

**HIBBITT, KARLSSON &
SORENSEN ITALIA, s.r.l.**

ABAQUS



Sede Sociale:

Viale Certosa, 1 - 20149 Milano - Italy

Tel.: (+39) 02 39211211 – Fax: (+39) 02 39211210

E-mail: infohks@abaqus.it, hotline@abaqus.it

Codice Fiscale e Partita IVA 10351650154

“Analisi Termiche e Meccaniche degli Specchi P1, M1 e M2”

R.Vitali

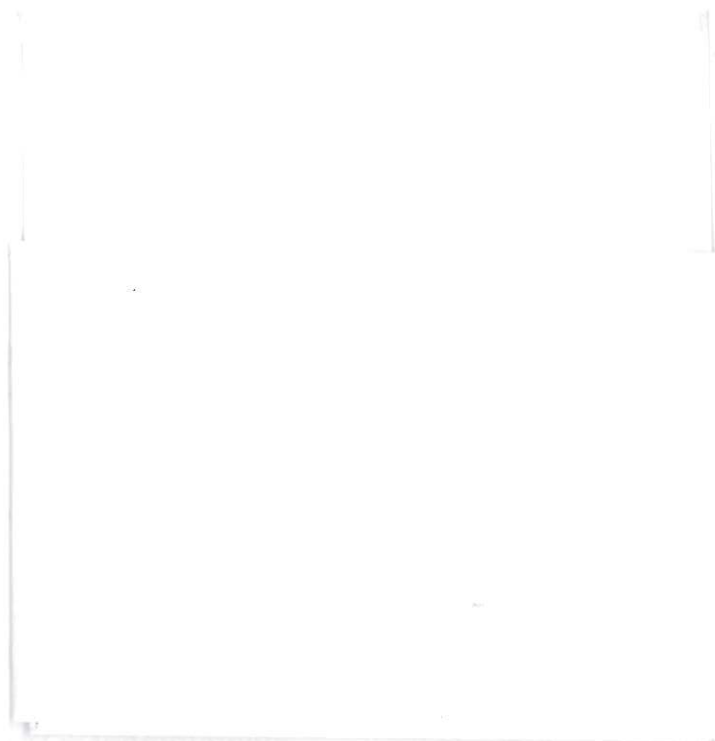
Hibbitt, Karlsson & Sorensen Italia s.r.l.

Ottobre, 1998



Indice

1.Introduzione.....	3
2.Specchio P1	3
2.1 Specchio P1: figure.....	5
3.Specchio M1	16
3.1 Specchio M1: figure	18
4.Specchio M2.....	33
4.1 Specchio M2: figure	35



1.Introduzione

La presente descrive le analisi termiche e meccaniche svolte col programma agli elementi finiti ABAQUS/Standard relative alla valutazione dello stato di deformazione degli specchi P1, M1 e M2 prodotto dal carico termico dovuto dalla radiazione assorbita.

Ciascun specchio è realizzato in Silicio avente le seguenti caratteristiche:

conducibilità termica $c = 0.148$ [W/mm °C]

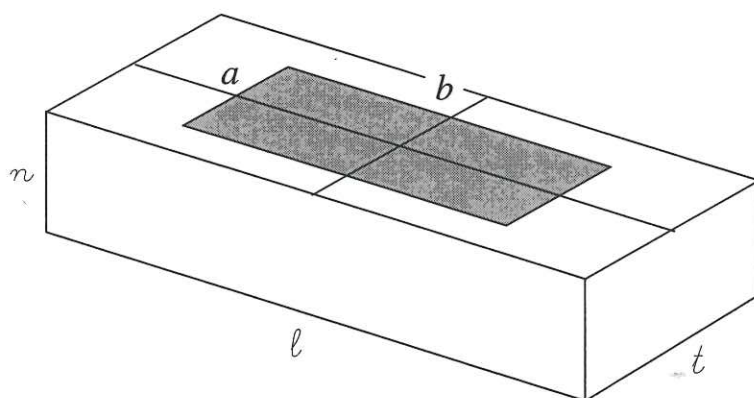
coeff. di dilatazione termica lineare $\alpha = 2.33E-6$

modulo di Young $E = 130000.0$ [N/mm²]

coeff. di Poisson $\nu = 0.28$

2.Specchio P1

Nella seguente Figura 1 è rappresentato (non in scala) lo specchio P1. Oltre



$$\ell = 1000 \text{ [mm]}$$

$$t = 35 \text{ [mm]}$$

$$n = 40 \text{ [mm]}$$

$$a = 31.2 \text{ [mm]}$$

$$b = 800 \text{ [mm]}$$

Figura 1 – Specchio P1

alle dimensioni (ℓ = longitudinale, t = trasversale e n = normale), la disposizione della radiazione (macchia) è evidenziata dalla porzione tratteggiata di dimensioni $a \times b$, risulta centrata rispetto la superficie irraggiata dello specchio e ha distribuzione uniforme lungo la direzione longitudinale e gaussiana lungo la direzione trasversale. Nella seguente Tabella 1, i valori della potenza [W] assorbita sono riportati in funzione della posizione sullo specchio ovvero strisce di larghezza 1.2 [mm] centrate su $t = t_c$, con

$t = 0$ al centro dello specchio.

t_c [mm]	t [mm]	[W]
0.6	0.0 – 1.2	4.86
1.8	1.2 – 2.4	3.06
3.0	2.4 – 3.6	1.215
4.2	3.6 – 4.8	0.54
5.4	4.8 – 6.0	0.27
6.6	6.0 – 7.2	0.108
7.8	7.2 – 8.4	0.054
9.0	8.4 – 9.6	0.0333
10.2	9.6 – 10.8	0.0225
11.4	10.8 – 12.0	0.0117
12.6	12.0 – 13.2	0.00675
13.8	13.2 – 14.4	0.0045
15.0	14.4 – 15.6	0.00315

Tabella 1 – Specchio P1: distribuzione potenza irraggiata

In queste condizioni, lo specchio presenta due piani di simmetria: $\ell = 0$ e $t = 0$; pertanto il modello ad elementi finiti può essere costruito 1/4 simmetrico come rappresentato in Figura 2 dove gli elementi interessati alla radiazione sono colorati in rosso. In particolare, il modello ad elementi finiti è stato costruito in modo che per ogni striscia a diversa potenza sia interessato un solo elemento nella direzione trasversale, che presenti un infittimento lungo la direzione normale man mano che ci si avvicina alla superficie irraggiata ed analogamente un infittimento nelle zone di confine della macchia.

Supposta una condizione di raffreddamento tale per cui la superficie opposta a quella irraggiata risultasse a temperatura costante $T = 15.0$ [°C], è stata svolta l'analisi termica in regime stazionario la cui distribuzione di tempe-

ratura nello specchio risulta quella di Figura 3.

Successivamente è stata svolta l'analisi meccanica per la quale si sono fatte due ipotesi di vincolo: a) superficie opposta a quella irraggiata perfettamente incastrata ovvero nessun spostamento consentito ai nodi appartenenti alla superficie e b) superficie opposta a quella irraggiata avente la possibilità di scorrere lungo la direzione longitudinale.

Le Figure 4 e 5 rappresentano la deformata dello specchio P1 secondo le due ipotesi di vincolo (Fig. 4 incastro, Fig. 5 carrello longitudinale). In entrambe si è adottata la tecnica di rappresentare la deformata delineata dal solo perimetro della struttura sovrapposta alla indeformata rappresentata in rosso. Le successive Figg. 6-11 rappresentano gli andamenti degli spostamenti normali e le relative slope-errors lungo le direzioni longitudinali e trasversali in corrispondenza dei piani di simmetria e lungo la diagonale della superficie irraggiata.

Infine, l'allegato dischetto DOS contiene il file **p1.xls** nel quale, in formato Excel 97, le coordinate e gli spostamenti di tutti i nodi appartenenti alla superficie irraggiata sono raccolti per entrambe le condizioni di vincolo nei fogli **top8** e **top8s**.

2.1 Specchio P1: figure

Nelle pagine seguenti sono raccolte, nell'ordine, le Figure 2-11 di cui al precedente paragrafo relativo allo specchio P1.

