

TREBALL DE CURS

Enginyeria d'estructures

Guillem Barroso Gassiot

47998120-H

Juny 2015

ÍNDIX

PROBLEMA S-27	3
1. Enunciat.....	3
2. Introducció	4
3. Anàlisi bidimensional	4
3.1. Previ.....	4
3.2. Pre-procés	4
3.3. Càlcul	5
3.4. Post-procés.....	7
4. Anàlisi tridimensional.....	10
4.1. Previ.....	10
4.2. Pre-procés	10
4.3. Càlcul	11
4.4. Post-procés.....	14
5. Conclusions	15
PROBLEMA L-23	16
1. Enunciat.....	16
2. Previ.....	17
3. Pre-procés	17
4. Càlcul	19
4.1. Anàlisi de convergència.....	19
4.2. Estudi del paràmetre d'interès.....	21
5. Post-procés.....	22
6. Conclusions	24

PROBLEMA S-27

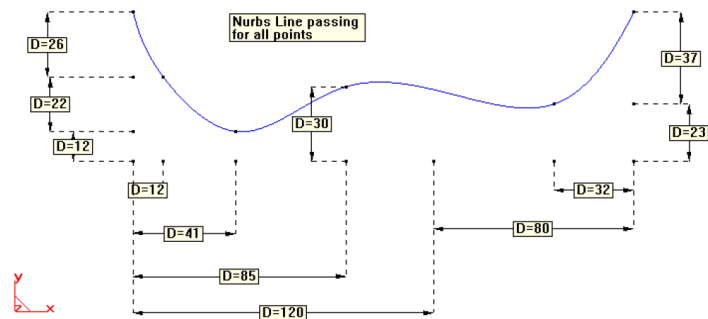
1. Enunciat

Dimensionar i calcular una presa de terres de 48 metres d'altura amb un nucli d'argila. L'amplada a la coronació ha de ser de 4 metres i amb les restriccions geomètriques que s'indiquen.

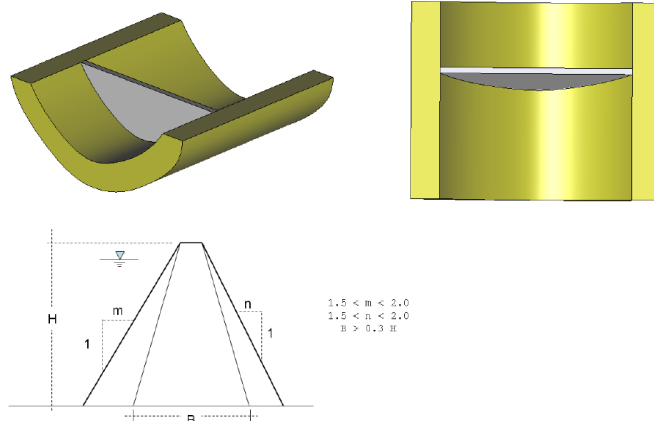
Realitzar el projecte mitjançant un anàlisi bidimensional i posteriorment en 3D per a verificar el disseny utilitzant, en ambdós casos, les següents hipòtesis:

1. Les traccions màximes en qualsevol punt no han de superar 1 MPa.
2. El pes específic del terreny i del material de construcció es de 2000 N/m^3 .
3. El Mòdul d'elasticitat del material a utilitzar és de 9900 KN/m^2 .
4. El Mòdul d'elasticitat de l'argila és de 8000 KN/m^2 i el coeficient de poisson és de 0,4.
5. Base encastada en el terreny.
6. Cimentació en terreny homogeni. Mòdul d'elasticitat de 35 GN/m^2 i coeficient de poisson 0,3.
7. Càrregues actuants:
 - a) Pes propi
 - b) Pes propi + empenta hidrostàtica a la presa i cimentació (46m d'altura d'aigua)

Perfil de l'emplaçament:



La secció del terreny té un ample de 30 metres i un desenvolupament de 400 metres.



2. Introducció

L'objectiu d'aquest treball és el d'optimitzar l'estructura, és a dir, obtenir el mínim volum possible de presa complint amb les restriccions anteriorment esmentades. Així s'aconseguirà maximitzar l'estalvi econòmic per a la realització de l'obra.

Per a resoldre aquest problema, s'ha utilitzat el programa GiD. Com s'indica a l'enunciat, es resoldrà el problema de dues maneres diferents per a comprovar que s'arriba a una mateixa solució.

1. Anàlisi bidimensional: S'ha escollit la hipòtesi de deformació plana, donat que una de les dimensions es clarament molt superior a les altres dues. Així s'aconsegueix simplificar el problema i obtenir un anàlisi bidimensional. Cal dir també, que la secció a calcular serà la més crítica, és a dir, la de més altura (48 metres).
2. Anàlisi tridimensional: Amb el mateix programa es realitza una anàlisi 3D per a comprovar els resultats obtinguts en l'apartat anterior.

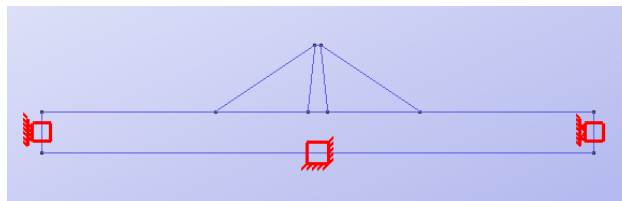
3. Anàlisi bidimensional

3.1. Previ

Com s'ha comentat anteriorment, s'escull la hipòtesi de deformació plana agafant la secció més crítica de l'estructura, és a dir, la que té una major alçada. Les càrregues a considerar seran el pes propi de l'estructura i la càrrega realitzada per l'aigua.

3.2. Pre-procés

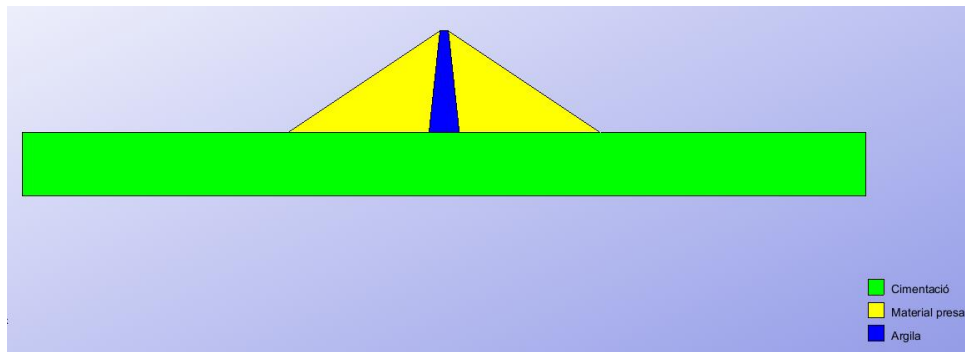
En primer lloc es defineix la geometria de la secció crítica, és a dir, la que es troba a una major profunditat, 48 metres. A continuació s'imposen les condicions de contorn; s'impedeix el moviment horitzontal en els laterals i els moviments horitzontals i verticals a la base del terreny. La següent figura mostra la geometria amb les condicions de contorn mencionades.



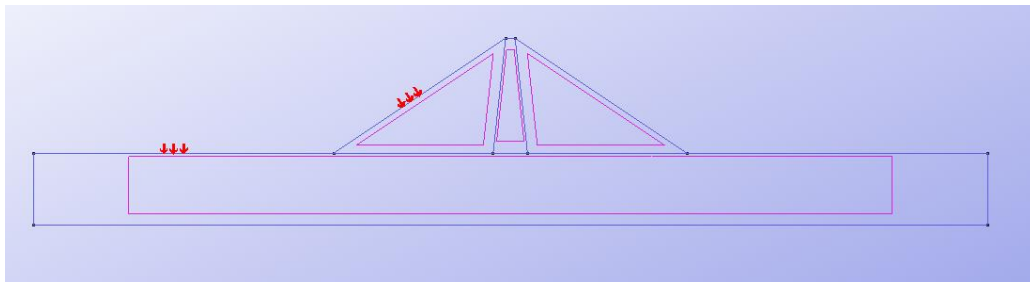
Seguidament es passa a la determinació dels materials involucrats en la presa. Hi apareixen la cimentació (terreny on es diposita la presa), material de la presa i argila (nucli de la presa).

Material	Mòdul elasticitat (N/m ³)	Coef. Poisson	Pes específic (N/m ³)
Cimentació	$3,5 \cdot 10^{10}$	0,3	20000
Material presa	$9,9 \cdot 10^6$	0,285	20000
Argila	$8,0 \cdot 10^6$	0,4	19404

A continuació es representa gràficament els materials en la geometria del problema.



