



COMPOSITE MATERIALS DESIGN

5 Exercises about macro mechanical Analysis and Design of Composite Materials



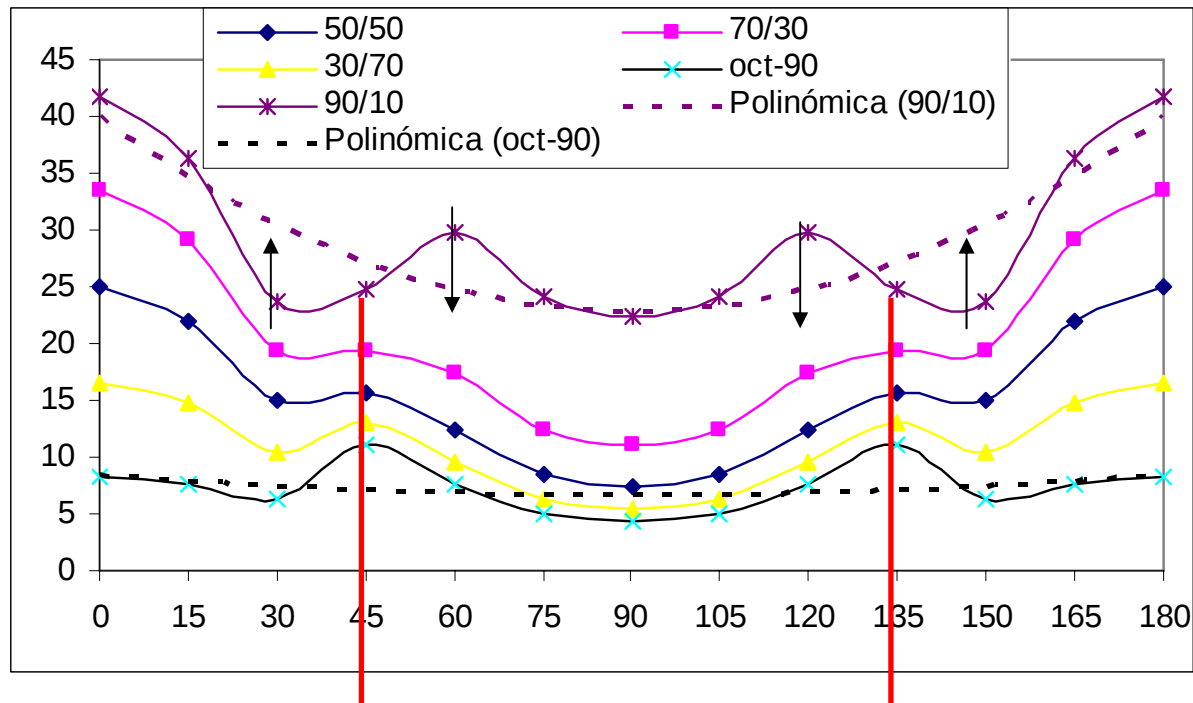
How resolve these exercises?

- defining the most important parameters (E_x ; E_y ; E_α ; σ_x ; σ_y ; σ_α ; ν_x ; ν_y ; ν_α ; ϵ_x ; ϵ_y)
- using a calculus sheet in order to optimize the procedure.



How to use the calculus sheet

Acquire the values of the CM's Young modulus as a function of reinforcement angle and content ($E_m = 4\text{MPa}$ and $E_f = 46\text{MPa}$)





Analysis of Evolution of YM as a function of orientation angle (Exercise-1)

Microsoft Excel - problmes varis

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

Times New Roman 10

O11

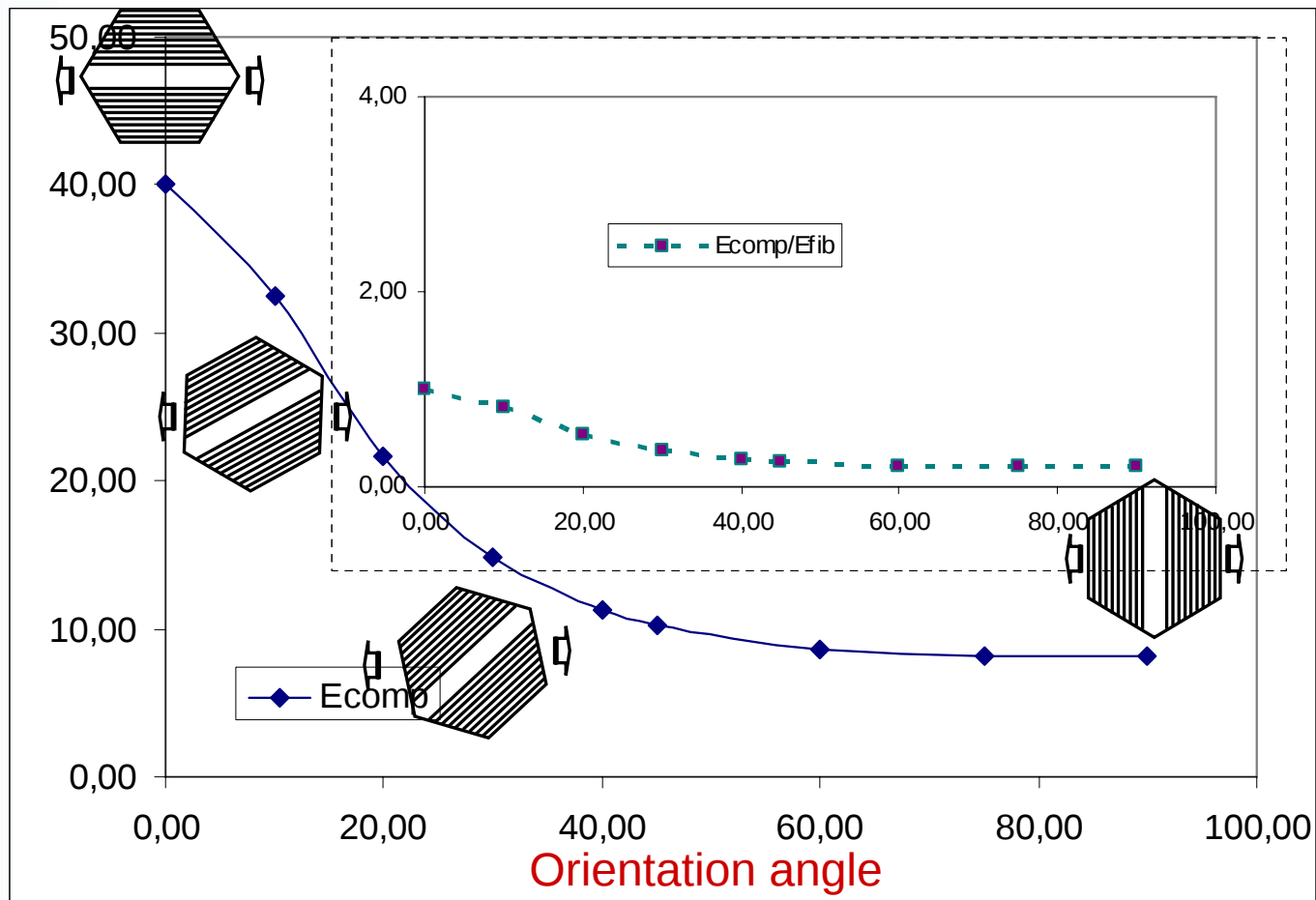
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	angle (gra)	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00	45,00	0,00	60,00	75,00	90,00
2	Ecomp	40,00	32,53	21,60	14,85	11,31	10,25	40,00	8,64	8,23	8,20
3	Ex/E1	1,00	0,81	0,54	0,37	0,28	0,26	1,00	0,22	0,21	0,21
4											
5	angle (rad)	0,00	0,17	0,35	0,52	0,70	0,79	0,00	1,05	1,31	1,57
6	E1(GPa)	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
7	G12	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
8	v12	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
9	E matrix	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20
10	cos angle	1,00	0,98	0,94	0,87	0,77	0,71	1,00	0,50	0,26	0,00
11	sin angle	0,00	0,17	0,34	0,50	0,64	0,71	0,00	0,87	0,97	1,00
12											
13											
14											

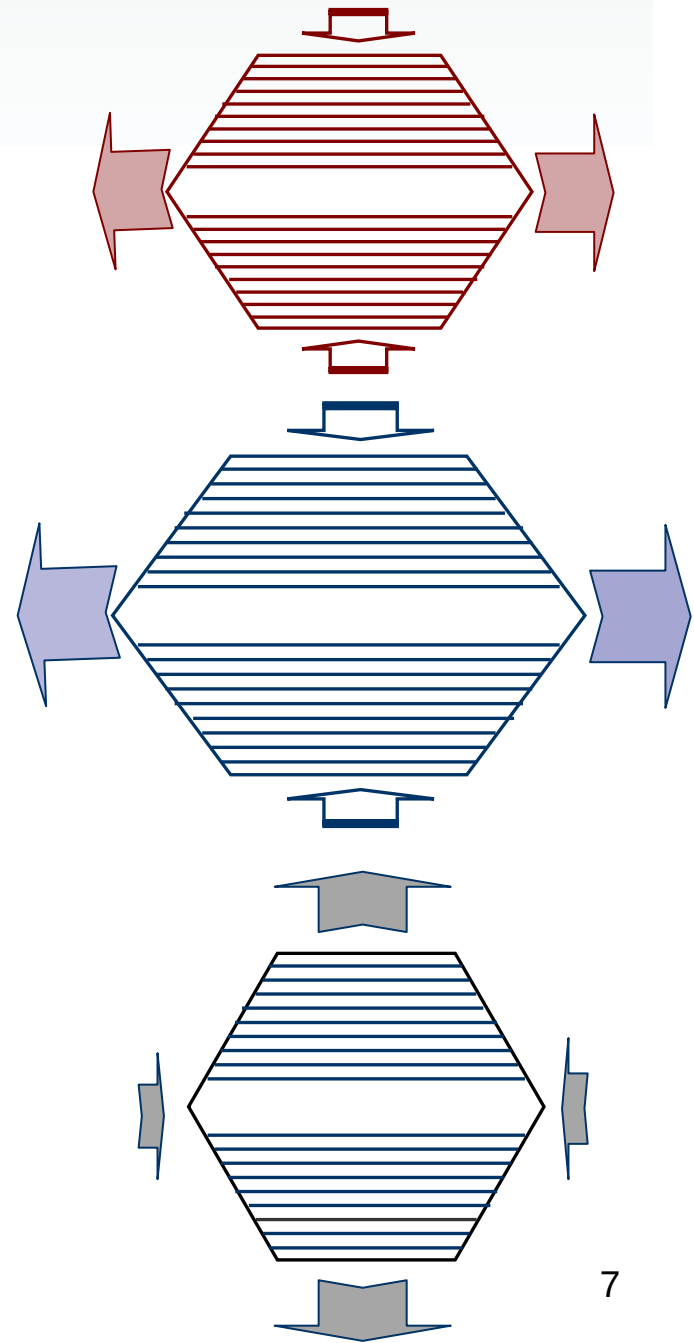
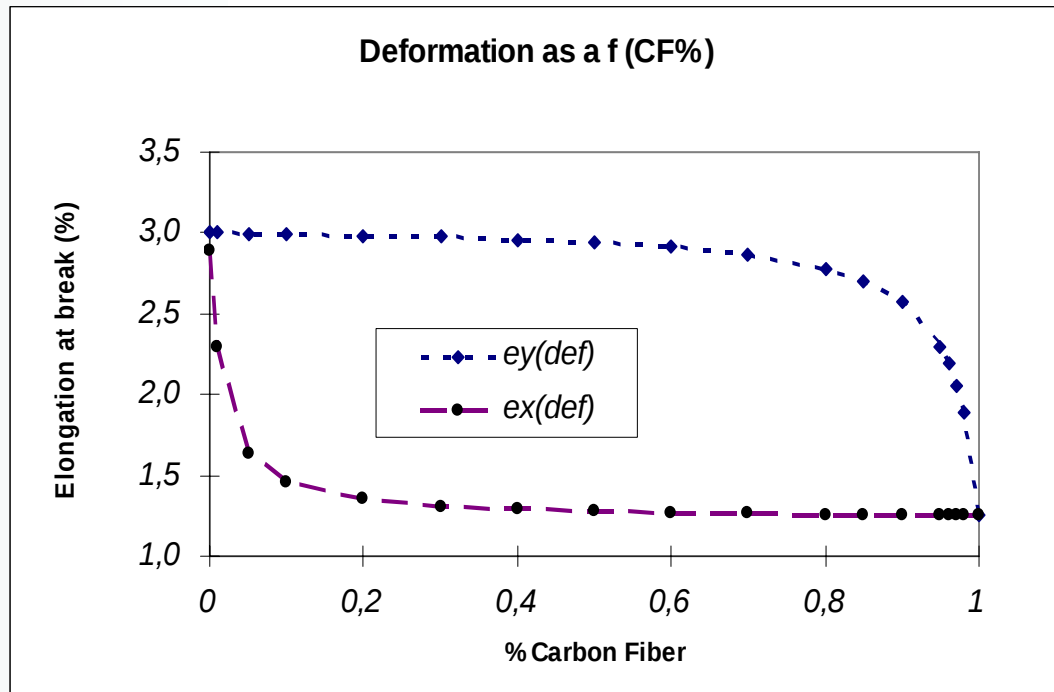
Hoja1 / Hoja2 / Hoja3 / Hoja4 / Hoja5 / Hoja6 / Hoja7 / Hoja8 / Hoja9 / Hoja10 / Hoja11

