

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Optimització dels accessos a les estructures pressuritzades

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Josep Masferrer i Ribas

Tutor: Alexandre Deltell i Carbonell

Departament: Enginyeria mecànica i de la construcció industrial

Àrea: Mecànica de Fluids

Convocatòria Juny 2023

Taula de continguts

MEMÒRIA I ANNEXOS.....	4
1 INTRODUCCIÓ	5
1.1 Antecedents:	5
Accessos:.....	5
Sistemes de doble porta:	5
Sistemes de porta giratòria.	6
1.2 Objecte general del projecte	7
1.3 Abast.....	7
1.4 Especificacions	8
2 Descripció de la solució.....	9
2.1 Descripció conceptual	9
Principi de funcionament:	9
2.2 Estudi dels requeriments de la solució	9
2.2.1 Pressions sobre la membrana en funció de les càrregues de vent.....	10
Justificació de les velocitats de vent a simular.....	11
2.2.2 Estudi de les Estructures inflades:	11
2.2.2.1 Simulacions.....	12
2.2.2.2 Anàlisi estadístic de les ràfegues de vent:	13
2.3 Àmbit d'aplicació	16
2.4 Validació dels requeriments	16
2.4.1 Validació amb simulacions.	17
2.4.2 Validació de prototip.	17
2.4.3 Validació de funcionament real.....	17
2.5 Definició geomètrica de l'estructura i característiques.	18
Base estructural	20
Elements motrius.....	20

2.6 Definició geomètrica en ANSYS.....	21
2.6.1 condicions de contorn i altres paràmetres.....	22
2.6.2 justificació de mallat i nombre de cel·les òptim.....	23
2.7 Comandaments i funcionament.....	25
3 Anàlisi de resultats:.....	26
3.1 Anàlisi de variables i models.....	26
Posició de les sortides d'aire:.....	26
Diàmetre de les sortides:.....	26
Direcció de les sortides:.....	26
Pressió inicial:.....	26
3.2 Resultats. Potències de ventiladors etc.....	27
3.2.1 Ventiladors:.....	28
4 Fabricació.....	30
4.1 Transport i muntatge.....	30
4.2 Consums energètics i costos econòmics d'operació (electricitat ventiladors).....	30
5 Resum del pressupost de l'estructura.....	32
6 Conclusions:.....	33
7 Relació de documents.....	34
8 Bibliografia.....	35
A. Determinació del vent de càlcul.....	37
Velocitat del vent:.....	37
A1. Quadre resum de les ràfegues màximes.....	38
B. Estudi d'estructures Inflades.....	39
B1. RESUM DE LES SIMULACIONS.....	39
B2. Ø10m alçada = 5m Àrea = 157 m ²	40
B3. Ø15 alçada = 7,5m Àrea = 353 m ²	41
B4. Ø20m: alçada = 10m Àrea = 628 m ²	42
B5. Ø30m: alçada = 15m Àrea = 1414 m ²	43
B6. Ø40m: alçada = 20m Àrea = 2513 m ²	44

B7.	Ø50m: alçada = 25m Àrea = 3927 m2.....	45
C.	SIMULACIONS:.....	46
C1.	Primeres simulacions	46
C2.	Segones simulacions	47
C3.	Terceres simulacions	49
C4.	Simulació Final.	53

Taula de figures

Figura 1:	Sistemes de doble porta.....	6
Figura 2:	Sistemes de porta giratòria	6
Figura 3:	Tipus d'esferes segons l'alçada.....	10
Figura 4:	Simulacions ANSYS.....	12
Figura 5:	Pressions del vent.....	13
Figura 6:	Estudi del vent	15
Figura 7:	Perspectiva interior Entrada Lliure	18
Figura 8:	Perspectiva exterior Entrada lliure.....	19
Figura 9:	Entrada lliure amb porta d'emergència	19
Figura 10:	Entrada lliure amb la porta oberta	20
Figura 11:	Model 3D per simular en ANSYS.....	21
Figura 12:	Detall entrades d'aire del model per simular.....	22
Figura 13:	Condicions de pressió INLET	23
Figura 14:	Gràfic del comportament de les malles	24
Figura 15:	Mallat de la simulació final	24
Figura 16:	Resultats de pressió en el model final	27
Figura 17:	Simulació final.....	53
Figura 18:	Solució final. Vista exterior	54
Figura 19:	Solució final. Vista interior	54
Figura 20:	Solució final. Detall components interiors.....	55