Un cop tenim aquests paràmetres definits, es passa a aplicar les càrregues actuant. A la part esquerra de la figura hi tenim aigua fins a un nivell de 46 metres des de la cimentació (a 2 metres de coronació). Per tant, s'haurà d'aplicar una càrrega lineal i triangular perpendicular al parament de la presa i també una càrrega uniforme sobre la cimentació, obtenint el següent esquema:



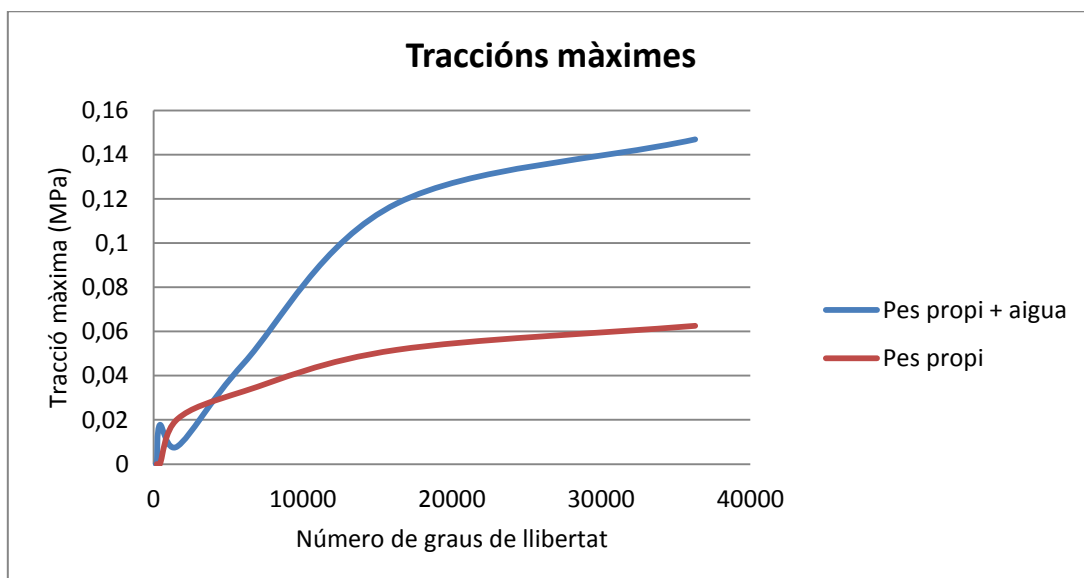
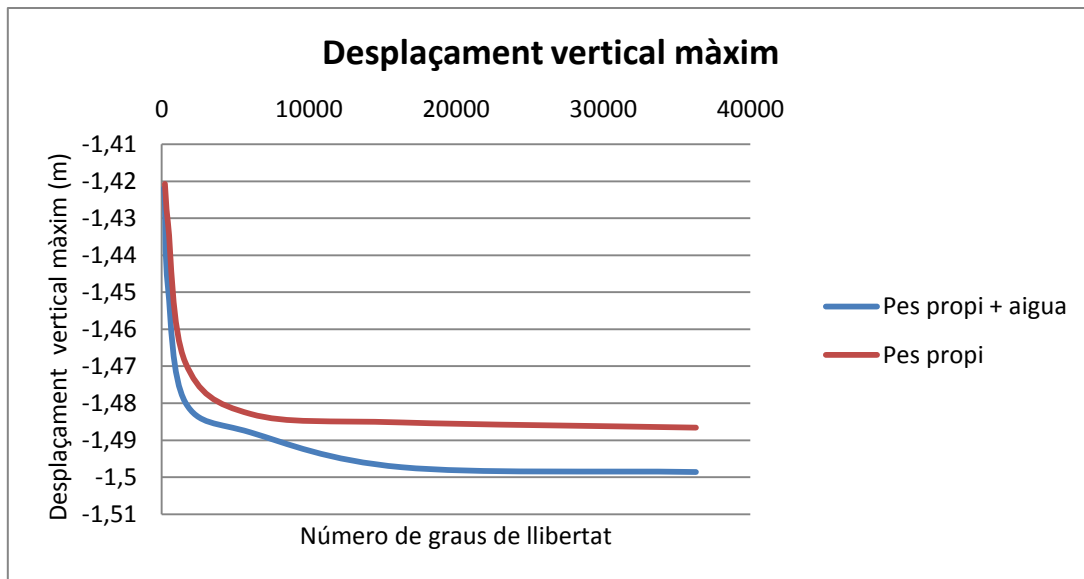
3.3. Càlcul

Anàlisi de convergència

Per a la realització del càlcul primer s'ha de definir la malla a utilitzar. En primer lloc s'ha realitzat un anàlisi de la convergència amb una malla uniforme d'elements triangulars de tres nodes, aconseguint així reduir el cost computacional.

A continuació es presenta la taula amb les dades obtingudes i la representació gràfica de les mateixes.

Malla (m)	Nodes	NGL	Càrrega = Pes propi		Càrrega = Pes propi + aigua	
			Desplaçament vertical màxim (m)	Tracció màxima (MPa)	Desplaçament vertical màxim (m)	Tracció màxima (MPa)
15	109	218	-1,4207	0	-1,4265	-1,4265E-06
10	212	424	-1,4312	0	-1,4486	-1,4486E-06
5	804	1608	-1,469	0,020408	-1,4798	-1,4798E-06
2,5	3023	6046	-1,4829	0,03293	-1,4879	-1,4879E-06
1,5	8156	16312	-1,4852	0,051704	-1,4973	-1,4973E-06
1	18156	36312	-1,4866	0,062572	-1,4986	-1,4986E-06

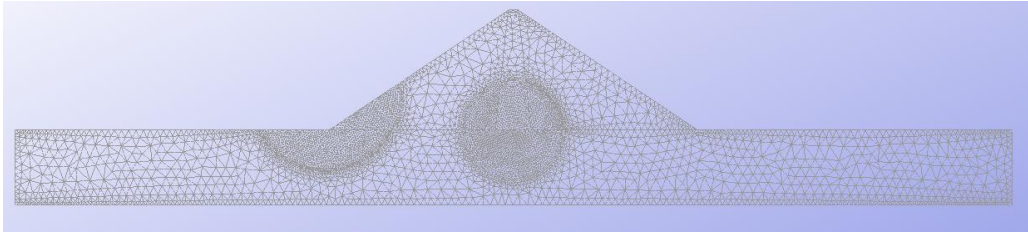


S'observa com, al aplicar una càrrega superior (pes propi de la presa + acció de l'aigua) s'obtenen unes majors tensions així com uns majors desplaçaments verticals. També es pot veure clarament que s'assoleix una convergència a partir dels 3500 graus de llibertat, aproximadament.

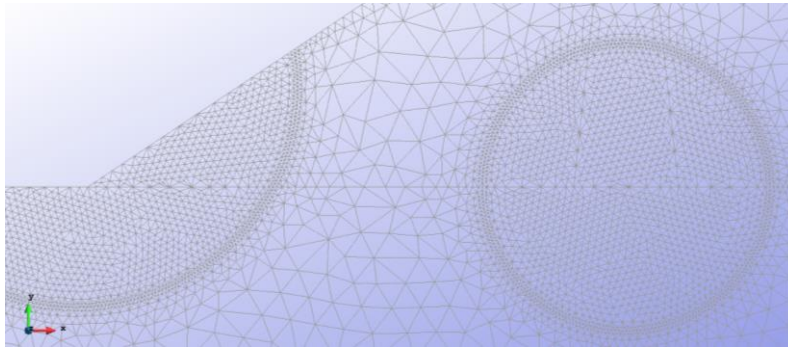
Refinació de la malla en llocs d'interès

Per a aconseguir una major precisió en els càlculs, es realitzarà una refinació de la malla en els dos llocs on es concentren les tensions, obtenint així la malla final amb la qual es realitzaran els càlculs.

La malla escollida ha estat una malla amb elements triangulars quadràtics (de sis nodes) amb dos mides d'elements, 1 metre per a les zones d'interès i 4 metres per a la resta del model. Així s'obté la següent figura:



Zona de la malla ampliada:



Veiem clarament que les dues zones d'interès són la intersecció entre la part anterior de la presa amb la cimentació i també la confluència entre el nucli d'argiles amb la cimentació. Aquestes zones s'han detectat ja que en iteracions prèvies s'ha vist que era on es concentraven un major nombre de tensions.

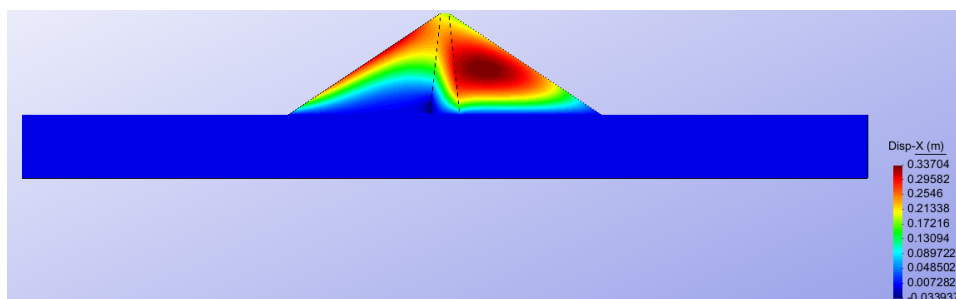
Així doncs, amb aquesta malla s'obtidran els resultats.