ABAQUS_p1

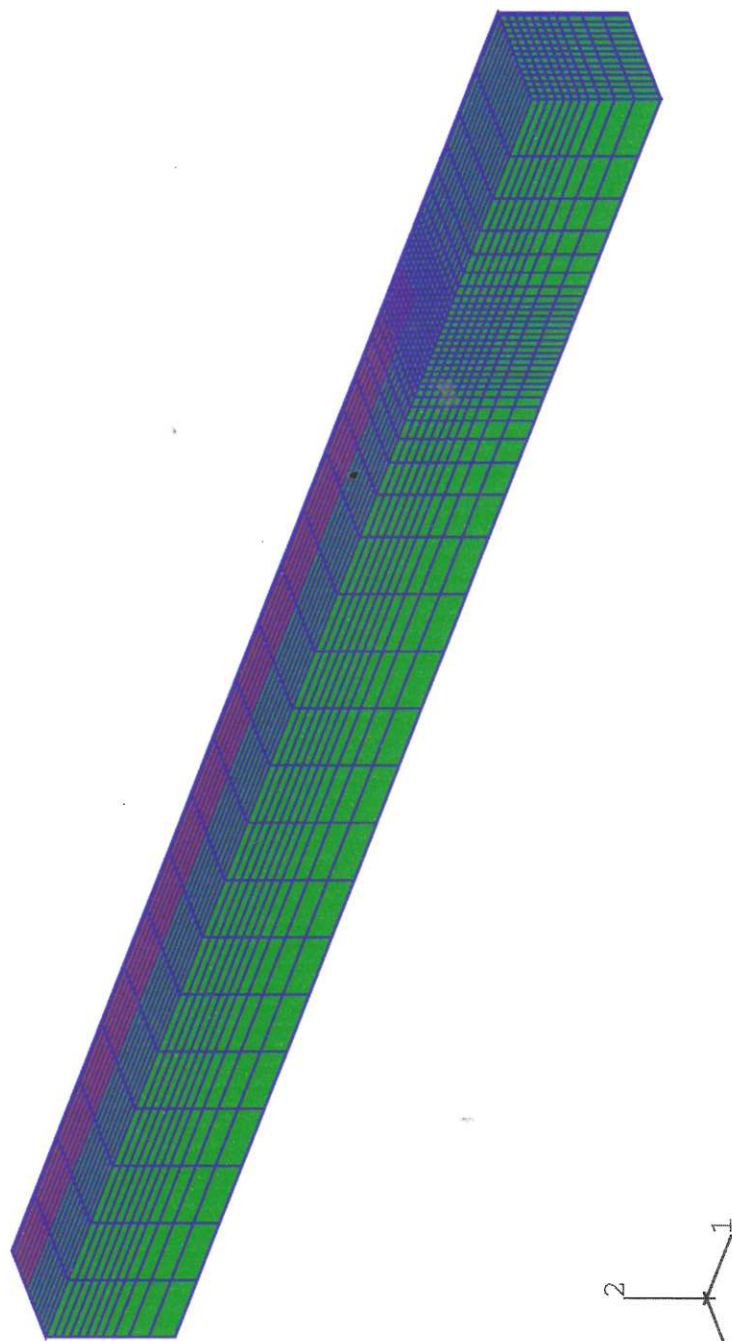


Figura 2

ABAQUS_p1

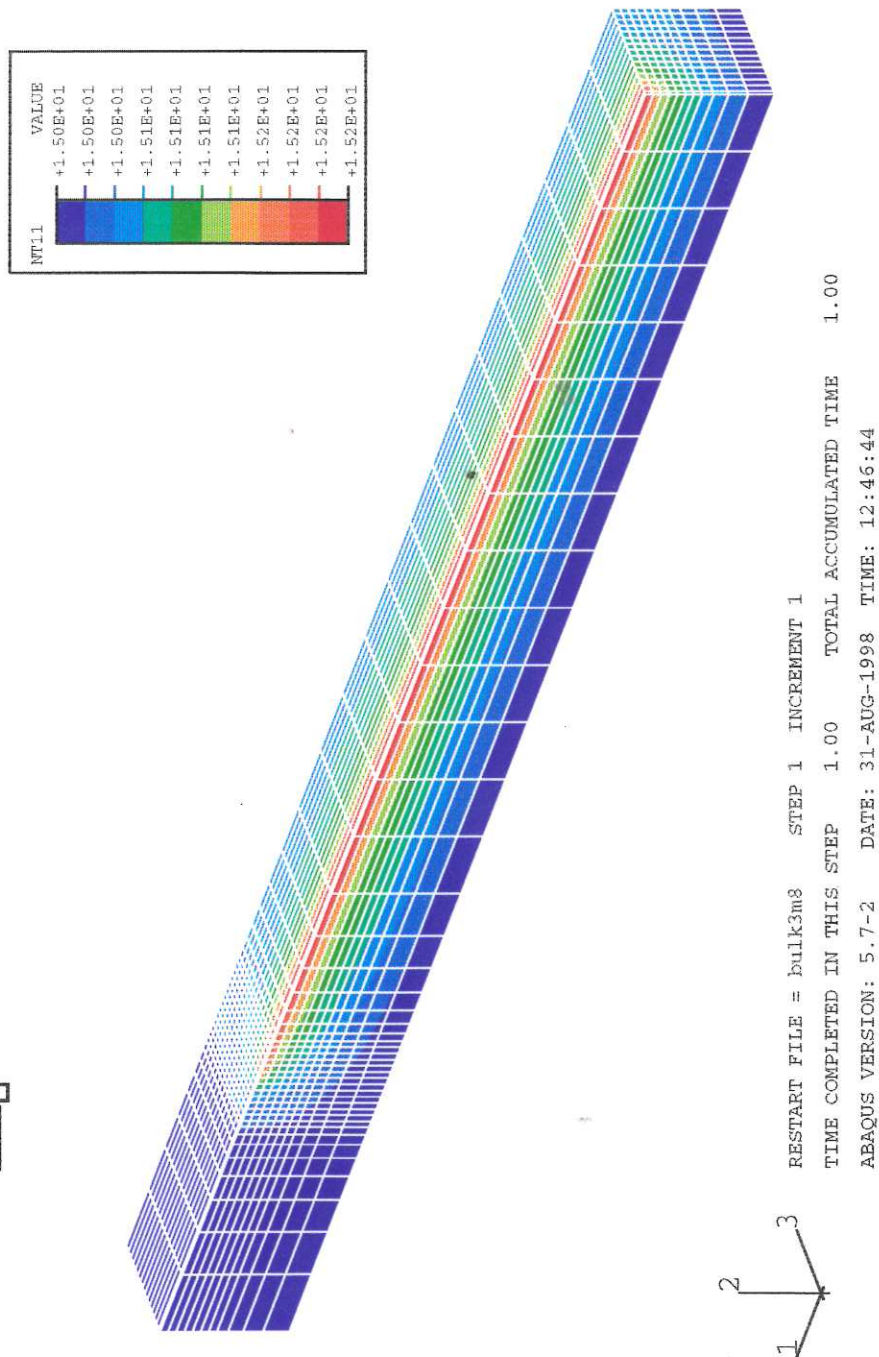


Figura 3

ABAQUS_p1

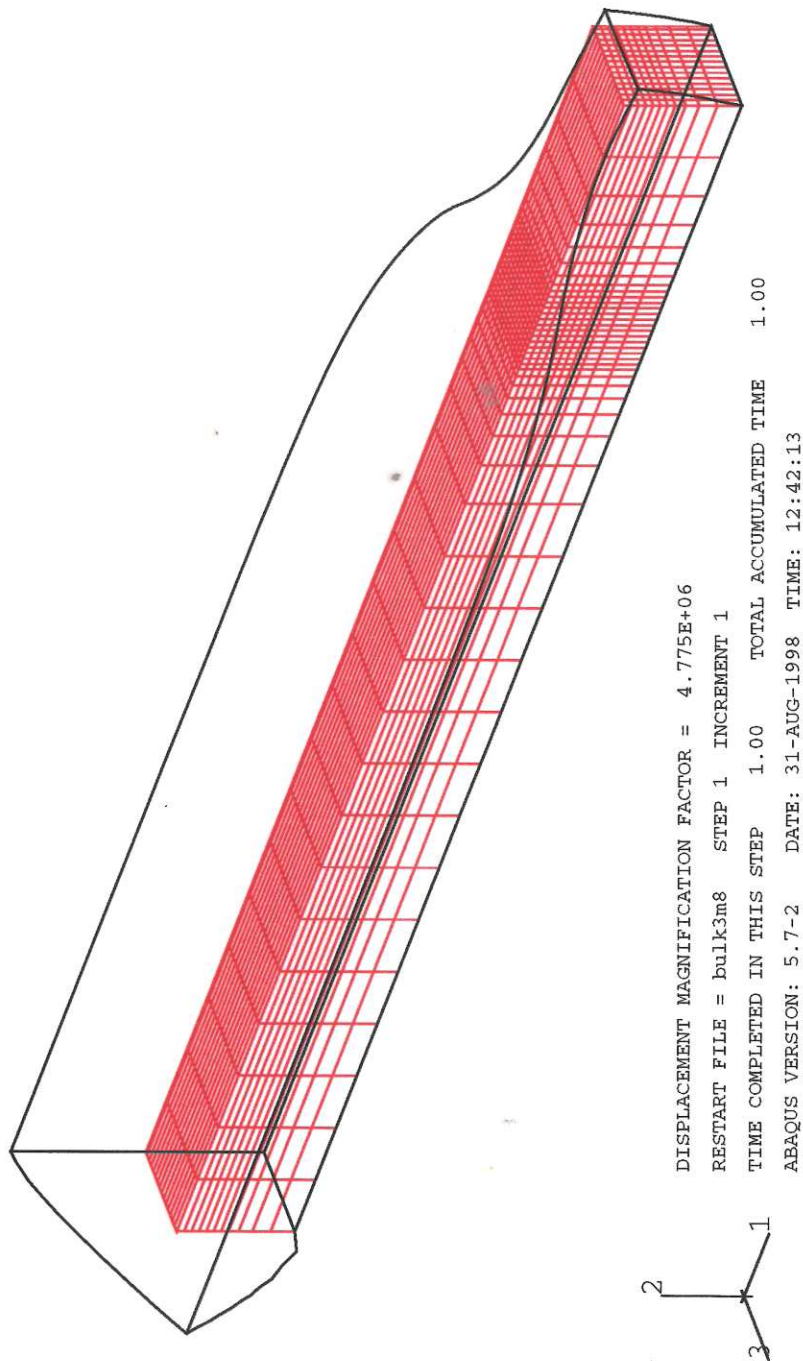


Figura 4

ABAQUS_p1s

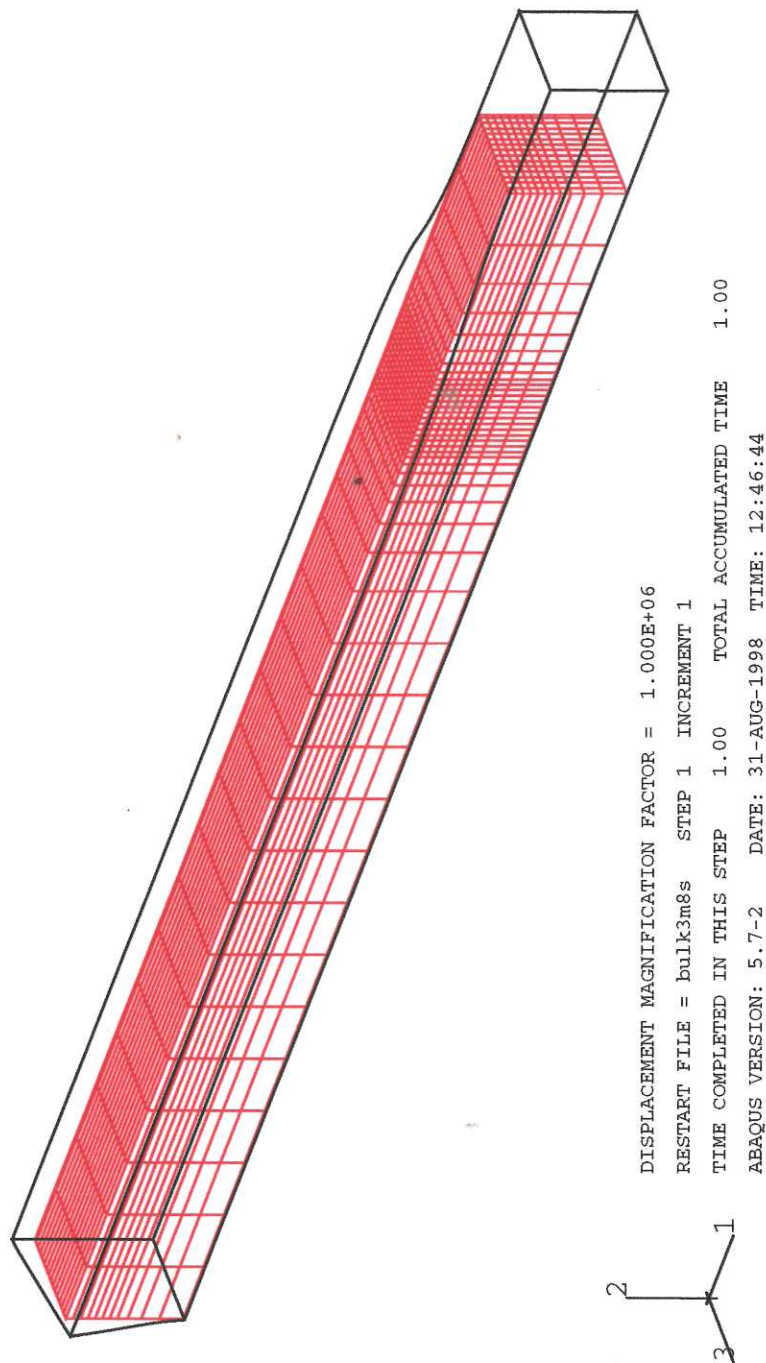
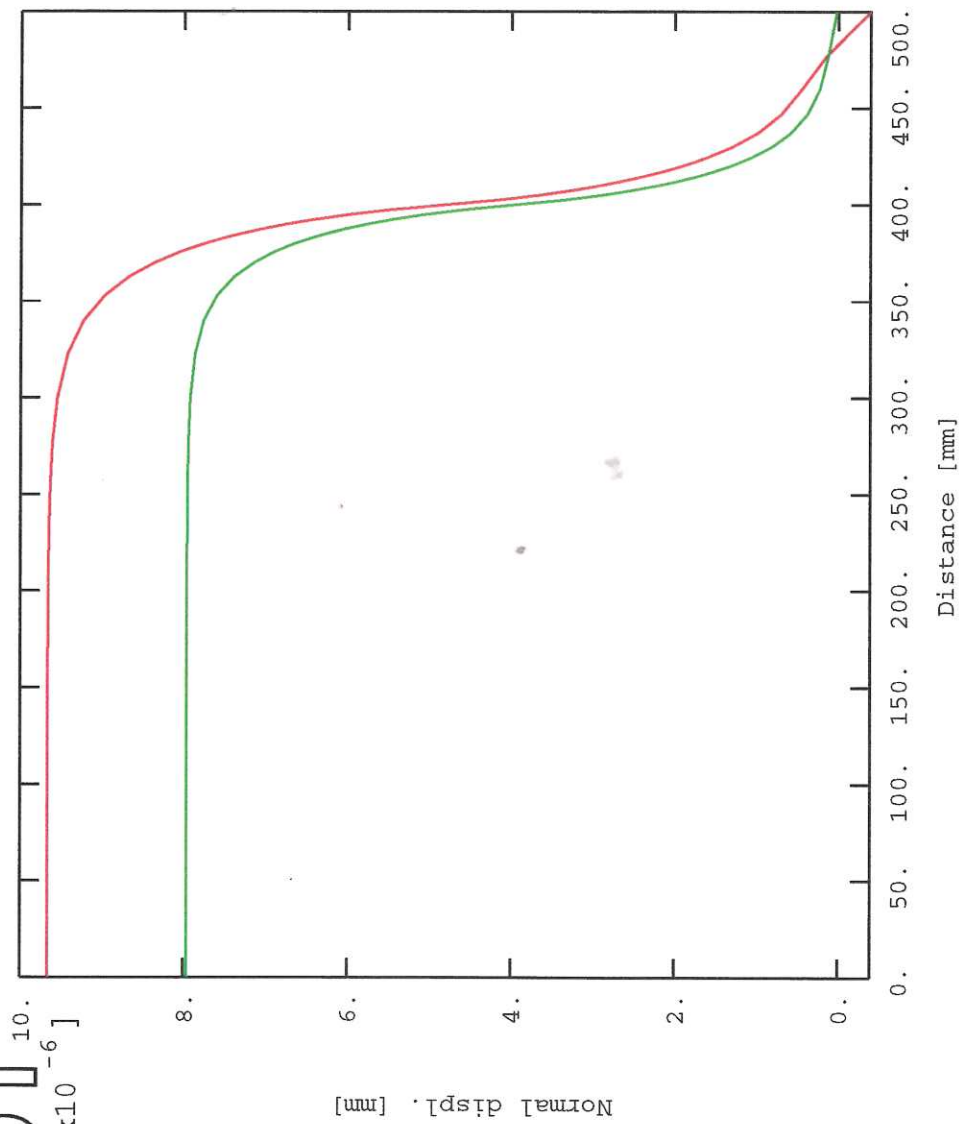


