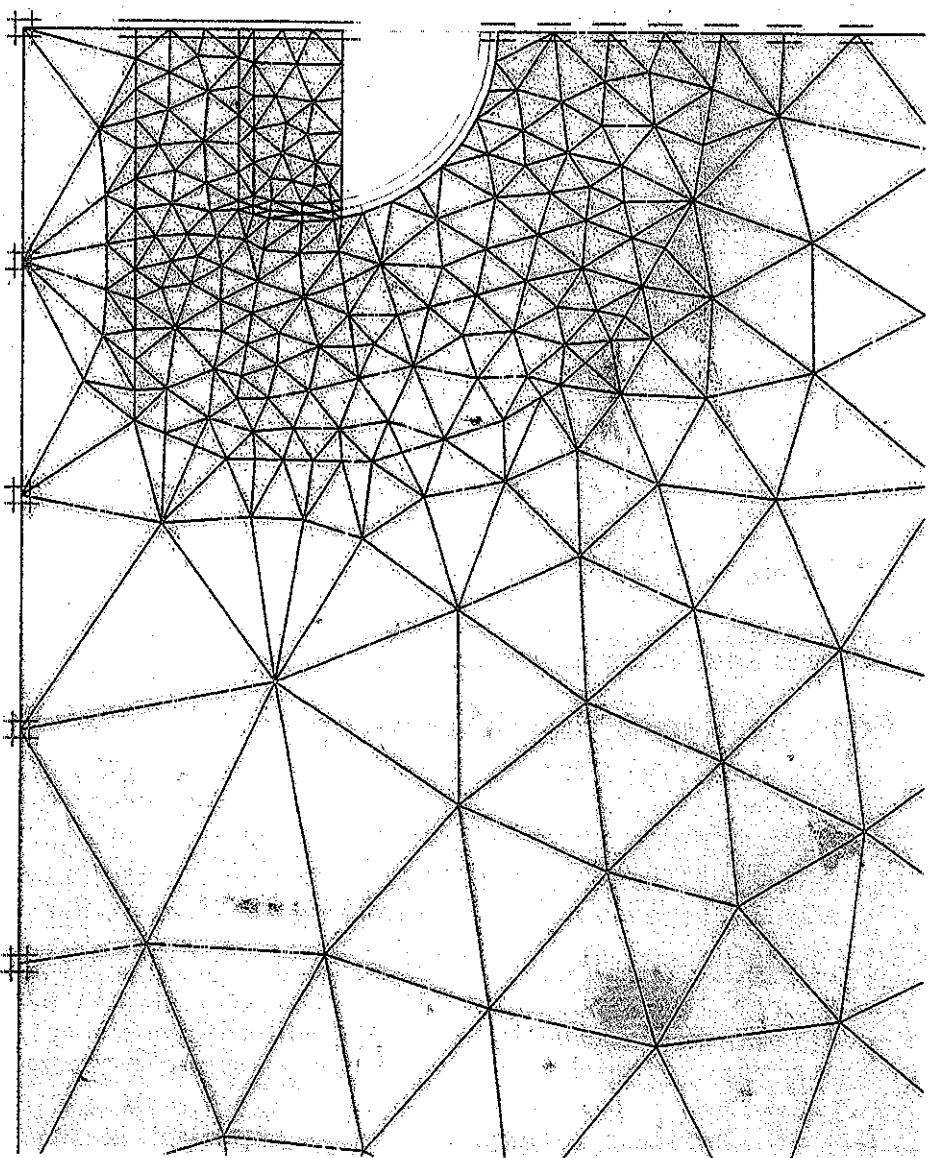
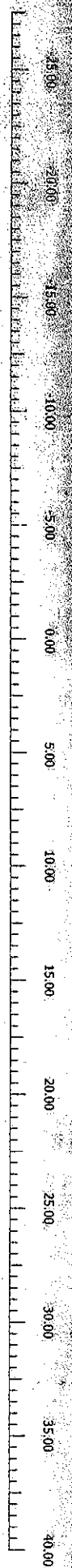
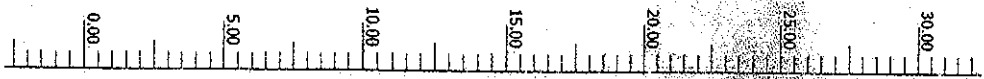
User name

PAFCOM



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746



Deformed mesh
Extreme total displacement $8.29 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements at true scale)



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.74c

Project description

NIEVARES_S8_R1 (FASE 1)

Project name

NIEVARES_S8_R1

Step

9

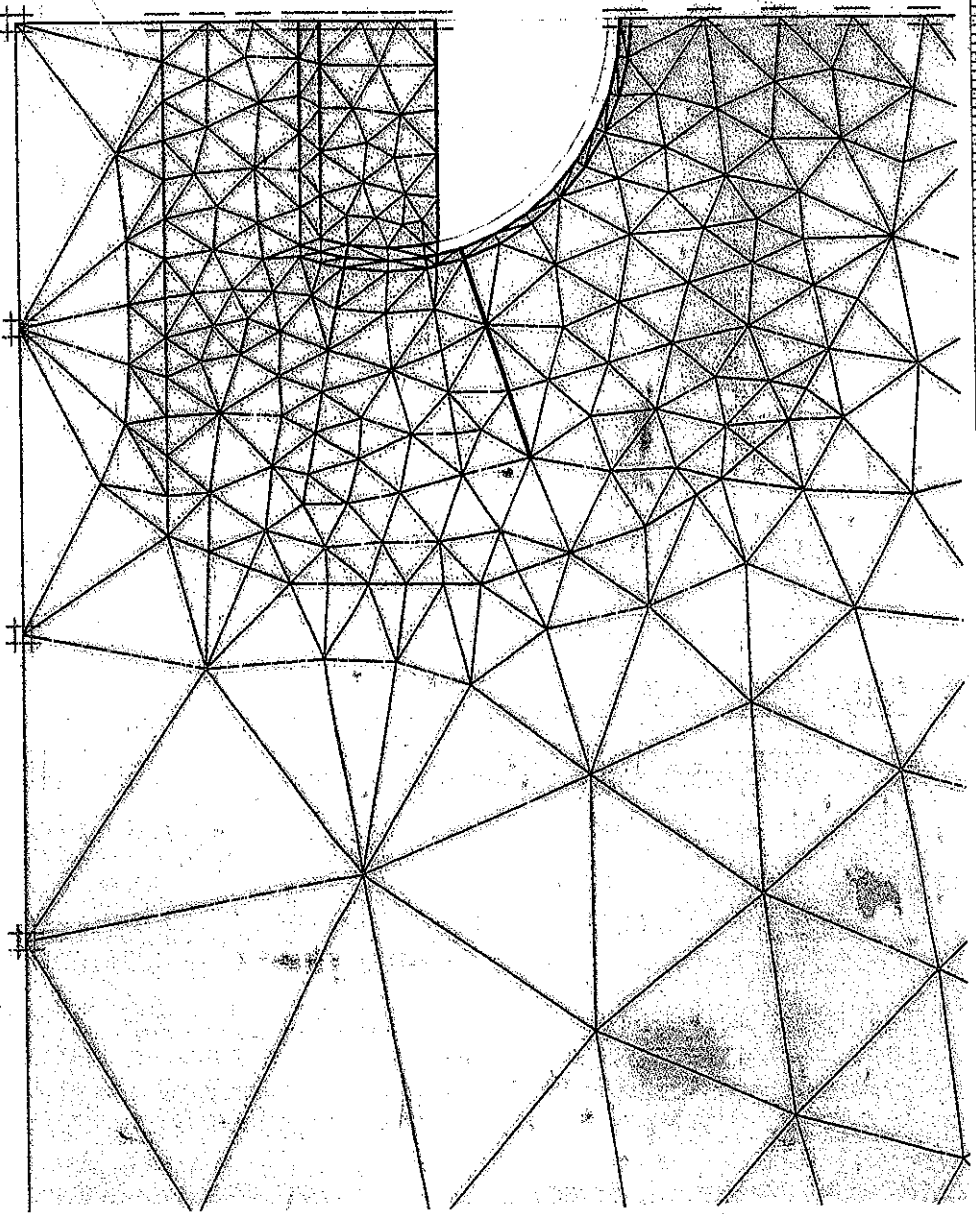
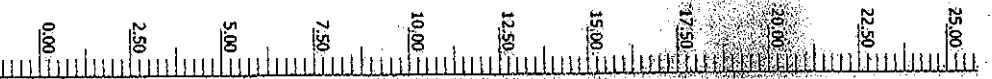
Date

30/05/06

User name

PAFCOM

12.50 15.00 17.50 20.00 22.50 25.00 27.50



Deformed mesh
Extreme total displacement 49.97×10^{-3} m
(displacements at true scale)

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

NIEVARES_S8_R1 (FASE 2)

Project name

NIEVARES_S8_R1

Step

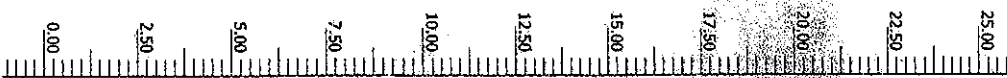
63

Date

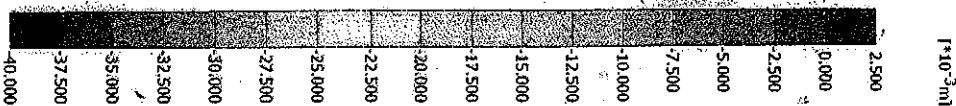
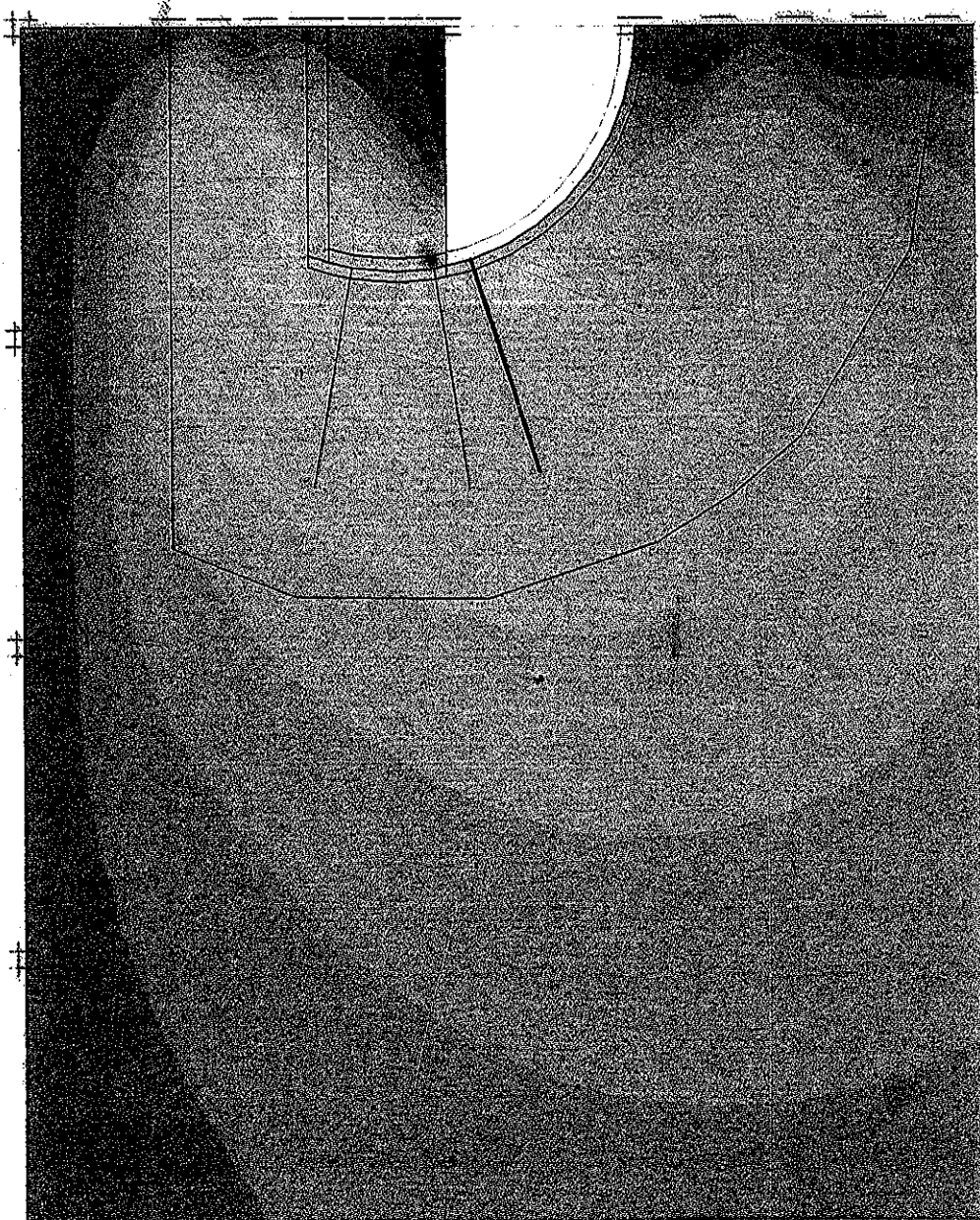
30/05/06

User name

PAFCOM



12.50 10.00 7.50 5.00 2.50 0.00 2.50 5.00 7.50 10.00 12.50 15.00 17.50 20.00 22.50 25.00 27.50 30.00



Horizontal displacements (Ux)
Extreme Ux: -39.07×10^{-3} m

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

NIEVARES_S8_R1(FASE 2)

Project name

NIEVARES_S8_R1

Step

63

Date

30/05/06

User name

PAFCOM

ANÁLISIS RETROSPECTIVO. NIÉVARES-S8-R2

- SE HAN AJUSTADO LOS PARÁMETROS GEOMECÁNICOS, CONSIDERANDO $K_0 = 0.5$ PARA QUE EN LA FASE 3, EL MOVIMIENTO HORIZONTAL DEL PUNTO INFERIOR DEL HASTIAL SEA $\approx 60 \text{ MM}$ = CONVERGENCIA DE 120 MM REFERIDA AL ORIGEN ($\approx$ DOBLE DE LA REGISTRADA "IN SITU" DESPUÉS DE COLOCAR EL SOSTENIMIENTO Y EL REFUERZO).