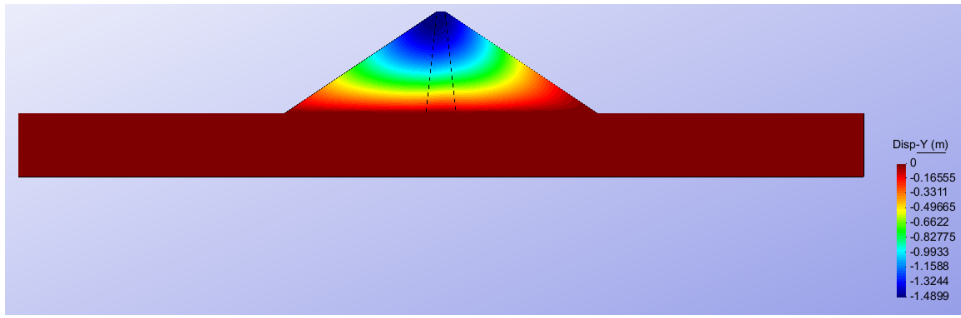
3.4. Post-procés

Resultats

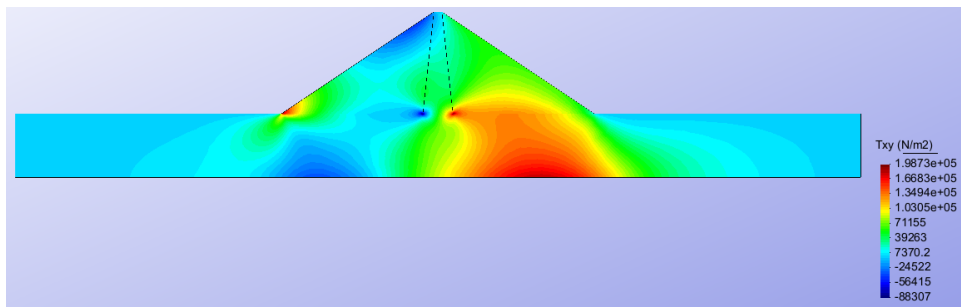
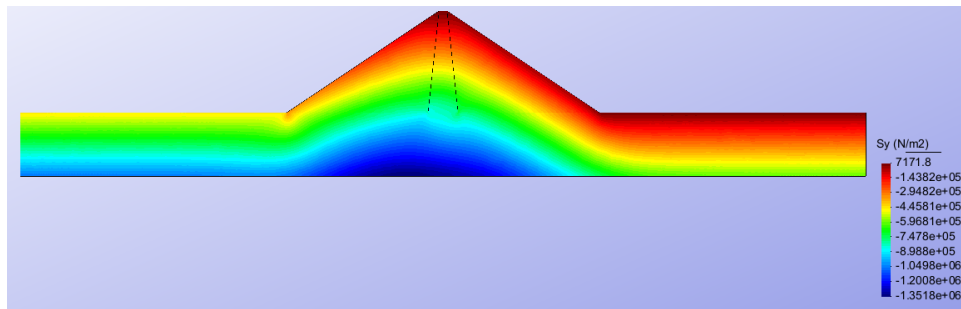
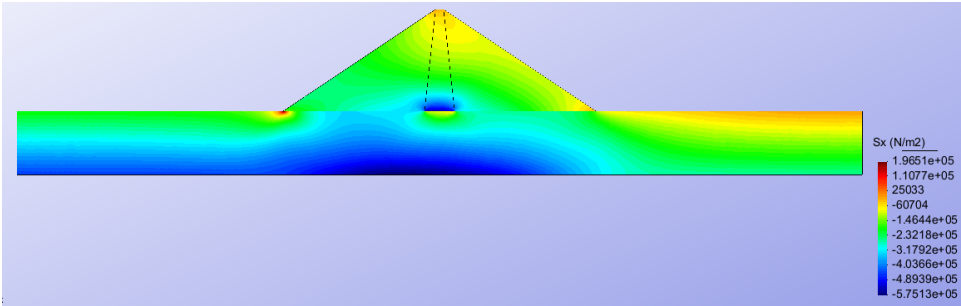
En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts. Un cop realitzats els càlculs, s'ha vist que dels dos casos de càrrega (pes propi i pes propi + aigua) el més restrictiu (el que genera un estat tensional major) és el segon. Per tant, es mostren els resultats amb aquesta càrrega aplicada.

Desplaçaments:

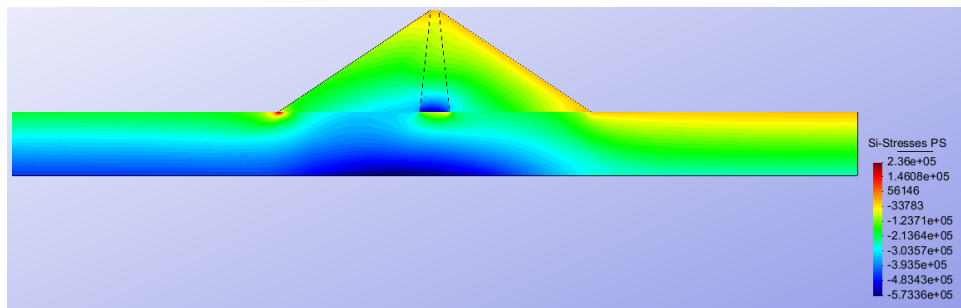


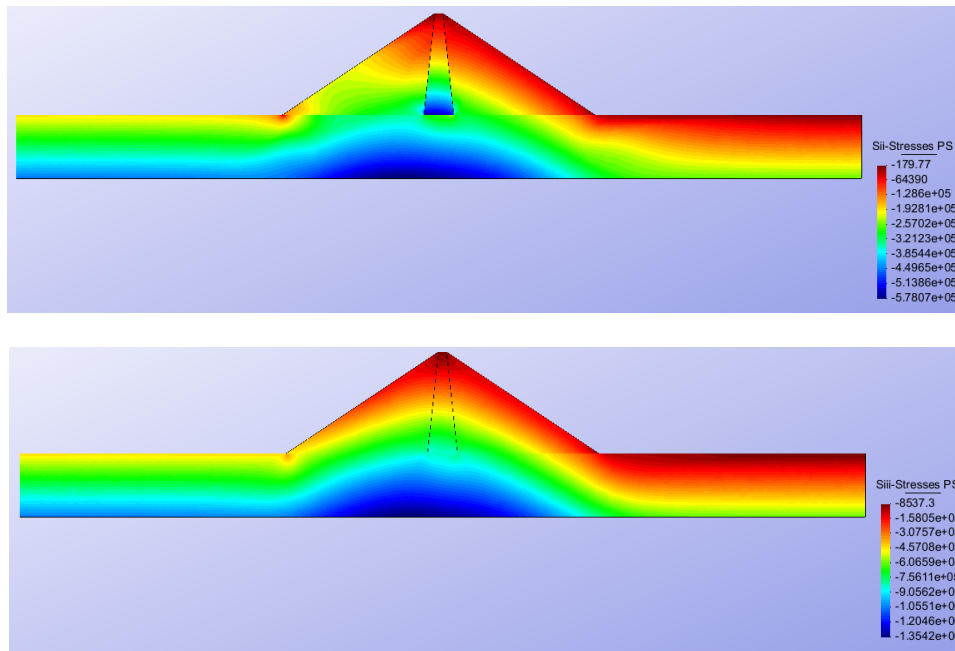


Tensions:

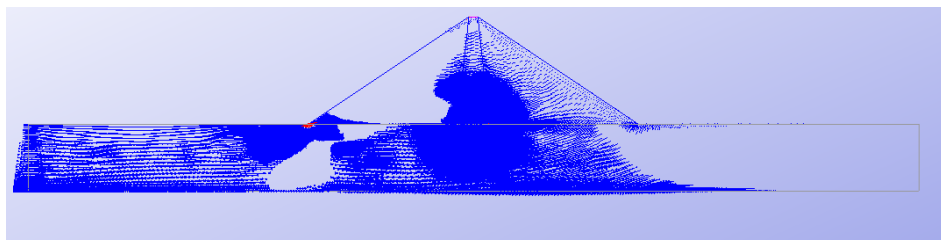


Tensions principals:





Tensions principals màximes:



S'observa clarament com la part més carregada es la de l'esquerra, ja que és on s'hi disposa l'aigua a retenir per la presa.

Es veu com la part traccionada és la intersecció entre el parament anterior de la presa amb la cimentació. En canvi, com era d'esperar, la major part de la presa treballa a compressió.

Per acabar, es veu com la restricció a complir (traccions inferiors a 1 MPa) es compleix en tots els punts de la presa.

Estudi dels paràmetres d'interès

Els paràmetres d'interès d'aquest problema eren m i n (pendents dels paraments anterior i posterior) i B (base del nucli d'argila).

L'objectiu d'aquest problema era el de minimitzar el volum de la presa i per tant, optimitzar el cost de l'obra, tot complint els requisits esmentats anteriorment. Com ja s'ha comentat, la primera temptativa per al disseny de l'obra ha estat el d'escollir els valors mínims d'aquest paràmetres. Així doncs, veient que amb els valors mínims es compleixen els requisits demanats, es conclou que aquesta configuració serà la més òptima i per tant la solució final del problema.

Paràmetre	Valor
m	1,5
n	1,5
B	$0,3 \cdot H$

4. Anàlisi tridimensional

4.1. Previ

En aquest cas s'ha executat el programa GiD utilitzant l'eina de càlcul RamSeries amb la seva versió per a elements 3D.

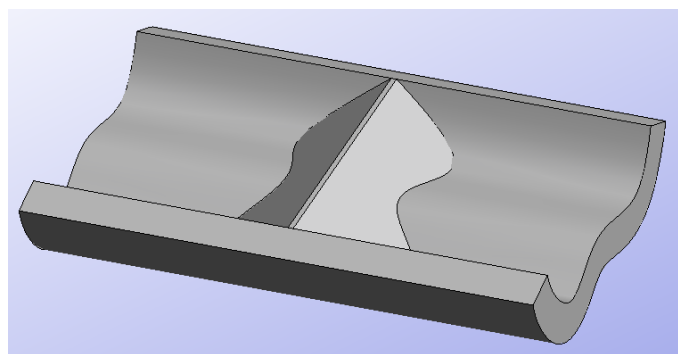
Gràcies a estudiar l'estructura realitzant un anàlisi tridimensional s'aconsegueix obtenir una visió conjunta i completa d'aquesta. També, s'evita el fet d'haver de realitzar certes hipòtesis que, en alguns casos són realment complexes.

Els inconvenients d'aquesta metodologia són el seu elevat cost computacional i la complexitat d'introduir la geometria en determinats casos.

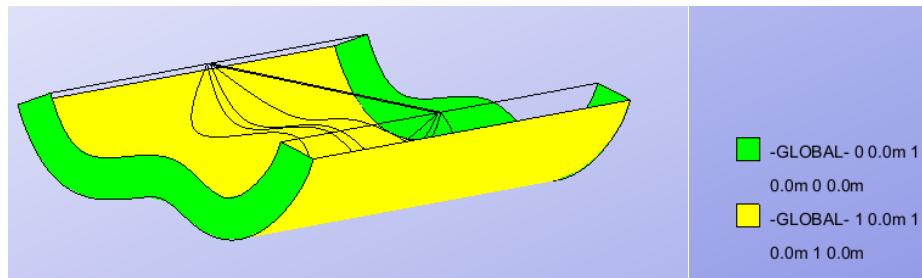
Cal comentar també, que en aquest cas s'ha girat la figura per a aconseguir que la gravetat (per defecte en l'eix z descendent) actuï de la manera adient. Així doncs el que abans era horitzontal eix "x", ara passa a ser l'eix "y", i els moviments verticals seran ara a l'eix "z".