Figura 5

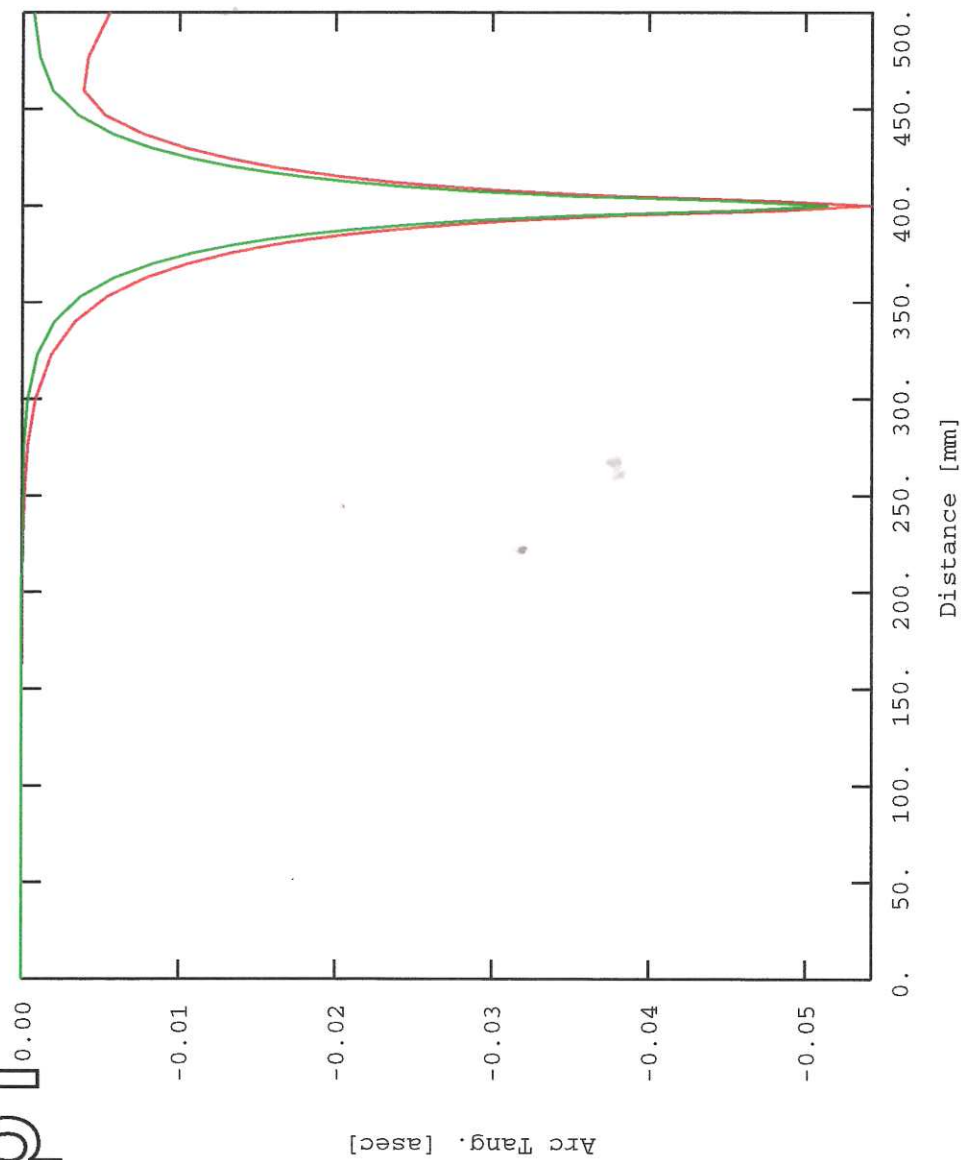
ABAQUS_p1



XMIN 0.000E+00
XMAX 5.000E+02
YMIN -3.889E-07
YMAX 9.661E-06

Figura 6

ABAQUS_p1

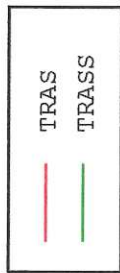


XMIN 0.000E+00
XMAX 5.000E+02
YMIN -5.422E-02
YMAX -4.763E-09

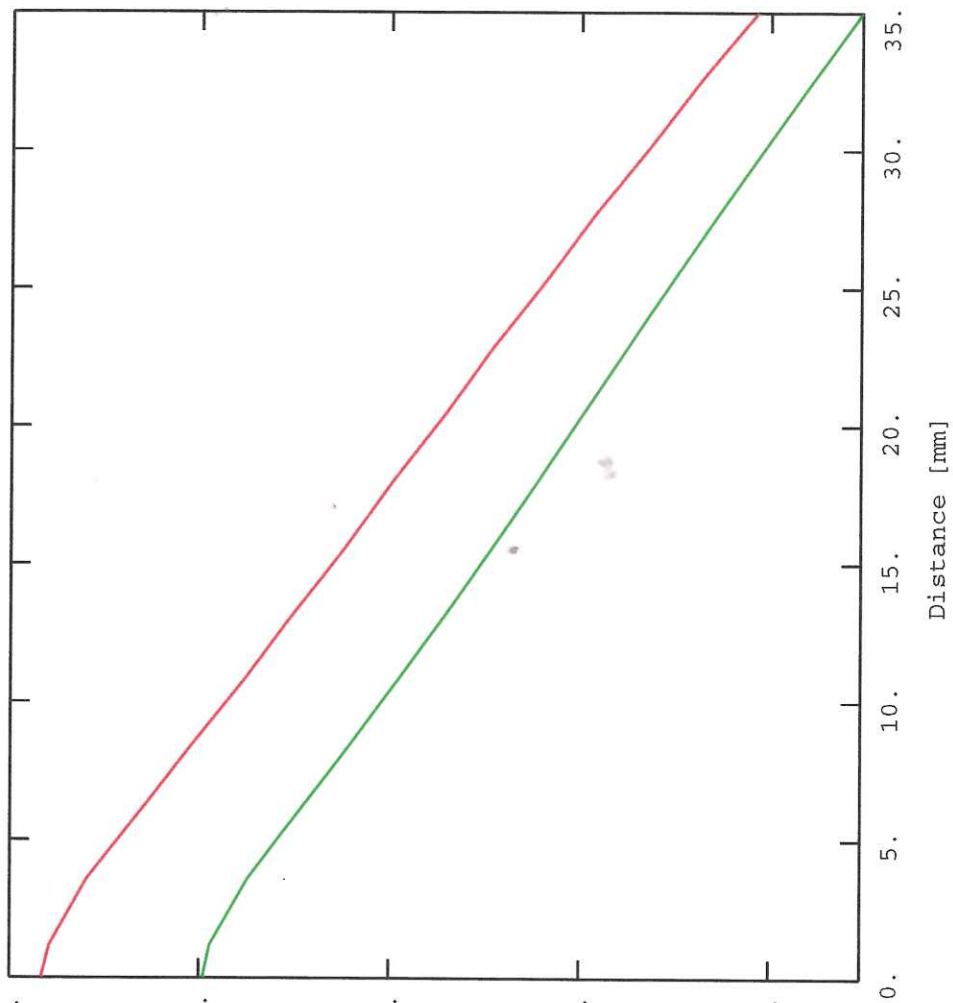
Figura 7

ABAQUS_p1

$[\times 10^{-6}]$



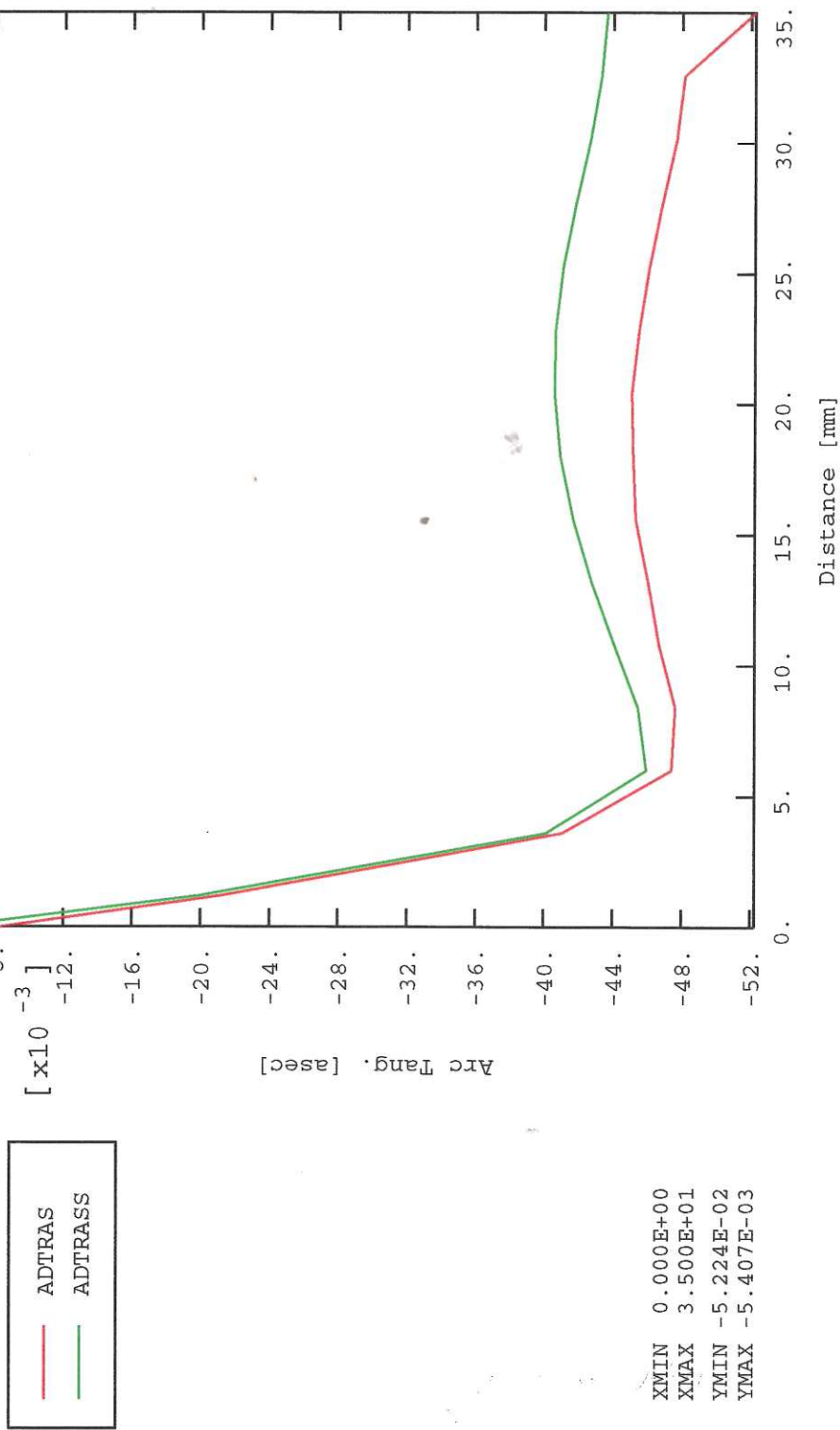
Normal displ. [mm]



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.500E+01
YMIN 1.041E-06
YMAX 9.661E-06

Figura 8

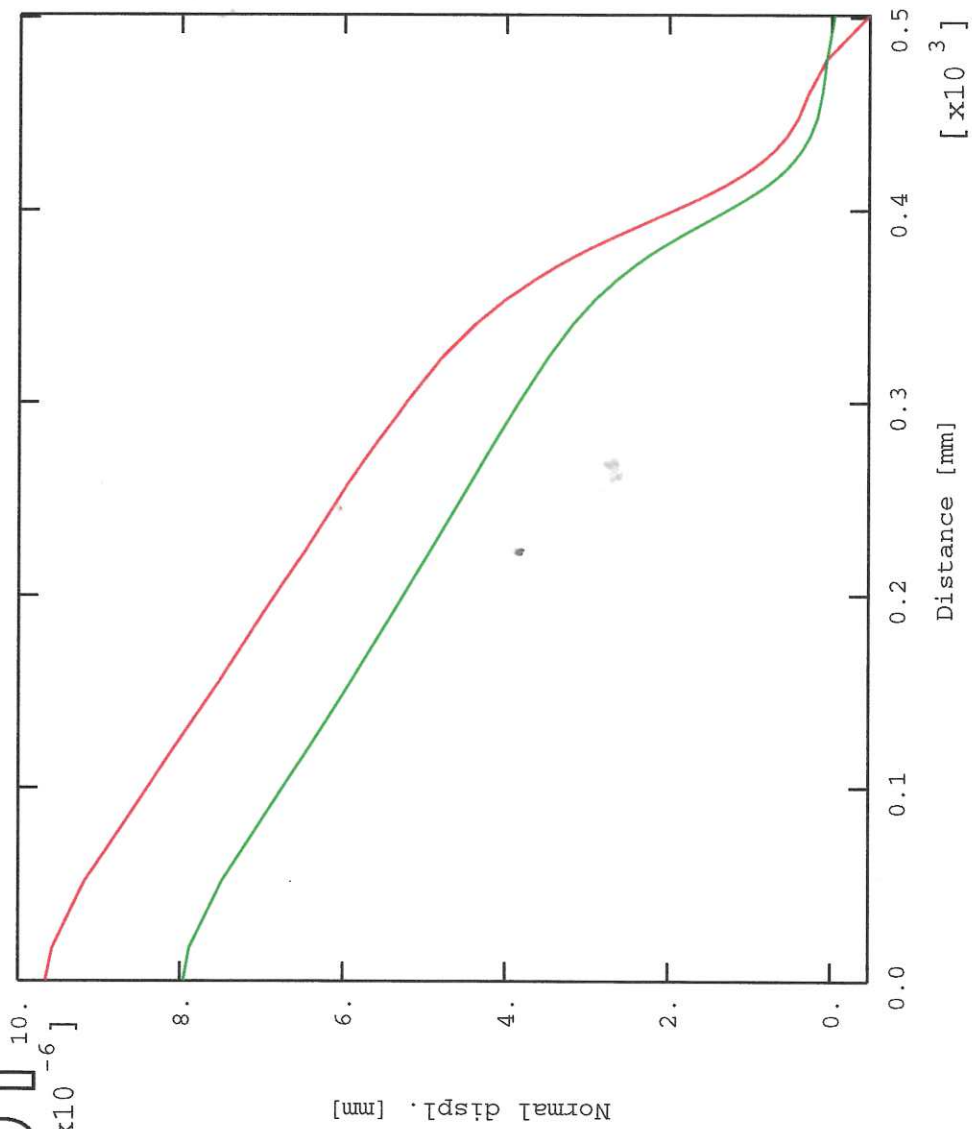
ABAQUS_p1



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.500E+01
YMIN -5.224E-02
YMAX -5.407E-03

Figure 9

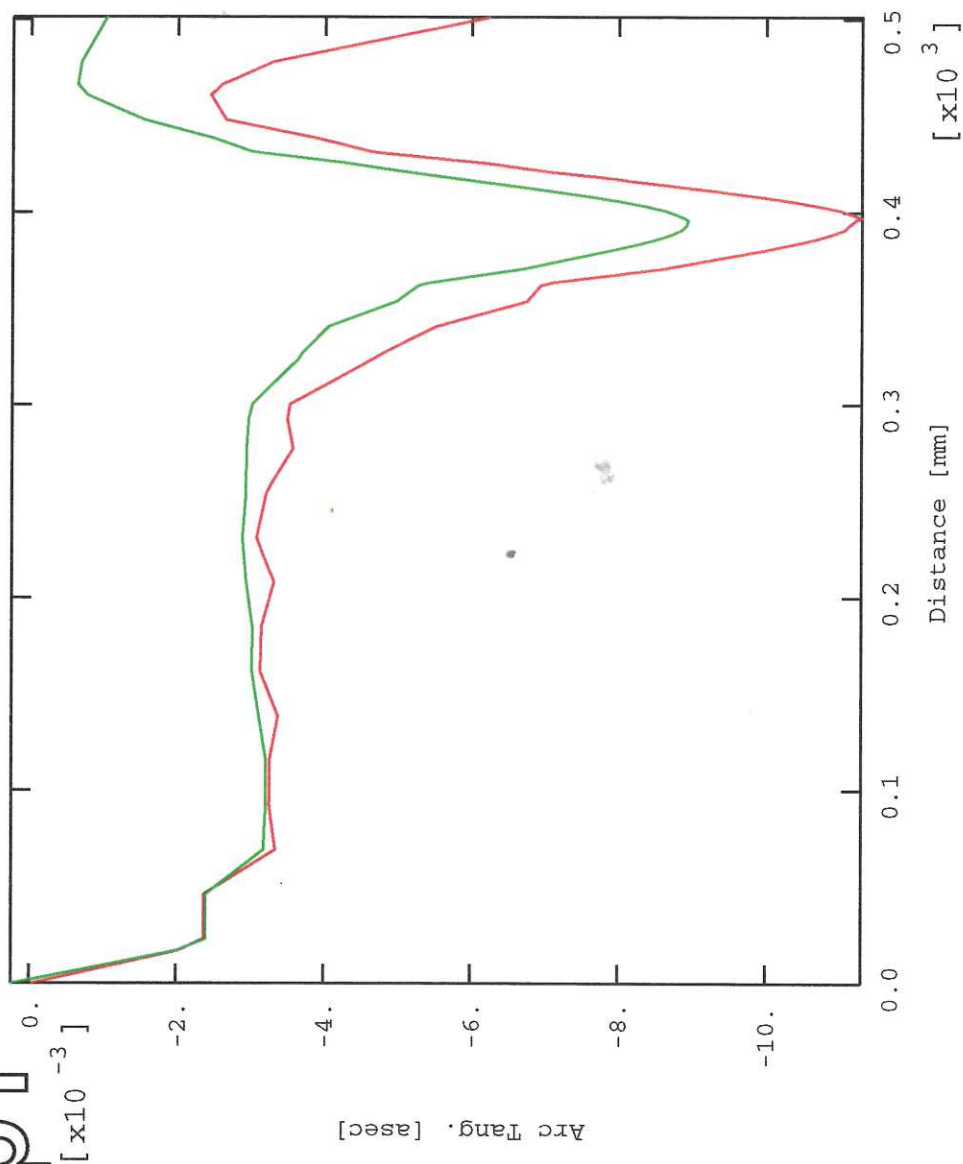
ABAQUS_p1



XMIN 0.000E+00
XMAX 5.012E+02
YMIN -4.648E-07
YMAX 9.661E-06

Figura 10

ABAQUS_p1

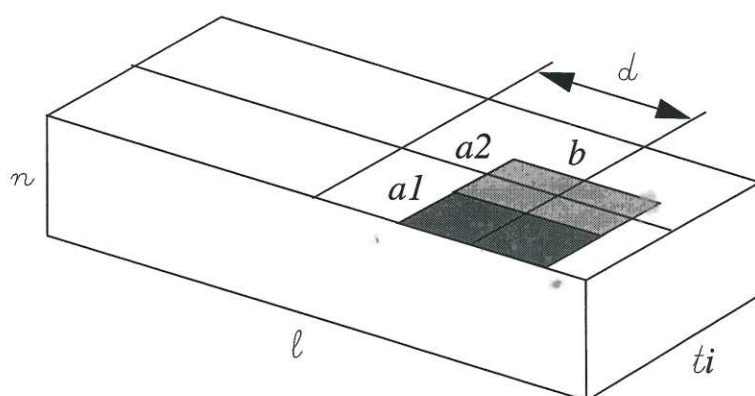


XMIN 0.000E+00
XMAX 5.012E+02
YMIN -1.131E-02
YMAX 2.477E-04

Figura 11

3. Specchio M1

Nella seguente Figura 12 è rappresentato (non in scala) lo specchio M1 il quale, pur ricevendo la medesima radiazione, presenta due diverse configurazioni a seconda della posizione in cui agisce la radiazione. Pertanto, oltre alle dimensioni (ℓ = longitudinale, t = trasversale e n = normale), è



$$d = 274 \text{ [mm]}$$

$$\ell = 660 \text{ [mm]}$$

$$t1 = 90 \text{ [mm]}$$

$$t2 = 50 \text{ [mm]}$$

$$n = 50 \text{ [mm]}$$

$$a1 = 35 \text{ [mm]}$$

$$a2 = 35 \text{ [mm]}$$

$$b = 94.34 \text{ [mm]}$$

Figura 12 – Specchi M1

necessario individuare la disposizione delle radiazioni (evidenziate dalle due porzioni a diverso tratteggio di dimensioni $a_i \times b$) ovvero la d = distanza, misurata lungo la direzione longitudinale, del centro della macchia dal centro della superficie irraggiata; ciascuna macchia ha distribuzione uniforme lungo la direzione trasversale e gaussiana lungo la direzione longitudinale. Nella seguente Tabella 2, i valori della potenza [W] assorbita sono riportati in funzione della posizione sullo specchio ovvero strisce di larghezza 5.54 [mm] centrate su $\ell = \ell_c$, con $\ell = 0$ in d .

ℓ_c [mm]	ℓ [mm]	[W]
0.0	-2.77 – 2.77	0.59
5.54	2.77 – 8.31	0.52
11.09	8.31 – 13.86	0.40
16.63	13.86 – 19.40	0.24
22.17	19.40 – 24.95	0.14
27.72	24.95 – 30.49	0.08

ℓ_c [mm]	ℓ [mm]	[W]
33.26	30.49 – 36.04	0.04
38.80	36.04 – 41.58	0.024
44.35	41.58 – 47.17	0.0

Tabella 2 – Specchi M1: distribuzione potenza irradiata

In queste condizioni, lo specchio in configurazione $t1 = 90$ [mm] (nel seguito M1A) non presenta alcun piano di simmetria, mentre lo specchio in configurazione $t2 = 50$ [mm] (nel seguito M1B) presenta il piano di simmetria $t = 0$. Considerando però le proporzioni dello specchio ovvero la macchia è centrata lontano dal centro della direzione longitudinale, è possibile riconoscere per entrambe le configurazioni il piano di simmetria $\ell = 0$ e quindi pervenire ad un modello 1/2 simmetrico per la configurazione M1A ed 1/4 simmetrico per la configurazione M1B come rappresentato nelle Figure 13 e 14 dove gli elementi interessati alla radiazione sono colorati in rosso. In particolare, il modello ad elementi finiti è stato costruito in modo che per ogni striscia a diversa potenza sia interessata una coppia di elementi nella direzione longitudinale e che presenti un infittimento lungo la direzione trasversale man mano che ci si avvicina alla zona di confine della macchia.

Supposta una condizione di raffreddamento tale per cui la superficie opposta a quella irradiata risultasse a temperatura costante $T = 15.0$ [°C], sono state svolte le analisi termiche in regime stazionario le cui distribuzioni di temperatura nelle due configurazioni degli specchi risultano quelle delle Figure 15 e 16.

Successivamente sono state svolte le analisi meccaniche per le quali si è fatta la sola ipotesi di vincolo perfettamente incastrato sulla superficie opposta a quella irradiata.

Le Figure 17 e 18 rappresentano la deformata delle configurazioni M1A e M1B, rispettivamente. In entrambe si è adottata la tecnica di rappresentare la deformata delineata dal solo perimetro della struttura sovrapposta alla indeformata rappresentata in rosso.

Le successive Figg. 19–22 e 23–26 rappresentano gli andamenti degli spostamenti normali e le relative slope-errors lungo le direzioni longitudinali e



trasversali in corrispondenza del centro della macchia.

Infine, l'allegato dischetto DOS contiene il file **m1.xls** nel quale, in formato Excel 97, le coordinate e gli spostamenti di tutti i nodi appartenenti alla superficie irraggiata sono raccolti per entrambe le configurazioni dello specchio M1 nei fogli **top1a** e **top1b**.

3.1 Specchio M1: figure

Nelle pagine seguenti sono raccolte, nell'ordine, le Figure 13–26 di cui al precedente paragrafo relativo allo specchio M1.