• PARÁMETROS AJUSTADOS

$$E_{so}^{ref} = 10 \times 10^4 \text{ KN/m}^2 \quad (20 \times 10^4 \text{ KN/m}^2)$$

$$c' = 15 \text{ KN/m}^2 \quad (50 \text{ KN/m}^2)$$

$$\phi' = 30^\circ \quad (30^\circ)$$

ANÁLISIS RETROSPECTIVO. NIÉVARES-S8.22

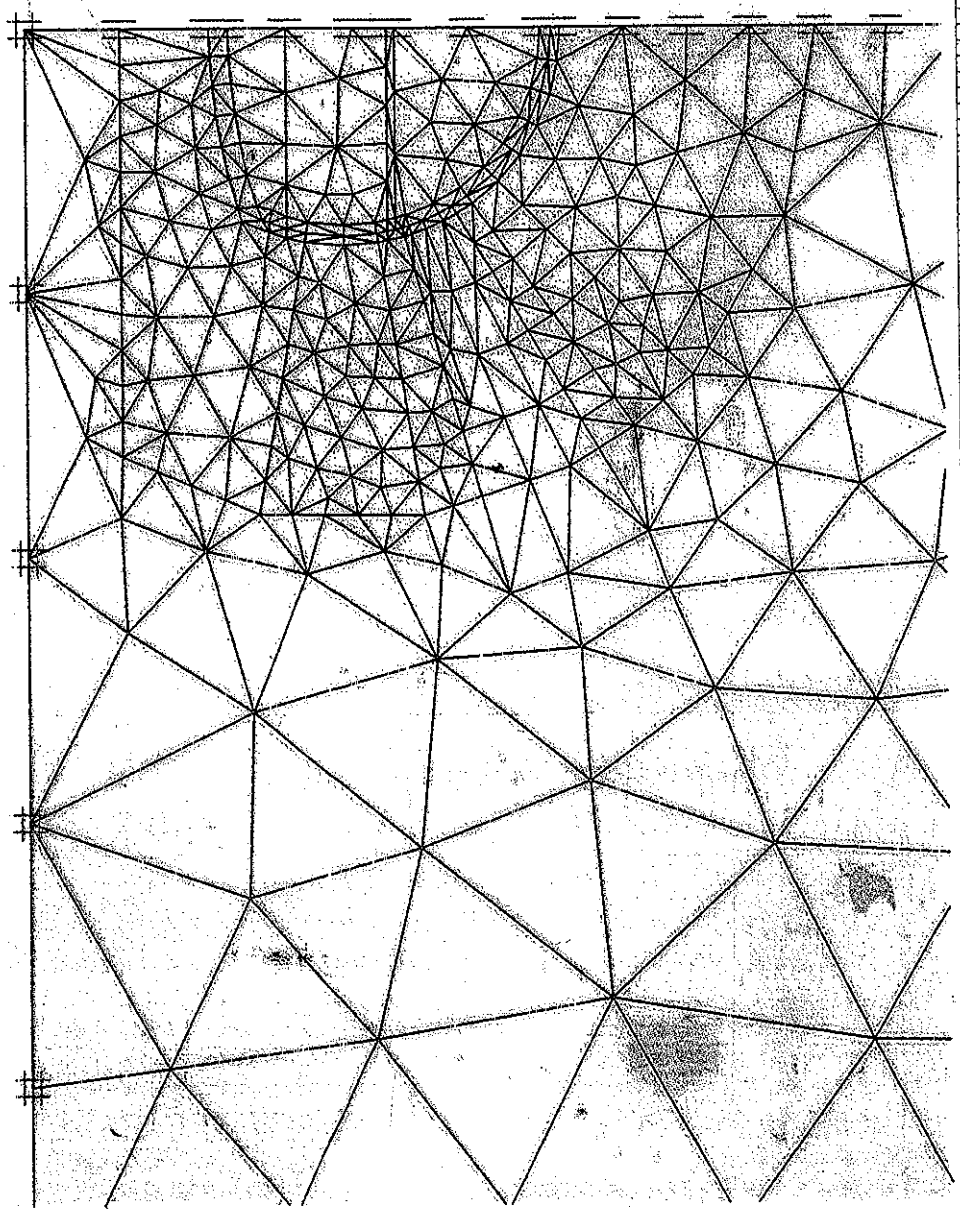
FASE 1: EXCAVACIÓN EN AVANCE
COEF. DE RELAJACIÓN, $\alpha = 0.5$

FASE 2: SOSTENIMIENTO DE HORMIGÓN
(29CM) Y UN BULÓN (ϕ -25, INYECTADO),
DE 6M, CADA 1.5M, AL PIE DE CADA
HASTIAL. COEF. RELAJACIÓN, $\alpha = 0.95$

FASE 3: SE SIMULA LA EJECUCIÓN DE UN
REFUERZO EN AVANCE CON OBJETO
DE DETENER LOS MOVIMIENTOS
HORIZONTALES: 3 bulones
(ϕ -25, INYECTADOS), DE 9M, CADA
1.5M, Y UNA PRESOLERA DE 25CM
DE HORMIGÓN.

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00



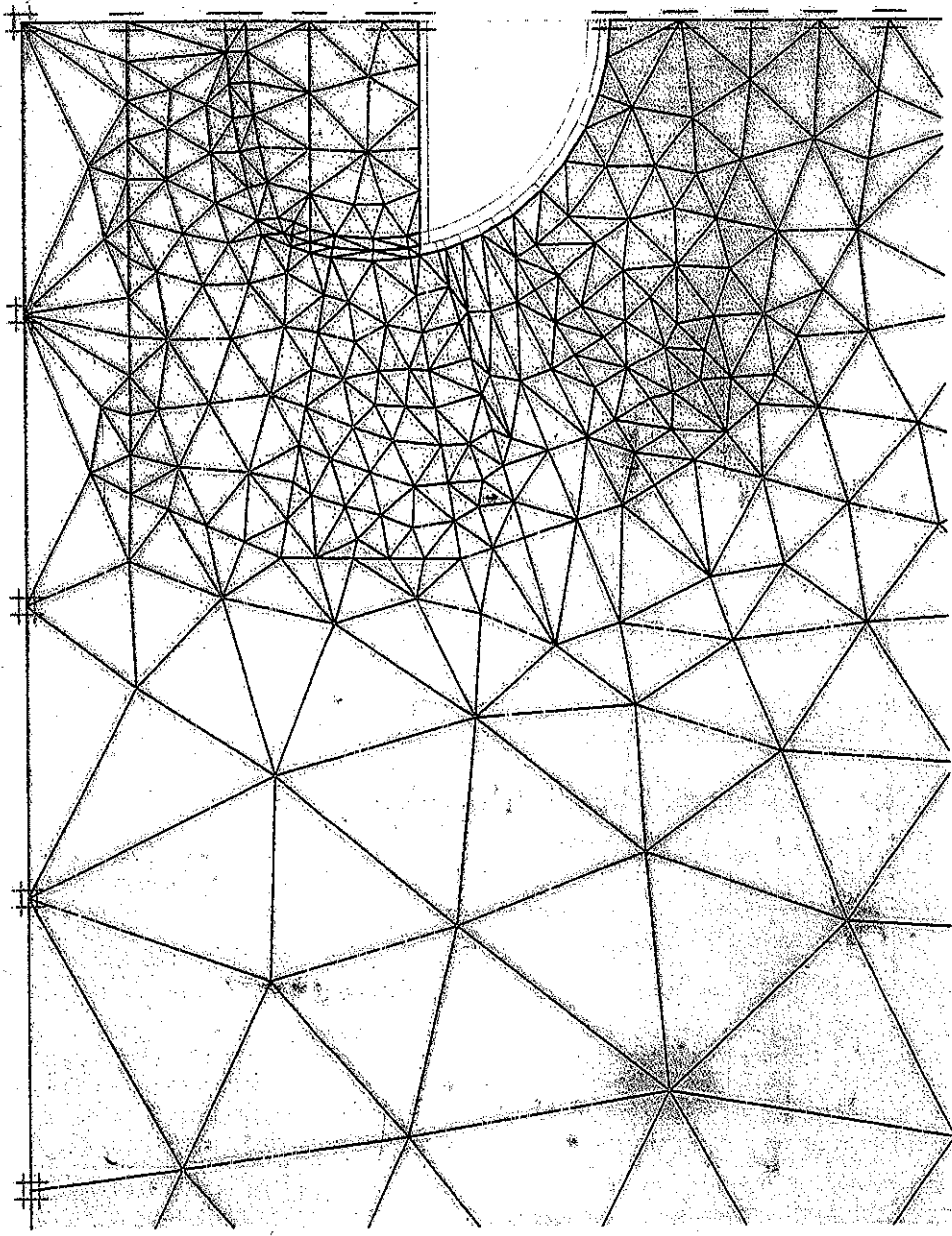
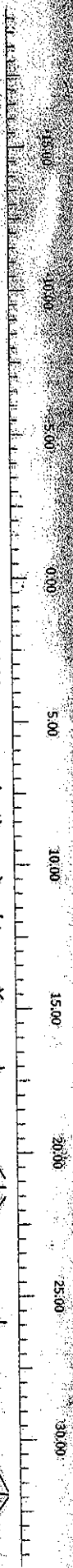
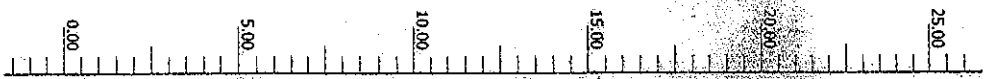
Deformed mesh
Extreme total displacement 0.00 m
(displacements scaled up 0.00 times)



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description			
Project name	Step	Date	User name
NIEVARES_S8_R2	0	30/05/06	PAFCOM
NIEVARES_S8_R2			



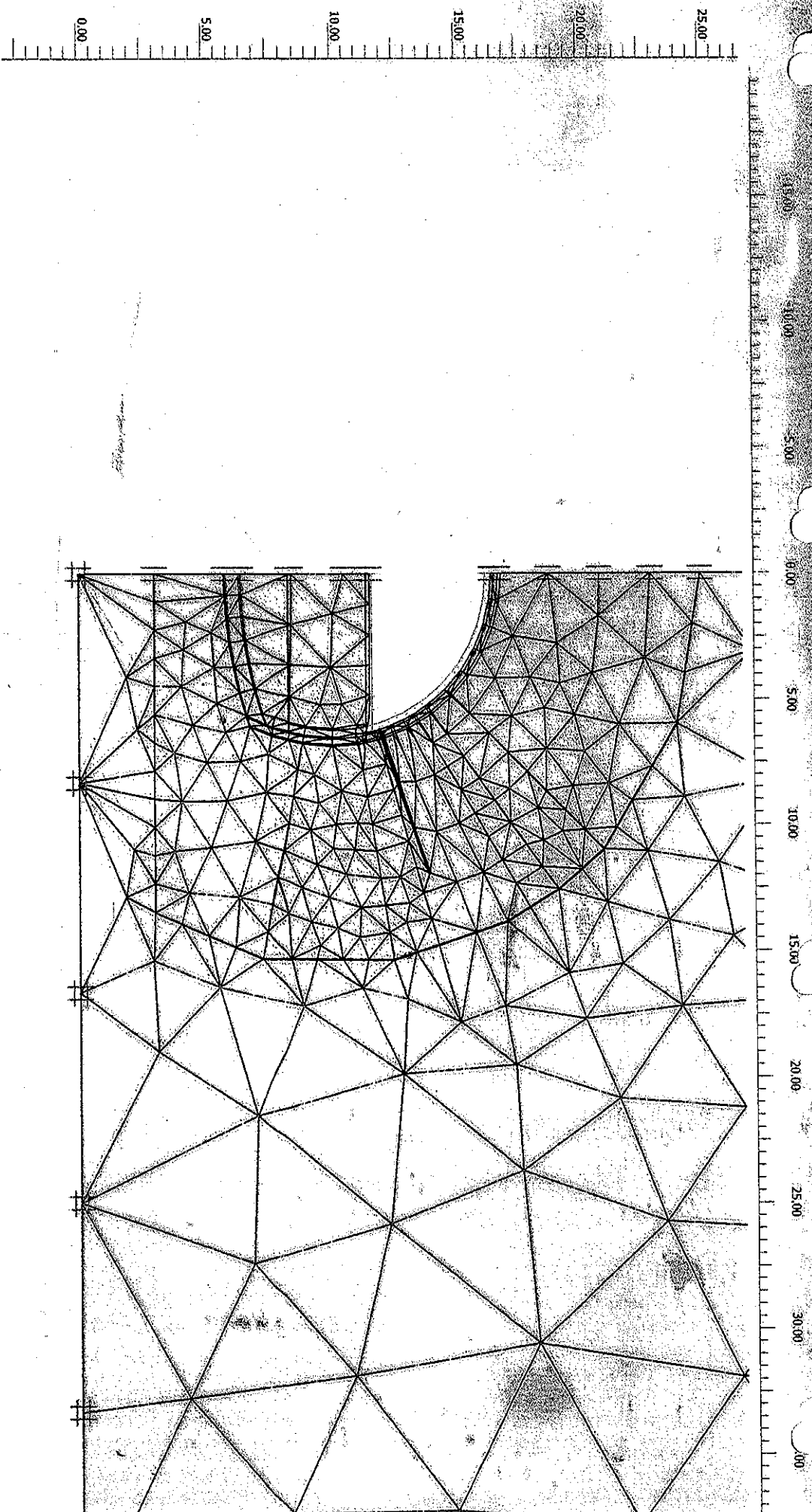
Deformed mesh
Extreme total displacement 25.16×10^{-3} m
(displacements at true scale)