Listo



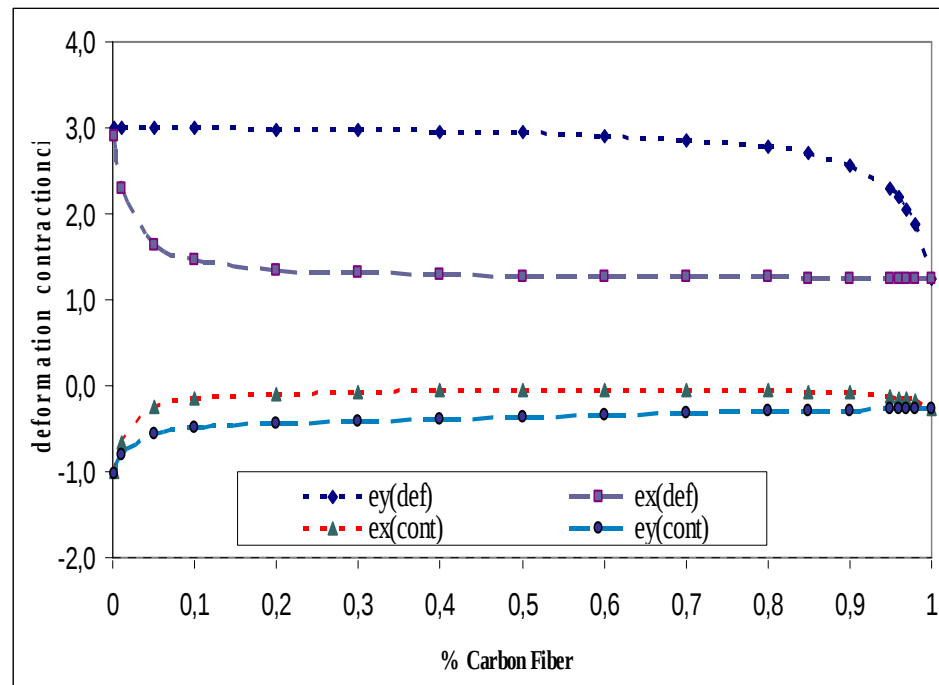
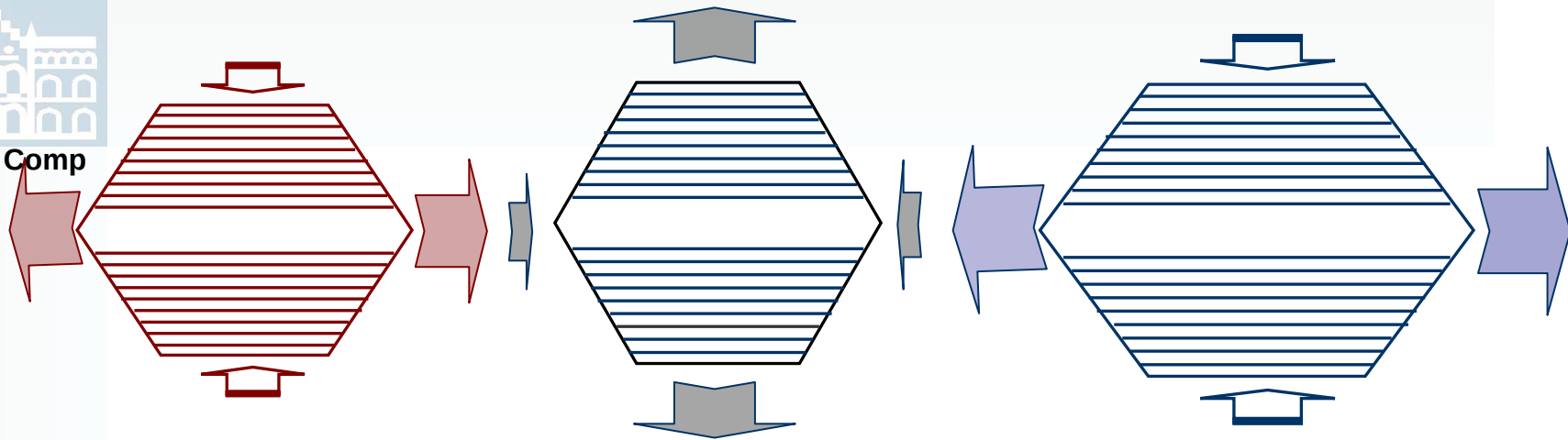
Evolution's representation of YM as a function of orientation angle (Exercise-1)







Analysis Comp





Exercise 3

Design a composite material with 6 plies with a quasi-isotropic behavior, constitute by 50% of matrix and reinforcement. The maximum load will be 350 MPa. (see values in the table)

What is the fiber distribution and the geometry of every ply to obtain this characteristics ?

Analyze the parameters of a composite, obtained by different laminates, minimizing and homogenize contractions and elongations

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000	$\nu\alpha = (\sin 4\alpha + \cos 4\alpha) \cdot (\nu_{12} \cdot E\alpha) / E_0$		
	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000			
	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975			
	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035			
	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260			
	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100			
	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500			
	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500			
le (gra)	0,000	30,000	150,000	60,000	120,000	90,000			
le (rad)	0,000	0,524	2,618	1,047	2,094	1,571			
angle	1,000	0,866	-0,866	0,500	-0,500	0,000			
angle	0,000	0,500	0,500	0,866	0,866	1,000			
	25,000	14,938	14,938	12,318	12,318	7,360			
	0,151	0,085	0,085	0,012	0,012	0,007			
	0,268	0,100	0,100	0,083	0,083	0,079			
def)	0,602	0,572	0,572	0,099	0,099	0,094			
(con)	-0,161	-0,057	-0,057	-0,008	-0,008	-0,007			
le s									
homog)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100			
ecalc)	0,025	0,015	0,015	0,012	0,012	0,007			
(mínim)	-0,027	-0,010	-0,010	-0,008	-0,008	-0,008			
le s									
homog)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200			
ecalc)	0,050	0,030	0,030	0,025	0,025	0,015			
(mínim)	-0,054	-0,020	-0,020	-0,017	-0,017	-0,016			

$$\epsilon_1 = \sigma_\alpha / E_\alpha$$

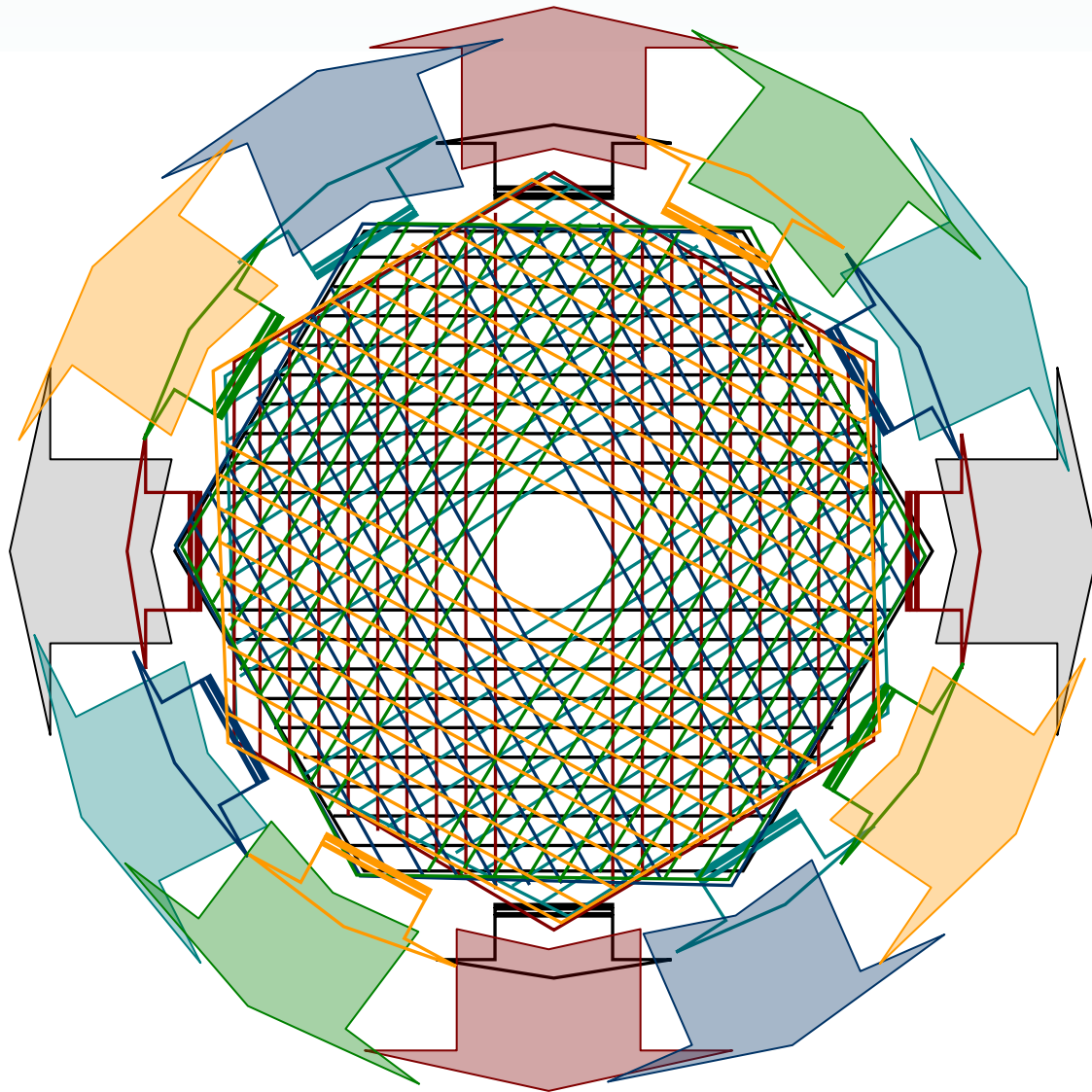
$$-\epsilon_2 = (\nu_\alpha \cdot \sigma_\alpha) / E_\alpha$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Ef	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000	46,0000			
2	Em	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000			
3	sf	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975	0,2975			
4	sm	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035			
5	nf	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260	0,2260			
6	nm	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100	0,3100			
7	Vf	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500			
8	Vm	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500			
9	angle (gra)	0,000	30,000	150,000	60,000	120,000	90,000			
10	angle (rad)	0,000	0,524	2,618	1,047	2,094	1,571			
11	cos angle	1,000	0,866	-0,866	0,500	-0,500	0,000			
12	sin angle	0,000	0,500	0,500	0,866	0,866	1,000			
13	Ec	25,000	14,938	14,938	12,318	12,318	7,360			
14	sc	0,151	0,085	0,085	0,012	0,012	0,007			
15	nyx	0,268	0,100	0,100	0,083	0,083	0,079			
16	g0(df)	0,602	0,572	0,572	0,099	0,099	0,094			
17	g90(con)	-0,161	-0,057	-0,057	-0,008	-0,008	-0,007			
18	% de s									
19	g0(homog)	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100			
20	sc(recalc)	0,025	0,015	0,015	0,012	0,012	0,007			
21	g90(mínim)	-0,027	-0,010	-0,010	-0,008	-0,008	-0,008			
22	% de s									
23	g0(homog)	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200			
24	sc(recalc)	0,050	0,030	0,030	0,025	0,025	0,015			
25	g90(mínim)	-0,054	-0,020	-0,020	-0,017	-0,017	-0,016			
26										

352 MP

86 MPa

175 MP





Exercise 5

A composite material from epoxy and carbon fiber (60/40) has been made by means two reinforce orientations (0 and 90). What would be the best geometry to obtain a orthogonal load of 10 GPa. ?