MEMÒRIA I ANNEXOS

1 INTRODUCCIÓ

1.1 Antecedents:

Les estructures suportades per aire són recintes tancats per una membrana impermeable a l'aire que per una lleugera diferència de pressió interior es mantenen estables.

El principi de funcionament és que es mantingui de manera estable i continuada la diferència de pressió entre els dos costats de la membrana, per tant s'ha de preveure:

- Controlar les pèrdues o fuges d'aire i també com aquestes afecten a la pressió interior.

Les pressions exteriors a la membrana, perquè no superin la interior. Això voldria dir una deformació de la membrana i alteraria els esforços previstos o calculats.

- Preveure possibles interaccions d'accions exteriors a la membrana. Les principals podem entendre que són el vent i la neu, igual que els edificis convencionals.

Aquest tipus d'estructures genera uns avantatges diferenciadors respecte altres solucions.

És una estructura lleugera, re-utilitzable, transportable, econòmica. Aquests avantatges ens permeten un ús molt adequat en esdeveniments temporals o itinerants.

Un dels majors maldecaps que tenen aquest tipus d'estructures és garantir permanentment la diferència de pressió. Aquesta es pot solucionar amb uns ventiladors que contínuament impulsen aire a l'interior per suplir les petites pèrdues i unes entrades i sortides que impedeixin la pèrdua de pressió. Per tant no es poden tenir obertures permanents a l'exterior.

Accessos:

Aquestes entrades i sortides actuals es basen en sistemes de doble porta o amb portes circulars, que mantenen la pressió interior.

Sistemes de doble porta:

Permeten l'accés de manera esglaonada a l'interior, mitjançant un vestíbul de pressurització. Per entrar, obrim la porta exterior (amb la interior tancada) i accedim al vestíbul, llavors tanquem la porta exterior i després podem obrir la porta interior. D'aquesta manera només perdem el volum d'aire que hi ha al vestíbul, que per els ventiladors que porten aquestes estructures és ridícul. Per tant la pressió interior no es veu afectada, encara que hi hagi una entrada o sortida de persones contínuament. Per sortir no cal dir que el procés és el mateix, però a la inversa, primer obrim la porta interior, sortim, la tanquem, i finalment, obrim la porta exterior i sortim a fora.

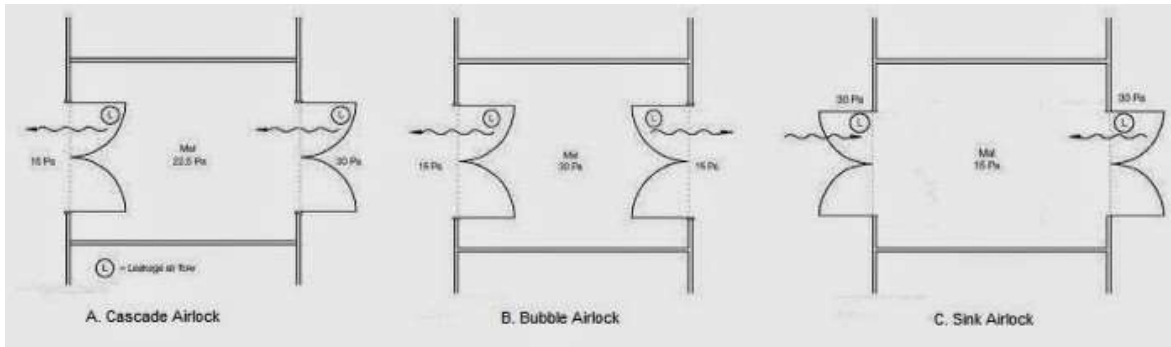


Figura 1: Sistemes de doble porta.