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description			
Project name	Step	Date	User name
NIEVARES_S8_R2	10	30/05/06	PAFCOM
NIEVARES_S8_R2 (FASE 1)			



Deformed mesh
Extreme total displacement 159.39×10^{-3} m
(displacements at true scale)

Project description

NIEVARES_S8_R2 (FASE 2)

Project name

NIEVARES_S8_R2

Step

96

Date

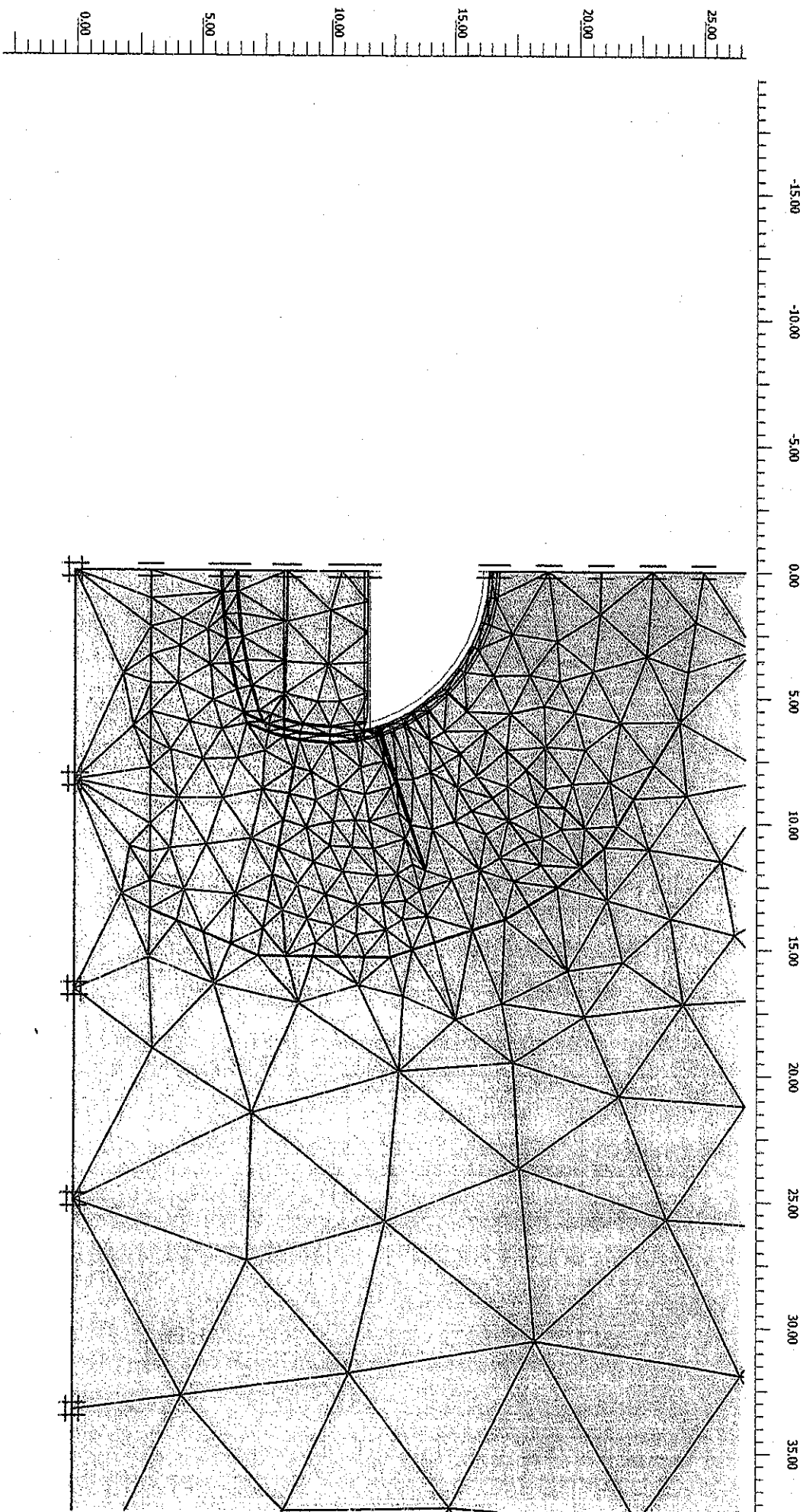
30/05/06

User name

PAFCOM



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses



Deformed mesh
Extreme total displacement 159.39×10^{-3} m
(displacements at true scale)

Project description

NIEVARES_S8_R2 (FASE 2)

Project name

NIEVARES_S8_R2

Step

96

Date

30/05/06

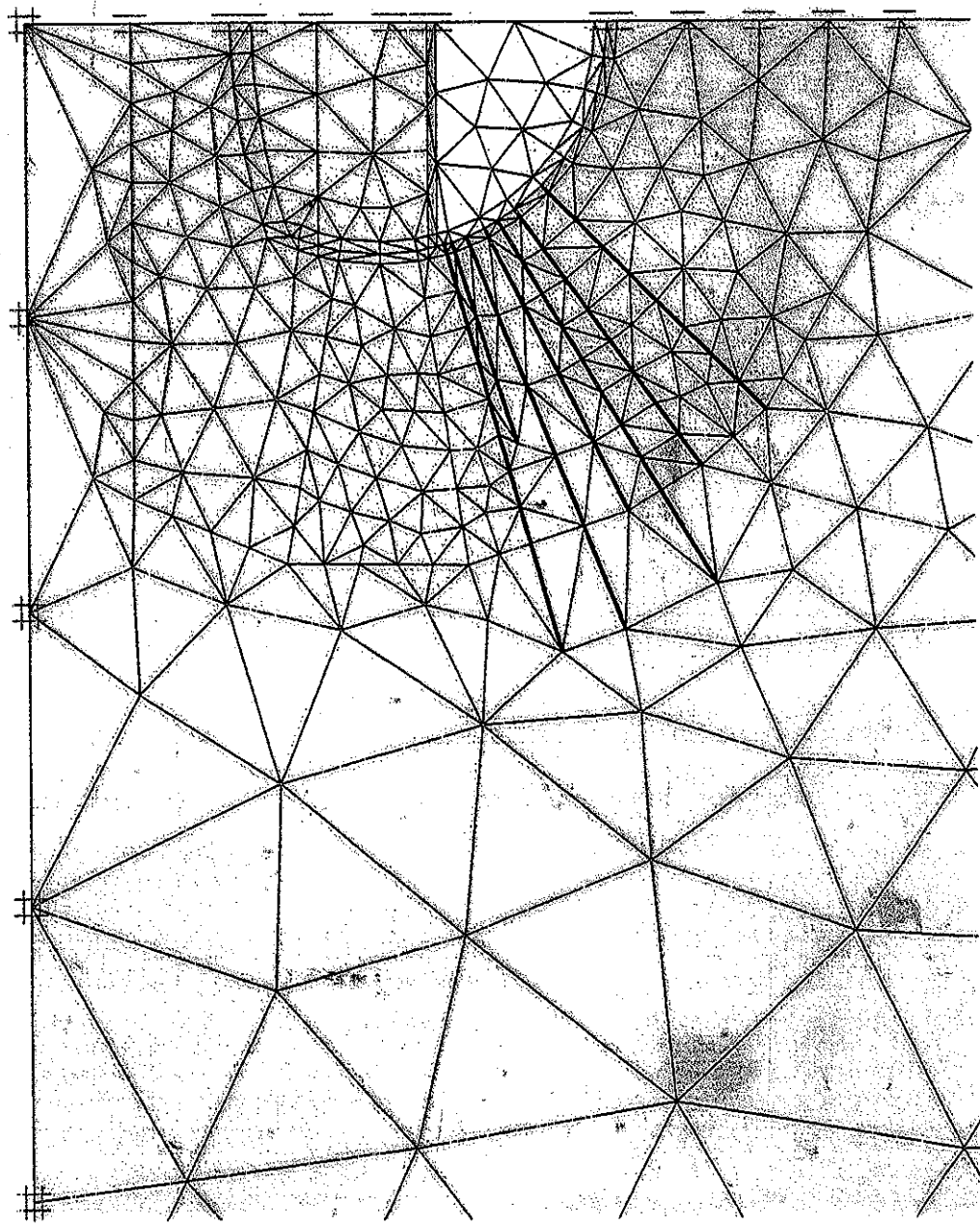
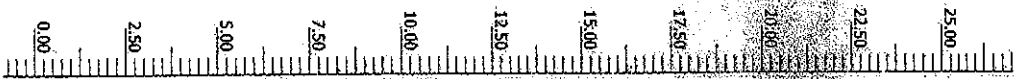
User name

PAFCOM

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

17.50 15.00 12.50 10.00 7.50 5.00 2.50 0.00 2.50 5.00 7.50 10.00 12.50 15.00 17.50 20.00 22.50 25.00 27.50 30.00 32.50



Connectivites

Project description

NIEVARES_S8_R2 (FASE 3)

Project name

NIEVARES_S8_R2

Step

102

Date

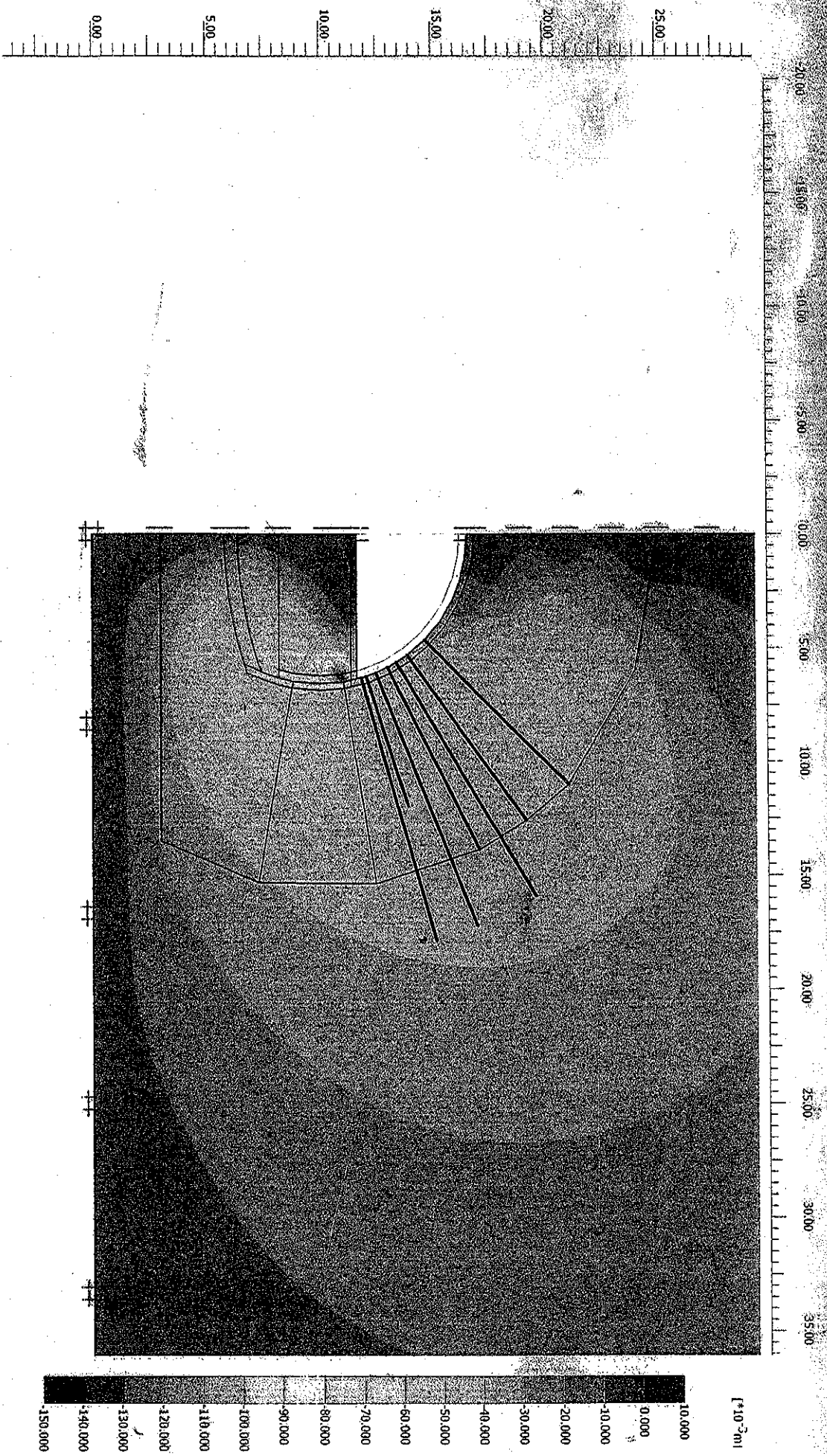
30/05/06

User name

PAFCOM



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses



Horizontal displacements (Ux)
Extreme Ux -142,56*10⁻³ m

Project description

NIEVARES_S8_R2 (FASE 3)