ABAQUS_m1a

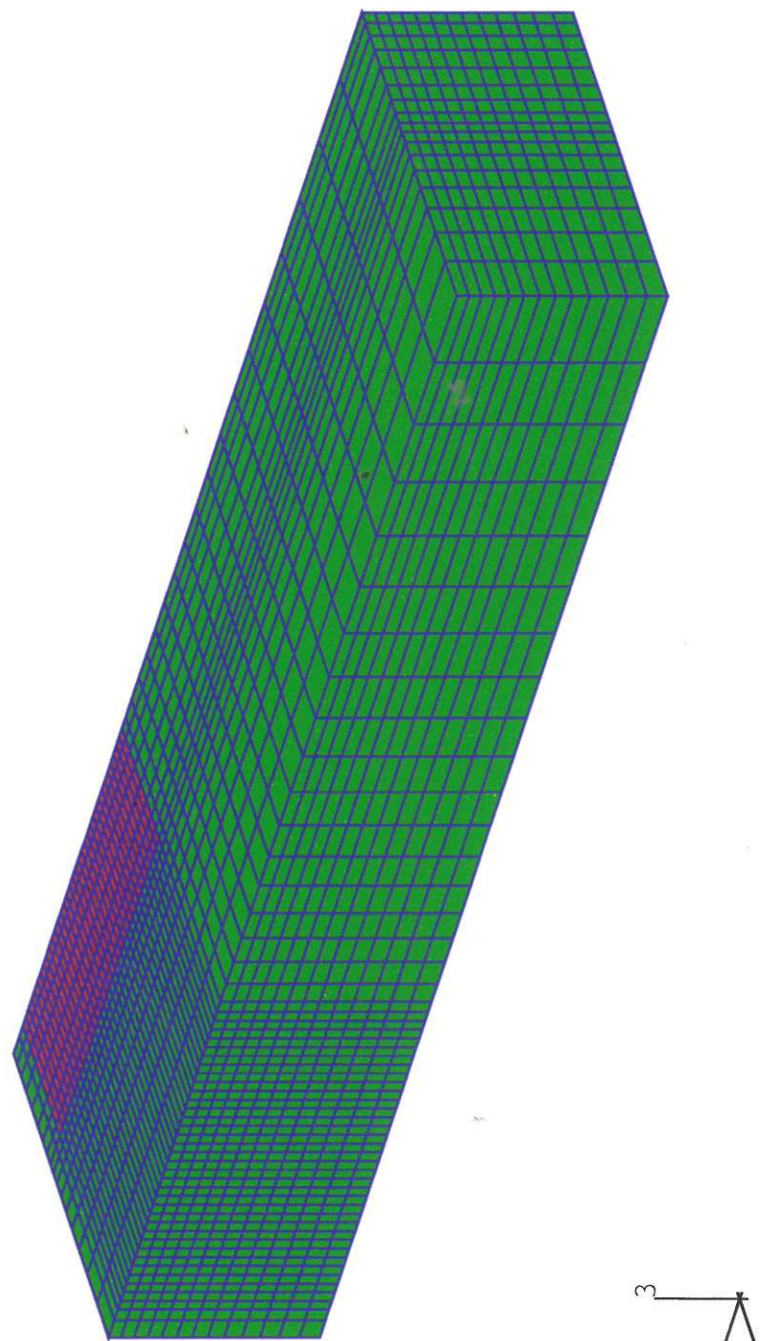


Figura 13

ABAQUS_m1b

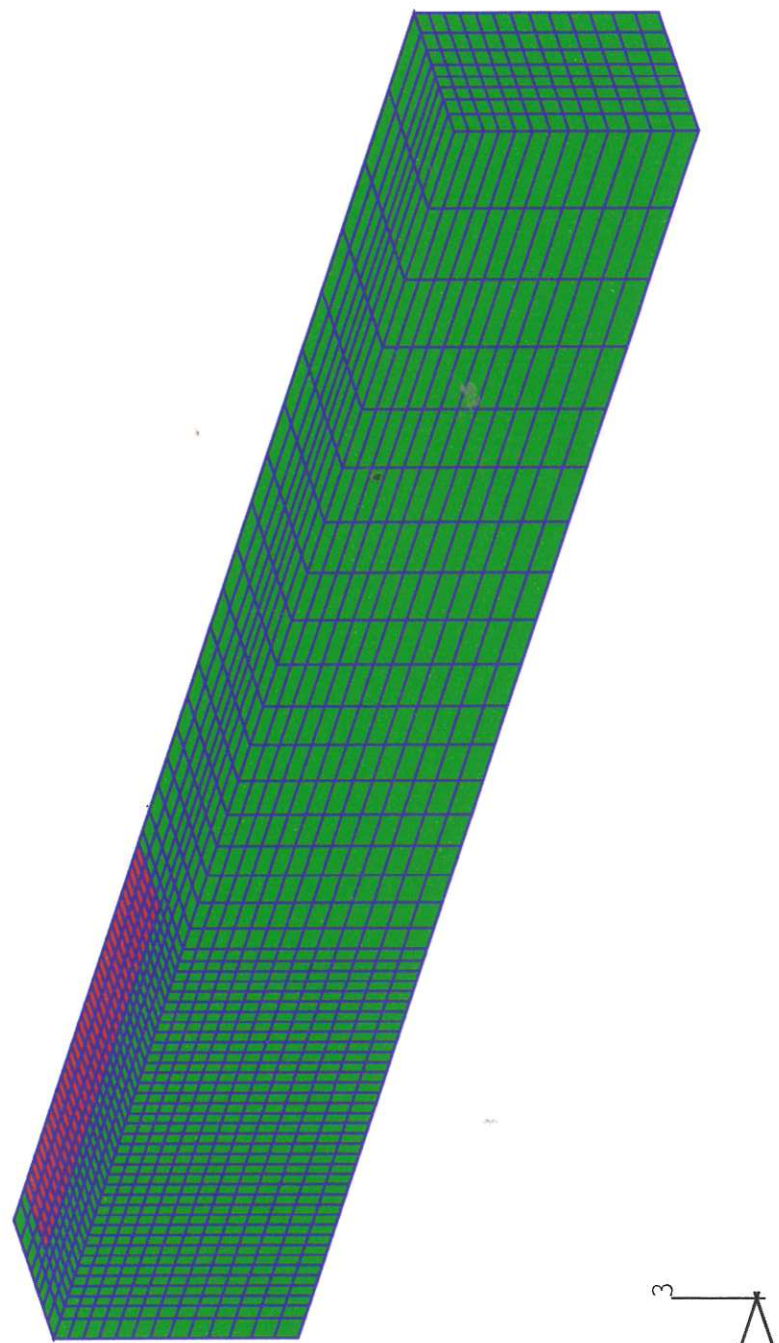
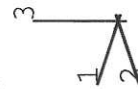
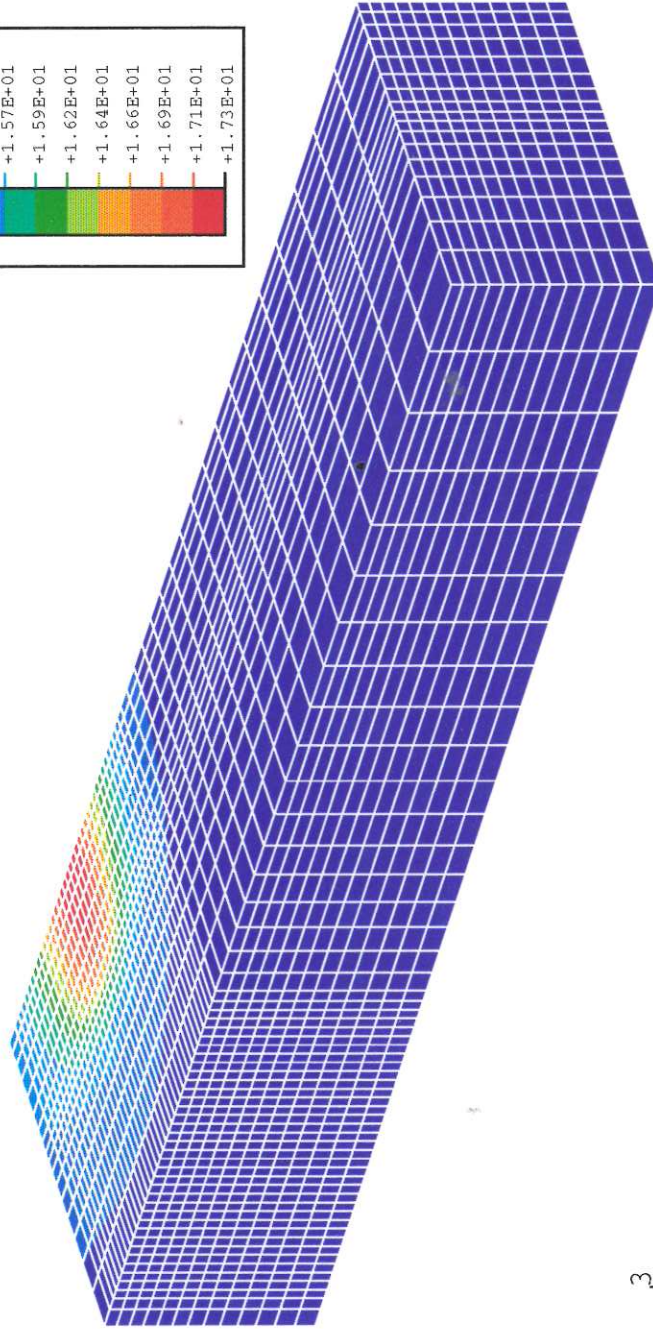
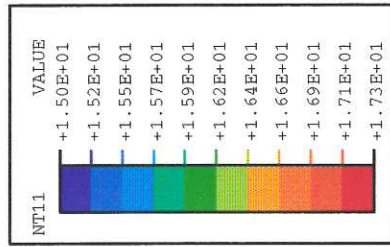


Figura 14

ABAQUS_m1a



RESTART FILE = m1am STEP 1 INCREMENT 1
TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TOTAL ACCUMULATED TIME 1.00
ABAQUS VERSION: 5.7-2 DATE: 04-SEP-1998 TIME: 12:52:03

Figura 15

ABAQUS_m1b

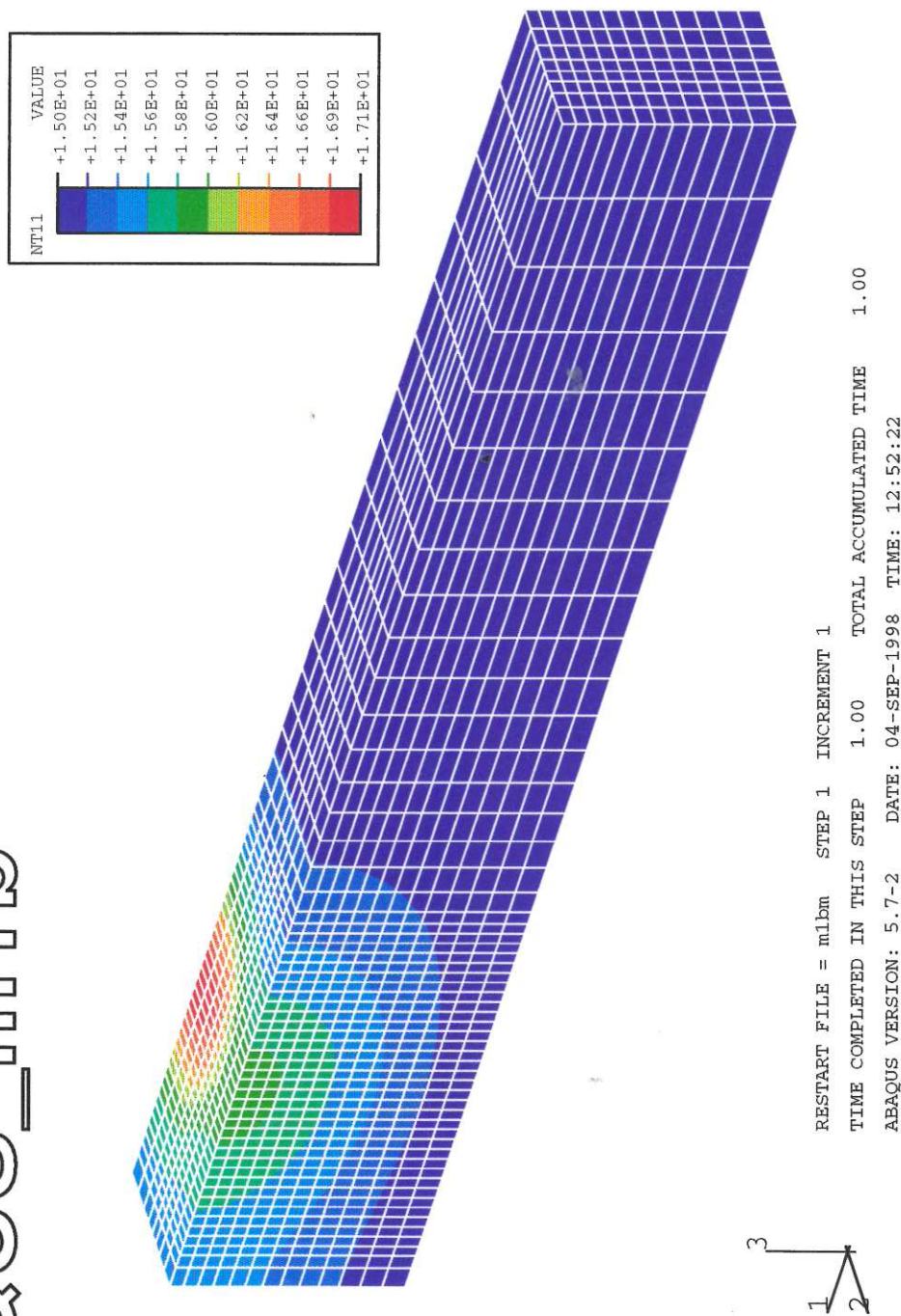


Figura 16

ABAQUS_m1a

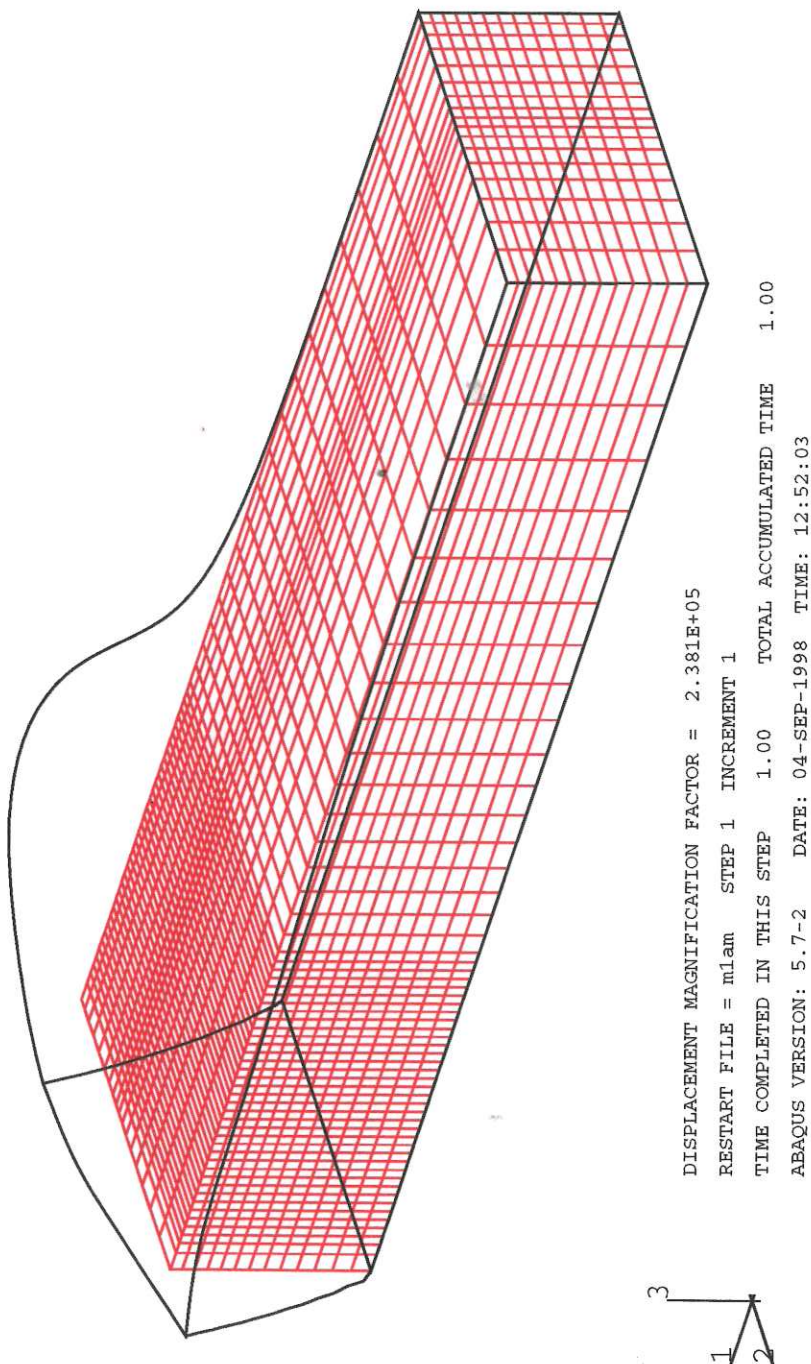
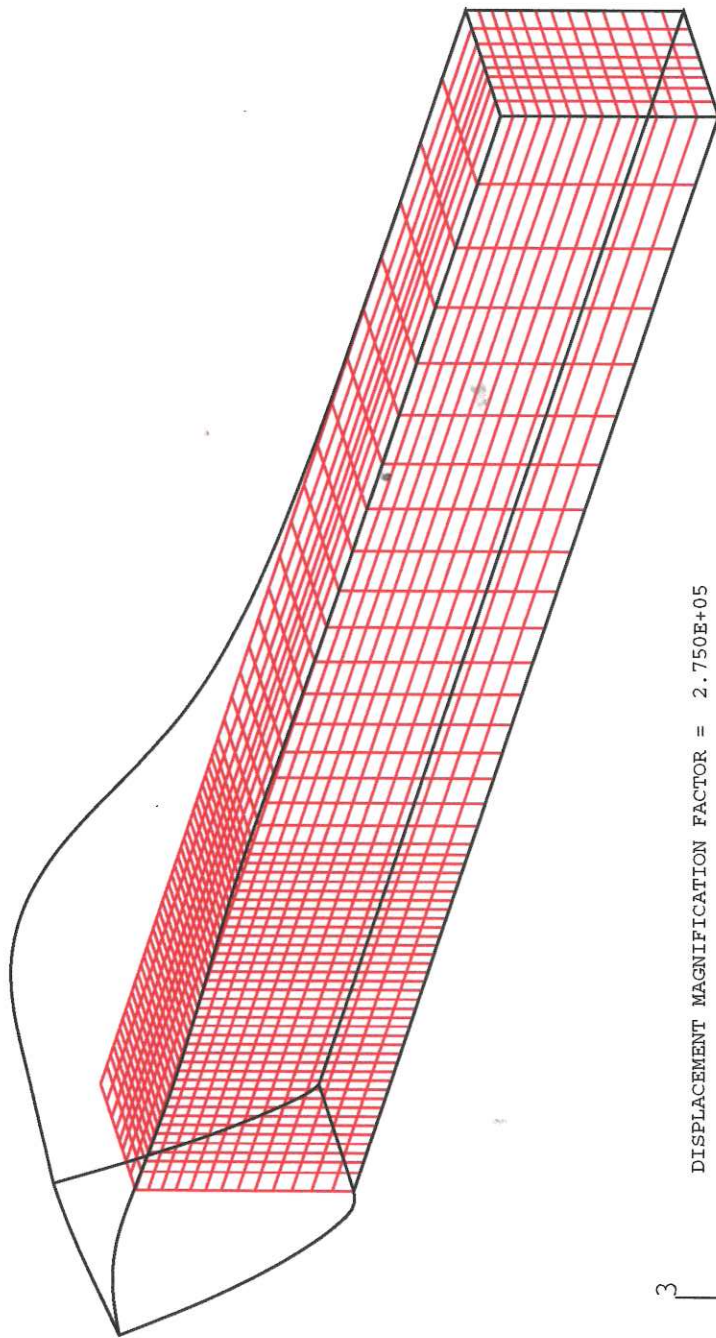