What's the minimum number of plies of the composite?

What's the minimum number of plies of the composite if the maximum contraction must be of 0.1%?



Analysis Comp

Microsoft Excel - PROBLEma5.XLS

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

C15 =B15*C13/B13

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Ef	200	200								
2	Em	3	3								
3	σf	2,5	2,5								
4	σm	0,09	0,09								
5	vf	0,21	0,21								
6	vm	0,355	0,355								
7	Vf	0,6	0,6								
8	Vm	0,4	0,4								
9	angle (gr)	0	90								
10	angle (rad)	0,0000	1,5708								
11	cos angle	1,0000	0,0000								
12	sin angle	0,0000	1,0000								
13	Ec	121,2	7,33496								
14	σc	1,536	0,21347								
15	vxy/vyx	0,268	0,01622								
16	γ0(def)	1,2673	2,9103								
17	γ90(con)	-0,3396	-0,0472								
18	% de σ										
19	γ0(homo)	1,2673	1,2673								
20	σc(recalc)	1,5360	0,0930								
21	γ90	-0,3396	-0,0206								
22	γ90(min)	-0,1	-0,0206								
23	σc(recalc)	0,4522	0,0930								

See item 1

See item 2

1,75 (6)

0,5452 (19)

$(-)\epsilon_x = v_{21} \cdot \sigma_y / E_y$

$(-)\epsilon_y = v_{12} \cdot \sigma_x / E_x$

$-\epsilon_2 = (v\alpha \cdot \sigma\alpha) / E\alpha$

I would try to homogenize the deformation

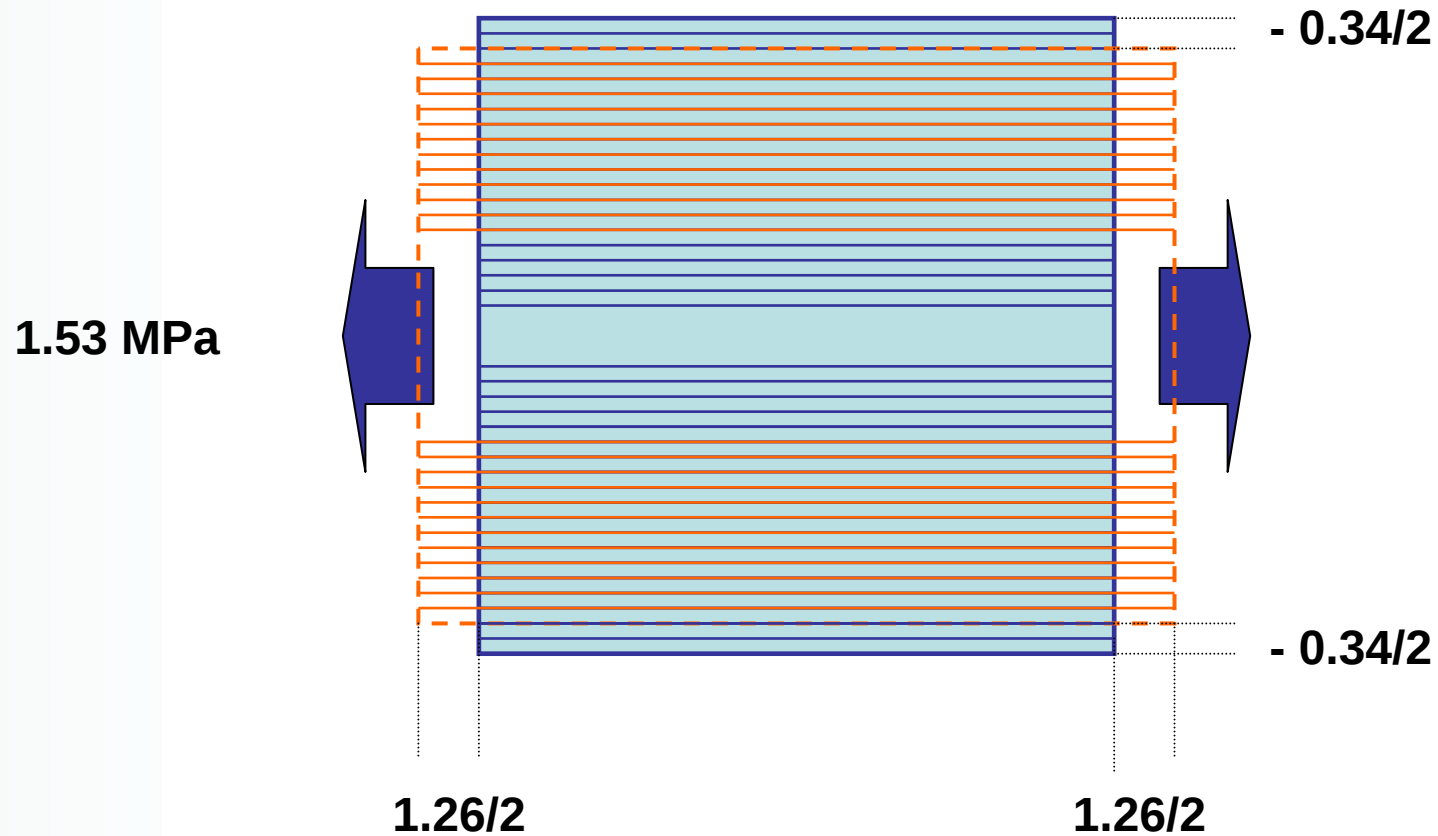
Hoja1 / Hoja2 / Hoja3 / Hoja4 / Hoja5 / Hoja6 / Hoja7 / Hoja8 / Hoja9 / Hoja10 / Hoja11

Listo

Inicia problemas 4 analysis.ppt 4 ejercicios.ppt Microsoft Excel - PRO...