Project name	Step	Date	User name
NIEVARES_S8_R2	102	30/05/06	PAFCOM



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

60.00 80.00 100.00 120.00 140.00 160.00 180.00 200.00 220.00 240.00 260.00 280.00 300.00 320.00 340.00 360.00 380.00 400.00 420.00 440.00 460.00 480.00 500.00 520.00 540.00 560.00 580.00 600.00 620.00 640.00 660.00 680.00 700.00 720.00 740.00 760.00 780.00 800.00 820.00 840.00 860.00 880.00 900.00 920.00 940.00 960.00 980.00 1000.00

SOLENA PLXUA (43CM)

$K_0 = 2.25$

PA 2XMETROS

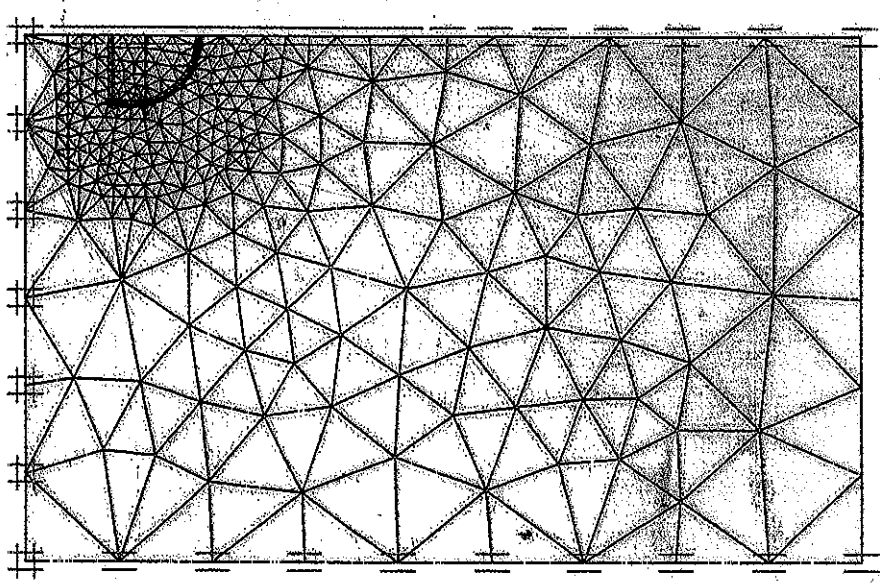
4300TA DOF EN

NIEVARA PER-S8-R1

$E_{ref} = 35 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$

$C' = 60 \text{ kN/m}^2$

$\phi' = 30^\circ$



Deformed mesh
Extreme total displacement 0,00 m
(displacements scaled up 0,00 times)



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses
Version 8.2.8/748

Project description

NIEVARA_S8_A2

Project name

NIEVARA_S8_A2

Step

0

Date

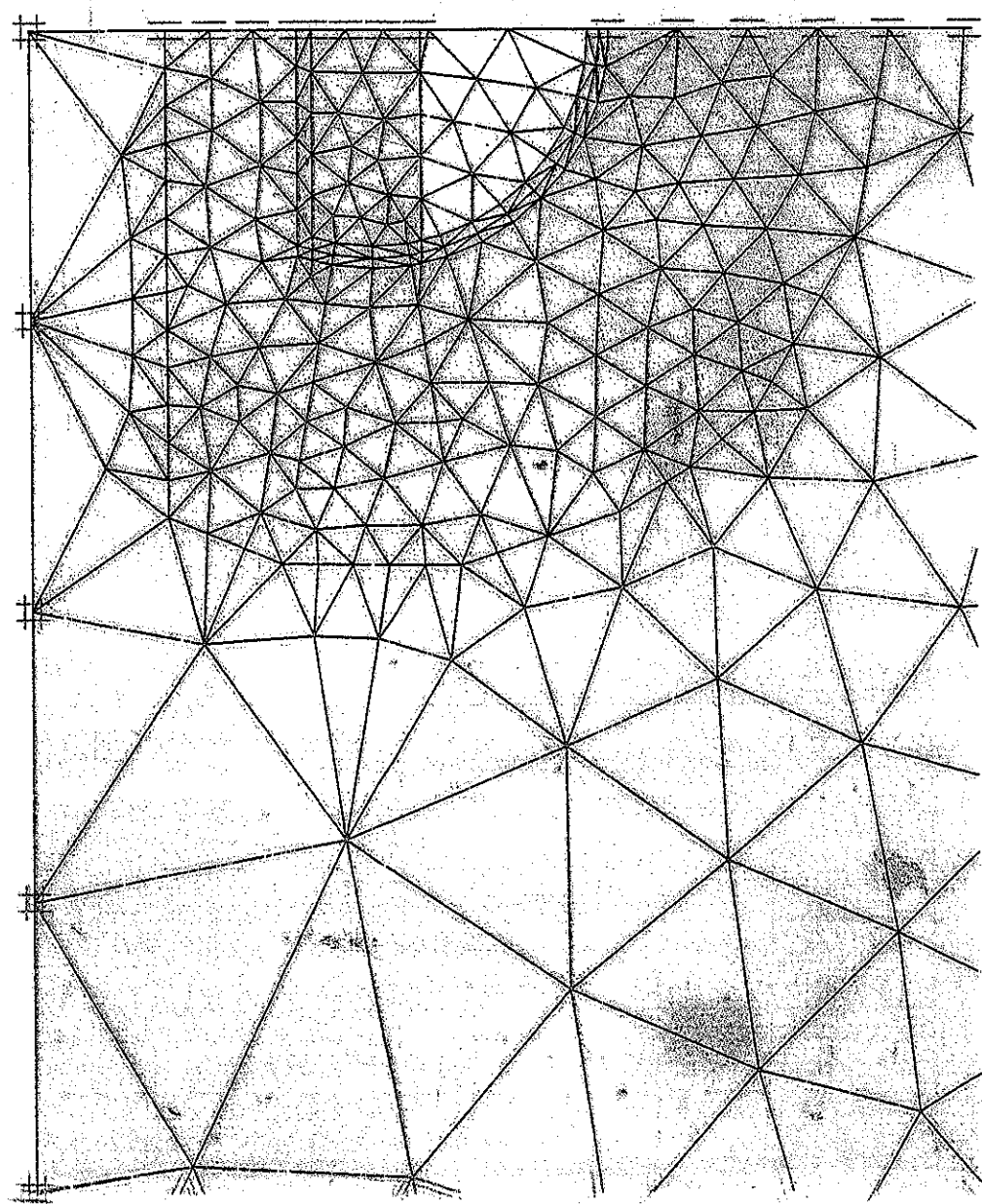
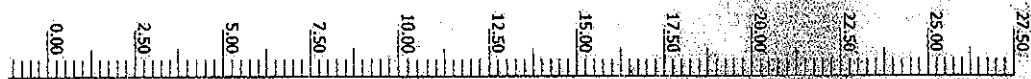
31/05/06

User name

PAFCOM

17.50 19.00 20.50 22.00 23.50 25.00 26.50 28.00 29.50 31.00 32.50

EXCAVACIÓN EN
AVANCE
 $\alpha = 0.5$



Connectivites



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8

Project description			
Project name	Step	Date	User name
NIEVARES_S8_A2	9	31/05/06	PAFCOM
NIEVARES_S8_A2 (FASE I)			

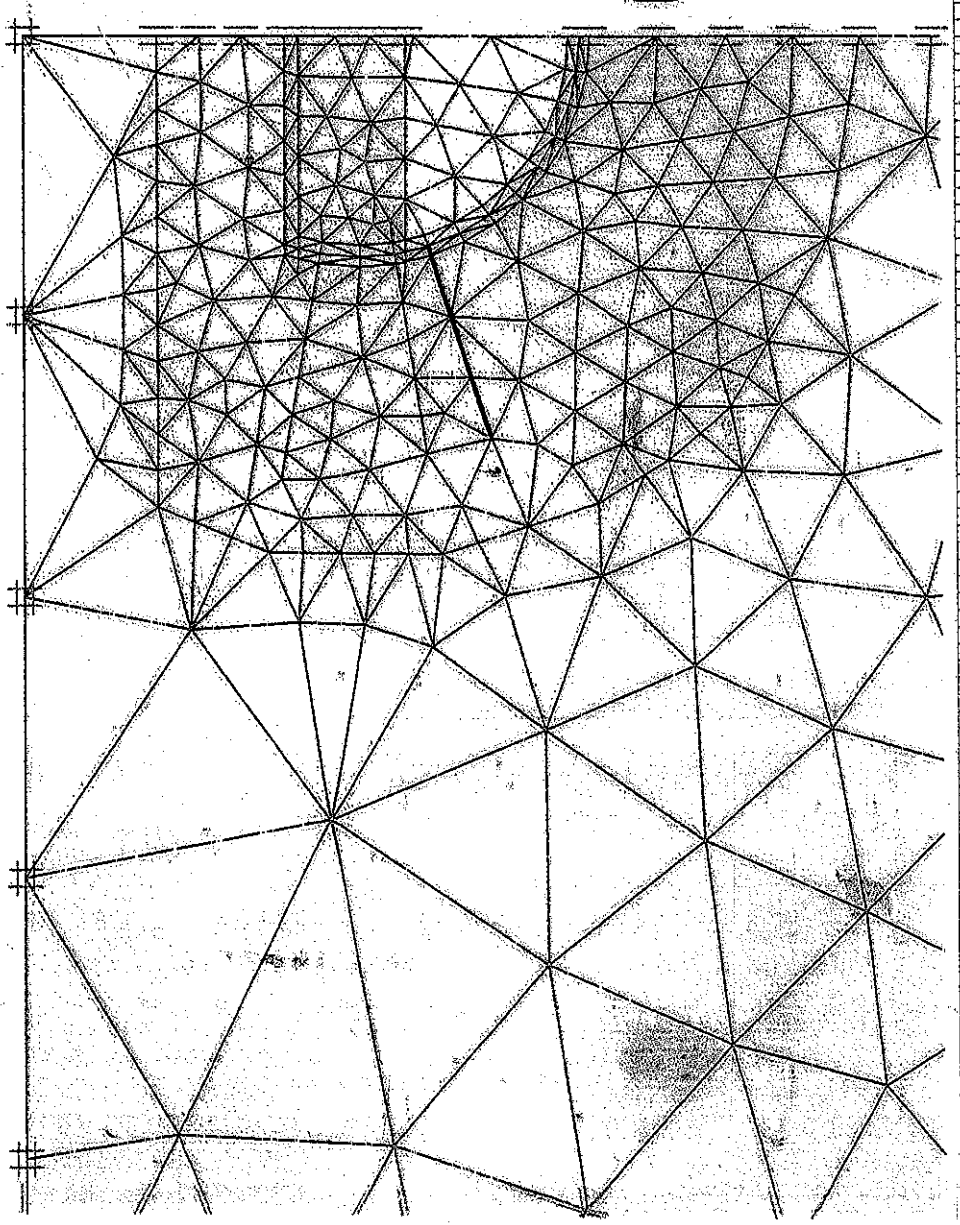
25.00 20.00 15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00

SOSTENIMIENTO
EN ALNQUE

GOLITTA = 29 CM

BOLÓN: ϕ -25 (inyectado)

L = 6 M / 1.5 M



Connectivites



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

Project name

NIEVARES_S8_A2

Step

51

Date

31/05/06

User name

PAFCOM

NIEVARES_S8_A2 (FASE 2)