Figura 17

ABAQUS_m1b



DISPLACEMENT MAGNIFICATION FACTOR = 2.750E+05
RESTART FILE = m1bm STEP 1 INCREMENT 1
TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TOTAL ACCUMULATED TIME 1.00
ABAQUS VERSION: 5.7-2 DATE: 04-SEP-1998 TIME: 12:52:22

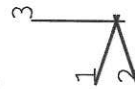


Figura 18

ABAQUS_m1a

[x10⁻³]

LONG

Normal displ. [mm]

Distance [mm]

XMIN 0.000E+00
XMAX 3.300E+02
YMIN 1.180E-07
YMAX 1.140E-04

Figura 19

ABAQUS_m1a

— ADLONG

Arc Tang. [asec]

XMIN 0.000E+00
XMAX 3.300E+02
YMIN -4.679E-01
YMAX 4.587E-01

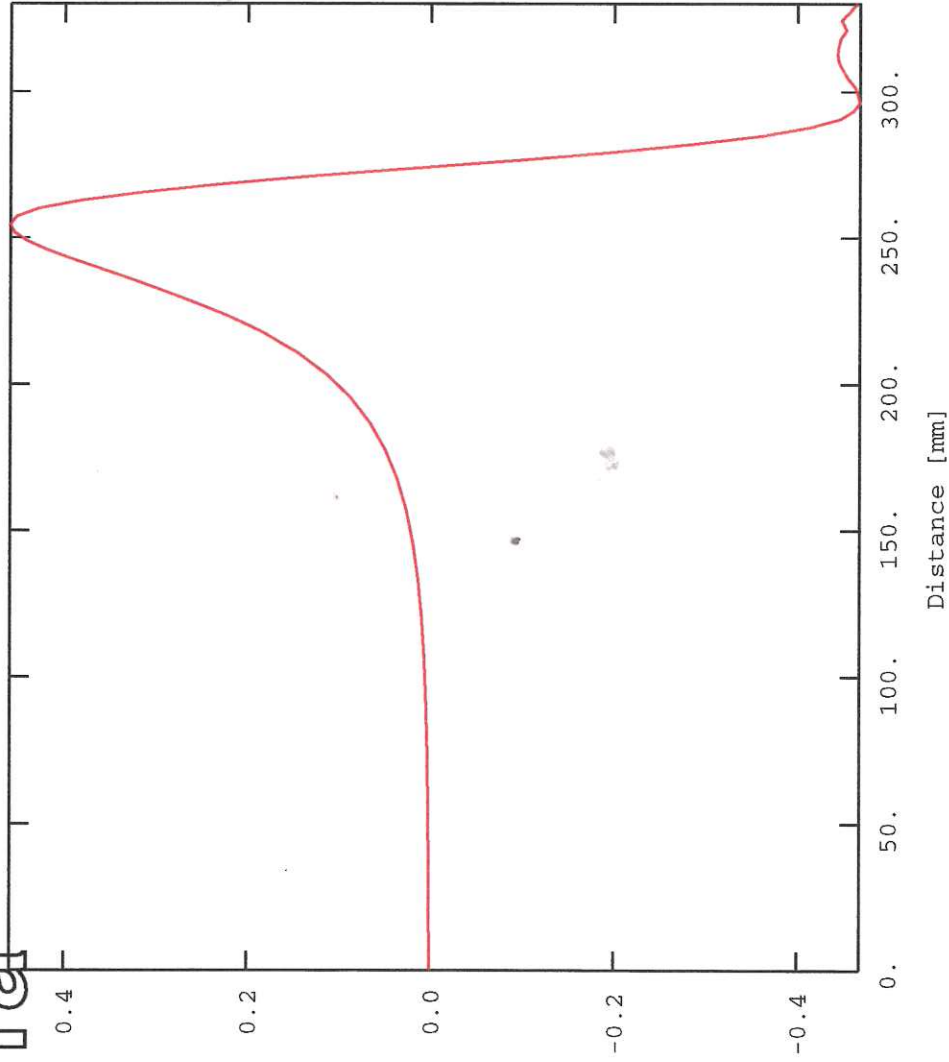


Figura 20

ABAQUS_m1a

[x10⁻³]

— TRAS

Normal displ. [mm]

XMIN 0.000E+00
XMAX 9.000E+01
YMIN 6.580E-06
YMAX 1.140E-04

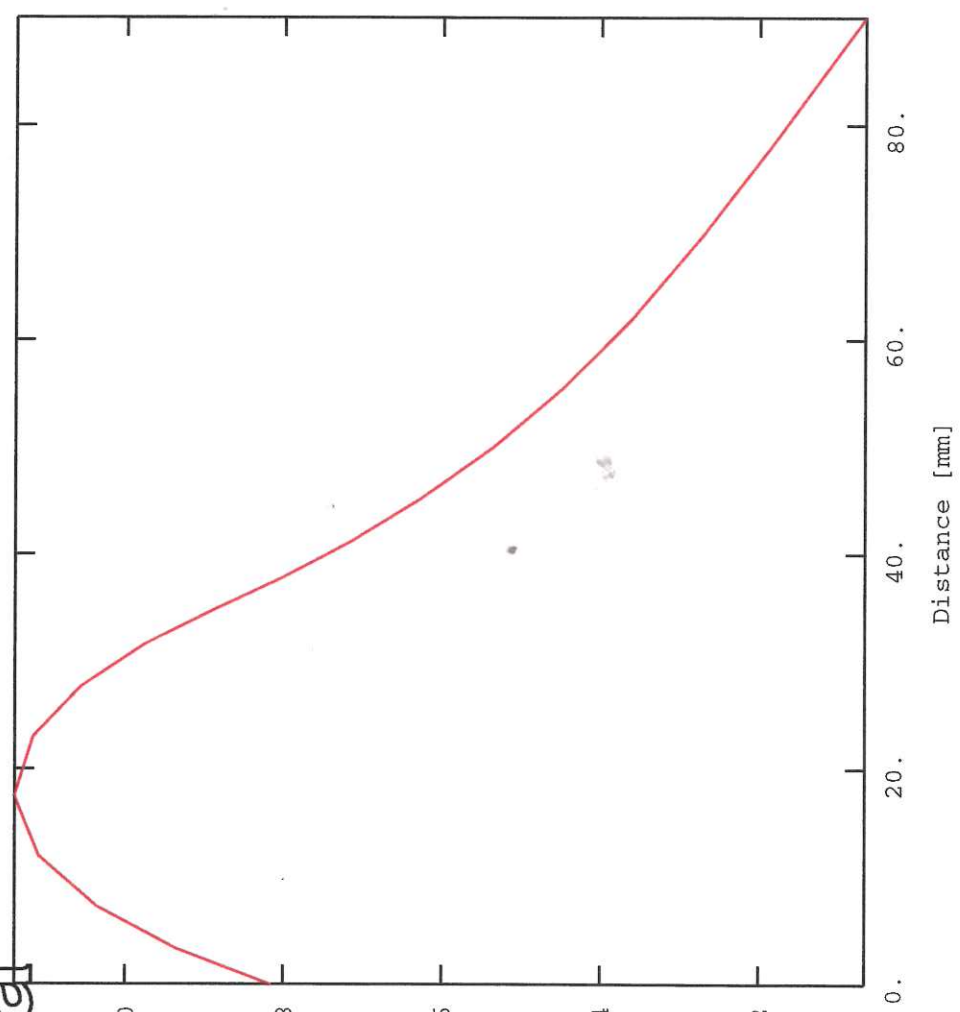
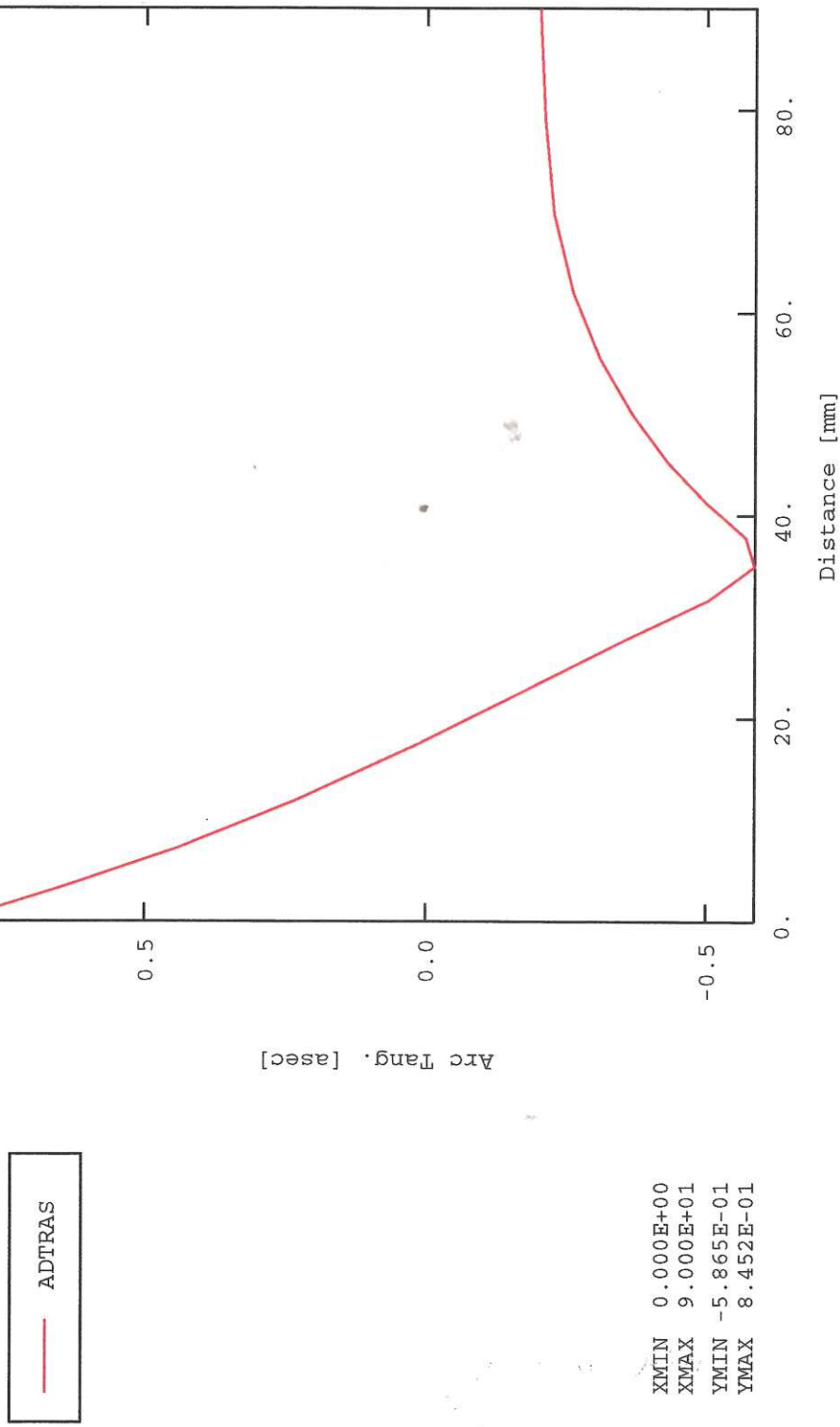


Figura 2l

ABAQUS_m1a



XMIN 0.000E+00
XMAX 9.000E+01
YMIN -5.865E-01
YMAX 8.452E-01

Figura 22

ABAQUS_m1b

[x10⁻³]

LONG

Normal displ. [mm]

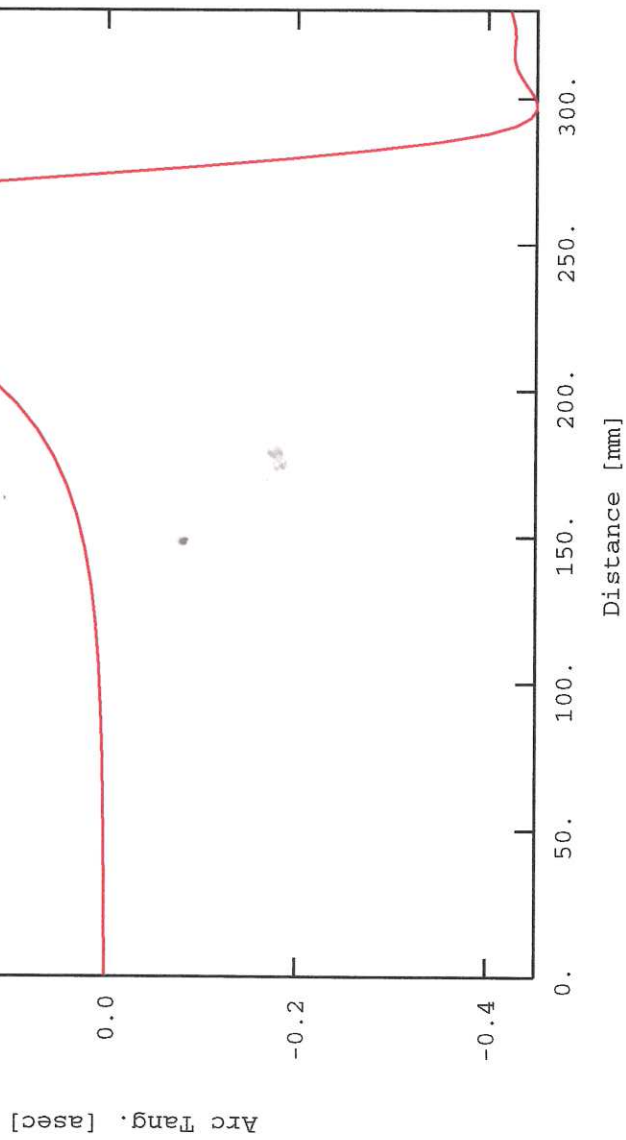
Distance [mm]