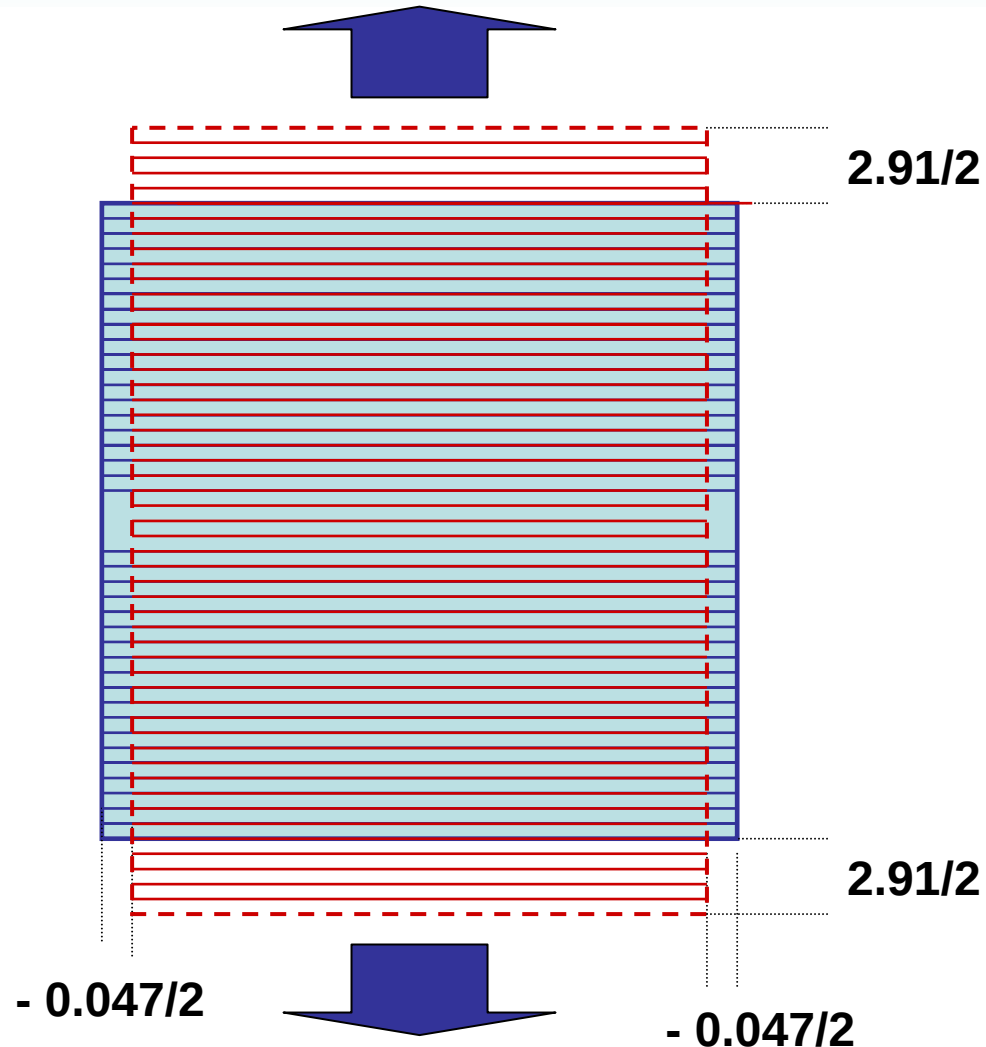
item 1





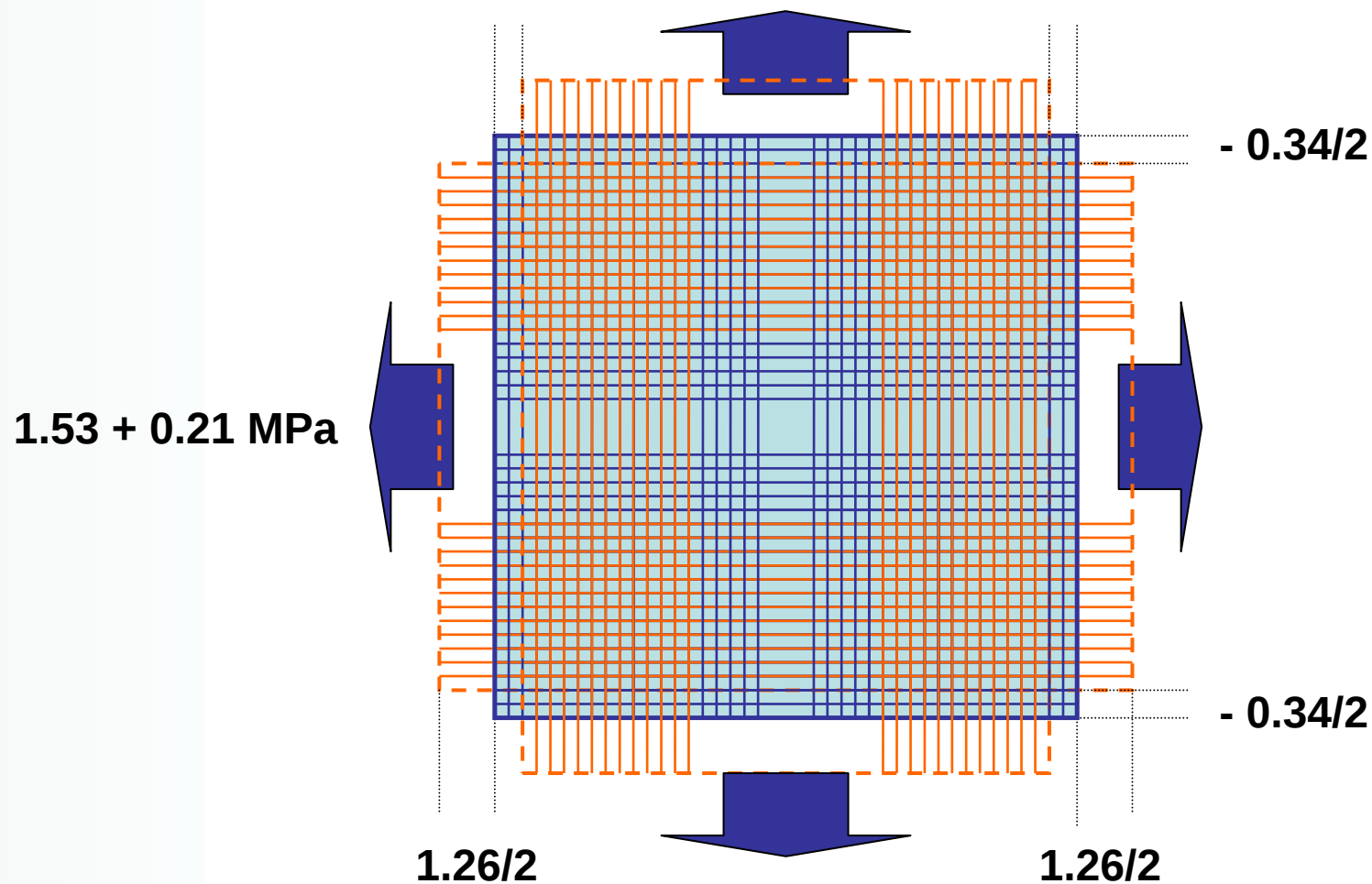
0.21 MPa

Item 2



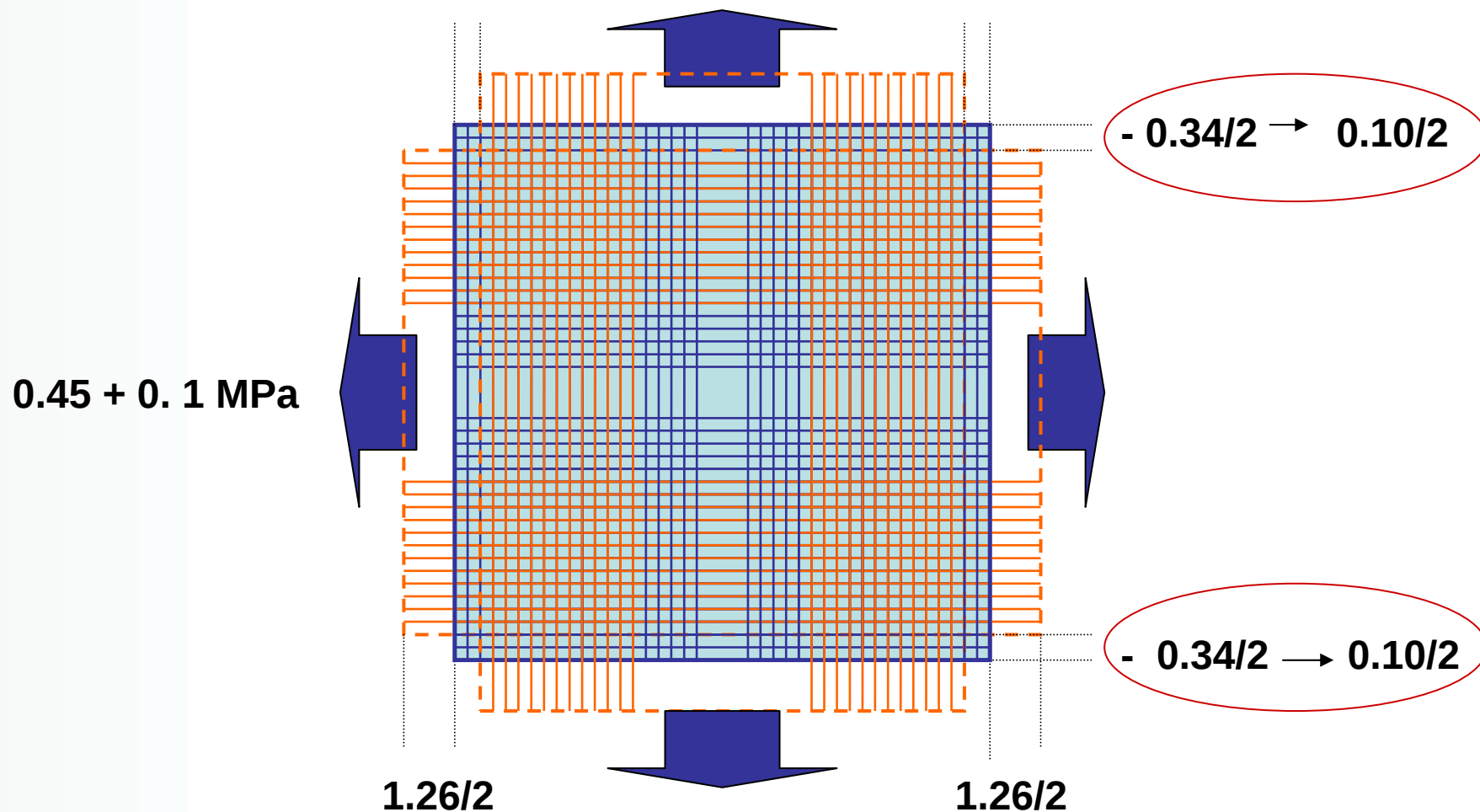


$1.53 + 0.21 \text{ MPa}$ (6 plies to obtain 10 GPa)





$0.45 + 0.1 \text{ MPa}$ (19 plies to obtain 10 GPa)





Exercise 6

A composites material from epoxy and carbon fiber has been made with laminates by different reinforced orientations. The composite has a cylindrical geometry (circle section) with an q -isotropic behavior, it need to load a minimum stress of 25 GPa.

- How many laminates will be necessary used to bear these stress?
- How many laminates will be necessary used to reduce the contraction at 0.1%?
- **What's the best ratio matrix/reinforce in this case?.**



Analysis Comp

Microsoft Excel - PROBLEMA 6 0406.XLS

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Times New Roman 12 N K S 100%

D15 $\text{fx} = (D11^4 + D12^4) * (B15 / B13) * D13$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Ef	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00				
2	Em	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00				
3	of	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50				
4	om	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09				
5	vf	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21				
6	vm	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36				
7	Vf	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60				
8	Vm	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40				
9	ang (gra)	0,00	30,00	60,00	90,00	120,00	150,00				
10	ang (rad)	0,00	0,52	1,05	1,57	2,09	2,62				
11	cos ang	1,00	0,87	0,50	0,00	-0,50	-0,87				
12	sin ang	0,00	0,50	0,87	1,00	0,87	0,50				
13	Ec	121,20	68,70	12,82	7,33	12,82	68,7				
14	oc	1,54	0,88	0,36	0,21	0,36	0,88				
15	vyx	0,27	0,213	0,018	0,016	0,018	0,213				
16	ε0(def)	1,27	1,28	2,85	2,91	2,85	1,28				
17	ε90(con)	-0,34	-0,27	-0,05	-0,047	-0,05	-0,273				
18	E (laminates)										
19	ε0(homo)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27				
20	oc(recalc)	1,54	0,87	0,16	0,09	0,16	0,87				
21	g90	-0,34	-0,27	-0,0225	-0,021	-0,0225	-0,27				
22	E (laminates)										
23	g90 (m)	-0,10	-0,10	-0,02	-0,02	-0,02	-0,1				
24	oc(recalc)	0,45	0,32	0,16	0,09	0,16	0,32				
25	E (capes)										

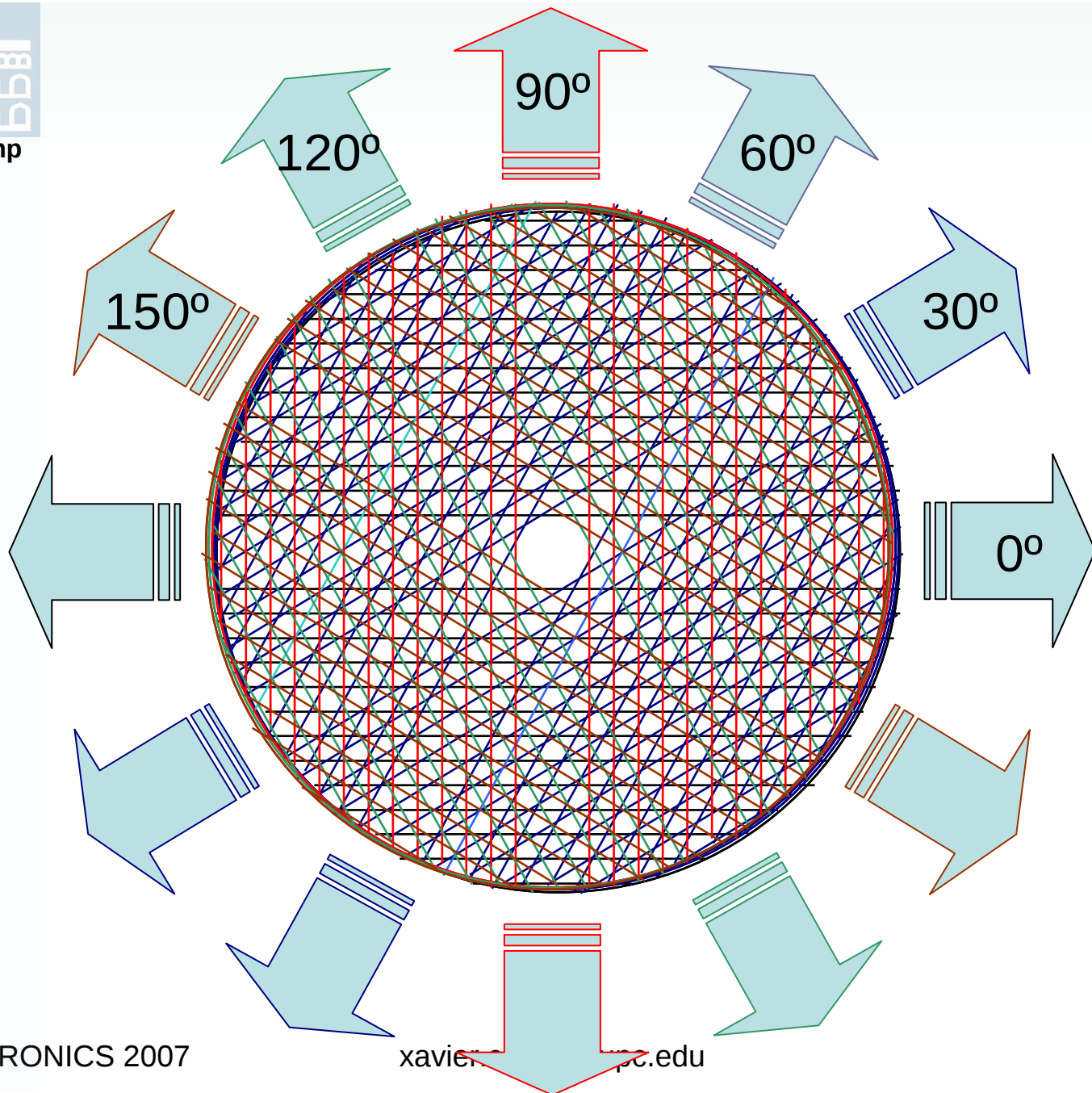
$$(-)\varepsilon_y = v_{xy} \cdot \sigma_\theta / E_\theta$$