4.2. Pre-procés

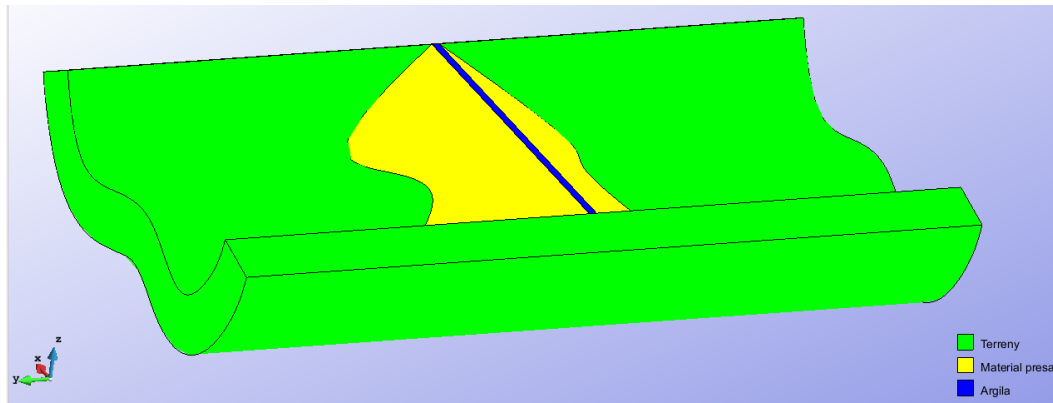
En primer lloc s'ha introduït la geometria del terreny proporcionada a l'enunciat, després s'ha realitzat la presa i finalment s'ha buscat la intersecció entre ambdues figures per tal d'obtenir la geometria desitjada.



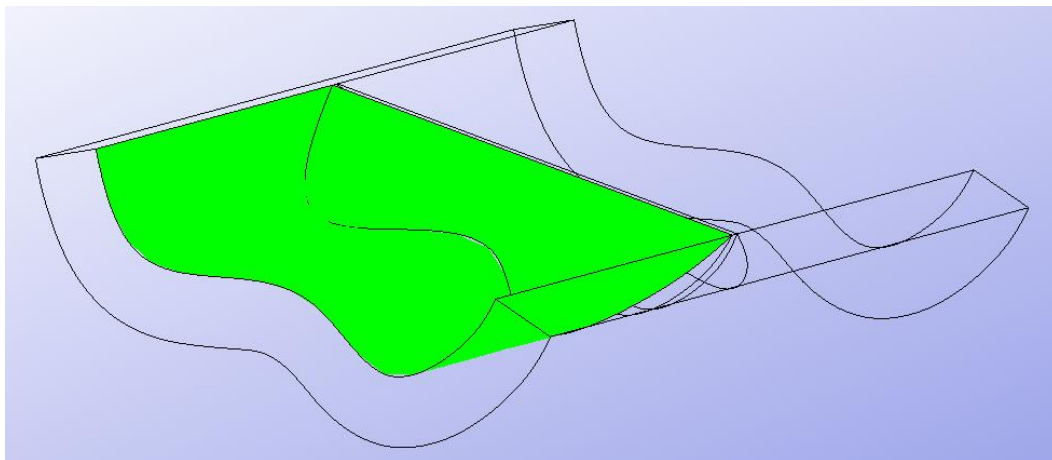
Un cop realitzada la geometria s'apliquen les condicions de contorn. De la mateixa manera que en el cas bidimensional, s'impedeixen els moviments horitzontals en els contorns laterals i els moviments horitzontals i verticals a la base del terreny, obtenint així la següent configuració:



A continuació definim els materials a utilitzar:



Finalment, per al cas on també hi ha la càrrega d'aigua, s'aplica de la següent manera:



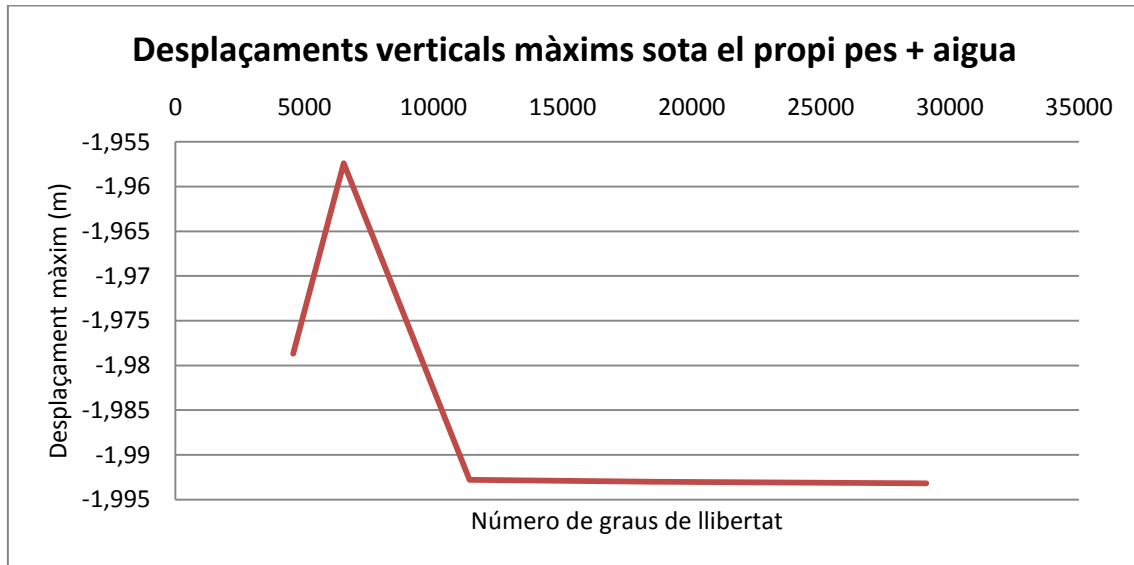
4.3. Càlcul

Anàlisi de convergència

Per tal de realitzar l'anàlisi de convergència, s'ha decidit fer-ho refinant una malla d'elements triangulars de tres nodes (com en l'anàlisi bidimensional) degut al alt cost computacional de les altres malles. També cal dir que només s'ha realitzat la convergència amb la situació de càrregues per pes proi amb aigua, ja que s'ha vist que era la situació més restrictiva de cara a les traccions. Amb aquesta metodologia, s'obté la següent taula.

Malla	Nodes	NGL	Desplaçament vertical màxim (m)
25	1519	4557	-1,9787
20	2173	6519	-1,9574
15	3795	11385	-1,9928
12	6153	18459	-1,993
10	9694	29082	-1,9932

Seguidament es grafiquen les dades de la taula anterior,

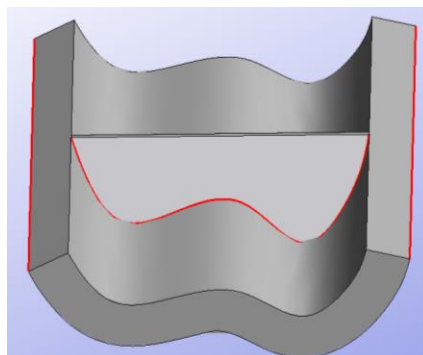


Concentracions de tensions

Analitzant les tensions màximes que apareixien al anar refinant la malla, s'ha vist com hi havia zones on les tensions eren anormalment grans i, a més, a mida que es refinava la malla aquestes augmentaven. Aquesta tipologia de problema se l'anomena concentració de tensions, és a dir, tensions fictícies que es deuen a canvis bruscos de geometria o materials.

Per a corroborar que ens trobem en aquest cas, s'ha decidit refinar les zones on apareixien aquestes tensions i així verificar que augmenten cada vegada més i s'apropen més cap als contorns.

Les zones a refinar són les línies en vermell,



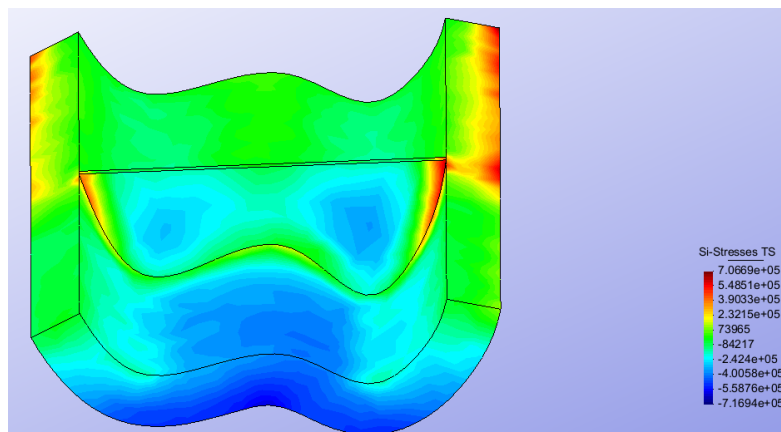
A continuació es mostra una taula amb els valors de les tensions de concentració màximes que s'han observat a mida que es refinaven els mencionats contorns.