XMIN 0.000E+00
XMAX 3.300E+02
YMIN 1.712E-07
YMAX 1.145E-04

Figura 23

ABAQUS_m1b

— ADLONG



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.300E+02
YMIN -4.512E-01
YMAX 4.422E-01

Figure 24

ABAQUS_m1b

[x10⁻³]

— TRAS

Normal displ. [mm]

XMIN 0.000E+00
XMAX 3.250E+01
YMIN 4.798E-05
YMAX 1.145E-04

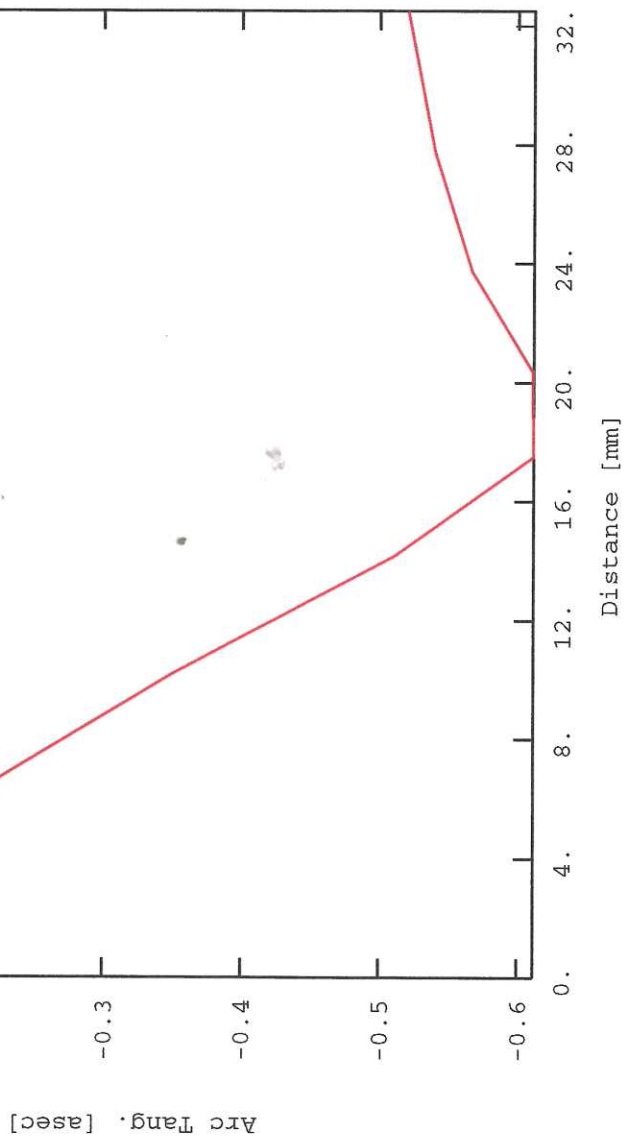
0. 4. 8. 12. 16. 20. 24. 28. 32.

Distance [mm]

Figura 25

ABAQUS_m1b

— ADTRAS



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.250E+01
YMIN -6.115E-01
YMAX 3.695E-03

Figura 26

4.Specchio M2

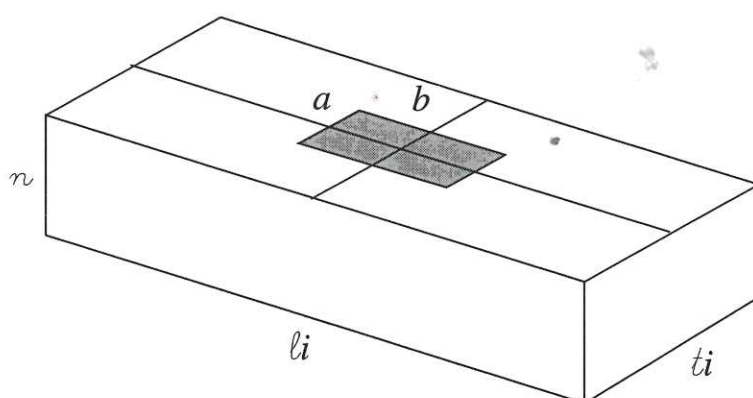
Nella seguente Figura 27 è rappresentato (non in scala) lo specchio M2 il quale, pur ricevendo la medesima radiazione, presenta tre diverse configurazioni:

M21 – estensione superficie irraggiata coincidente con la macchia

M22 – estensione superficie irraggiata > della macchia

M23 – estensione superficie irraggiata >> della macchia

Indicate con l , t e n (l = longitudinale, t = trasversale e n = normale), le



$$l1 = 35.0 \text{ [mm]}$$

$$l2 = 45.0 \text{ [mm]}$$

$$l3 = 55.0 \text{ [mm]}$$

$$t1 = 20.4 \text{ [mm]}$$

$$t2 = 30.4 \text{ [mm]}$$

$$t3 = 40.4 \text{ [mm]}$$

$$n = 35.0 \text{ [mm]}$$

$$a = 20.4 \text{ [mm]}$$

$$b = 35.0 \text{ [mm]}$$

Figura 27 – Specchi M2

dimensioni principali dello specchio M2, la macchia ha distribuzione uniforme lungo la direzione longitudinale e gaussiana lungo la direzione trasversale. Nella seguente Tabella 3, i valori della potenza [W] assorbita sono riportati in funzione della posizione sullo specchio ovvero strisce di larghezza 1.2 [mm] centrate su $t = t_c$, con $t = 0$ al centro dello specchio.

t_c [mm]	t [mm]	[W]
0.0	-0.6 – 0.6	0.74
1.2	0.6 – 1.8	0.65
2.4	1.8 – 3.0	0.50
3.6	3.0 – 4.2	0.30
4.8	4.2 – 5.4	0.18
6.0	5.4 – 6.6	0.10

t_c [mm]	t [mm]	[W]
7.2	6.6 – 7.8	0.053
8.4	7.8 – 9.0	0.030
9.6	9.0 – 10.2	0.013

Tabella 3 – Specchi M2: distribuzione potenza irradiata

In queste condizioni, lo specchio presenta due piani di simmetria: $\ell = 0$ e $t = 0$; pertanto il modello ad elementi finiti può essere costruito 1/4 simmetrico come rappresentato in Figura 28 dove gli elementi interessati alla radiazione sono colorati in rosso e coincidono con il modello M21; la somma degli elementi rossi e gialli costituisce il modello M22 ed infine, la somma degli elementi rossi, gialli e verdi costituisce il modello M23. In particolare, il modello ad elementi finiti è stato costruito in modo che per ogni striscia a diversa potenza nella direzione trasversale sia interessata una coppia di elementi ad eccezione di quella centrale che, per ragioni di simmetria, interessa un solo elemento; inoltre, il modello presenta un infittimento nelle zone di confine della macchia.

Supposta una condizione di raffreddamento tale per cui la superficie opposta a quella irradiata risultasse a temperatura costante $T = 15.0$ [°C], sono state svolte le analisi termiche in regime stazionario le cui distribuzioni di temperatura nelle tre configurazioni degli specchi risultano quelle delle Figure 29, 30 e 31.

Successivamente sono state svolte le analisi meccaniche per le quali si è fatta la sola ipotesi di vincolo perfettamente incastrato sulla superficie opposta a quella irradiata.

Le Figure 32, 33 e 34 rappresentano la deformata delle configurazioni M21, M22 e M23, rispettivamente. In ognuna di esse si è adottata la tecnica di rappresentare la deformata delineata dal solo perimetro della struttura sovrapposta alla indeformata rappresentata in rosso.

Le successive Figg. 35–40 rappresentano gli andamenti degli spostamenti normali e le relative slope-errors lungo le direzioni longitudinali e trasversali in corrispondenza dei piani di simmetria e lungo la diagonale della superficie irradiata.

Infine, l'allegato dischetto DOS contiene il file **m2.xls** nel quale, in for-

mato Excel 97, le coordinate e gli spostamenti di tutti i nodi appartenenti alla superficie irraggiata sono raccolti per ognuna delle configurazioni dello specchio M2 nei fogli **top21**, **top22** e **top23**.

4.1 Specchio M2: figure

Nelle pagine seguenti sono raccolte, nell'ordine, le Figure 28–40 di cui al precedente paragrafo relativo allo specchio M2.

ABAQUS_m2

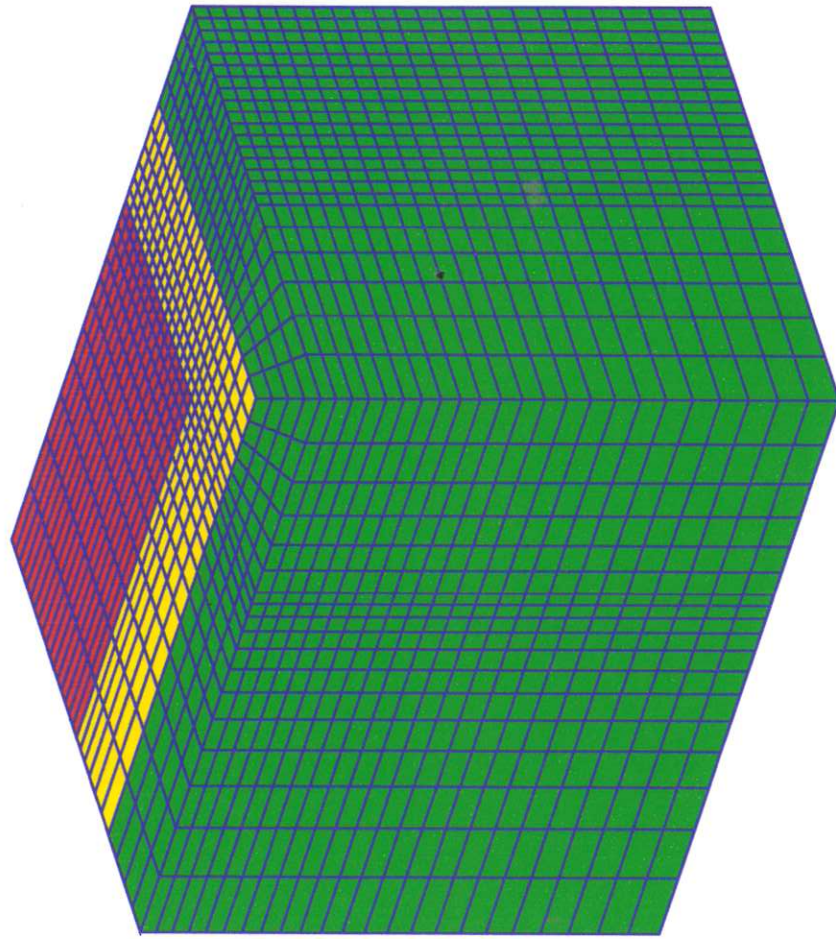
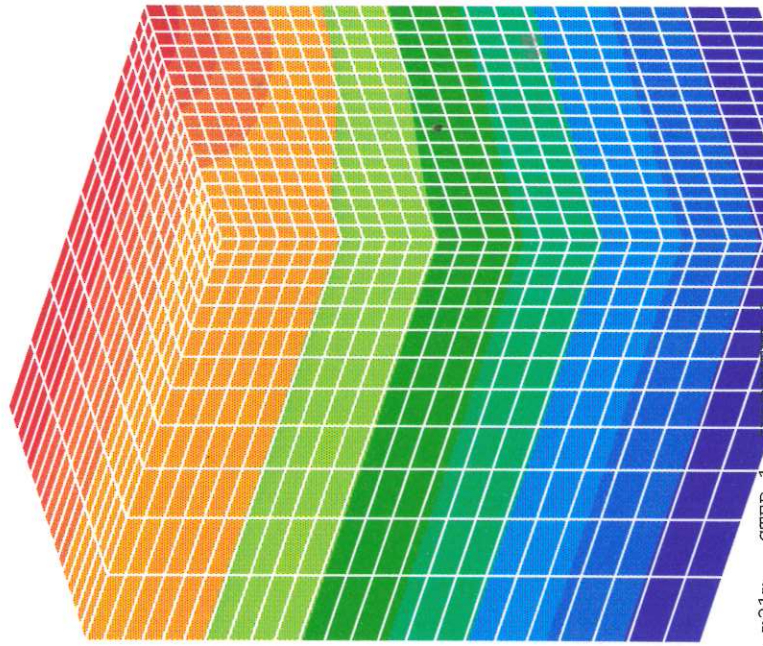
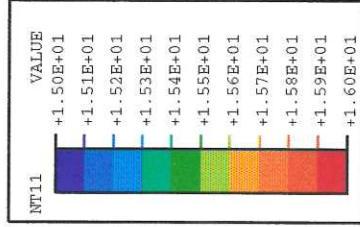


Figura 28

ABAQUS_m21



RESTART FILE = m21m STEP 1 TIME 1.00
TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TIME ELAPSED TIME 1.00
ABAQUS VERSION: 5.7-2 DATE: 31-AUG-1998 TIME: 15:27:29

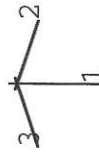
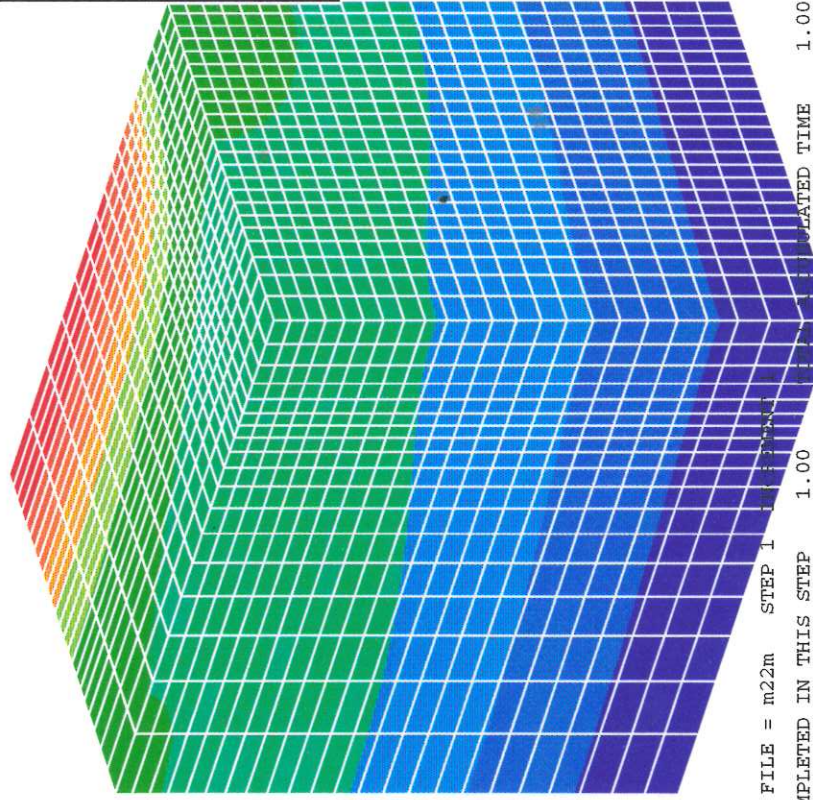
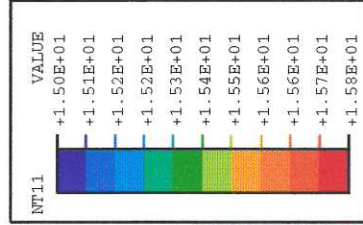


Figura 29

ABAQUS_m22



RESTART FILE = m22m STEP 1 INCREMENT 1
TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TIME ELAPSED TIME 1.00
ABAQUS VERSION: 5.7-2 DATE: 31-AUG-1998 TIME: 15:37:17