4,24 MPa / 6 groups 36 plies

3,70 MPa / 7 groups 42 plies

2,32 MPa / 11 groups 66 plies

MECHATR

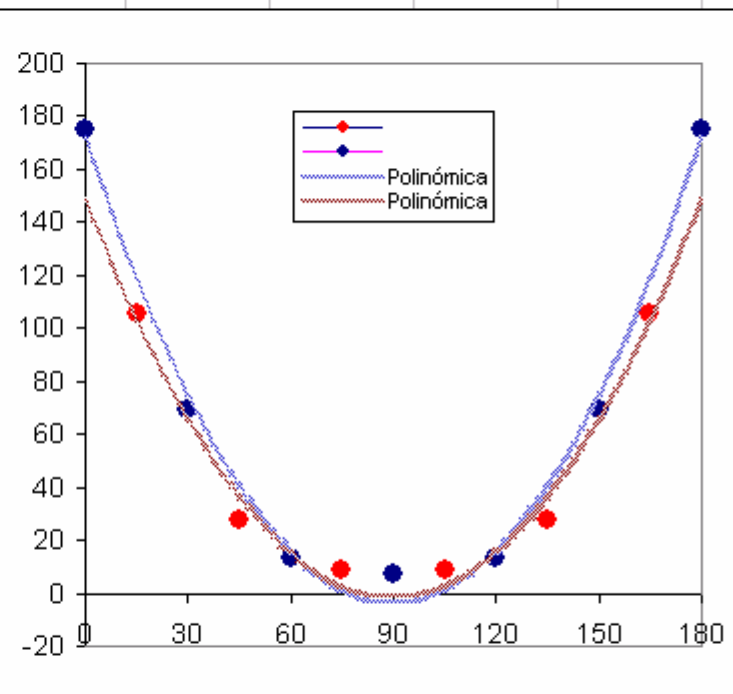




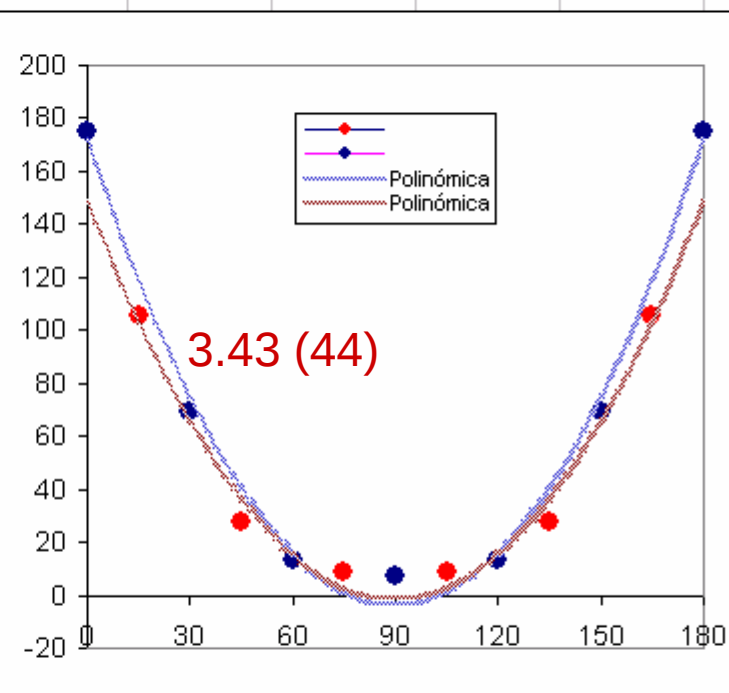
Exercise 7

Using the same composite of exercise from epoxy and carbon fiber, compute which parameters of this composite material has the more adverse way (15° , 45° i 75°).

	A	B	C	D	E	F	G
3	σ_f	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
4	σ_m	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
5	σ_f	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
6	σ_m	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
7	σ_f	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
8	σ_m	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
9	angle (gra)	15,00	45,00	75,00	105,00	135,00	165,00
10	angle (rad)	0,26	0,79	1,31	1,83	2,36	2,88
11	cos angle	0,97	0,71	0,26	-0,26	-0,71	-0,97
12	sin angle	0,26	0,71	0,97	0,97	0,71	0,26
13	E_c	105,66	27,52	8,40	8,40	27,52	105,66
14	σ_c	1,34	0,74	0,24	0,24	0,74	1,34
15	σ_t	0,25	0,03	0,02	0,02	0,03	0,25
16	$g_0(\text{def})$	1,27	2,69	2,90	2,90	2,69	1,27
17	$g_{90}(\text{con})$	-0,32	-0,09	-0,05	-0,05	-0,09	-0,32
18	E (capes)						
19	$g_0(\text{homog})$	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
20	$\sigma_c(\text{recalc})$	1,34	0,35	0,11	0,11	0,35	1,34
21	g_{90}	-0,32	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,32
22	E (capes)						
23	$g_{90}(\text{m})$	-0,10	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,10
24	$\sigma_c(\text{recalc})$	0,42	0,35	0,11	0,11	0,35	0,42
25	E (capes)						

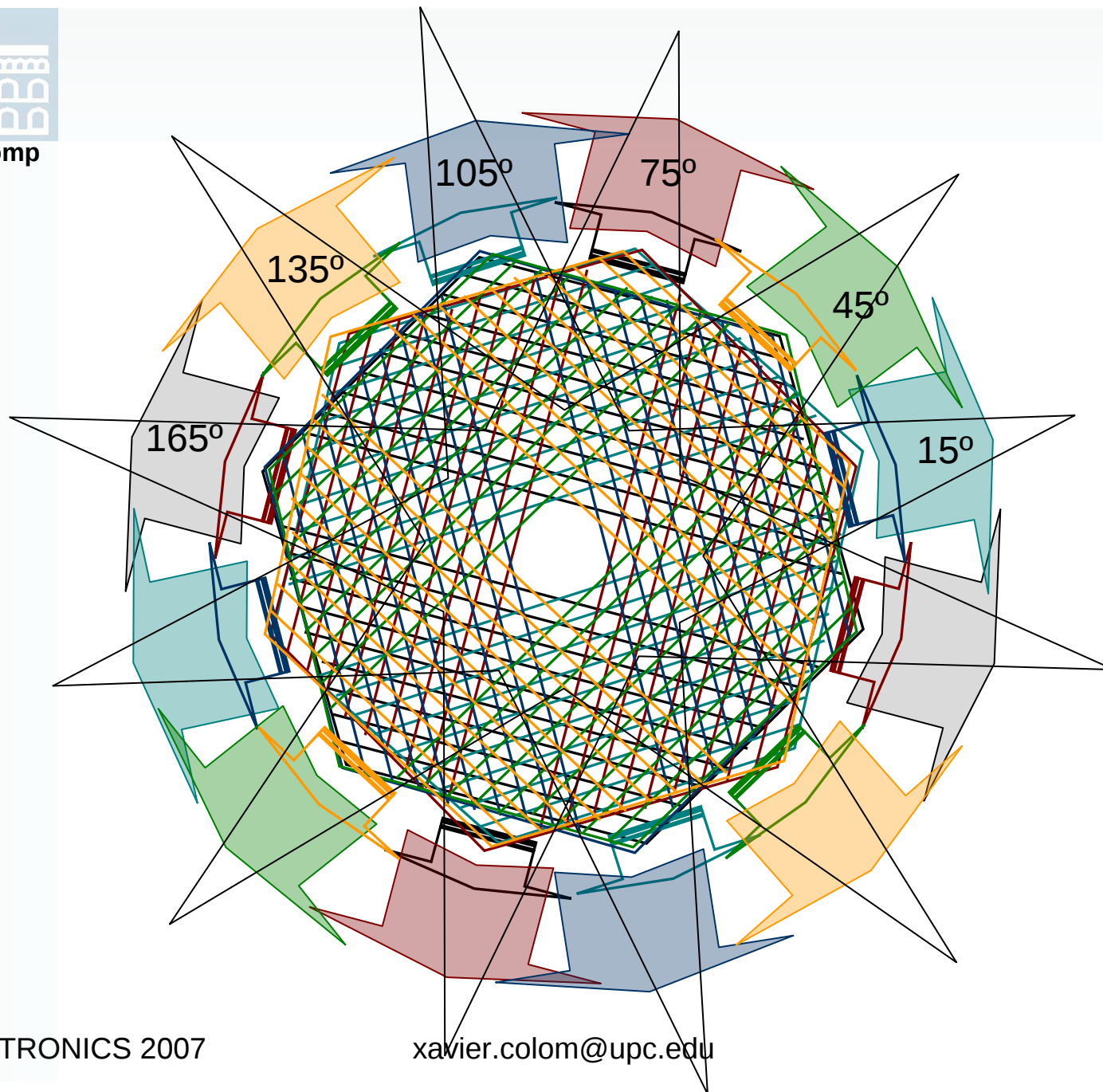


	A	B	C	D	E	F	G
3	of	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
4	om	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
5	vf	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
6	vm	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
7	Vf	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
8	Vm	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
9	angle (gra)	15,00	45,00	75,00	105,00	135,00	165,00
10	angle (rad)	0,26	0,79	1,31	1,83	2,36	2,88
11	cos angle	0,97	0,71	0,26	-0,26	-0,71	-0,97
12	sin angle	0,26	0,71	0,97	0,97	0,71	0,26
13	Ec	105,66	27,52	8,40	8,40	27,52	105,66
14	oc	1,34	0,74	0,24	0,24	0,74	1,34
15	vyx	0,25	0,03	0,02	0,02	0,03	0,25
16	g0(def)	1,27	2,69	2,90	2,90	2,69	1,27
17	g90(con)	-0,32	-0,09	-0,05	-0,05	-0,09	-0,32
18	E (capes)						
19	g0(homog)	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
20	oc(recalc)	1,34	0,35	0,11	0,11	0,35	1,34
21	g90	-0,32	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,32
22	E (capes)						
23	g90 (m)	-0,10	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,10
24	oc(recalc)	0,42	0,35	0,11	0,11	0,35	0,42
25	E (capes)						



1.76 (85)