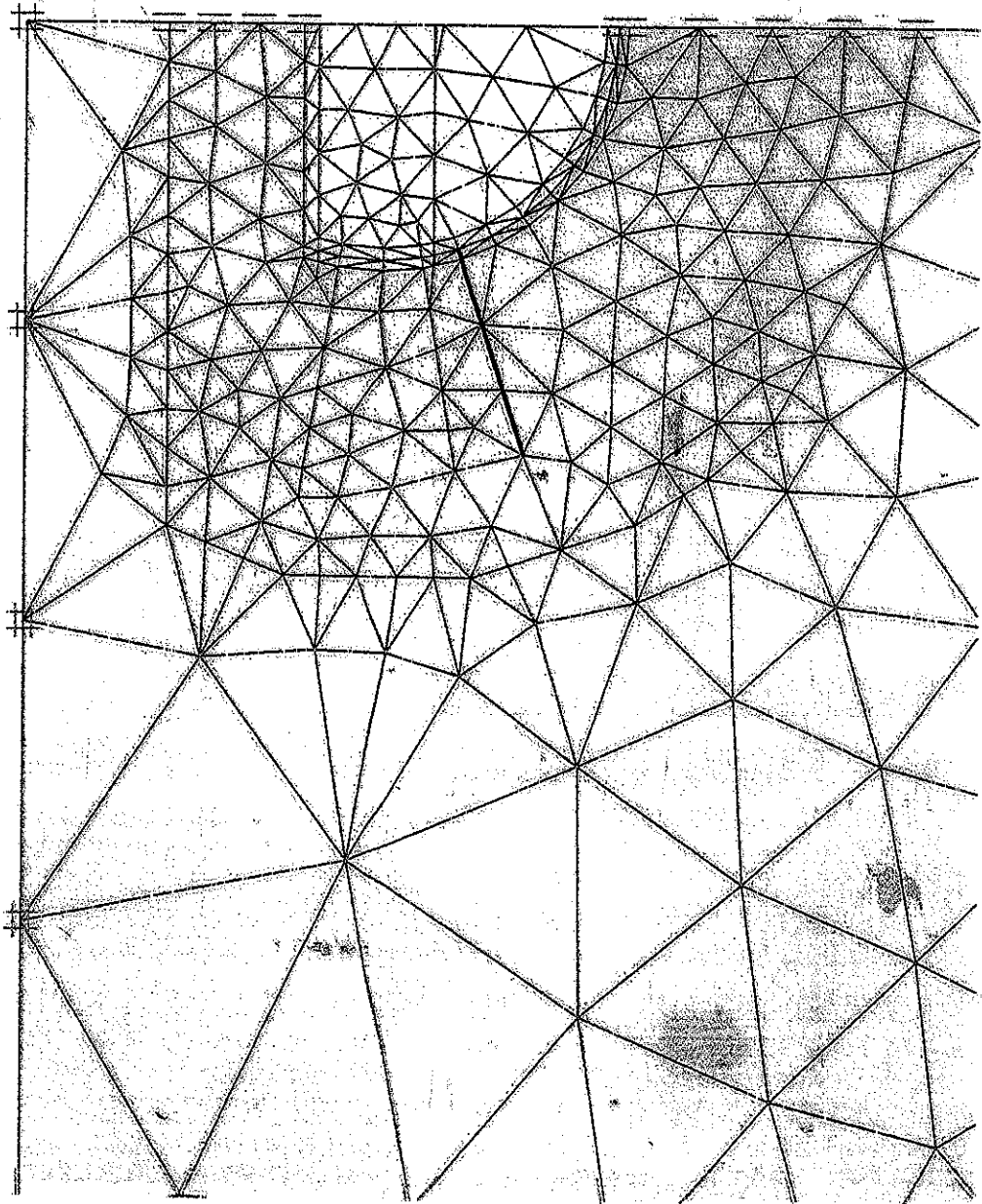
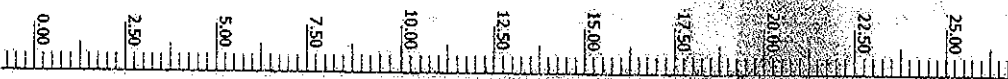
17.50 15.00 12.50 10.00 7.50 5.00 2.50 0.00 2.50 5.00 7.50 10.00 12.50 15.00 17.50 20.00 22.50 25.00 27.50 30.00 32.50

Horizontal distance (m)

EXCAVACIÓN EN

DESTROZA

$\alpha = 0.5$



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.74c

Project description

Project name

NIEVARES_S8_A2

Step

56

Date

31/05/06

User name

PAFCOM

NIEVARES_S8_A2 (FASE 3)

15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00

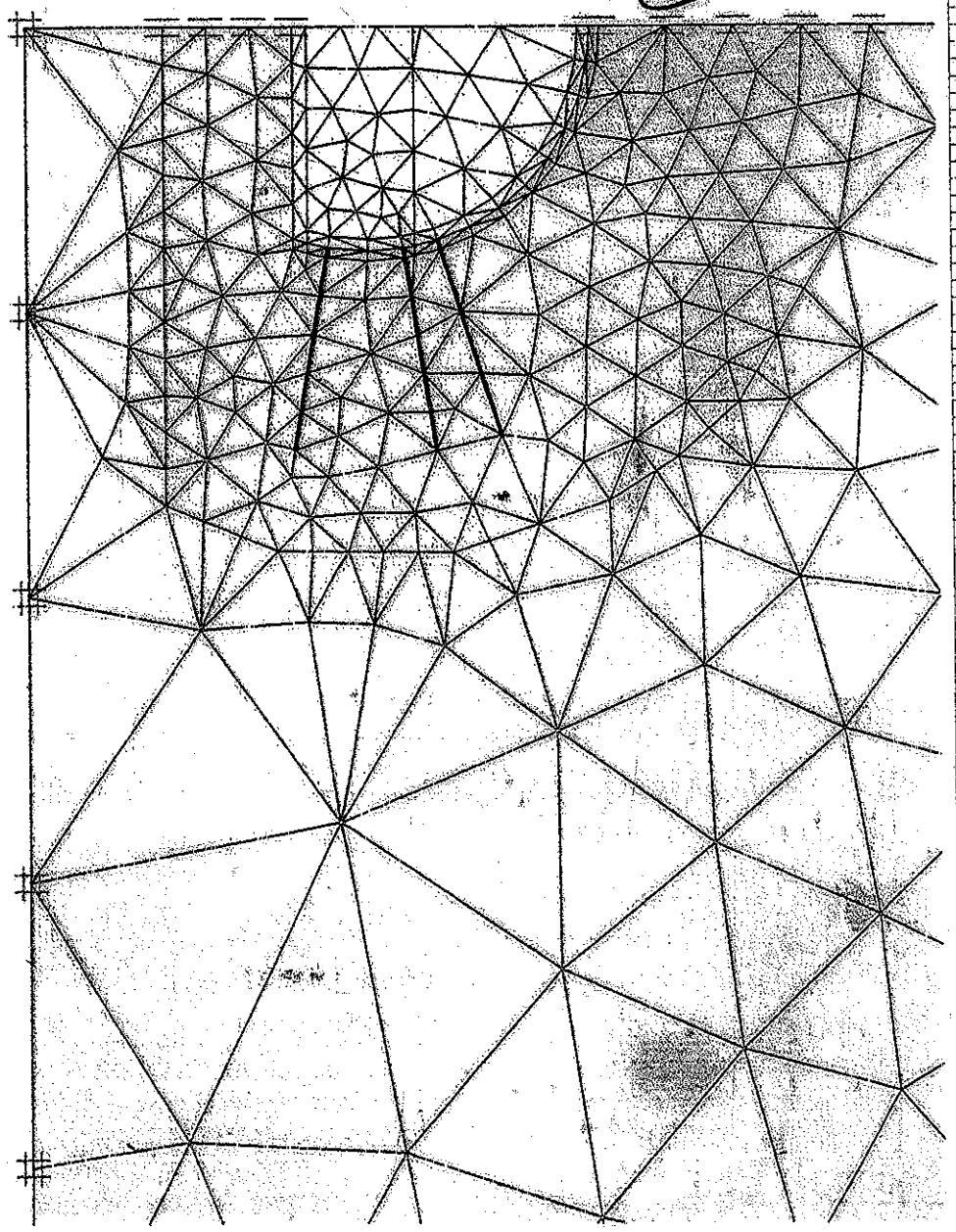
SOSTENIMIENTO

GRANITA: 29 CM

2 bollones (auto perforante)

L = 6 M / 1.5 M

$\alpha = 0.75$



Connectives

PLAXIS

Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

Project name

NIEVARES_S8_A2

Step

60

Date

31/05/06

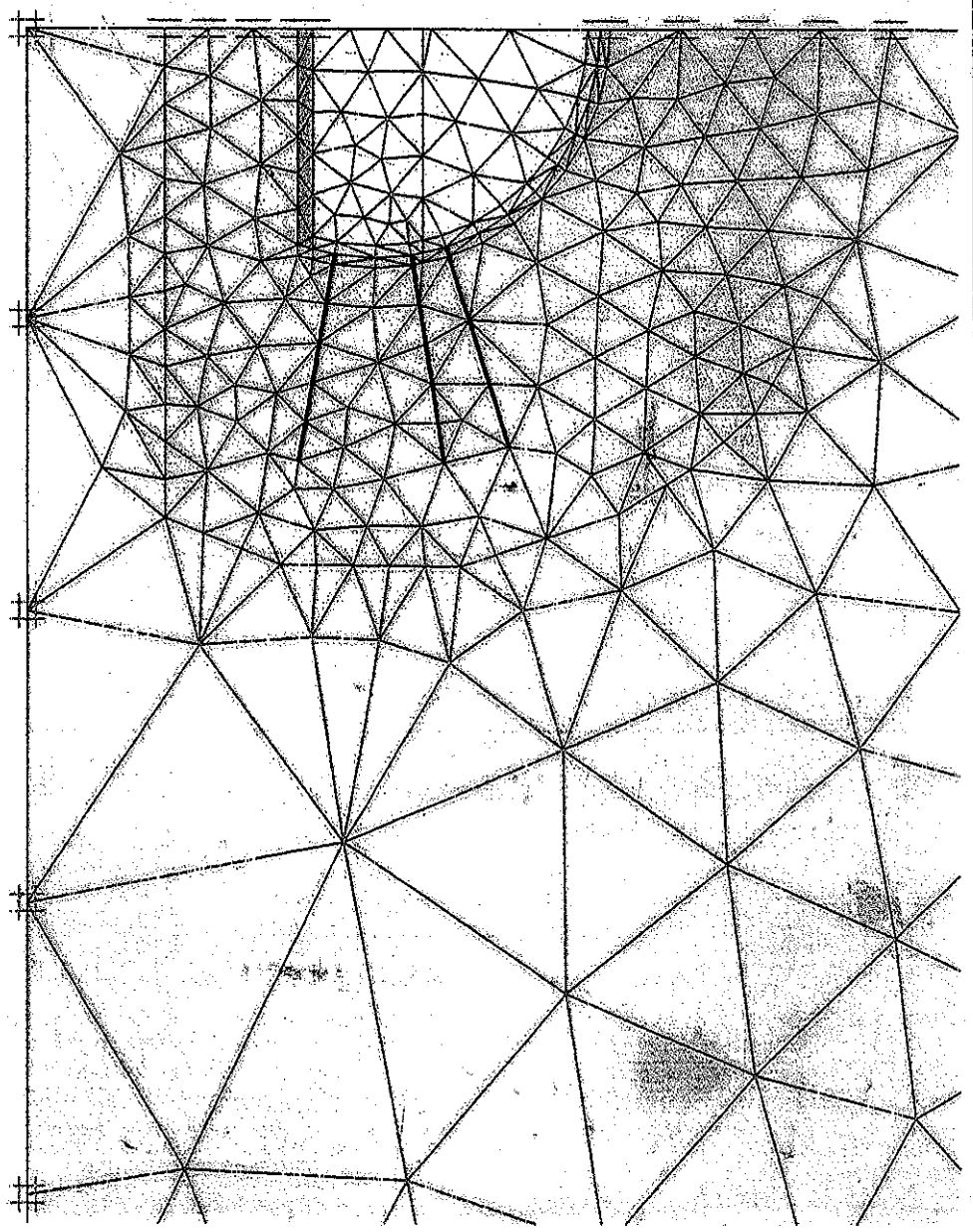
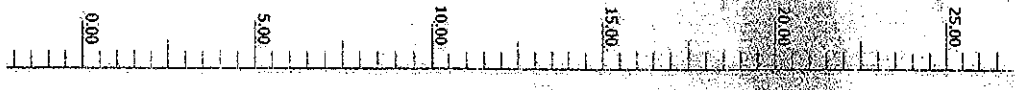
User name

NIEVARES_S8_A2 (FASE 4)

PAFCOM

25.00 20.00 15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00

ELEVACION
COLANA PLANA
DE 43CM



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.74

Project description

Project name

NIEVARES_S8_A2

Step

65

Date

31/05/06

User name

PAFCOM

NIEVARES_S8_A2 (FASFS)