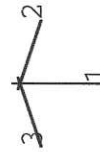
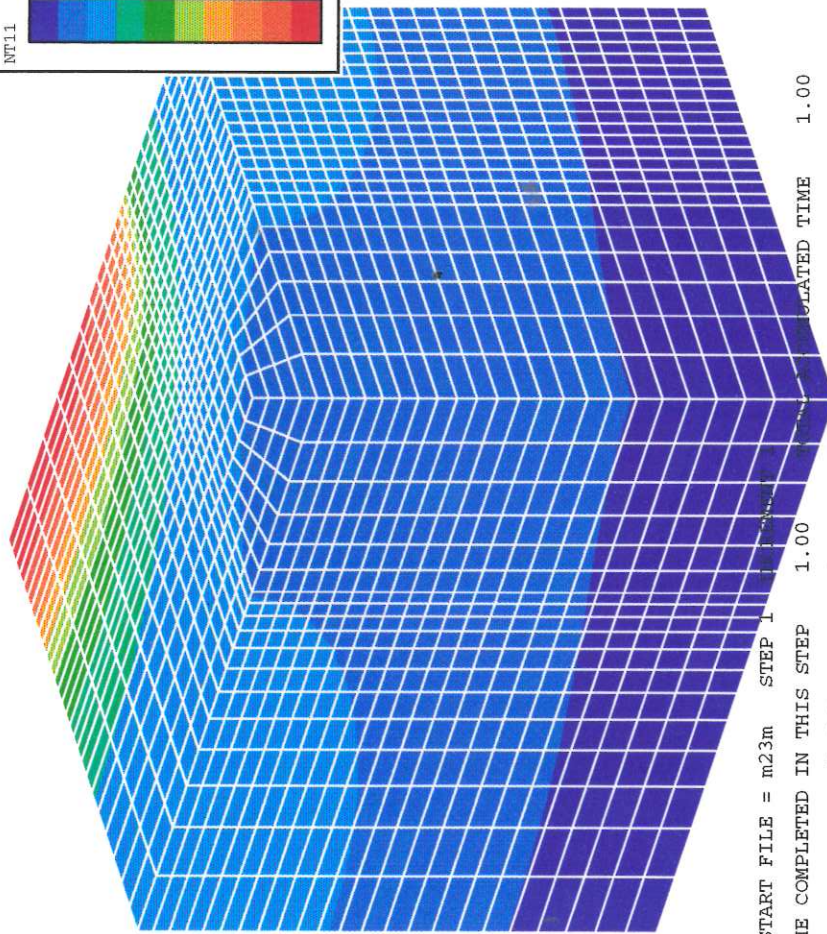
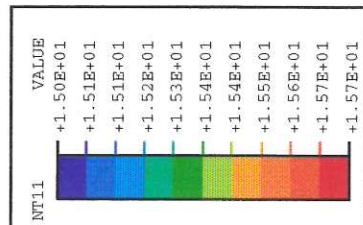


Figura 30

ABAQUS_m23



RESTART FILE = m23m STEP 1 INCREMENT 1
TIME COMPLETED IN THIS STEP 1.00 TIME ELAPSED 1.00
ABAQUS VERSION: 5.7-2 DATE: 31-AUG-1998 TIME: 15:08:21

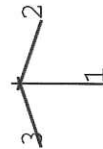


Figura 31

ABAQUS_m21

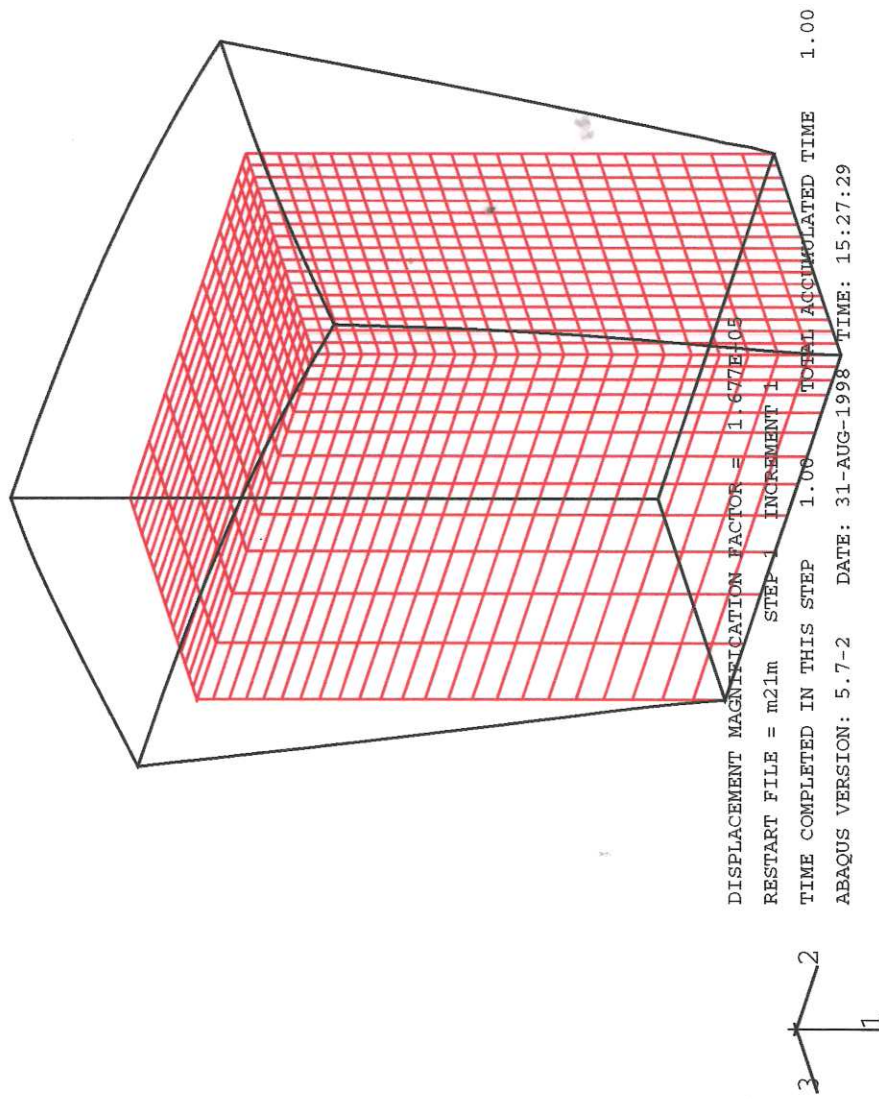


Figura 32

ABAQUS_m22

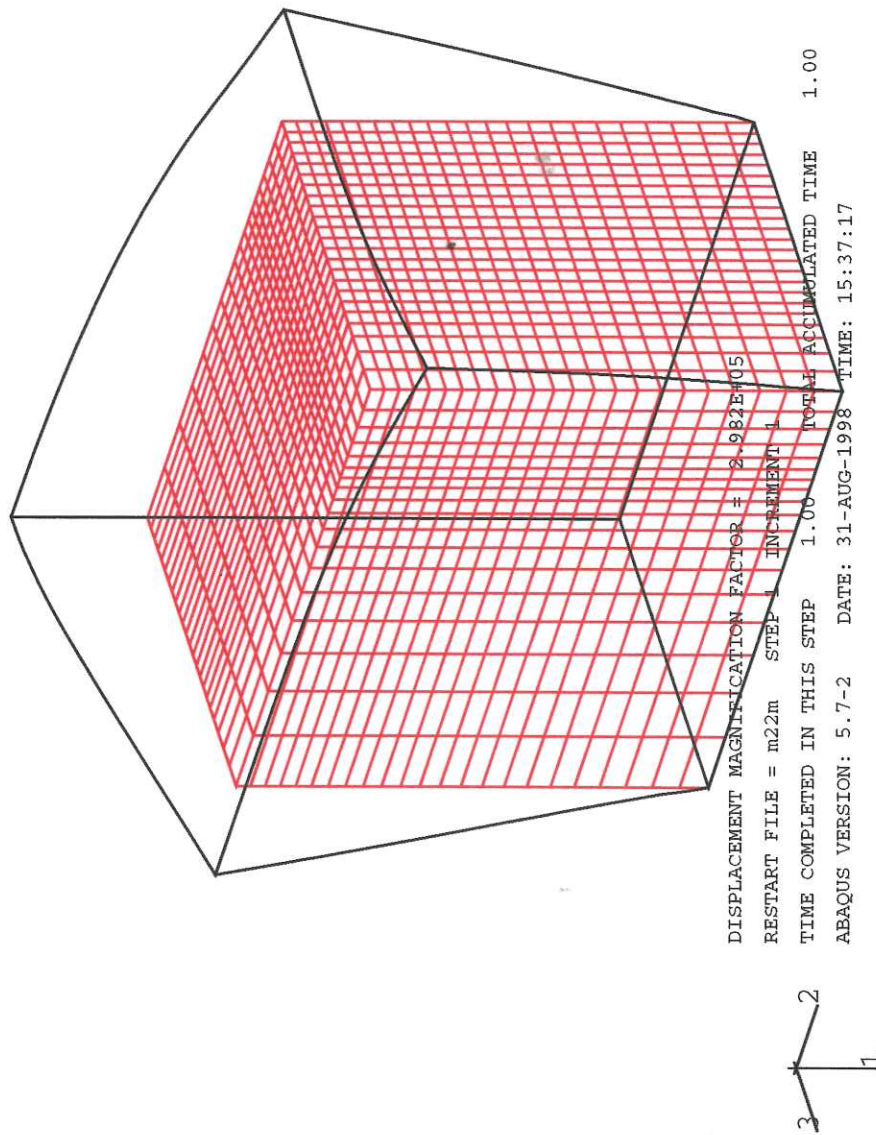


Figura 33

ABAQUS_m23

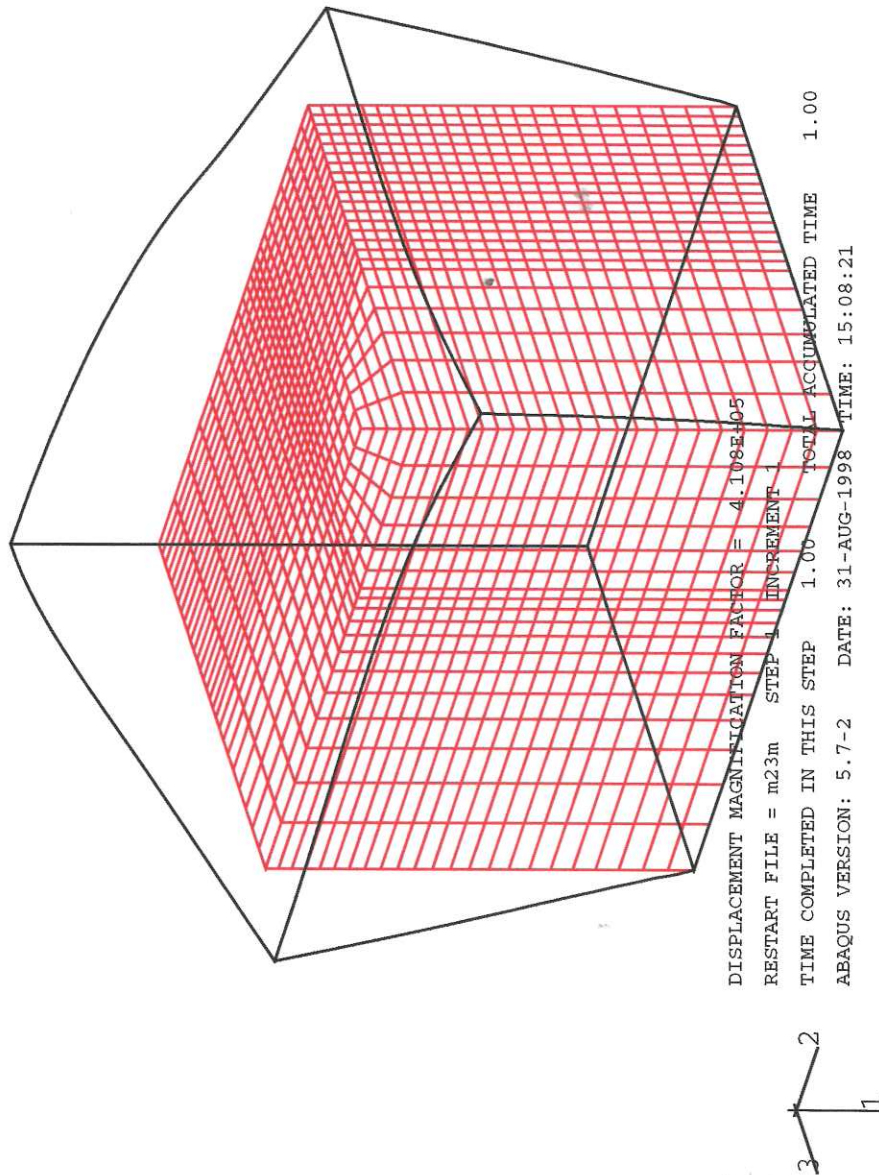
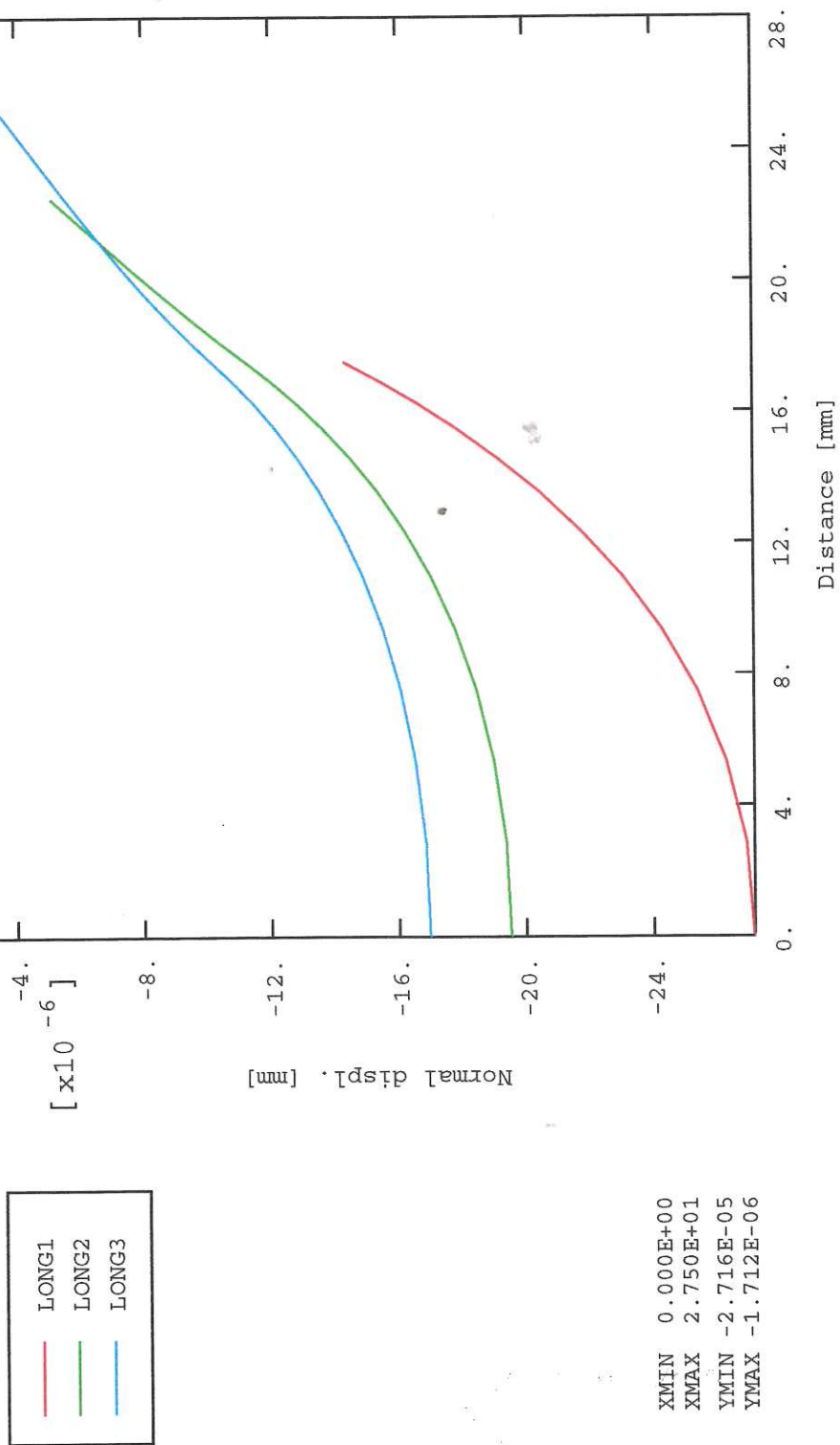