Sistemes de porta giratòria.

És un sistema en què hi ha un rotor de 3 o 4 portes que van girant a dins d'un tambor amb poques toleràncies i que en cap moment hi ha comunicació directa amb l'exterior. A cada volta perdem el volum d'aire que hi ha entre les portes, tot i que «teòricament» entraria el mateix, però per les diferències de pressió i les toleràncies no passa. Tot i així, igualment que l'altre sistema tenim uns ventiladors que no tenen cap problema en mantenir la pressió interior amb aquestes pèrdues.

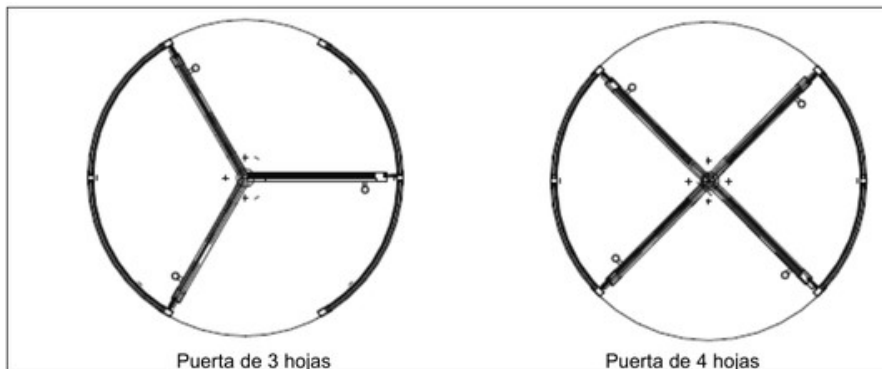


Figura 2: Sistemes de porta giratòria

La dificultat d'aquests sistemes és la fluència de moltes persones. El sistema de doble porta no és un sistema continu, a on hi ha un pas alternatiu que té una velocitat d'entrada o sortida de persones limitat. Per tal de millorar la fluència, la solució és col·locar més portes. En el sistema de portes giratòries funciona més bé, però la porta és més costosa, les toleràncies han de ser més ajustades i per complir les normatives de mobilitat reduïda, necessiten unes dimensions considerables, cosa que implica uns costos també molt importants. Això és just el contrari dels arguments principals de venda que he mencionat anteriorment.

Per últim mencionar les sortides d'emergència. Aquestes s'han de col·locar segons la normativa d'edificació com qualsevol construcció d'accés públic i en cas d'emergència s'obren de bat a bat per sortir ràpidament, la disposició i mides es regula segons la mateixa norma. En el cas de les construccions suportades per aire és un element quasi perjudicial degut al

principi de funcionament. Normalment les emergències en aquests tipus d'edificis es deuen a fallades del sistema de pressió i per tant col·lapsa la membrana. En el cas que passi, una sortida d'emergència oberta accelera la des-pressurització del recinte.

En algunes construccions en què aquest cas pot tenir un impacte a la seguretat de les persones, es preveu algun sistema de sustentació de la membrana i així que permeti la circulació de les persones cap a la sortida amb el recinte des-pressuritzat.

1.2 Objecte general del projecte

L'objecte del projecte és el disseny d'un accés lliure d'impediments a estructures suportades per aire. L'objectiu és poder dissenyar un accés que permeti una gran afluència de públic, fins i tot de vehicles.

Es preveu dissenyar una cortina d'aire que, amb l'accés totalment obert, ens permeti mantenir la pressió interior del recinte i així garantir l'estabilitat estructural.

Uns accessos lliures de portes, augmentarien moltíssim la possibilitat d'afluència pública i també canvien la percepció d'edifici tancat que és actualment. Amb aquesta millora podem ampliar el mercat potencial d'aquests productes.

Per investigar i valorar les possibles solucions s'utilitzarà programari CFD. Igualment es farà un anàlisi de les pressions a la superfície per determinar les pressions necessàries de treball. Simulant el comportament de les diferents propostes d'estructures.