15.00 10.00 5.00 0.00 25.00 30.00

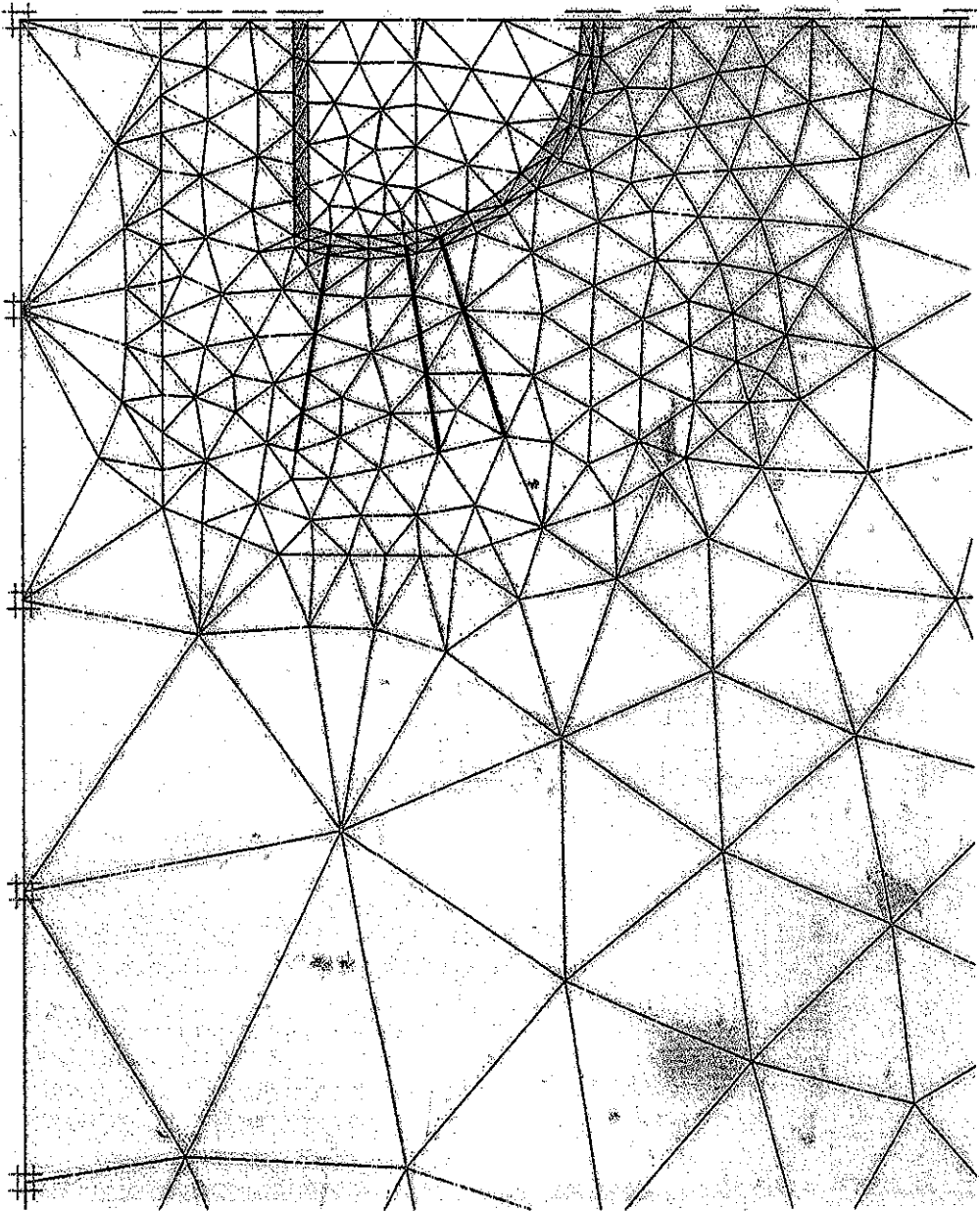
RECUBIÓ
REVESTIMIENTO

$E_{so}^{ref} = 17.5 \times 10^4 \text{ KN/m}^2$

$C' = 20 \text{ KN/m}^2$

EN TORNO AL TUNEL

25.00 20.00 15.00 10.00 5.00 0.00



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

Project name

NIEVARES_S8_A2

Step

73

Date

31/05/06

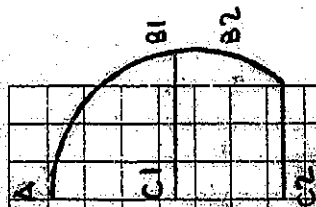
User name

PAFCOM

NIEVARES_S8_A2 (FASE 6)

CASO DE ANÁLISIS
NIEVARES - SB - A2

$K_0 = 2.25$



	FASE 1 EXCAVACIÓN EN AVANCE $\alpha = 0.5$	FASE 2 SOSTENIMIENTO EN AVANCE 28CM FONITA 1 BULÓN G.M. AL PIE	FASE 3 EXCAVACIÓN EN DESTROZA $\alpha = 0.5$	FASE 4 SOSTENIMIENTO EN DESTROZA 28CM FONITA 2 BULONES G.M. $\alpha = 0.75$	FASE 5 SOLERA PLANA 43 CM	FASE 6 REVESTIMIENTO Y MODIFICACIÓN DE PROPIEDADES DEL TUNEL
MOVIMIENTO VERTICAL DE A (MM)	-6.6	-27	-33	-33	-33	-34
MOVIMIENTO VERTICAL DE C1 (MM)	8.3 (C1)	50 (C1)	45.5 (C2)	48 (C2)	50 (C2)	58.5 (C2)
MOVIMIENTO HORIZONTAL DE B1 (MM)	-4 (B1)	-20 (B1)	-24 (B1) -23 (B2)	-25 (B1) -28 (B2)	-26 (B1) -28 (B2)	-29 (B1) -31 (B2)
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN SOSTENIMIENTO (KN/M ²)	-	1070	8900	9700	9825	10060
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN SOLERA (KN/M ²)	-	-	-	-	2725	7375
MÁXIMA TRACCIÓN EN SOLERA (KN/M ²)	-	-	-	-	670	2020
TRACCIÓN EN BULÓN DE G.M. COLOCADO EN AVANCE (KN)	-	211	250	250	250	249
TRACCIÓN EN BULONES DE G.M. COLOCADOS EN DESTROZA (KN)	-	-	-	24	26	23
	-	-	-	21	17	12
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN REVESTIMIENTO (KN/M ²)	-	-	-	-	-	3185

25.00 20.00 15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00

CONTINUAÇÃO

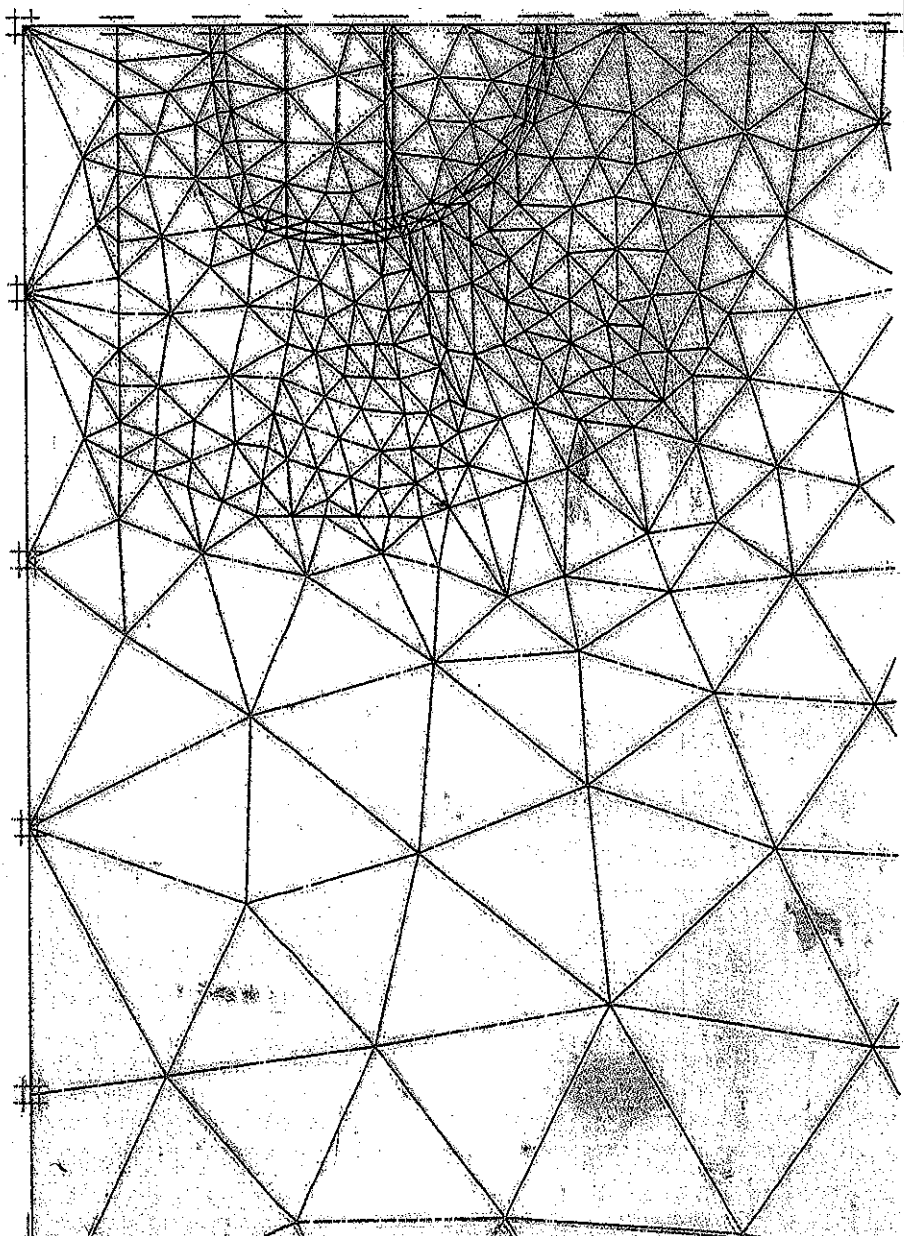
$K_{00} = 2.25$

PARÂMETROS ADJUSTADOS
EM NIEVARES_S8_02

$E_{so}^{ref} = 10 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$

$c' = 15 \text{ kN/m}^2$

$\phi' = 30^\circ$



Deformed mesh
Extreme total displacement 0.00 m
(displacements scaled up 0.00 times)



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

NIEVARES_S8_B

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

0

Date

31/05/06

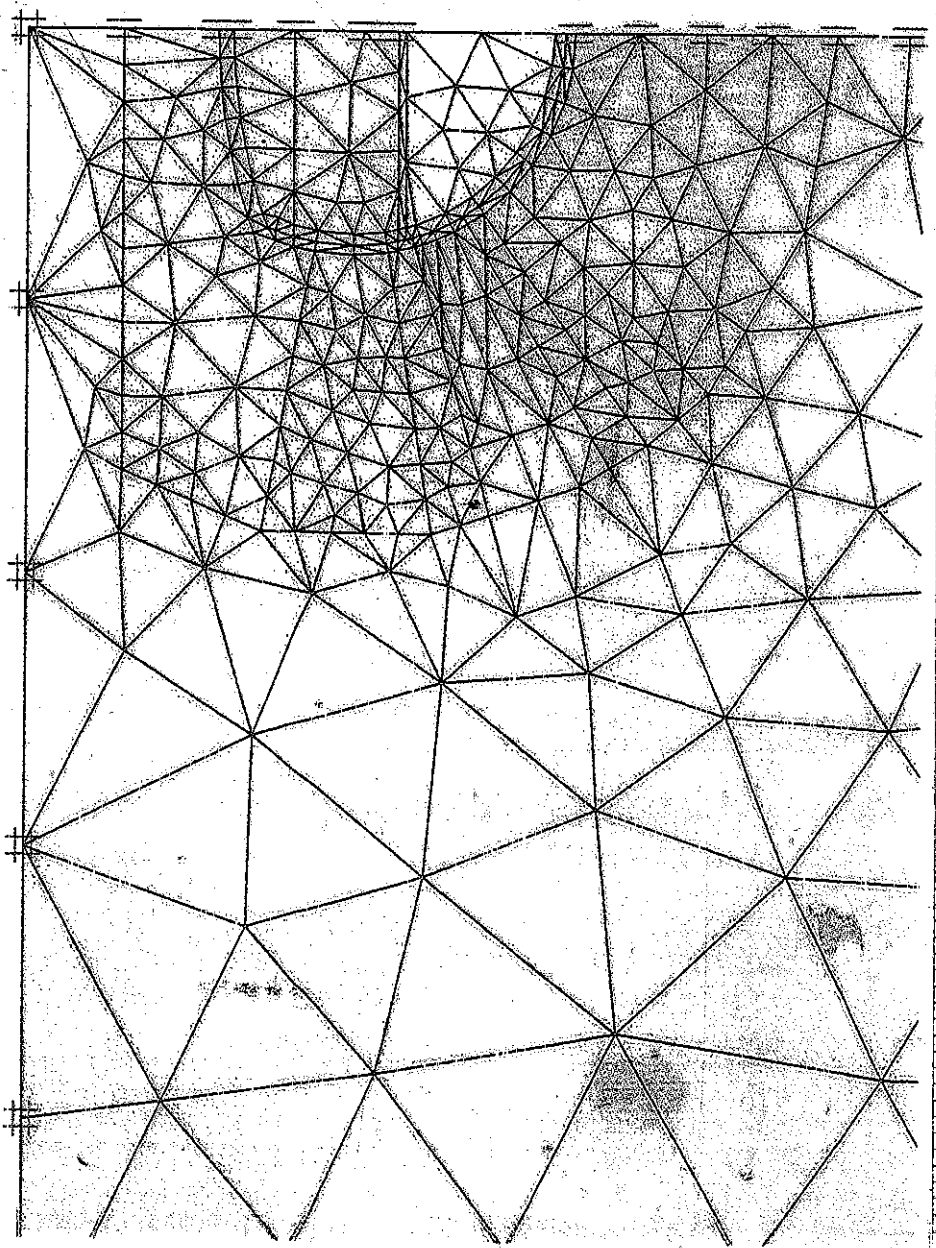
User name

PAFCOM

20.00 25.00 30.00 35.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00

EXCAV. EN LUNCE

$\alpha = 0.5$



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

10

Date

31/05/06

User name

PAFCOM

NIEVARES_S8_B (FASE 1)