Malla/refinat	Nodes	NGL	Desplaçament vertical màxim (m)	Tracció màxima (N/m ²)
15	3791	11373	1,0716	7,0813E+05
15/7	4058	12174	1,0716	8,0619E+05
15/5	4522	13566	1,0716	1,0410E+06
15/3	5702	17106	1,0716	1,2338E+06

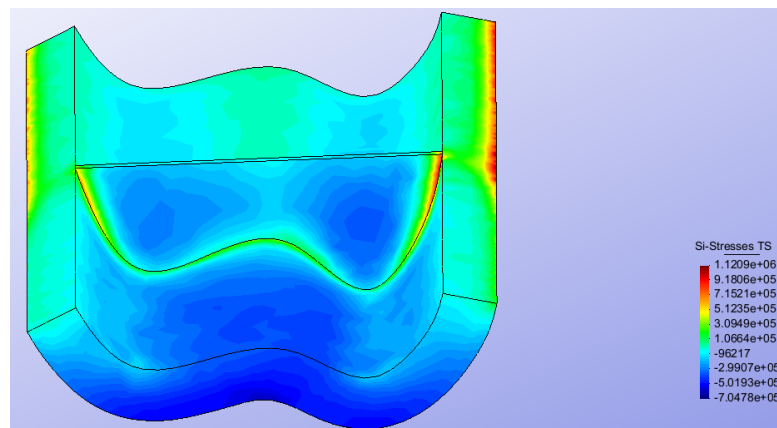
Es veu clarament com en una malla de 15 metres s'obté un valor significativament més baix que en una malla 15/3. La notació utilitzada en la mida de la malla (X/Y) significa que tota l'estructura s'ha mallat amb un valor X exceptuant els elements de les línies detectades amb concentracions de tensions (les marcades en vermell a la figura anterior) on se'ls hi ha aplicat una malla de mida Y.

Es mostren dues figures que il·lustren gràficament la diferència entre les concentracions de tensions abans i després de refinar la malla.

Malla de 15 metres sense refinar,



Malla de 15 metres refinant les arestes amb concentracions de tensions a 3 metres,



Es veu clarament com les tensions cada cop es desplacen cap als dos contorns exteriors on aparentment no hi hauria d'haver tensions ja que no hi tenen aplicada cap condició de contorn. També s'observa que les tensions augmenten sense arribar a cap estat estacionari per molt que es pugui refinar.

Així doncs, es pot concloure que ens trobem en un problema de concentracions de tensions i, per tant, aquestes no es contemplaran de cada a determinar l'estat tensorial de l'estructura, ja que com s'ha dit anteriorment no són tensions reals.

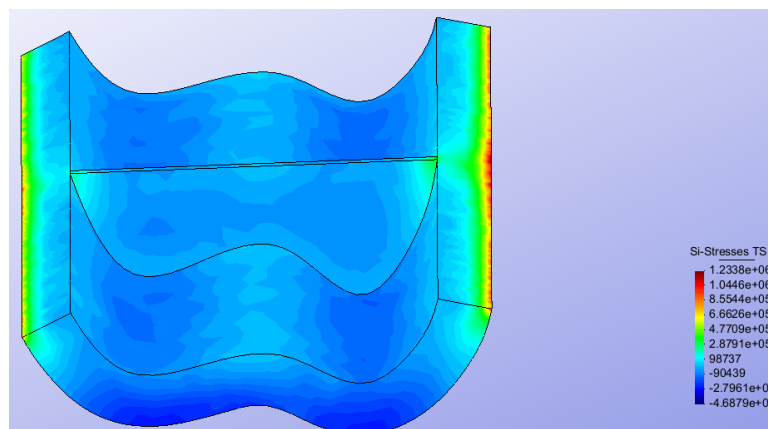
4.4. Post-procés

Un cop analitzada la convergència i solucionats els problemes apareguts durant els càlculs, es passa a analitzar l'estat tensorial de l'estructura.

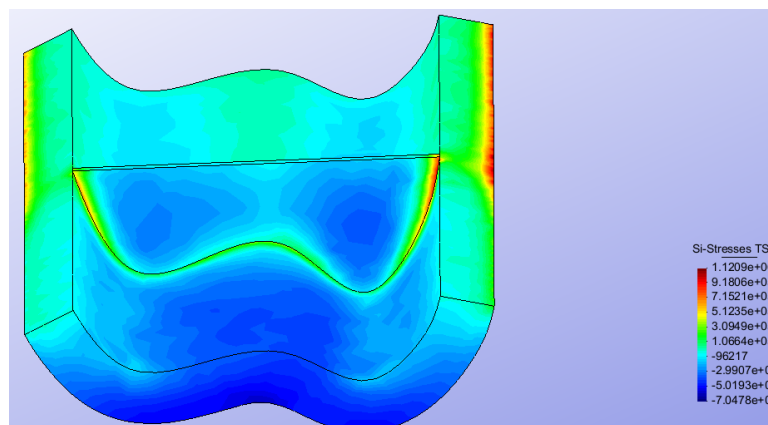
Resultats

Degut a que l'anàlisi tridimensional realitzat es per a comprovar la solució obtinguda en l'anàlisi tridimensional, es mostraran tant sols dues figures que fan referència a les tensions existents a l'estructura sota pes propi i sota pes propi amb aigua.

Preses sotmeses al seu propi pes,



Preses sotmeses al seu propi pes i a la càrrega d'aigua,



Com ja s'ha comentat, es descarten les tensions de tracció més elevades situades als dos contorns exteriors, degut a que es deuen a una concentració de tensions.

Dit això, veiem com la diferència entre les dues estructures es que en la segona hi apareix la càrrega de la làmina d'aigua i, com es obvi, en aquesta hi haurà una part amb un estat tensorial més gran que en la primera figura on només hi actua el pes propi.

5. Conclusions

En primer lloc cal recordar que l'objectiu de la pràctica era el de determinar el talús dels paraments de la presa per a que aquesta tingués sempre unes traccions inferiors a 1 MPa.

Cal dir que, com ja s'ha comentat a l'anàlisi bidimensional, aquesta restricció es compleix amb els mínims valors de n , m i B , obtenint així la següent taula.

Paràmetre	Valor
m	1,5
n	1,5
B	$0,3 \cdot H$

Un altre aspecte a destacar és la comparació entre els dos anàlisis realitzats, el bidimensional i tridimensional. Realitzant l'anàlisi bidimensional s'arriba a unes traccions màximes de 0,24 MPa aproximadament. Per altre banda, amb l'anàlisi tridimensional s'observen unes traccions màximes de entre 0,11 i 0,31 MPa (cal recordar que no es pot determinar el valor exacte ja que la tracció màxima que es produeix a l'estructura es deguda a una concentració de traccions).

Per tant, es pot veure clarament com les traccions a les que arriba l'estructura són semblants en ambdós casos, cosa que era el que prèviament s'esperava si es realitzaven correctament els dos anàlisis.

PROBLEMA L-23**1. Enunciat**

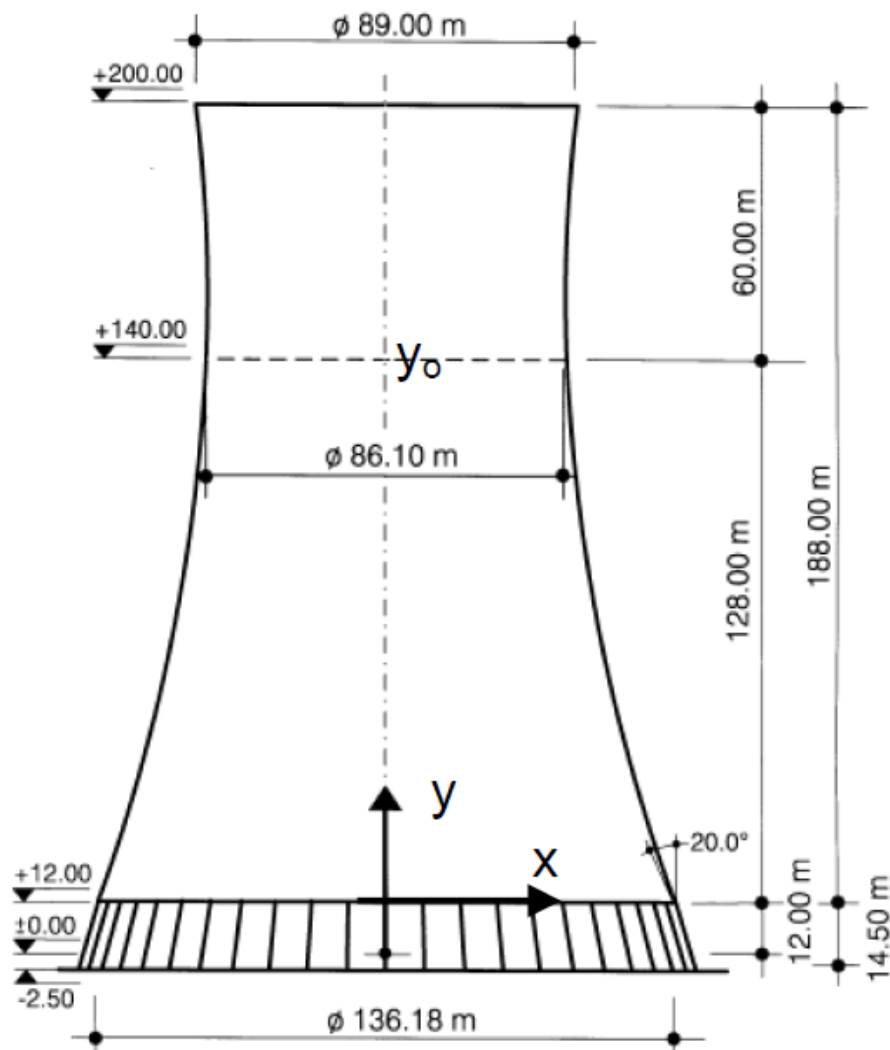
La figura representa una torre de refrigeració formada per una làmina de formigó armat. Calcular l'espessor mínim de la torre capaç de suportar el pes propi de l'estructura amb les restriccions que s'indiquen.