1.3 Abast

L'abast del treball compren el disseny d'una entrada/sortida temporal d'un recinte pressuritzat. Es preveu simular recintes de diferents dimensions per tenir un rang d'aplicació de la solució més ampli i estudiar la importància de les diferències, en cas de ser-hi. També s'ha de fer un estudi previ de les mateixes estructures amb el programari fluodinàmic per poder determinar quin és la pressió mínima a garantir, quina és la pressió normal de treball i acotar el rang d'utilització de l'accés.

Per determinar les velocitats de vent a simular es mirarà les estadístiques meteorològiques de la nostra zona com a àmbit normal de treball. Al ser una estructura prevista com a temporal no cal garantir la utilització en tot moment.

Les estructures previstes per l'estudi de les pressions són semiesferes de diàmetre entre 10 i 50 m.

Els accessos previstos per dissenyar són:

Accés individual : $1.685 \text{ m}^2 = 0.83\text{m d'ample} \times 2.03\text{m d'alt}$.

L'ampliació de l'aplicació estudiarem la possible aplicació a camions, però ho farem gradualment ampliant l'obertura i veure la caiguda de prestacions. Llavors es decidirà fins a quin punt es pot arribar.

1.4 Especificacions

Els requeriments de l'accés són:

- Poder entrar i sortir lliurement de manera contínua i sense obstacles que divideixin el pas o que limitin la velocitat de circulació.
- Mantenir la pressió mínima necessària per a l'estabilitat estructural.
- Que existeixi una solució tècnica viable.

2 Descripció de la solució

2.1 Descripció conceptual

El concepte de l'entrada estanca és un accés o sortida d'un recinte pressuritzat sense que aquest perdi la pressió mínima. D'aquesta manera podem tenir un pas de persones i/o vehicles sense afectar l'estabilitat de l'edifici.

Per aconseguir-ho hi ha dos plantejaments:

- Crear una barrera que impedeix la sortida d'aire.
- Aportar més aire del que surt.

Em centraré amb la creació de la barrera, ja que energèticament és molt més interessant que no l'altra. Com menys moviment de matèria aconseguim, més eficient serà el sistema.

L'objectiu és crear una barrera d'aire que pugui mantenir una certa pressió a dins del recinte per tal que no col·lapsi.

Principi de funcionament:

Crear una barrera de pressió a la sortida del recinte, com una cortina d'aire que pugui mantenir la pressió interior. S'ha de crear un contracorrent que mantingui la pressió.

Consta de un túnel de pas i unes sortides d'aire dirigit en sentit contrari a la sortida d'aire.

2.2 Estudi dels requeriments de la solució

Per saber quins requeriments mínims ha de proporcionar l'entrada lliure, es simula tot el conjunt de l'estructura amb diferents velocitats de vent.

Amb els resultats de les simulacions, es determinen aquests requeriments mínims de funcionament o validació de la solució. S'intentarà simular una mostra de casos per poder afinar les velocitats de vent que es pot treballar.

L'objecte de les simulacions ha de representar els recintes a on s'apliquen aquestes solucions. Aquests recintes tenen una característica important: La membrana és flexible i s'aguanten per diferència de pressions amb l'exterior. Això vol dir que la seva geometria estable és la que maximitzi el volum interior. Per tant les geometries possibles acaben reduïdes a circumferències o arcs de circumferència i el radi més gran domina sobre els petits.

Amb aquesta petita explicació es pot reduir la geometria a un recinte semiesfèric. En aquest cas la direcció del vent no influeix en els resultats, per tant una variable menys a tenir en compte.