15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00

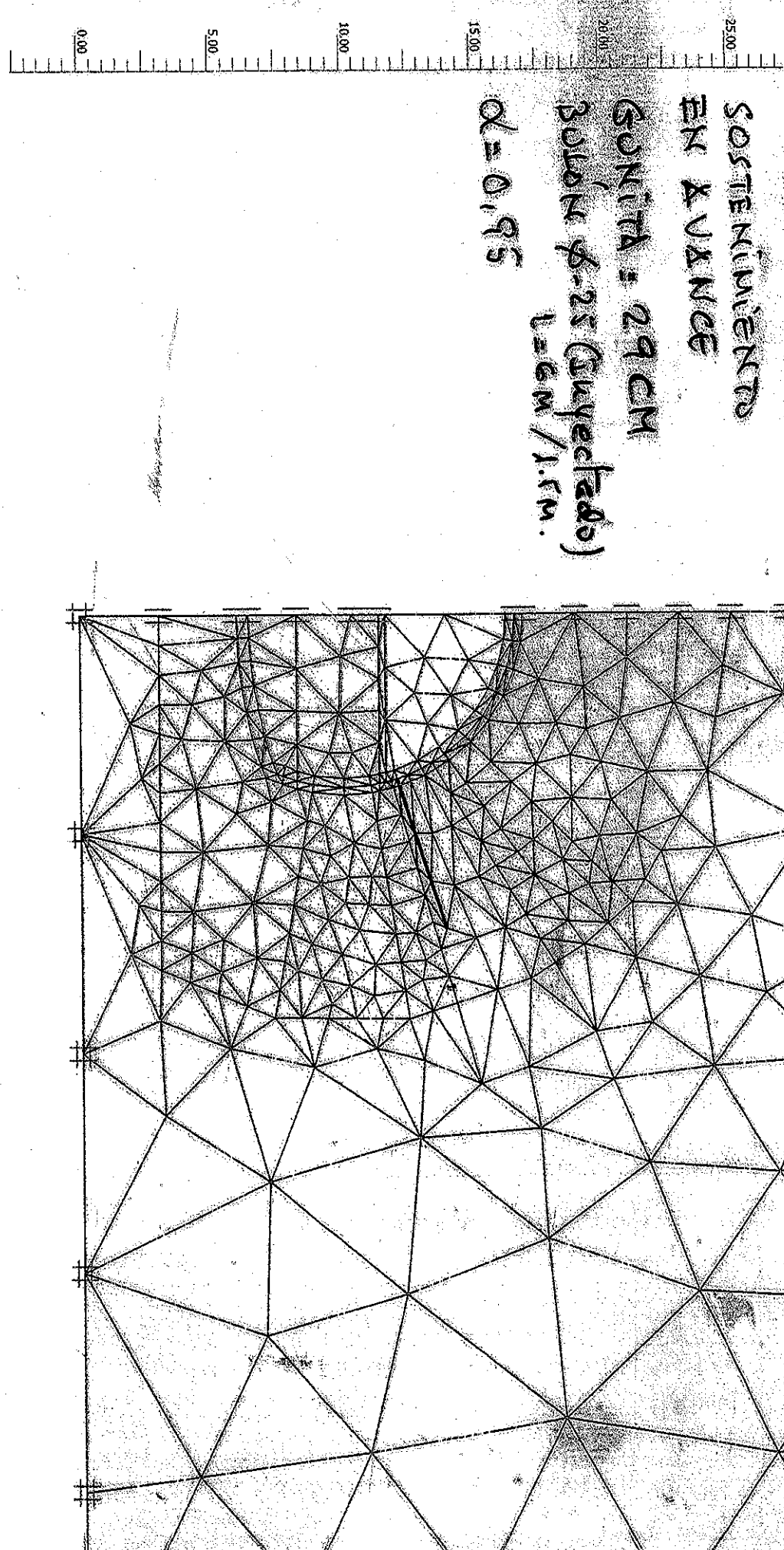
SOSTENIMIENTO
EN AVANCE

GONITA = 29 CM

BOLSA 4-25 (Inyectado)

U = 6 CM / 1.5 M.

$\alpha = 0,95$



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

NIEVARES_S8_B (FASE 2)

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

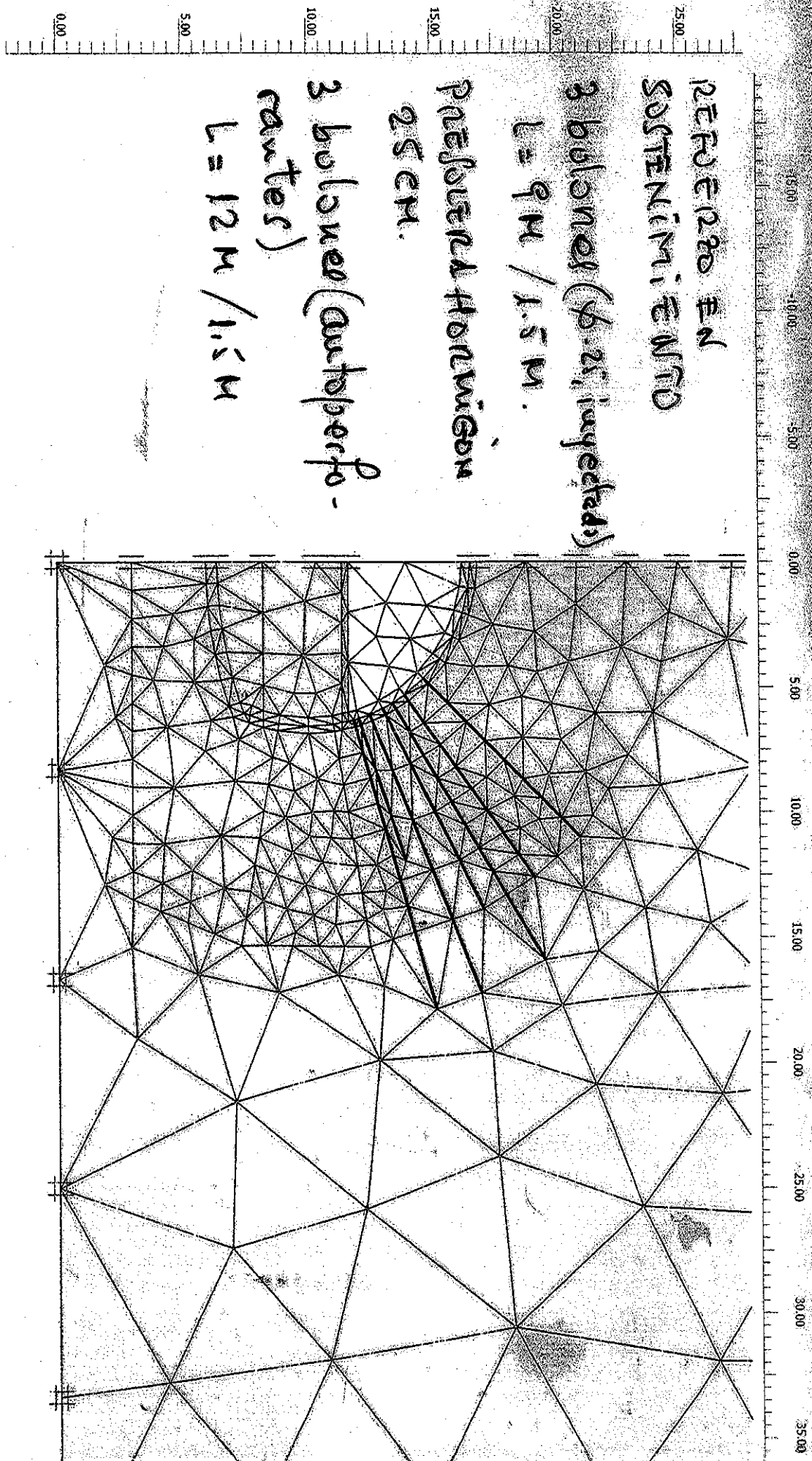
96

Date

31/05/06

User name

PAFCOM



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

102

Date

31/05/06

User name

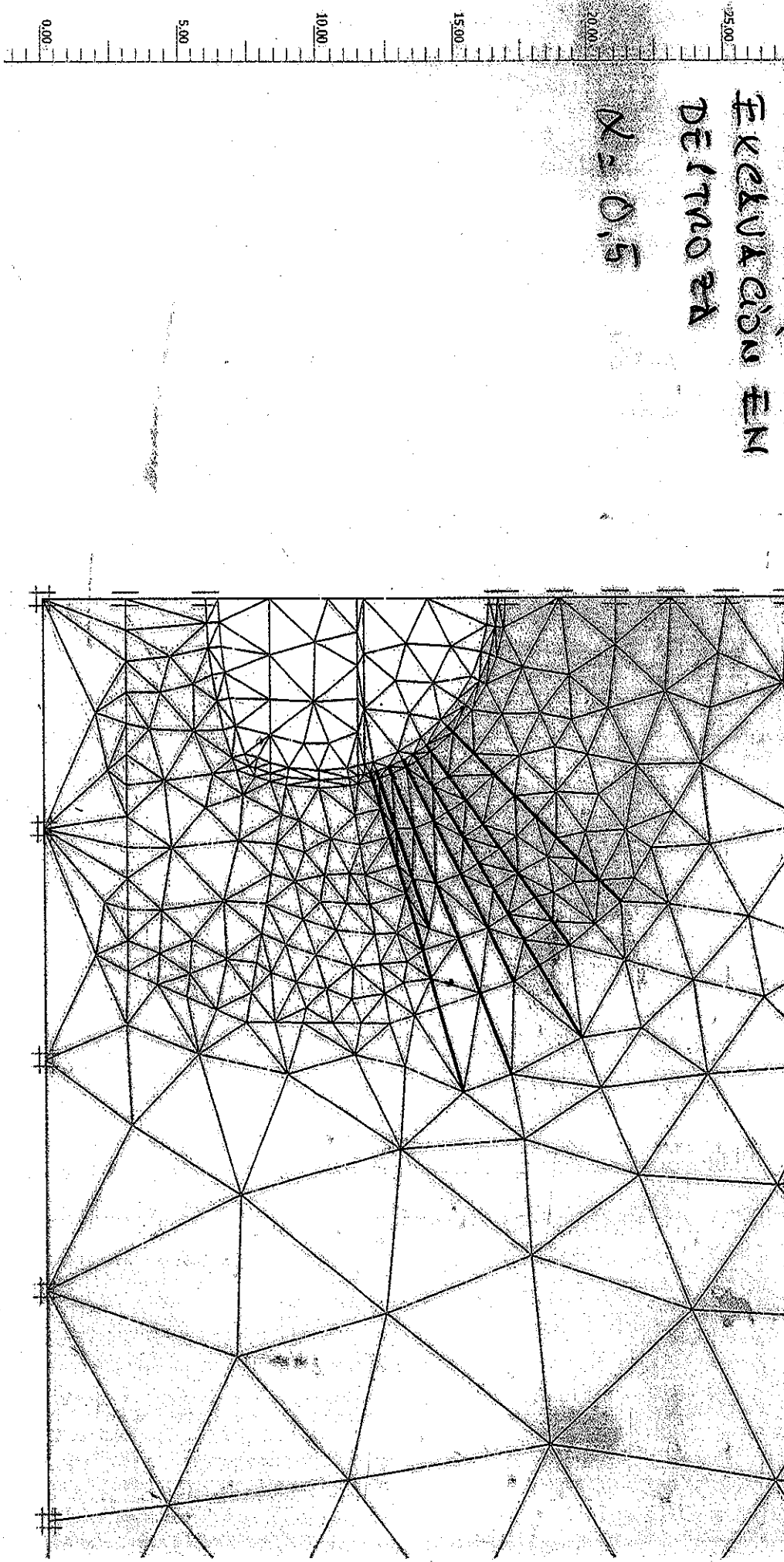
PAFCOM

NIEVARES_S8_B (FASE 3)

0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00

ΕΚΕΛΥΣΗ ΕΝ
ΔΕΙΤΗΡΑ

$\alpha = 0,5$



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description

NIEVARES_S8_B (FASE 4)