1. Les traccions màximes en qualsevol punt de l'estructura no han de superar els 30 MPa.
2. Les compressions màximes en qualsevol punt de l'estructura no han de superar els 45 MPa.
3. Les propietats mecàniques del formigó són $E = 19,8 \text{ KN/mm}^2$ i $\nu = 0,18$.
4. El recolzament proporcionat per les columnes es pot suposar com a encastat.

Càrregues actuant:

- a) Pes propi

Les dimensions de la torre en m:



2. Previ

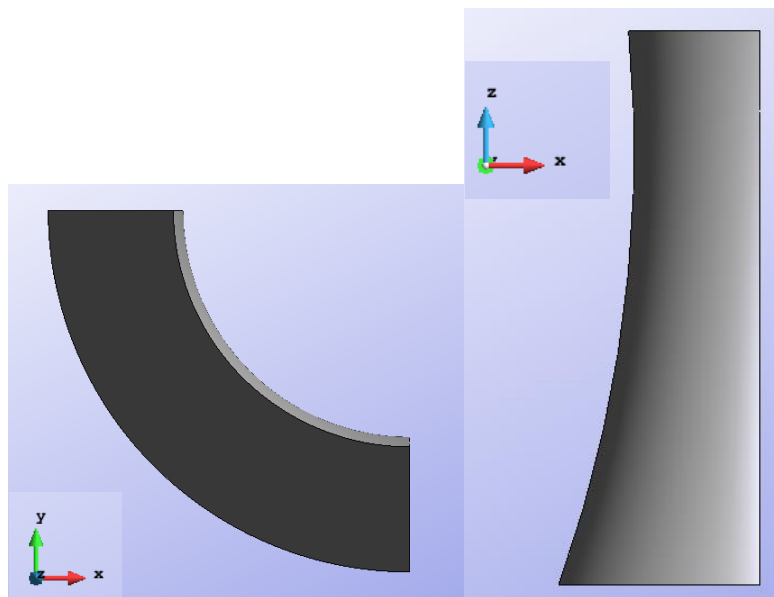
L'objectiu d'aquest problema és el de determinar l'espessor mínim a disposar a l'estructura per tal de que resisteixi l'estat tensorial que produeix el seu propi pes complint les restriccions mencionades.

Aquesta estructura consisteix en una làmina de revolució de formigó armat. Gràcies a que hi ha simetria de revolució tant en la geometria com en les càrregues i condicions de contorn, es podria resoldre amb elements bidimensionals de làmines. Tot i així, s'ha decidit resoldre-ho agafant un quart de la geometria i tractant l'estructura com a una làmina.

Per fer-ho, s'ha utilitzat el programa RamSeries, ja que ens permetrà variar l'espessor de la làmina amb gran facilitat.

3. Pre-procés

En primer lloc cal definir la geometria, tenint en compte que la gravetat està, de forma predeterminada al programa, actuant en l'eix "z". Així doncs obtenim la següent figura.



Seguidament es defineixen les condicions de contorn; com s'indica a l'enunciat, el recolzament que proporcionen les columnes es pot considerar empotrat. Per als talls realitzats gràcies a la simetria, s'hi aplicaran les següents condicions de contorn.

Costat dret (perpendicular a l'eix "x"):

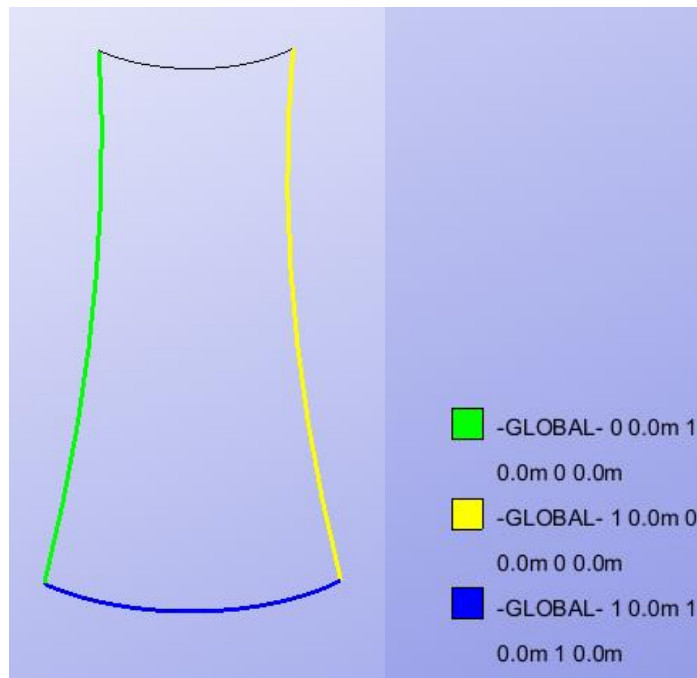
- Restricció al desplaçament en l'eix "x"
- Restricció del gir "y"
- Restricció del gir "z"

Costat superior (perpendicular a l'eix "y"):

- Restricció al desplaçament en l'eix "y"

- Restricció del gir "x"
- Restricció del gir "z"

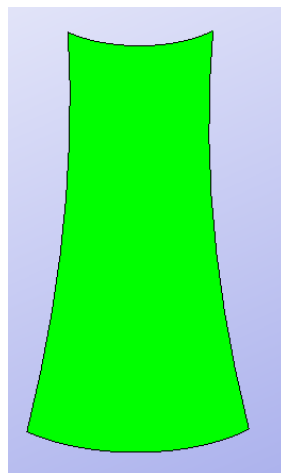
Així doncs, obtenim la següent figura:



També, cal definir el material que conforma l'estructura. En aquest cas, un formigó armat de les següents característiques,

Paràmetre	Valor
Mòdul d'elasticitat	$1,98 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$
Coef. Poisson	0,18
Pes específic	23520 N/m^3

Al programa, queda representat de la següent manera,



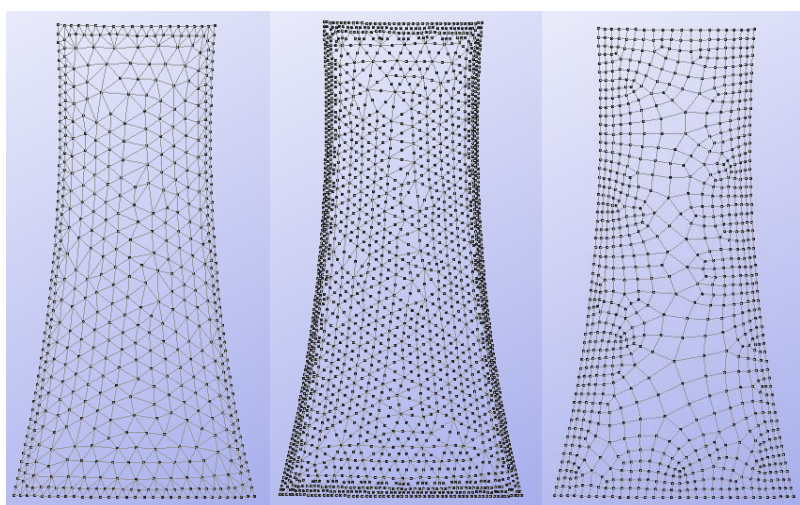
Per acabar, cal especificar al programa que contempli, alhora de calcular, el pes propi de l'estructura, que en aquest cas serà la única càrrega que hi intervingui.

4. Càlcul

Per al càlcul de l'estructura en qüestió caldrà analitzar la convergència de diverses malles i diversos elements per a determinar la malla definitiva a utilitzar. Seguidament, caldrà fer un estudi del paràmetre d'interès, en aquest cas l'espessor, i determinar quin es l'espessor òptim per al disseny de l'estructura.

4.1. Anàlisi de convergència

Per a estudiar la convergència, s'han utilitzat diverses mides de malla així com diversos elements; triangles linears (3 nodes), triangles quadràtics (6 nodes) i quadrilàters linears (4 nodes). Les malles a utilitzades es mostren a la següent figura,



Triangles linears

Triangles quadràtics

Quadrilàters linears

Cal dir també que, com a primera temptativa, s'ha utilitzat un espessor de la làmina de 0,3 metres.