Es planteja semiesfèric per fixar un altre paràmetre. Si reduïm l'alçada per sota del radi, tenim més succió i per tant la pressió positiva sobre la membrana no augmenta. Aquests casos són els de cobertes grosses, ja que a certes mides de coberta, fer-les semiesfèriques tenen una alçada enorme i esdevenen poc pràctiques. Per tant la reducció d'alçada ens millora els resultats de les simulacions. En canvi, si augmentem l'alçada de la coberta, les pressions sobre la membrana augmenten. Aquests casos es donen amb cobertes petites, que amb el seu radi no és viable o còmode l'activitat prevista a l'interior. L'altra situació és aprofitar tot l'espai i no perdre el perímetre per la corba de la membrana. Ambdós casos es donen a cobertes petites. Per costos, com més petita és la coberta, el preu baixa, però el cost de l'equip és el mateix i això augmenta molt els costos relatius (€/m²) de la coberta. L'altre particularitat que tenen les cobertes petites és que hi caben poques persones i per tant els costos d'una entrada lliure tampoc es veurien justificats.

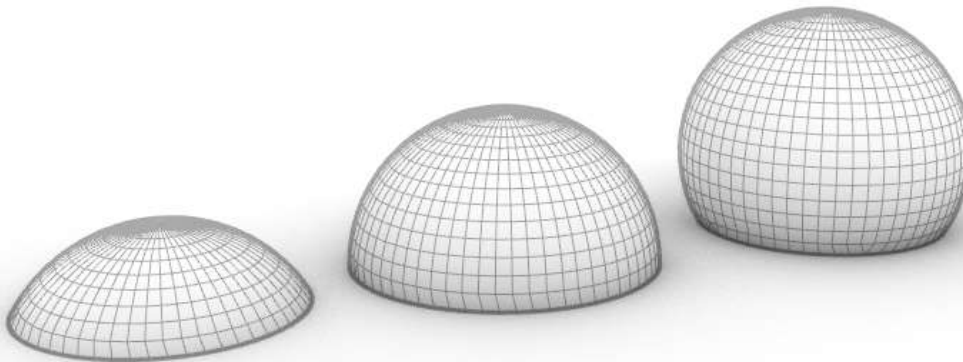


Figura 3: Tipus d'esferes segons l'alçada

Al ser un producte innovador, el preu serà elevat i ha de situar-se a un mercat objectiu que ho pugui assumir.

2.2.1 Pressions sobre la membrana en funció de les càrregues de vent.

Les estructures pneumàtiques s'aguanten per una diferència de pressions entre l'interior i l'exterior del recinte, ja que l'estructura és flexible. En base a aquesta premissa hem d'estimar la pressió màxima a què es veurà sotmesa l'estructura.

Per trobar aquestes pressions, simularem una estructura amb el programari ANSYS.

Primer es defineix una geometria que consta d'una cúpula semiesfèrica i un prisma adherit a la base que forma el túnel d'entrada. És la forma més bàsica i també la més habitual en aquest tipus d'estructures.

Per poder tenir una fiabilitat més gran en els resultats, s'ha simulat diverses mides de cúpula, i cada una amb diferents velocitats de vent.

Els resultats obtinguts no són objecte del projecte, tant sols serveixen per justificar els valors objectiu que ha de satisfer la solució.

Justificació de les velocitats de vent a simular

Primer s'acota els límits que volem estudiar. Si volguéssim anar a buscar els casos extrems per acotar límits, podem dir que el límit inferior és un cas de vent nul. En aquest cas tota la pressió que necessitem és per compensar el pes de la lona (aprox. 1kg/m²). Cosa força senzilla d'obtenir, ja que són aproximadament 10Pa.

En canvi, si comptem que és un edifici que ha d'aguantar vents huracanats, com per exemple uns 140 km/h de vent (100Kg/m²), o fins i tot una nevada a alta muntanya (600 Kg/m²) pot ser que trobem solucions impossibles d'aplicar.

Aquest límit ha de ser un valor força comú i com a valor de referència per començar a acotar, es pot agafar el mínim que demanen als edificis en situacions normals a l'interior de la península que son 28 m/s (100 Km/h). Si resultés que es poden assolir aquests valors amb facilitat, llavors es pot aprofundir en l'estudi de situacions més extremes i millorar l'àmbit d'aplicació de la solució.

2.2.2 Estudi de les Estructures inflades:

Com s'ha esmentat abans, l'objectiu és determinar la pressió mínima en els requeriments de sobrecàrrega a causa del vent. Per aconseguir-ho, es plantegen una sèrie de simulacions:

- Diàmetres: 10,15,20,30,40,50 m.