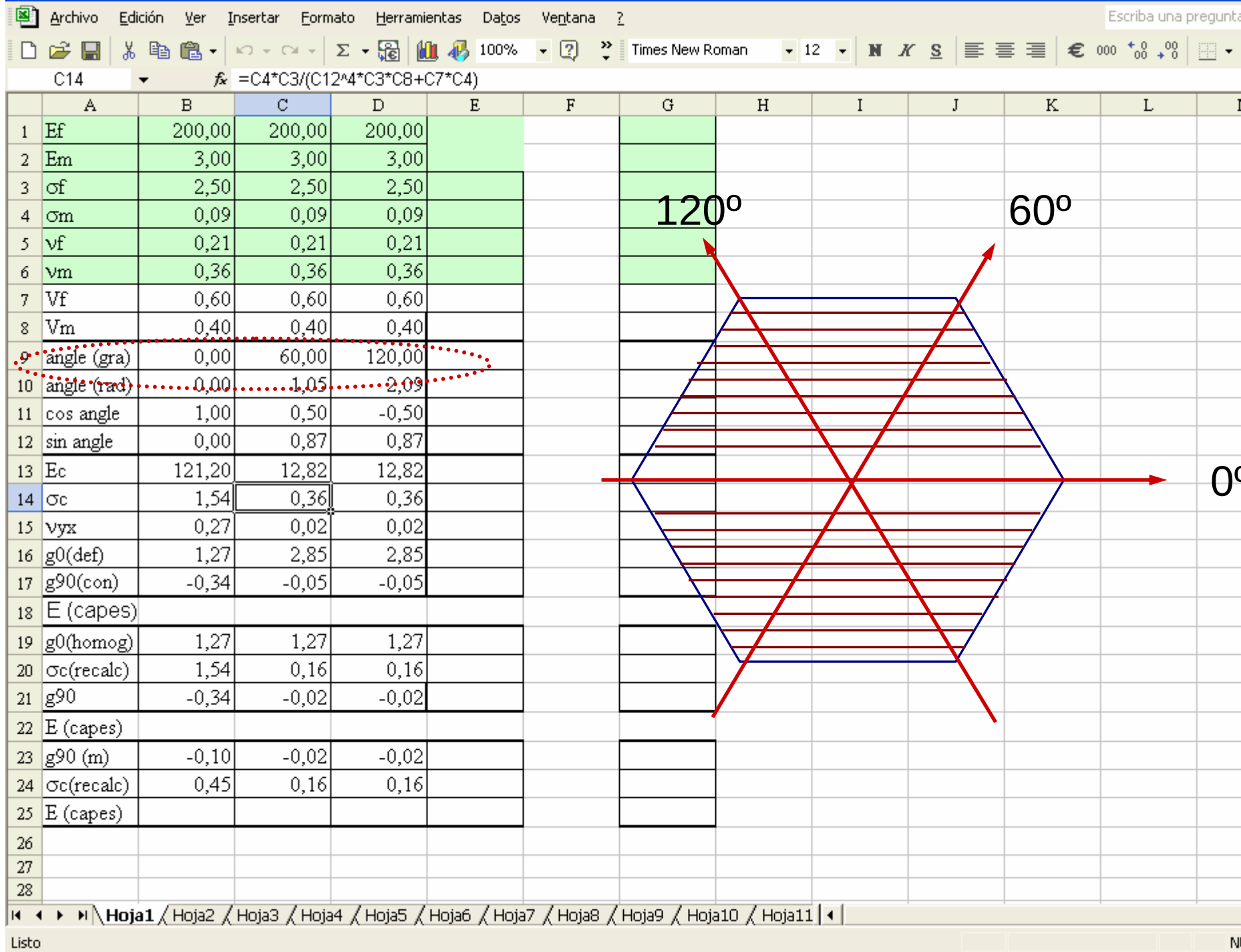
Exercise 8

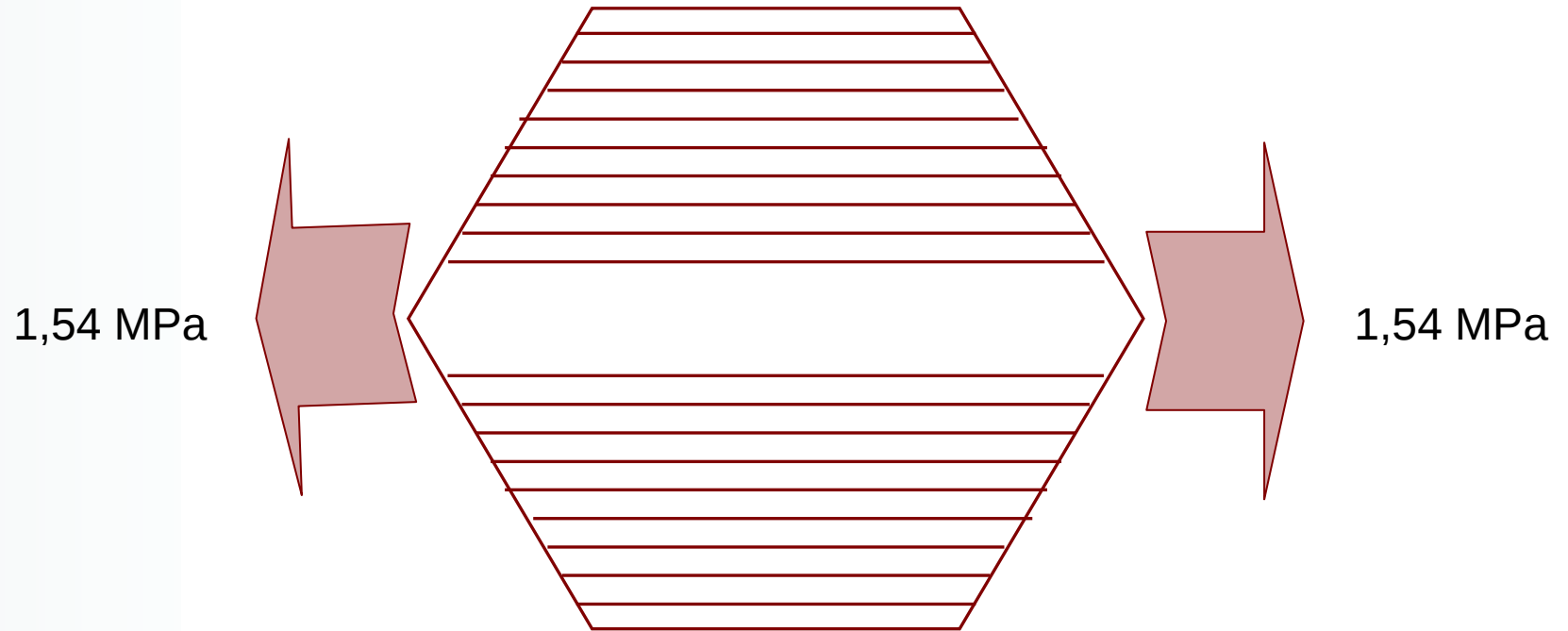
Design a composite material from vinylester matrix and carbon fiber HT (60/40) to obtain an hexagonal geometry using the number of plies that you take in account.

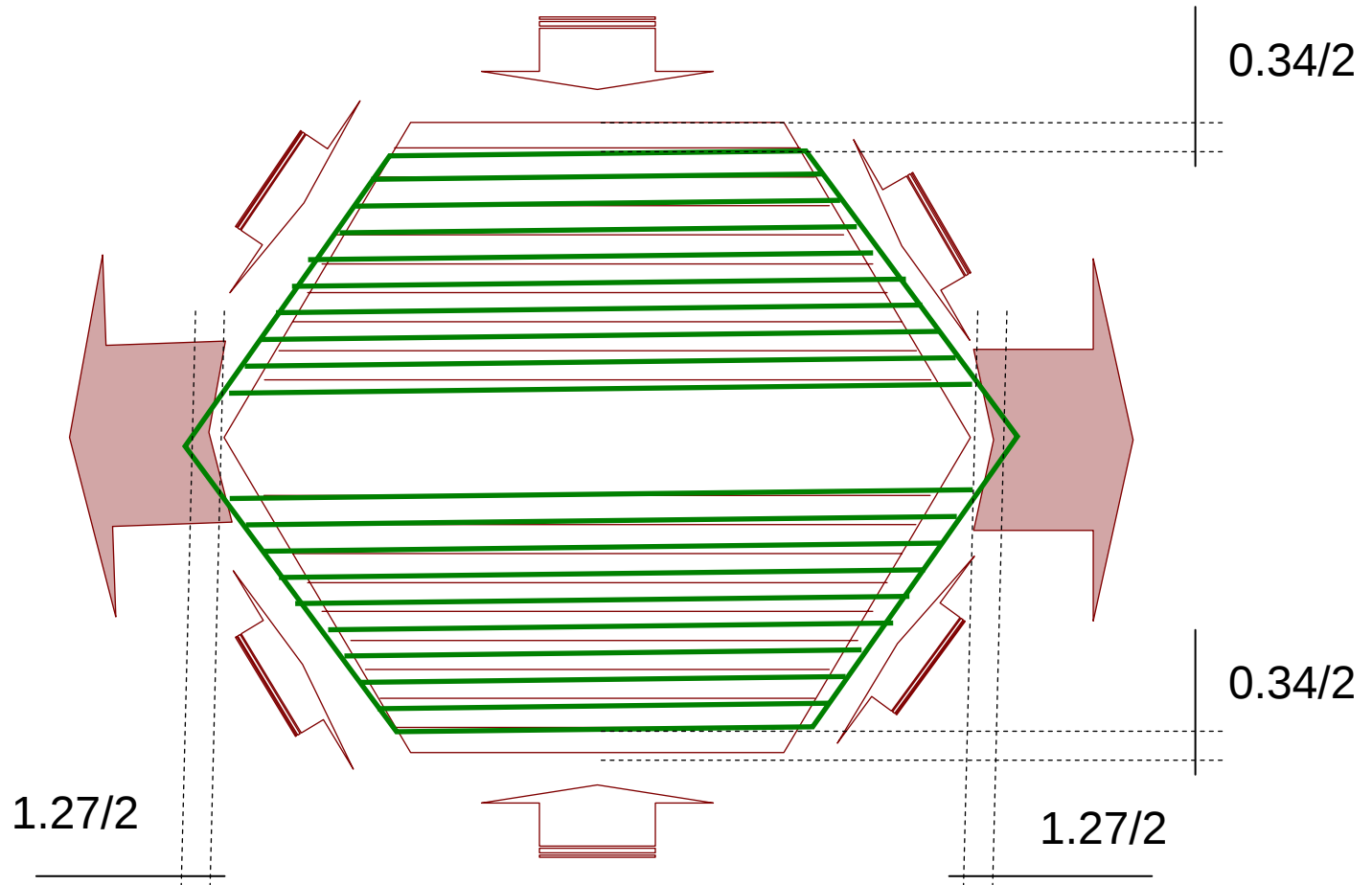
What would be the best reinforce distribution to obtain this hexatropic material whit a maximum load of 10 GPa?.

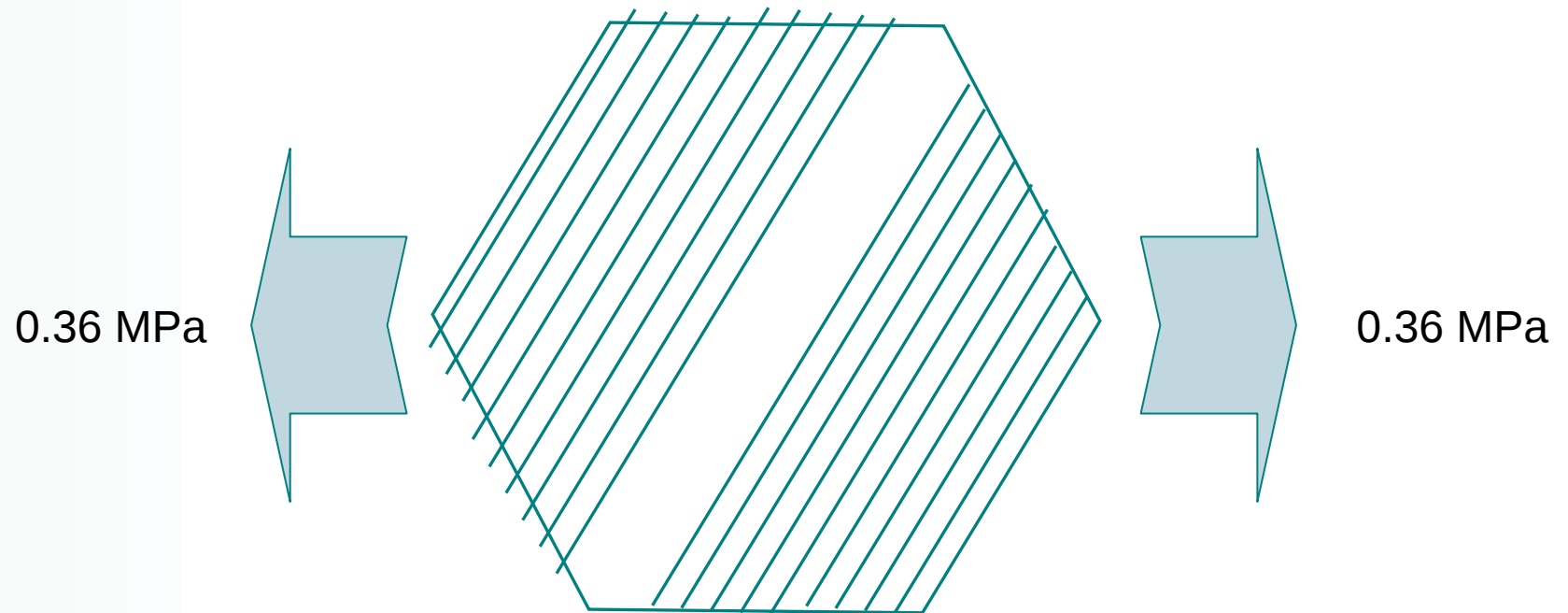
What's the minimum number of plies of the composite with a load ratio between sides of 3/2/1 (Max. load 36 MPa)?