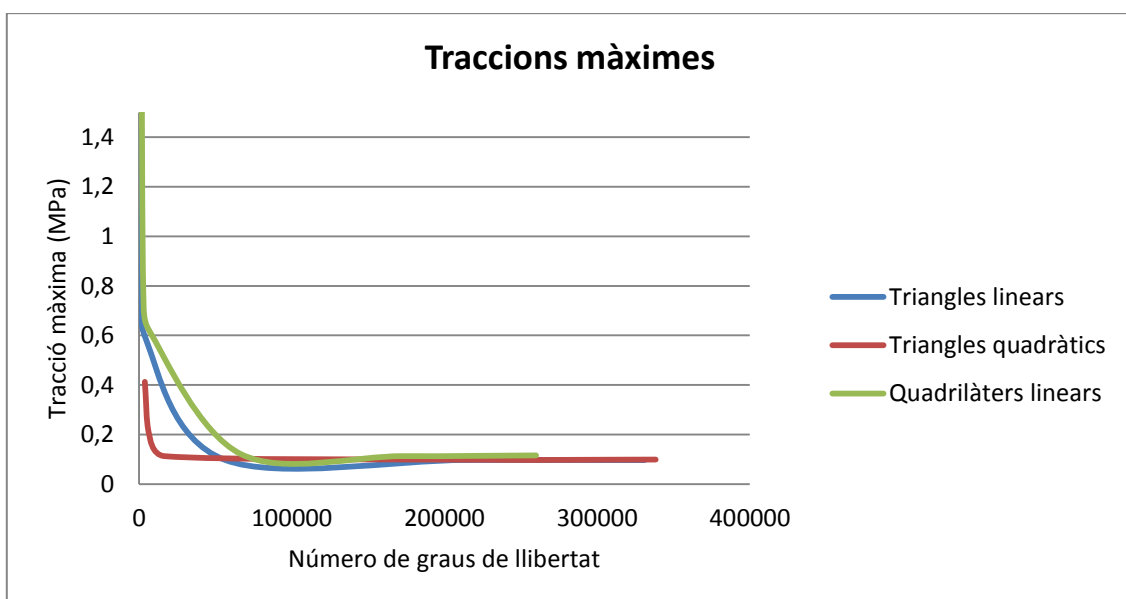
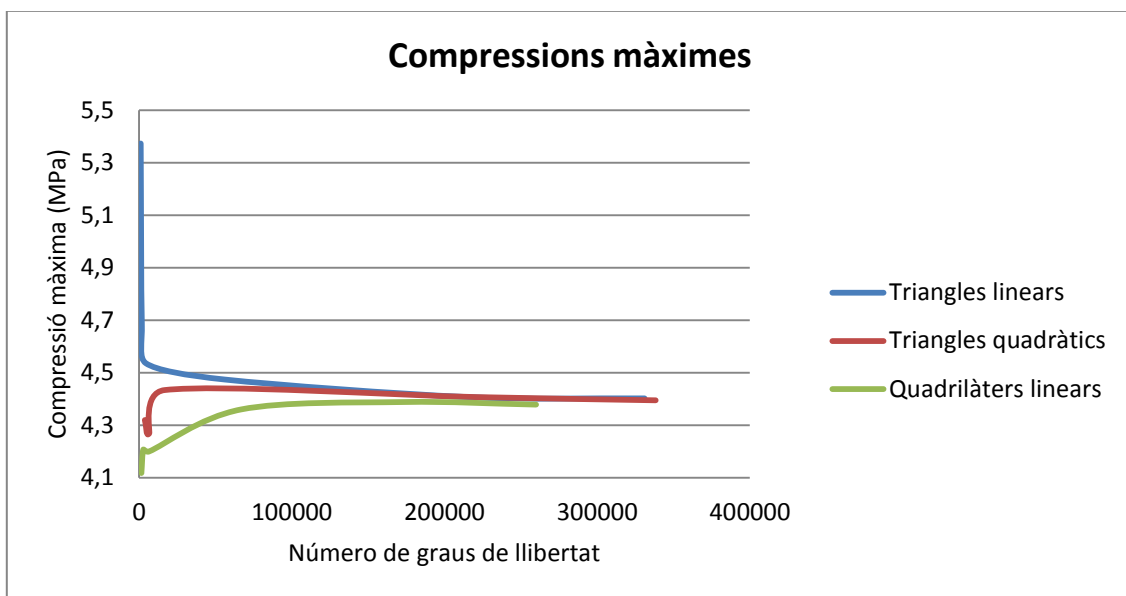
Així doncs, després de realitzar els càlculs diverses vegades refinant les mencionades malles, obtenim les següents dades:

Tipologia d'element	Malla	Nodes	NGL	Compressió màxima (MPa)	Tracció màxima (MPa)
TRIANGLES LINEARS	10	337	1011	5,3733	1,4376
	7	586	1758	4,6878	0,95603
	4	1460	4380	4,5365	0,58553
	1	18683	56049	4,4744	0,098044
	0,5	71250	213750	4,408	0,097189
	0,4	110335	331005	4,4026	0,096812
TRIANGLES QUADRÀTICS	10	1235	3705	4,3202	0,41268
	7	2184	6552	4,2691	0,19993
	4	5563	16689	4,4343	0,11262
	1	73618	220854	4,4076	0,098376
	0,8	112761	338283	4,3953	0,098965

Tipologia d'element	Malla	Nodes	NGL	Compressió màxima (MPa)	Tracció màxima (MPa)
QUADRILÀTERS LINEARS	10	487	1461	4,1182	1,9142
	7	906	2718	4,2081	0,77117
	4	2119	6357	4,2001	0,62198
	1	22193	66579	4,36036	0,12109
	0,6	57605	172815	4,3887	0,11284
	0,5	86650	259950	4,3789	0,11579

Cal dir que les tensions màximes s'han obtingut afagant sempre les màximes/mínimes tensions principals entre les dues parts de la làmina, TOP i BOTTOM.

També es mostren les gràfiques que representen aquestes dades,



S'observa que a partir d'un cert número de graus de llibertat (200000 aproximadament) les tensions arriben a un estat estacionari. També es veu clarament com els elements triangulars quadràtics aconseguen un ràpida convergència respecte a les altres tipologies d'elements.

Per això, la malla escollida per a la realització dels posteriors càlculs és la malla de 0,8 metres amb elements triangulars quadràtics. No s'ha contemplat un refinament de la malla en certes zones específiques degut a que no hi ha zones de més interès que altres i també perquè amb una malla desestructurada uniforme al llarg de tota l'estructura no hi observem un alt cost computacional.

4.2. Estudi del paràmetre d'interès

El paràmetre d'interès és, en aquest cas, l'espessor de la làmina de formigó armat. Cal dimensionar l'espessor de la làmina per tal que compleixi els següents requisits:

- Traccions màximes en qualsevol punt de l'estructura no superiors a 30 MPa.
- Compresions màximes en qualsevol punt de l'estructura no superiors a 45 MPa.

Així doncs, es proposen diversos espessors i per cada un d'ells es realitzarà un factor de seguretat, veient així si compleixen els requisits quin marge de seguretat hi ha en cada cas. Aquests factors es calcularan de la següent manera.

$$FS_{comp} = \frac{-45}{\sigma_{comp}}$$

$$FS_{trac} = \frac{30}{\sigma_{trac}}$$

Un cop calculades les tensions màximes utilitzant diversos espessors i calculant els factors de seguretat de cada un d'ells, obtenim aquesta taula:

Espessor (m)	Compresió màxima (Mpa)	Tracció màxima (Mpa)	FS compresió	FS tracció
0,3	4,3953	0,098965	10,238209	303,137473
0,5	4,4125	0,097786	10,19830028	306,792383
1	4,4184	0,097531	10,18468224	307,594508
1,5	4,4439	0,097423	10,12624046	307,935498
2	4,4623	0,097368	10,08448558	308,10944

Veient els resultats obtinguts, es veu com tots els espessors obtenen uns factors de seguretats relativament grans (clarament l'estructura és més restrictiva a compresió).

Aleshores, l'espessor òptim es pot escollir seguint dos criteris; el que obtingui un factor de seguretat més proper a 1 o l'espessor més petit que compleixi els requisits. En aquest cas, sembla lògic escollir en base al segon criteri, doncs per a obtenir un factor de seguretat similar a 1 s'hauria d'augmentar l'espessor fins a un valor que suposaria un cost extremadament alt.

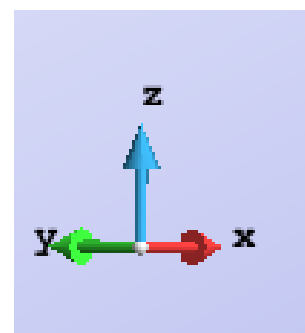
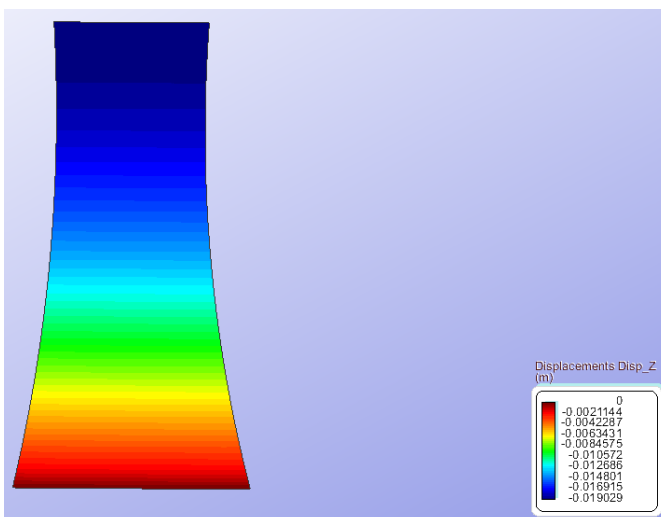
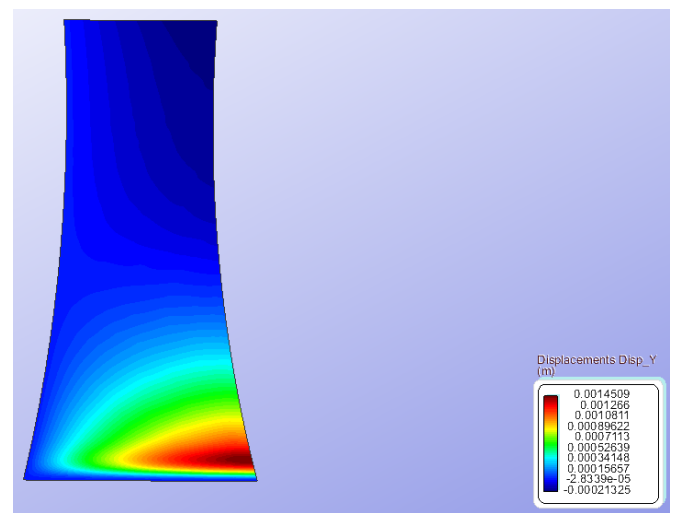
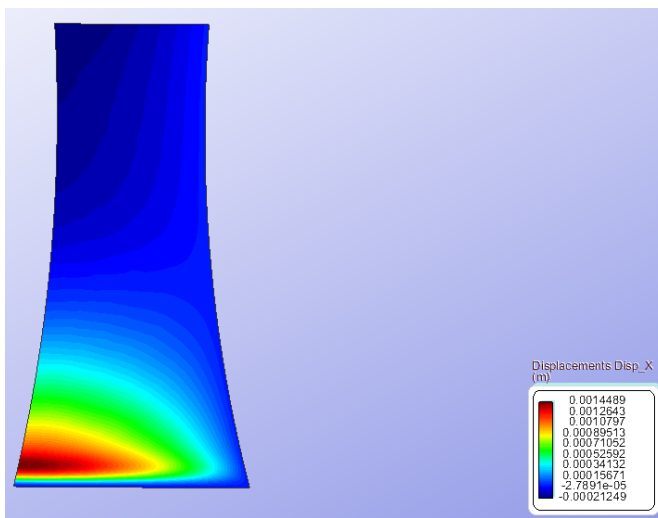
També cal remarcar que no s'han fet les proves amb espessors menors a 0,3 metres pensant en que el disseny sigui viable des del punt de vista constructiu, i no només numèric. Així doncs, s'ha decidit que un espessor de 0,3 metres és l'espessor mínim per tal de realitzar una làmina de formigó armat i poder disposar la ferralla i compactar degudament.