Figura 34

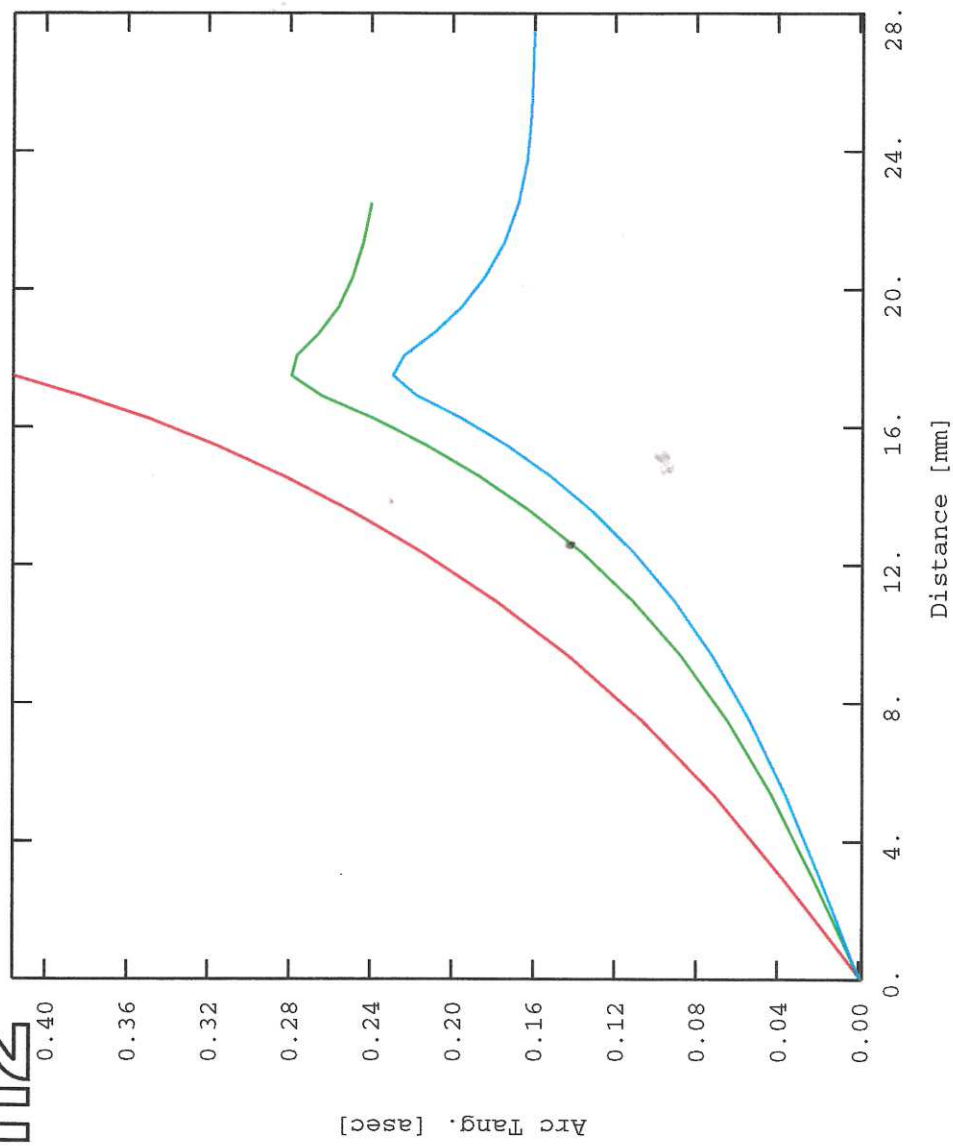
ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 2.750E+01
YMIN -2.716E-05
YMAX -1.712E-06

Figura 35

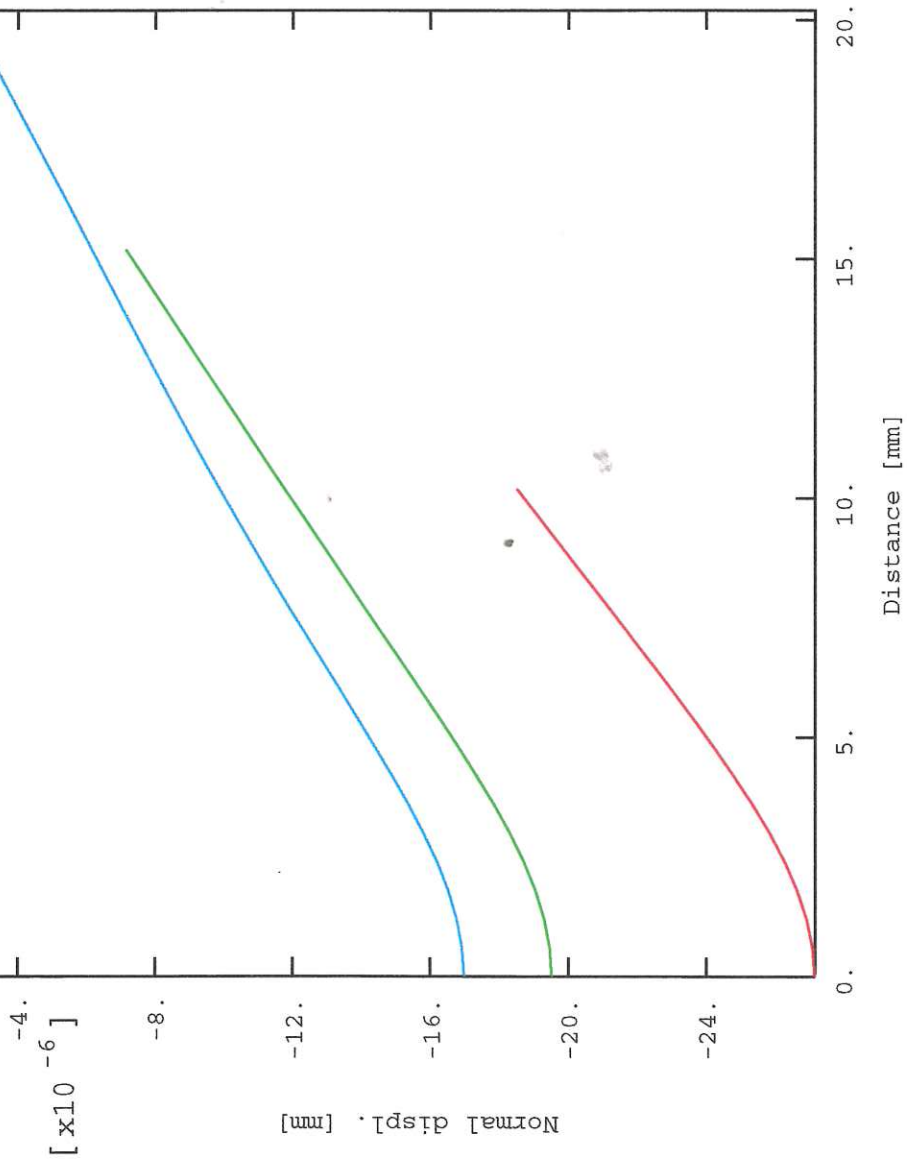
ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 2.750E+01
YMIN -1.502E-03
YMAX 4.157E-01

Figura 36

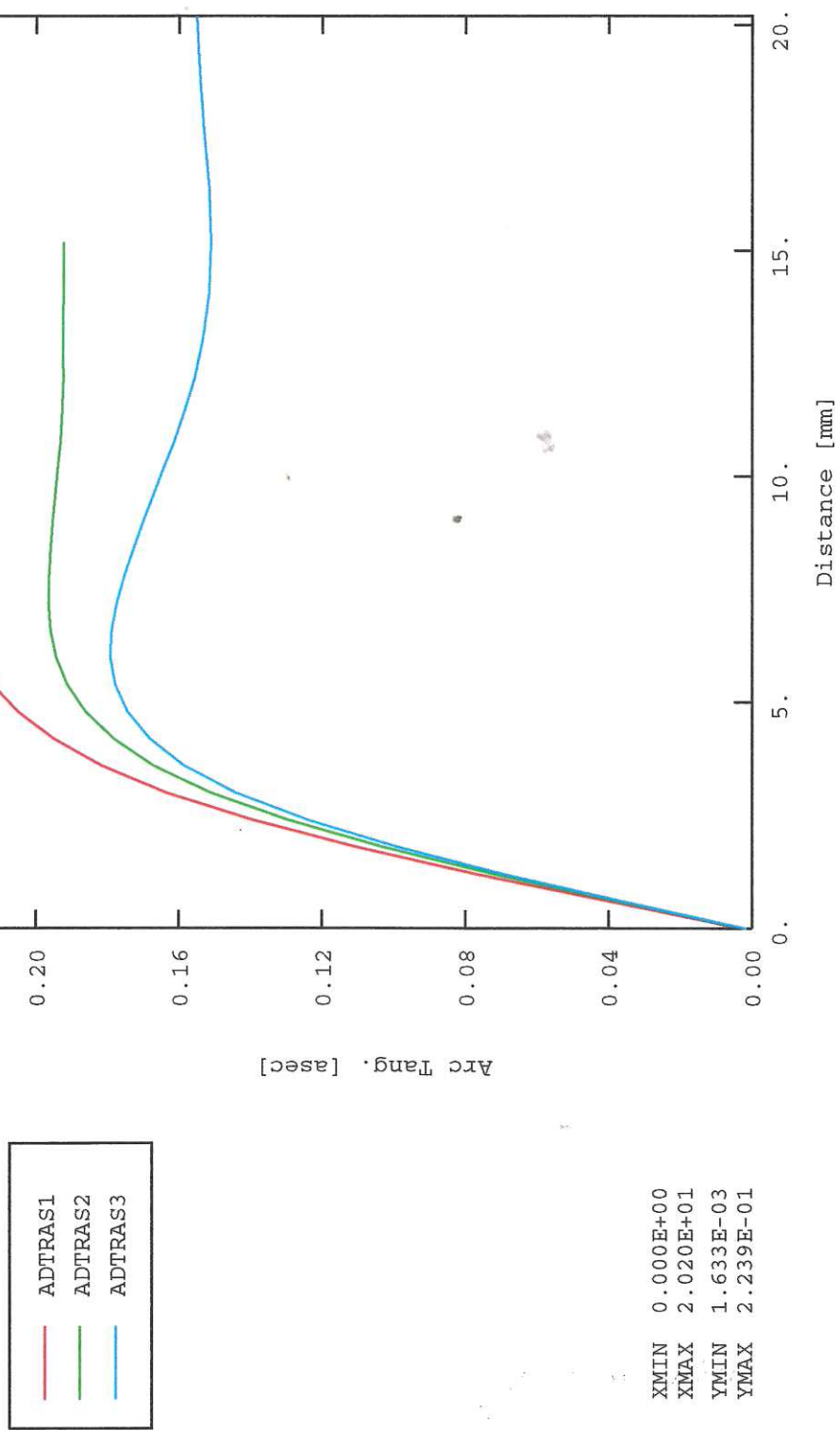
ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 2.020E+01
YMIN -2.716E-05
YMAX -2.496E-06

Figure 37

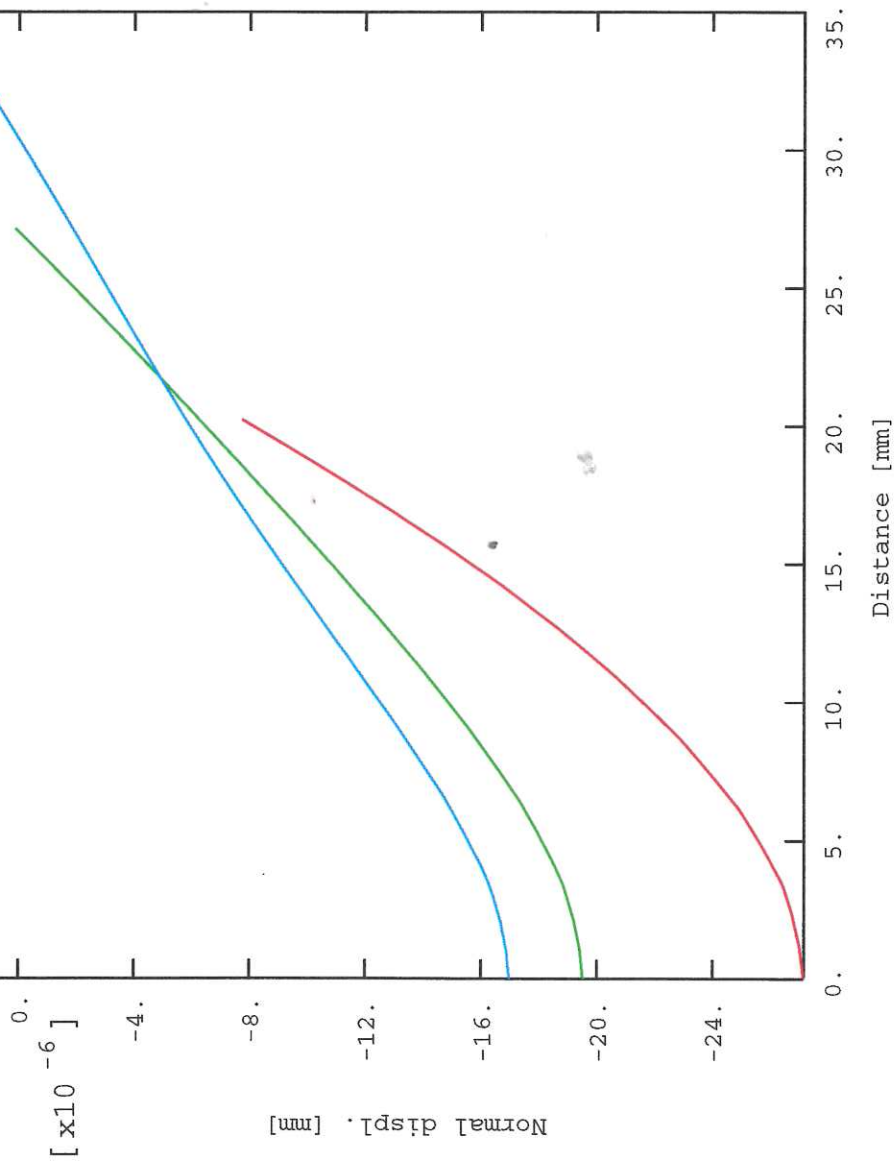
ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 2.020E+01
YMIN 1.633E-03
YMAX 2.239E-01

Figura 38

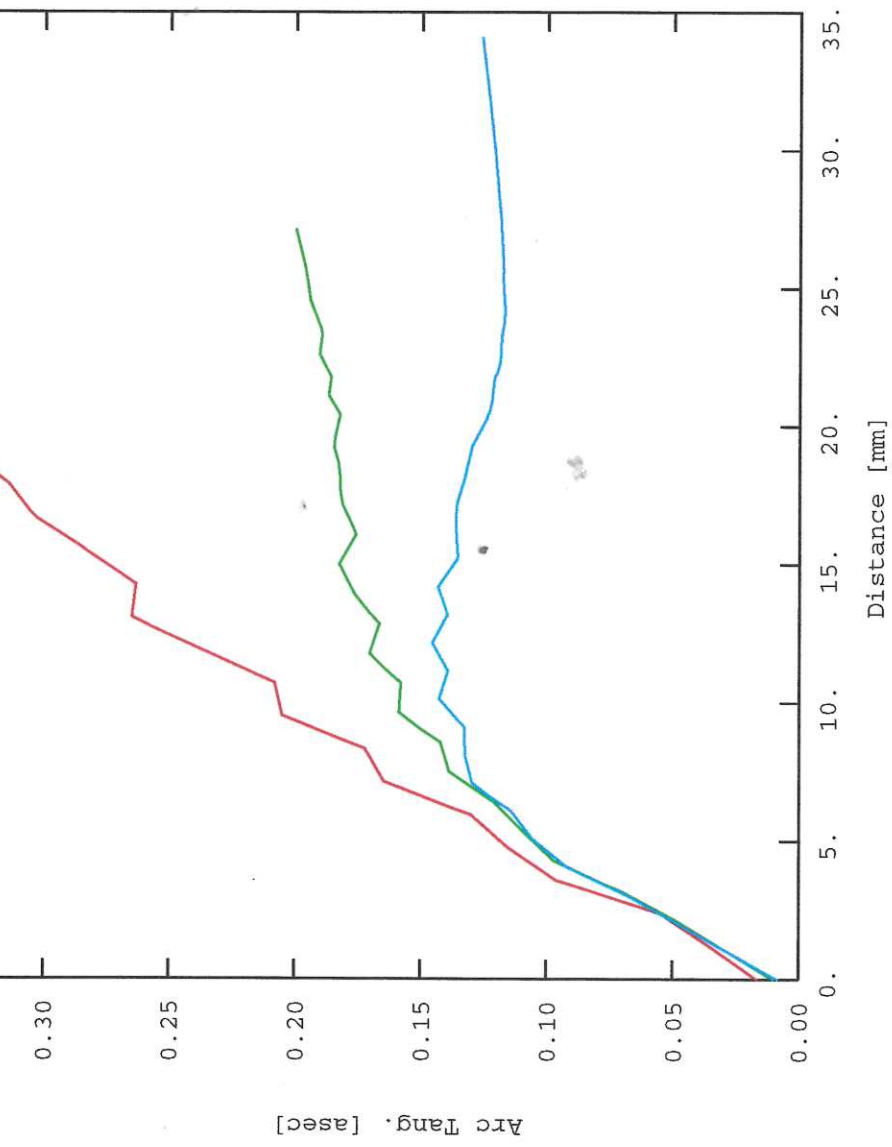
ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.412E+01
YMIN -2.716E-05
YMAX 2.201E-06

Figura 39

ABAQUS_m2



XMIN 0.000E+00
XMAX 3.412E+01
YMIN 8.186E-03
YMAX 3.372E-01

Figura 40