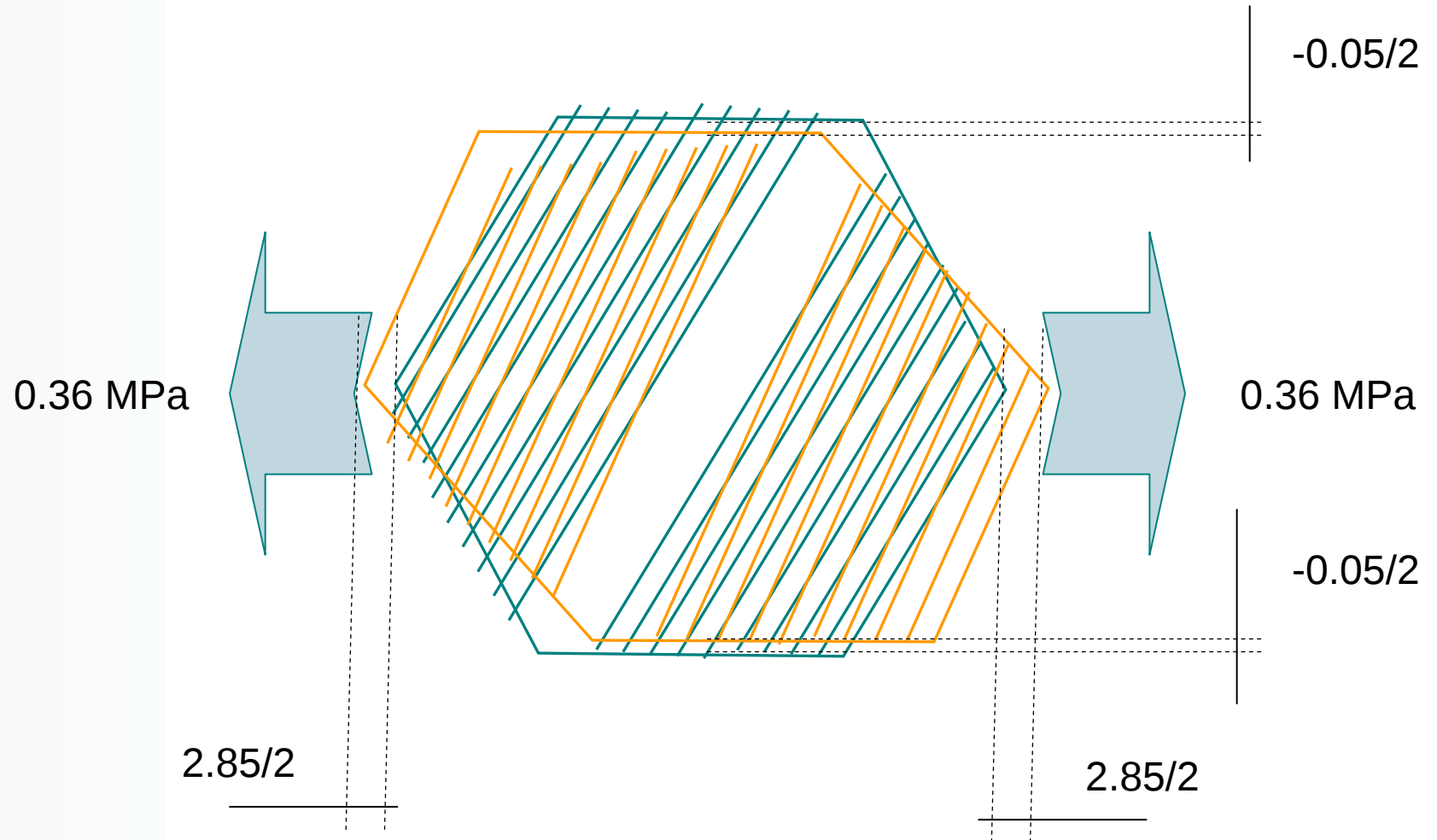
What's the minimum number of plies of the composite if the maximum contraction must be of 0.1%?

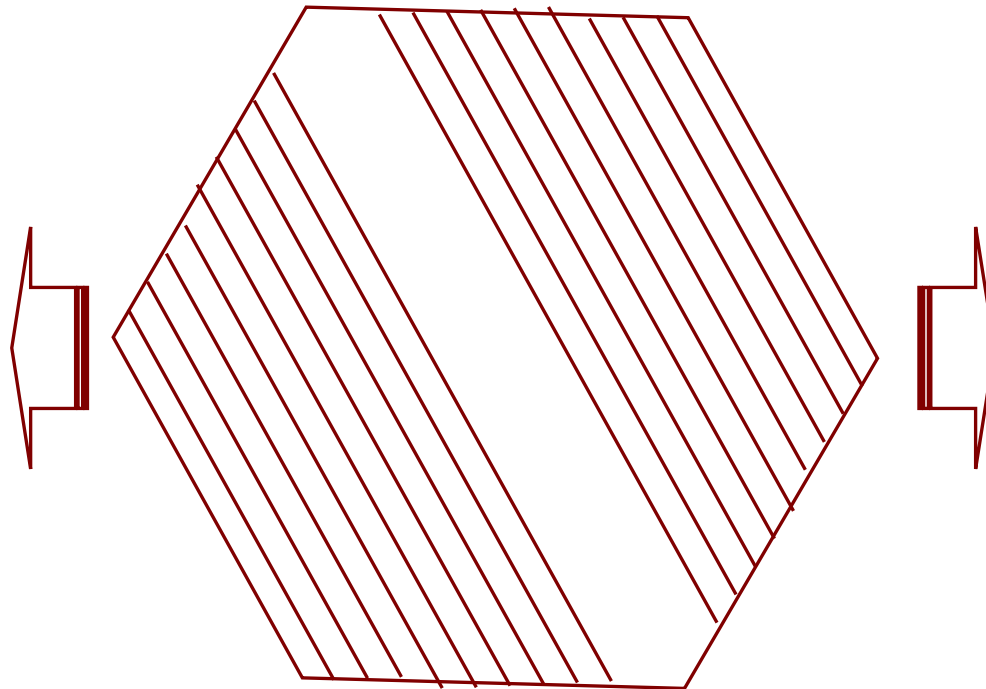


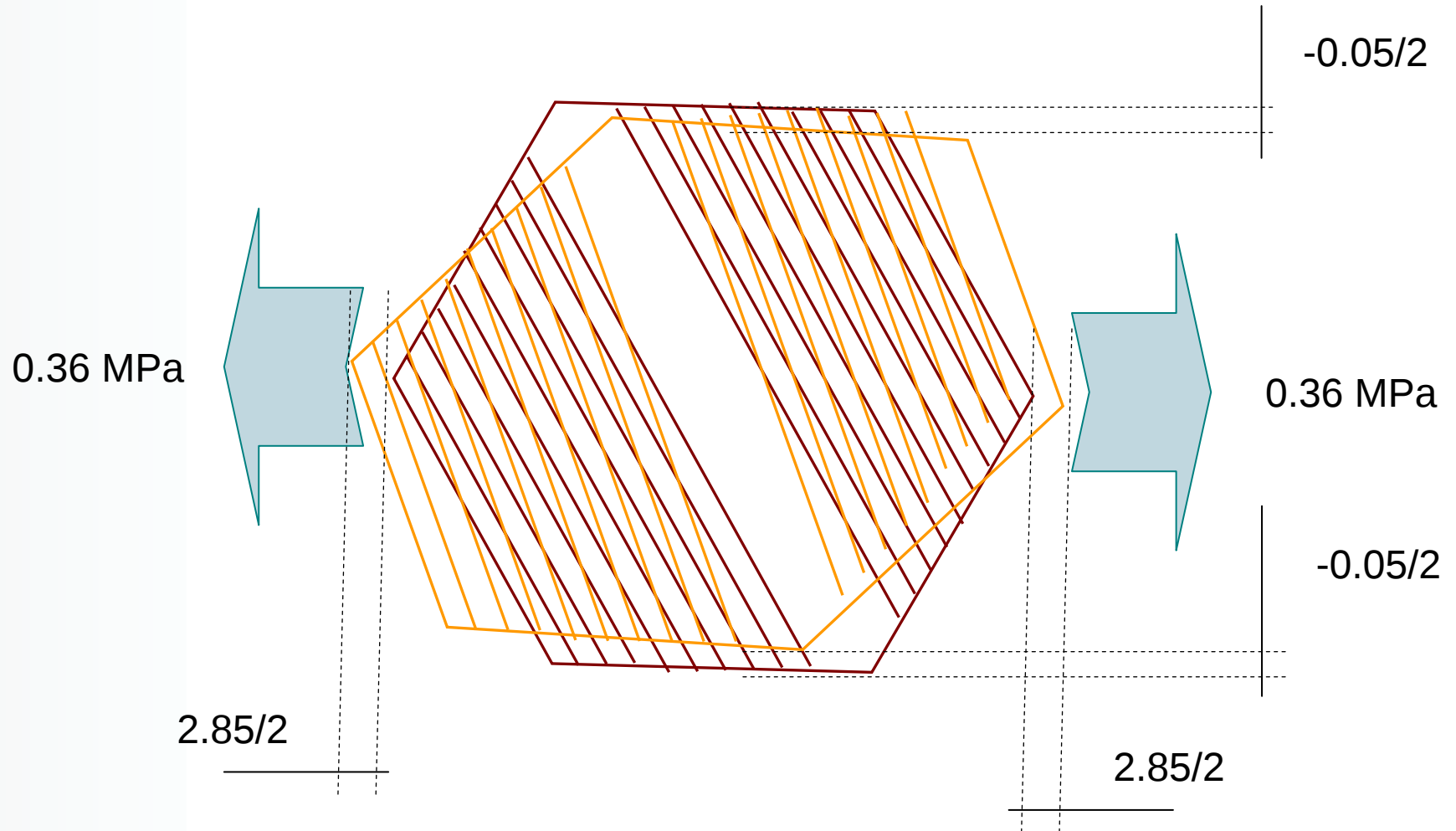


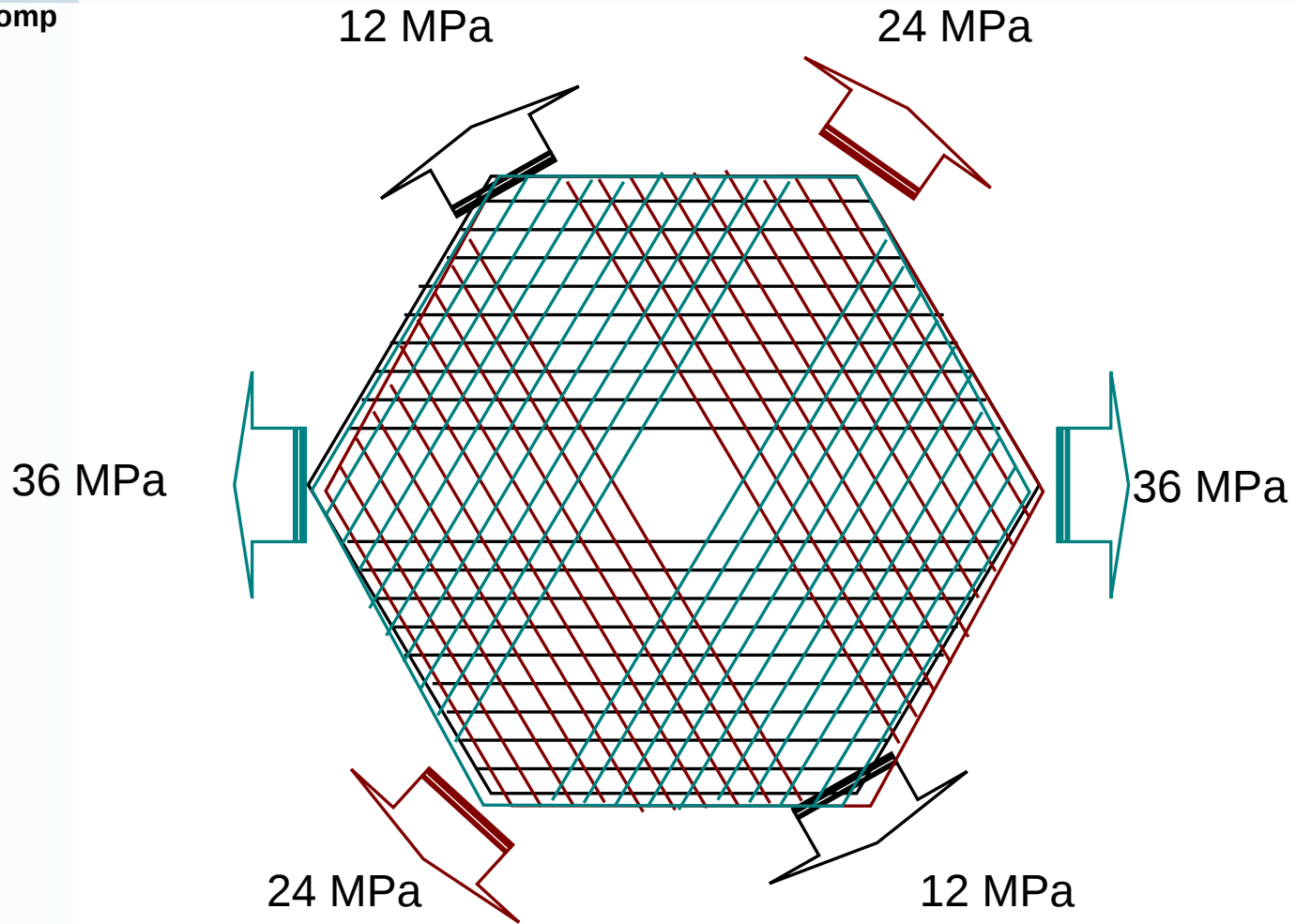














a, b i c are the number of plies that will be need to put in every reinforcement's orientation to achieve the technical requirement.

$$36 = a \cdot 1.54 + b \cdot 0.36 + c \cdot 0.36$$

$$24 = a \cdot 0.36 + b \cdot 1.54 + c \cdot 0.36$$

$$12 = a \cdot 0.36 + b \cdot 0.36 + c \cdot 1.54$$

In order to homogenizer contractions/ deformations we need to take the values summarized in attached table and define a new equation system

$$36 = a \cdot 0.45 + b \cdot 0.16 + c \cdot 0.16$$

$$24 = a \cdot 0.16 + b \cdot 0.45 + c \cdot 0.16$$

$$12 = a \cdot 0.16 + b \cdot 0.16 + c \cdot 0.45$$



Design a helicopter rotor blade



In order to manufacture a helicopter rotor blade with excellent specific stiffness, we are searching the best combination of epoxy matrix reinforced with Kevlar K49. Specifications: maximum load 50GPa maximum elongation of 0.5% (orthogonal axis).