Finalment, pels motius anteriorment exposats, es conclou que l'espessor òptim d'aquesta torre de refrigeració és de 0,3 metres.

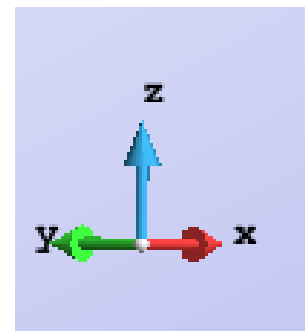
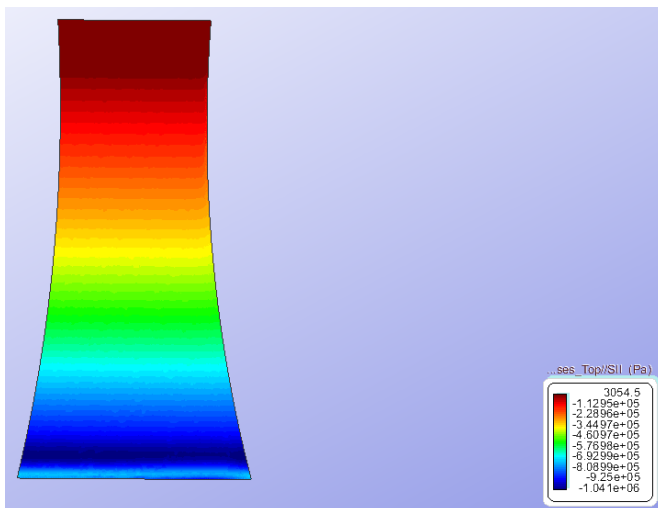
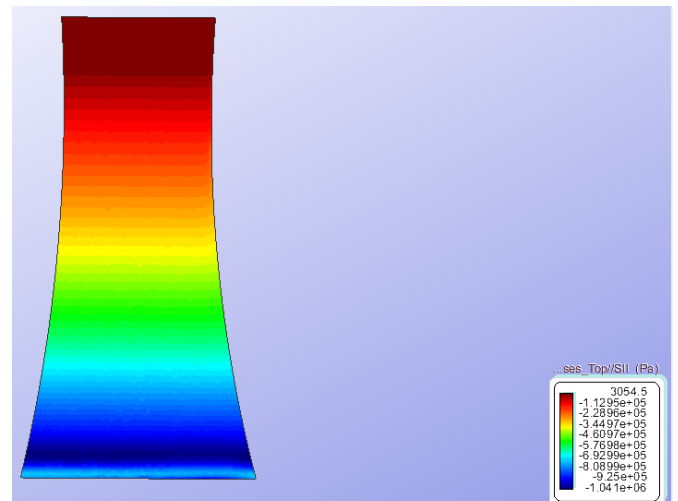
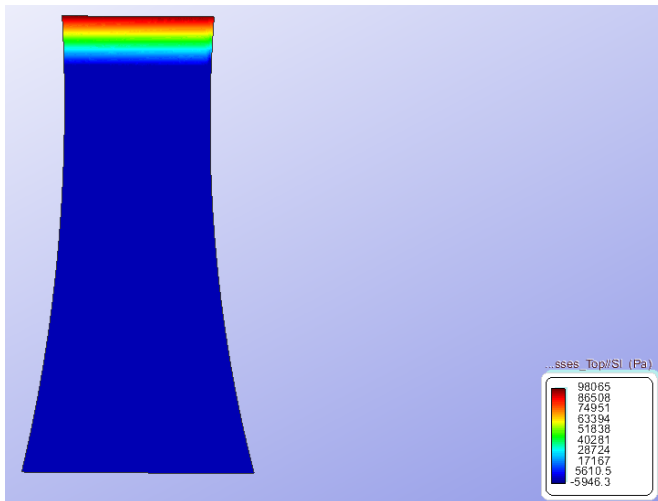
5. Post-procés

A continuació es passa a mostrar els resultats obtinguts de la torre de refrigeració amb l'espessor òptim i malla escollida, tots dos paràmetres determinats a l'apartat anterior.

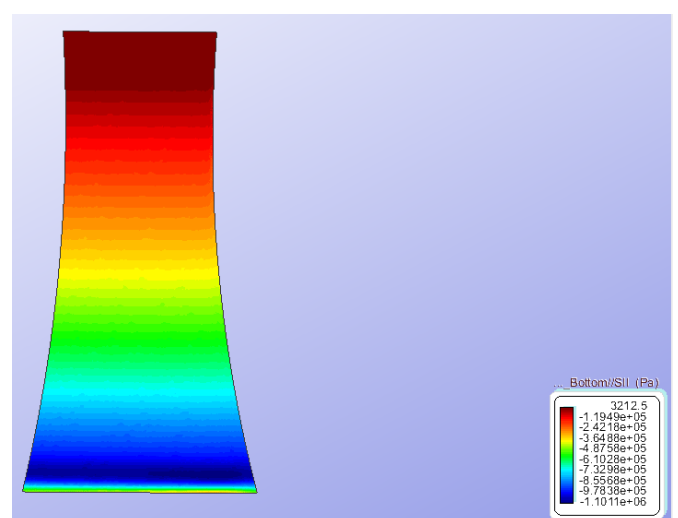
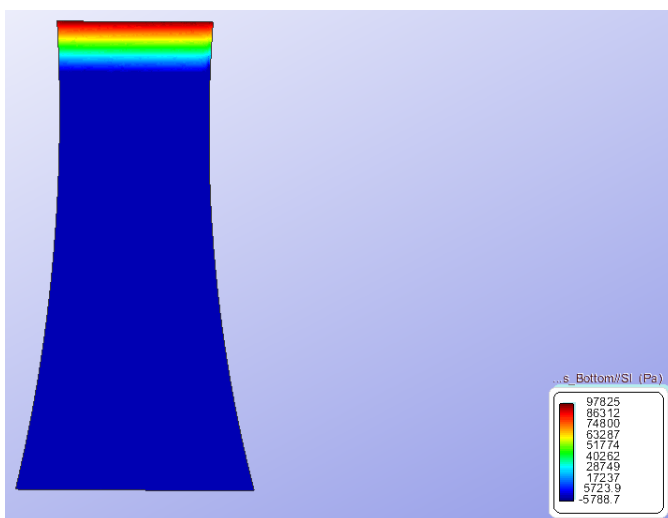
Desplaçaments:

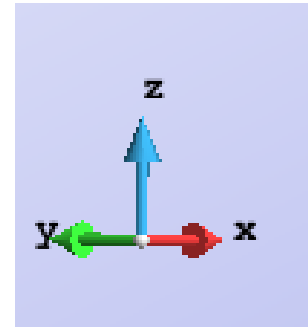
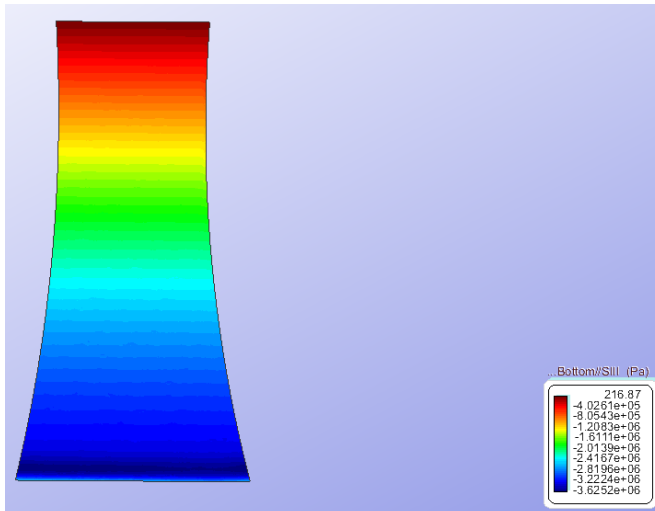


Tensions principals TOP:



Tensions principals BOTTOM:





6. Conclusions

En primer lloc, referent a la determinació de l'espessor, s'ha vist com l'espessor òptim és de 0,3 metres, ja que es el que proporciona una estructura més esvelta i per tant menys costosa alhora de la construcció. Amb espessors majors (més pes) s'obtenen factors de seguretat més propers a 1, però augmenten el cost significativament. Per a espessors més baixos, la construcció seria inviable degut al procediment constructiu (disposició de l'armat i compactació).

Pel que fa a les tensions obtingudes, s'ha vist com són totes inferiors als requeriments anteriorment esmentats. Cal comentar també que les tensions màximes, tant compressions com traccions, es produeixen ambdues a la banda TOP de l'estructura. Això es pot deure a la forma de la làmina, que propicia que les tensions s'acumulin en aquesta part.

Per acabar, cal remarcar que els resultats obtinguts són coherents amb el que a priori s'esperava. És a dir, unes tensions d'un ordre de magnitud raonable així com uns desplaçaments coherents amb el tipus d'estructura.