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

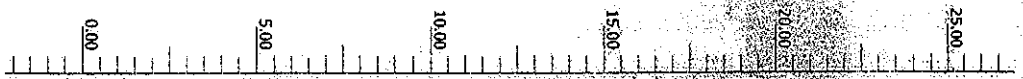
117

Date

31/05/06

User name

PAFCOM



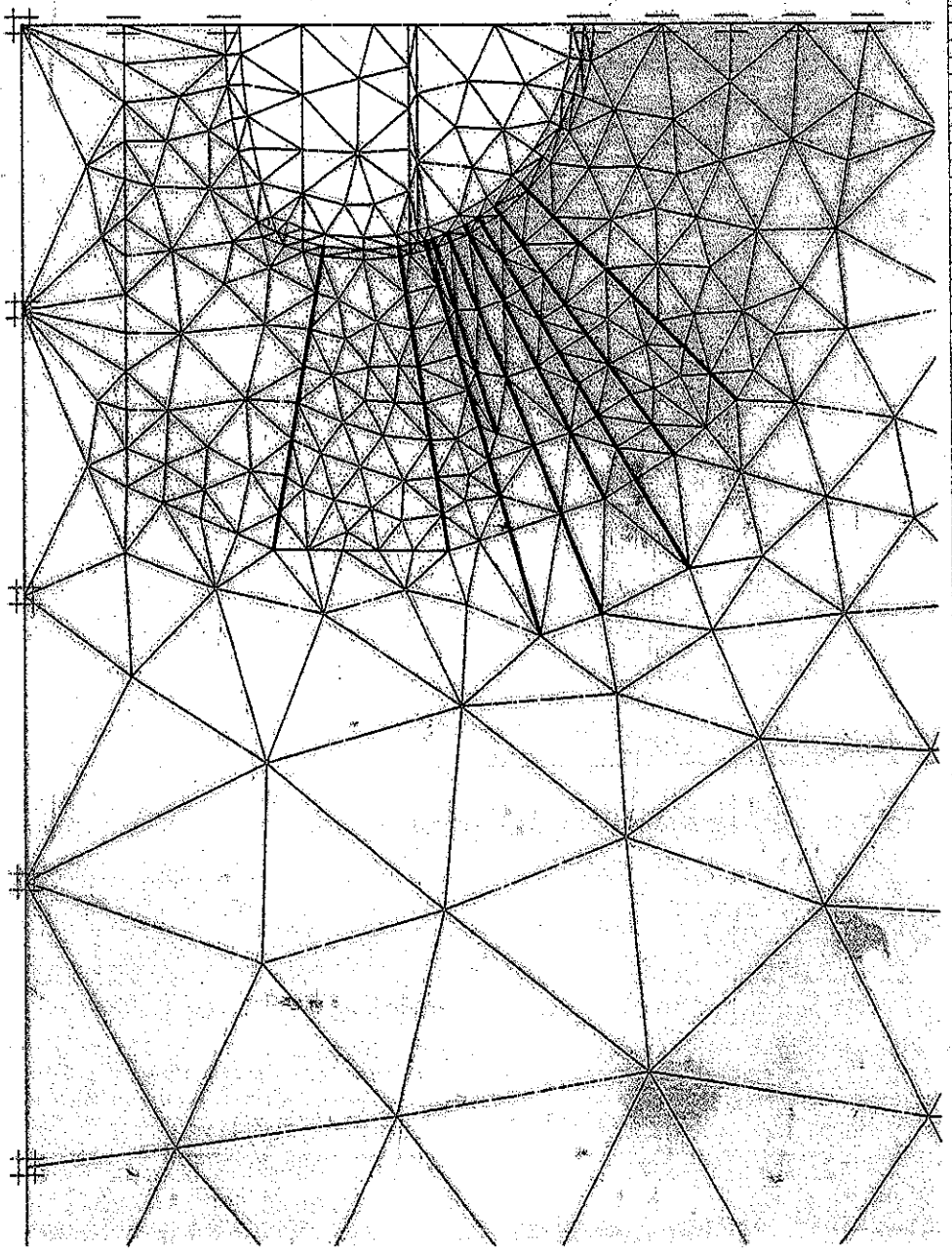
SOSTENIMIENTO

29CM, GUNTA

2 bulones (auto perforan-
tes)

$L = 9M / 1.5M$

$\alpha = 0.75$



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Project description

NIEVARES_S8_B (FASE 5)

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

125

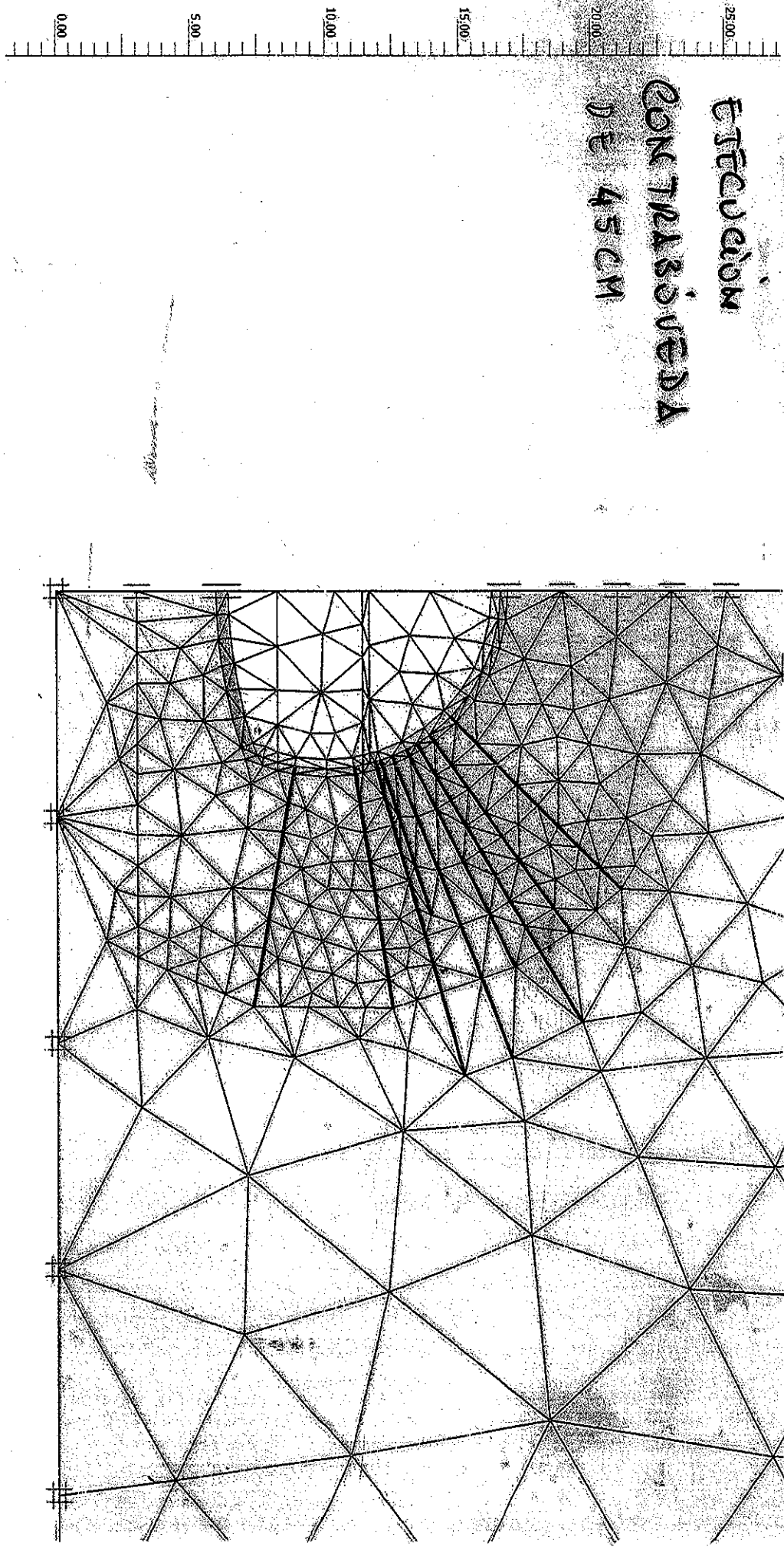
Date

31/05/06

User name

PAFCOM

ETECUACION
CON TRABOVEDA
DE 45 CM



Connectivities



Finite Element Code for Soil and Rock Analyses

Version 8.2.8.746

Project description	
NIEVARES_S8_B (FASE 6)	
Project name	Step
NIEVARES_S8_B	131
Date	User name
31/05/06	PAFCOM

15.00 10.00 5.00 0.00 5.00 10.00 15.00 20.00 25.00 30.00 35.00

RECUBICION

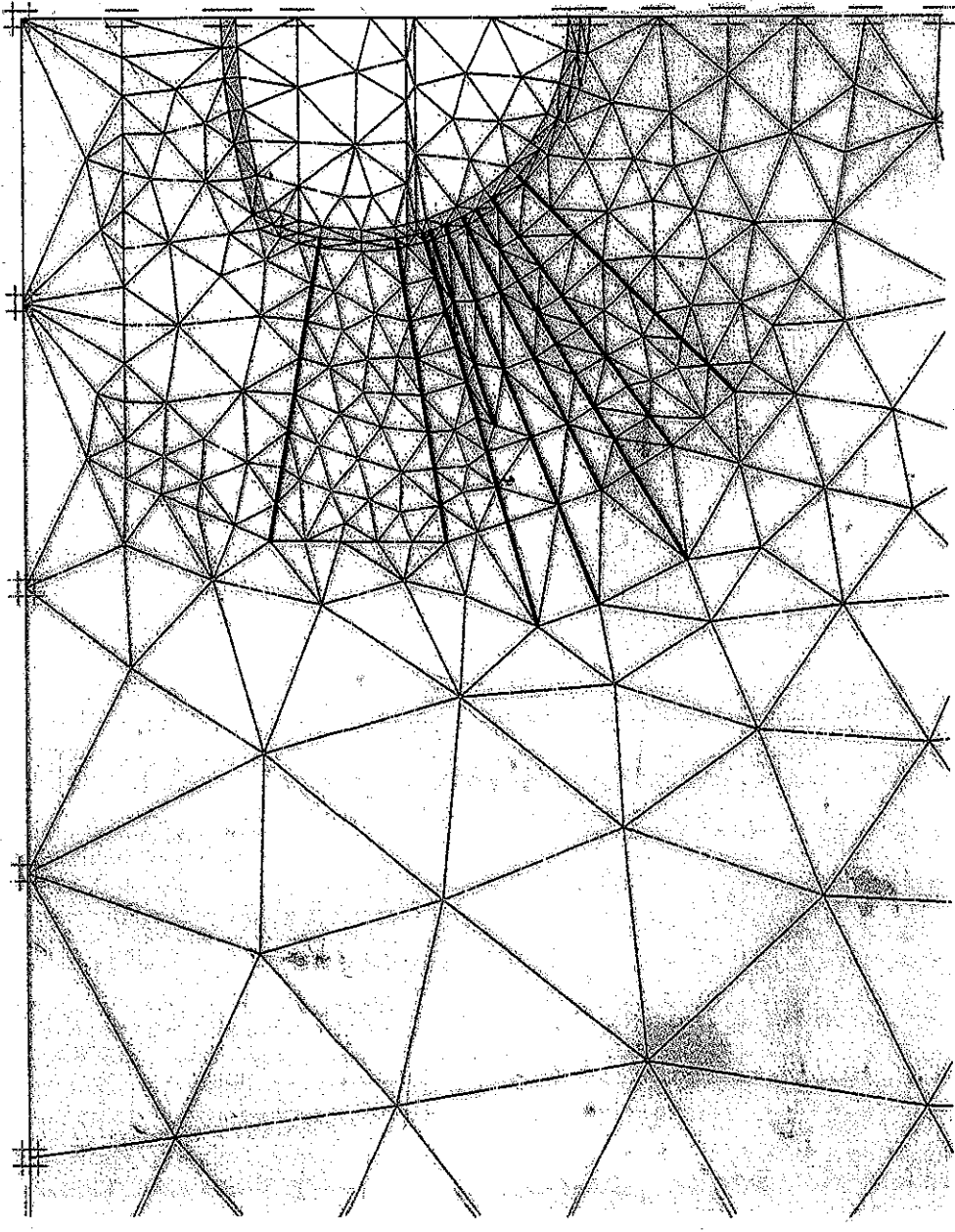
REVENIMIENTO

$\sigma_{ref} = 5 \times 10^4 \text{ kN/m}^2$

$c' = 5 \text{ kN/m}^2$

EN TORNO AL TUNEL

25.00 20.00 15.00 10.00 5.00 0.00



Connectivities



Project description

NIEVARES_S8_B (FASE 7)

Project name

NIEVARES_S8_B

Step

133

Date

31/05/06

User name

PAFCOM

CASO NEANALISIS
NUEVARES 581 B

$K_0 = 2,25$

	FASE 1 EXCAVACIÓN EN AVANCE $\alpha = 0.5$	FASE 2 SOSTENIMIENTO EN AVANCE 23 CM BUNTA 1 BULÓN CM $\alpha = 0.75$	FASE 3 REFUERZO EN AVANCE 3 BULONES 9M 3 BULONES 12M	FASE 4 EXCAVACIÓN EN DESTROZA $\alpha = 0.5$	FASE 5 SOSTENIMIENTO EN DESTROZA 23 CM BUNTA 2 BULONES 9M $\alpha = 0.75$	FASE 6 CONTRABOQUE 45 CM	FASE 7 REVESTIMIENTO HORMIGÓN MAGRO HORMIGÓN PROTECCIÓN ALREDEDOR TUNEL
MOVIMIENTO VERTICAL DE A (CM)	-20.6	-115	-116	-166	-170	-170	-172
MOVIMIENTO VERTICAL DE C1 (CM)	251(C1)	159(C1)	66.6(C1)	110(C2)	136.5(C2)	141(C2)	151(C2)
MOVIMIENTO HORIZONTAL DE B2 (MM)	-11(C1)	-60(B1)	-60(B1)	-76(B1) 91(B2)	-85(C1) -117(B2)	-85(B1) -117(B2)	-88(B1) -128(B2)
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN SOSTENIMIENTO (KN/M ²)	-	8940	9370	9025	10700	10705	10890
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN CONTRABOQUE (KN/M ²)	-	-	-	-	-	150	190
TRACCIÓN EN BULÓN DE 6M (AVANCE) (KN)	-	250	243	250	250	249	250
MÁX. TRACCIÓN EN BULONES 9M (AVANCE) (KN)	-	-	15	250	250	247	249
MÁX. TRACCIÓN EN BULONES 12M (AVANCE) (KN)	-	-	8	213	226	224	225
MÁX. TRACCIÓN EN BULONES 9M (DESTROZA) (KN)	-	-	-	-	170	169	168
MÁXIMA COMPRESIÓN MEDIA EN REVESTIMIENTO (KN/M ²)	-	-	-	-	-	-	200