What's the most economically combination matrix/fiber?

Kevlar K49= 28 €/Kg

Epoxy = 13 €/Kg

Every ply of composite has a volume of $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ ($\rho_{\text{K49}} > \rho_{\text{epoxy}}$). What's the best balance cost/volume?,

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?							Escriba una pregunta	
10 N K S 145%								
A1	What's the most economically percentage of ratio matrix/fiber?							
A	B	C	D	E	F	G		
	Prop 80/20		Prop 60/40		Prop 40/60			
Ef Kevlar K49	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00		
Em Epoxy	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00		
σf	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00		
σm	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
vf	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
vm	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36		
Vf	0,80	0,80	0,60	0,60	0,40	0,40		
Vm	0,20	0,20	0,40	0,40	0,60	0,60		
Preu capa	35,225	35,225	30,944	30,944	26,663	26,663		
angle	0	90	0	90	0	90		
cos angle	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00		
sin angle	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00		
Ec	120,40	9,49	90,80	4,90	61,20	3,30		
σc	2,41	0,32	1,83	0,17	1,24	0,11		
vxy	0,31	0,02	0,32	0,02	0,34	0,02		
go (def)	2,00	3,37	2,01	3,45	2,03	3,48		
g90(con)	0,63	0,08	0,65	0,06	0,68	0,06		
Max 50Gpa								
cada capa:	2,73		2,00		1,36			
nº capes	206		26		37			
Preu composit	915,853		804,545		982,510			
1 2 3 Hoja1 Hoja2 Hoja3								
Suma=934,38							NUM	

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?								Escriba una pregunta	
10 N <i>K</i> <u>S</u> 145% ?									
N1	fx								
G	H	I	J	K	L	M	N		
10/60	Prop 20/80		Prop 10/90		Prop 0/100				
150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	Ef		
2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	Em		
3,00	6,00	3,00	6,00	3,00	6,00	3,00	σf		
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	σm		
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	vf		
0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	vm		
0,40	0,20	0,20	0,10	0,10	0,00	0,00	Vf		
0,60	0,80	0,80	0,90	0,90	1,00	1,00	Vm		
26,663	22,382	22,382	20,241	20,241	18,101	18,101	Preu capa		
90	0	90	0	90	0	90	angle		
0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	cos angle		
1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	sin angle		
3,30	31,60	2,49	16,80	2,22	2,00	2,00	Ec		
0,11	1,26	0,09	0,66	0,08	0,07	0,07	σc		
0,02	0,35	0,03	0,35	0,05	0,36	0,36	vxy		
3,48	3,97	3,49	3,95	3,50	3,50	3,50	go (def)		
0,06	1,38	0,10	1,40	0,16	1,26	1,26	g90(con)		
							Max 50Gpa		
	1,34		0,74		0,14		cada capa:		
	38,000		68		358,00		nº capes		
	850,511		1366,593		6480,089		Preu compo		
1 2 3 Hoja1 Hoja2 Hoja3									
								NUM	



A31 f_x

	A	B	C	D	E	F	G
12	cos angle	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
13	sin angle	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00
14	E _c	120,40	9,49	90,80	4,90	61,20	3,45
15	σ _c	2,41	0,32	1,83	0,17	1,24	0,08
16	v _{xy}	0,31	0,02	0,32	0,02	0,34	0,02
17	g ₀ (def)	2,00	3,37	2,01	3,45	2,03	3,45
18	g ₉₀ (con)	0,63	0,08	0,65	0,06	0,68	0,07
19	Max 50Gpa						
20	cada capa:	2,73		2,00		1,36	
21	nº capes	26		26		37	
22	Preu composit	915,853		804,545		982,510	
23	Max g=0,5 en els dos sentits						
24	g ₀ (def)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
25	σ _c (recalc)	0,60	0,0012	0,45	0,0004	0,31	0,0001
26	g ₉₀ (con) (min)	0,156	0,0003	0,162	0,0002	0,168	0,0001
27	cada capa:	0,60		0,45		0,31	
28	nº de capes	83		111,000		164,00	
29	Preu composit	2920,008		3434,787		4372,724	
30	Volum composit (m3)	0,166		0,222		0,328	
31		Prop 80/20		Prop 60/40		Prop 40/60	
32							

H31								Prop 20/80	
G	H	I	J	K	L	M	N		
1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	sin angle		
3,30	31,60	2,49	16,80	2,22	2,00	2,00	Ec		
0,11	1,26	0,09	0,66	0,08	0,07	0,07	σ_c		
0,02	0,35	0,03	0,35	0,05	0,36	0,36	vxy		
3,48	3,97	3,49	3,95	3,50	3,50	3,50	go (def)		
0,06	1,38	0,10	1,40	0,16	1,26	1,26	g90(con)		
							Max 50Gpa		
	1,34		0,74		0,14		cada capa:		
	38,000		68		358,00		nº capes		
	850,511		1366,593		6480,089		Preu compo		
							Max g=0,5 er		
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	go (def)		
0,0003	0,16	0,0003	0,08	0,0005	0,01	0,0036	σ_c (recalc)		
0,0002	0,174	0,0004	0,177	0,0011	0,18	0,0648	g90(con) (mi		
	0,16		0,08		0,01		cada capa:		
	316		592		3676		nº de capes		
	7067,582		11974,470		66547,087		Preu compo		
							Volum		
							composit		
	0,632		1,183		7,353		(m3)		
10/60	Prop 20/80		Prop 10/90		Prop 0/100				



Design a circular roof (1/4)



E_f	140 GPa
E_m	1,9
σ_f	3
σ_m	0,095 GPa
V_f	0,3
V_m	0,39
$V_f=V_m$	0,50

Design a circular (annular) roof to cover communication equipment. A composite material is selected to avoid interferences with the signals being transmitted. Housing antennas and other electronics under the roof saves on equipment cost because the electronics do not have to be built for outdoor exposure. The circular roof must withstand its own weight and the weight of fixtures hanging from it, snow load, and eventual live load of workers performing maintenance. The circular roof has an surface of 50 m² and a thickness of 0.15 m.

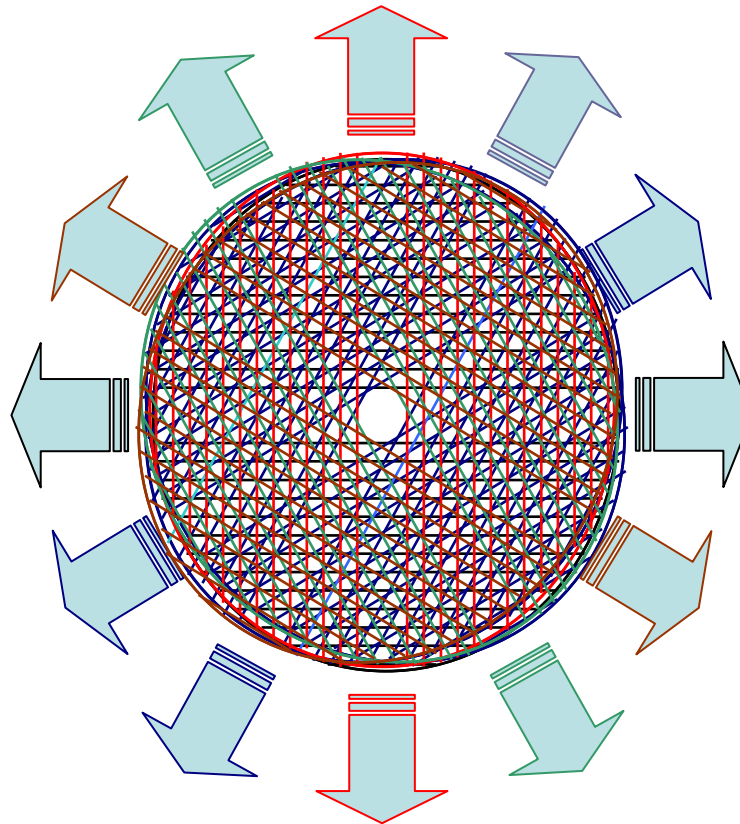
The addition of dead load and live load of 30 GPa is assumed.

How many ply of kevlar/vinylester are necessary to design this roof?



Design a circular roof (2/4)

First of all we need to define the optimal distribution of reinforced fiber in every ply. To obtain an isotropic material with six different angular disposition, the selected distribution of reinforce will be 0° , 30° , 60° and 90° , 120° and 150° .





	B4	fx	Ef							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4		Ef	140	140	140	140	140	140		
5		Em	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
6		σ_f	3	3	3	3	3	3		
7		σ_m	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095		
8		ν_f	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
9		ν_m	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39		
10		ν_f	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
11		ν_m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
12		angle (gra)	0	30	60	90	120	150		
13		angle (rad)	0,000	0,524	1,047	1,571	2,094	2,618		
14		cos angle	1	0,866	0,500	0,000	-0,500	-0,866		
15		sin angle	0	0,500	0,866	1,000	0,866	0,500		
16		Ec	70,950	40,325	6,596	3,749	6,596	40,325		
17		σ_c	1,548	0,891	0,320	0,184	0,320	0,891		
18		ν_{yx}	0,345	0,279	0,020	0,018	0,020	0,279		
19		g0 (def)	2,181	2,210	4,848	4,912	4,848	2,210		
20		g90 (con)	-0,752	-0,617	-0,097	-0,090	-0,097	-0,617		
21		Σ de σ	4,154	GPa						
22		Màx esforç	30	GPa						
23		Núm. de capes	7,22	8						
24		g0 (homog)	2,181	2,181	2,181	2,181	2,181	2,181		
25		σ_c (recalc)	1,548	0,880	0,144	0,082	0,144	0,880		
26		g90 (mín)	-0,752	-0,609	-0,044	-0,040	-0,044	-0,609		
27		Σ de σ	3,676	MPa						
28		Màx esforç	30	GPa						
29		Núm. de capes	8,16	9						
30		g90 (mín)	-0,200	-0,200	-0,044	-0,040	-0,044	-0,200		
31		σ_c (recalc)	0,411	0,289	0,144	0,082	0,144	0,289		
32		Σ de σ	1,358	GPa						
33		Màx esforç	30	GPa						
34		Núm. de capes	22,09	23						
35										
36										



Design a circular roof (3/4)

Use other ratio's percentge matrix/fiber in order to decrease te number of ply with the previous restrictions (maximum contraction of 0.2% and homogeneous deformation)

► ▶ Problema5 Problema6 Problema7 Problema8 Problema9 Problema 11 **Exercici 1** ◀

► ▶ Problema5 Problema6 Problema7 Problema8 Problema9 Problema 11 **Exercici 1** ◀

NUM



Design a circular roof (4/4)