Amb aquestes mides podem abastar la major part del mercat. Mides més petites impliquen poc risc, necessitats molt concretes o poca circulació de persones. Fins i tot instal·lació en recintes interiors, que el vent no hi juga cap paper. En el cas contrari, cobertes molt grosses pot implicar la circulació de moltes persones. Disposar d'accessos d'aquest tipus pot ser una avantatge davant la competència. En tot cas, es tracta de veure com afecta tant la mida com la velocitat del vent.

- Vent: 36, 54, 72, 100 km/h // 10, 15, 20, 29 m/s

Resumint, s'ha acotat a 100km/h com a llindar superior i al llindar inferior a 36 km/h, ja que és en les situacions on el vent es comença a notar fort i provoca els primers efectes visibles als arbres i a l'entorn.

2.2.2.1 Simulacions

Amb el programari ANSYS, s'ha simulat diferents cobertes amb diferents situacions de vent. Als annexes es poden veure els resultats obtinguts a cada simulació.

A tall d'exemple, es representa una de les simulacions, a on es pot veure en un pla les velocitats del vent i a la superfície de la cúpula les pressions sobre la membrana. La llegenda del costat mostra les pressions i podem apreciar fàcilment el valor màxim i la seva localització.

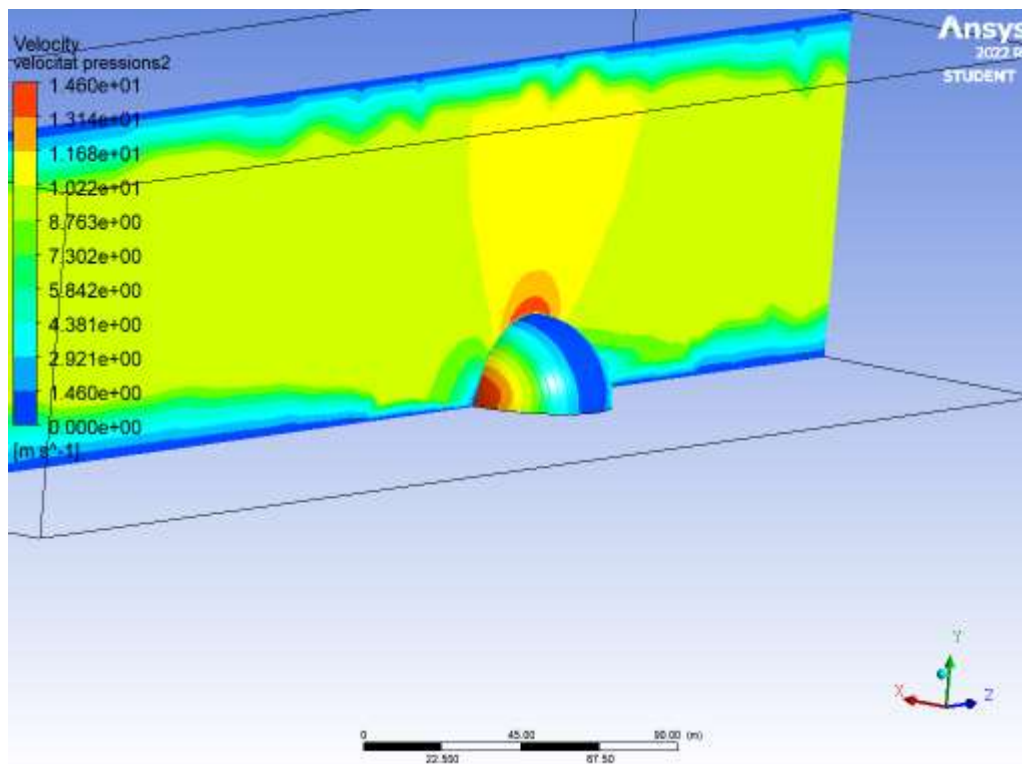


Figura 4: Simulacions ANSYS

Els resultats estan ordenats a la taula següent:

Taula 1: pressions màximes

Velocitat del vent		Pressions màximes (Pa)						mitjana	màx
		Diàmetre (m)							
m/s	Km/h	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 30	Ø 40	Ø 50		
10	36	54	52	50	54	60	58	55	60
15	54	122	117	114	123	136	131	124	136
20	72	217	208	203	219	241	234	220	241
28	100,8	427	409	398	430	473	460	432	473

En aquesta taula es resumeix els resultats obtinguts de les simulacions. Els valors de la taula són les pressions màximes en Pa i es classifiquen en funció del diàmetre de la cúpula i de la velocitat de vent.

En resum es pot concloure que el diàmetre o mida de la cúpula influeix molt poc o gens. En canvi la velocitat del vent és un factor clau.

Segons aquestes dades, per un vent de 10m/s provoca unes pressions màximes a la superfície d'uns 60 Pa. Un vent de 15 m/s una pressió de 125Pa i així successivament.

Les dades diuen que amb un vent de 36Km/h, necessito 60Pa, que amb un petit marge del 30% del de seguretat, arribem de seguida als 90 Pa previstos.

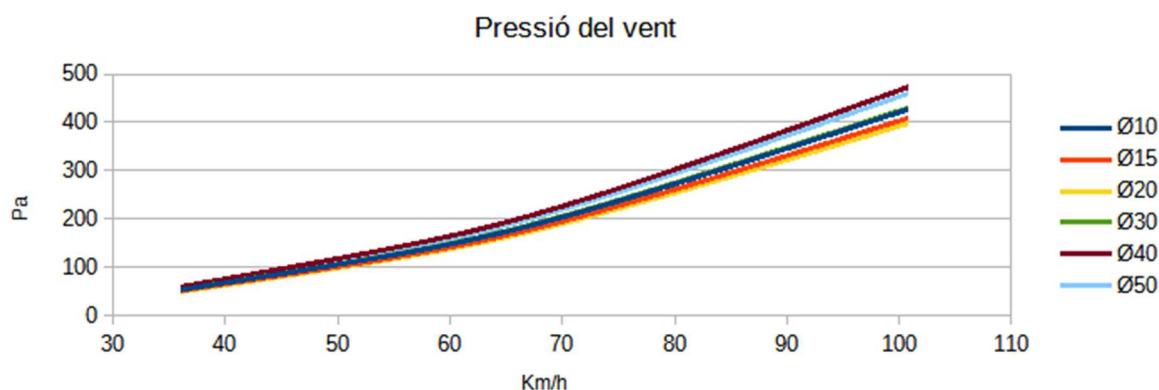


Figura 5: Pressions del vent

Amb els valors anteriors s'ha construït aquesta gràfica a on es veu l'increment exponencial de la pressió en funció de la velocitat. També es pot veure que les diferents mides de les cúpules donen pràcticament els mateixos resultats. I tot i les petites diferències, no es veu cap correlació entre les pressions i la mida, no han quedat ordenades verticalment.

2.2.2.2 Anàlisi estadístic de les ràfegues de vent:

Per determinar quin és l'àmbit de validesa de la solució, he fet un petit estudi estadístic com a base argumental del vent de càlcul. Aquest es basa en les ràfegues màximes diàries de vent, amb les dades de AEMET. He analitzat els vents màxims de diferents estacions arreu de l'estat. He constatat que hi ha zones a on el vent és més fort que d'altres i he analitzat zones amb vents forts (Tarifa o Saragossa) i d'altres zones amb vents més fluïdos (Girona, Barcelona o Alacant)

Determino quants dies podria utilitzar els accessos lliures sense sobrepassar la ràfega màxima i per tant finalment puc tenir un criteri objectiu per determinar les pressions mínimes de treball del sistema.

Es busca un valor en el costat conservador dels resultats, ja que l'accés no ha de funcionar tothora. En cas de ràfegues continuades es pot anul·lar. És un sistema de suport, no essencial.

Veient les dades de ràfegues màximes de les estacions, arribo a les següents conclusions:

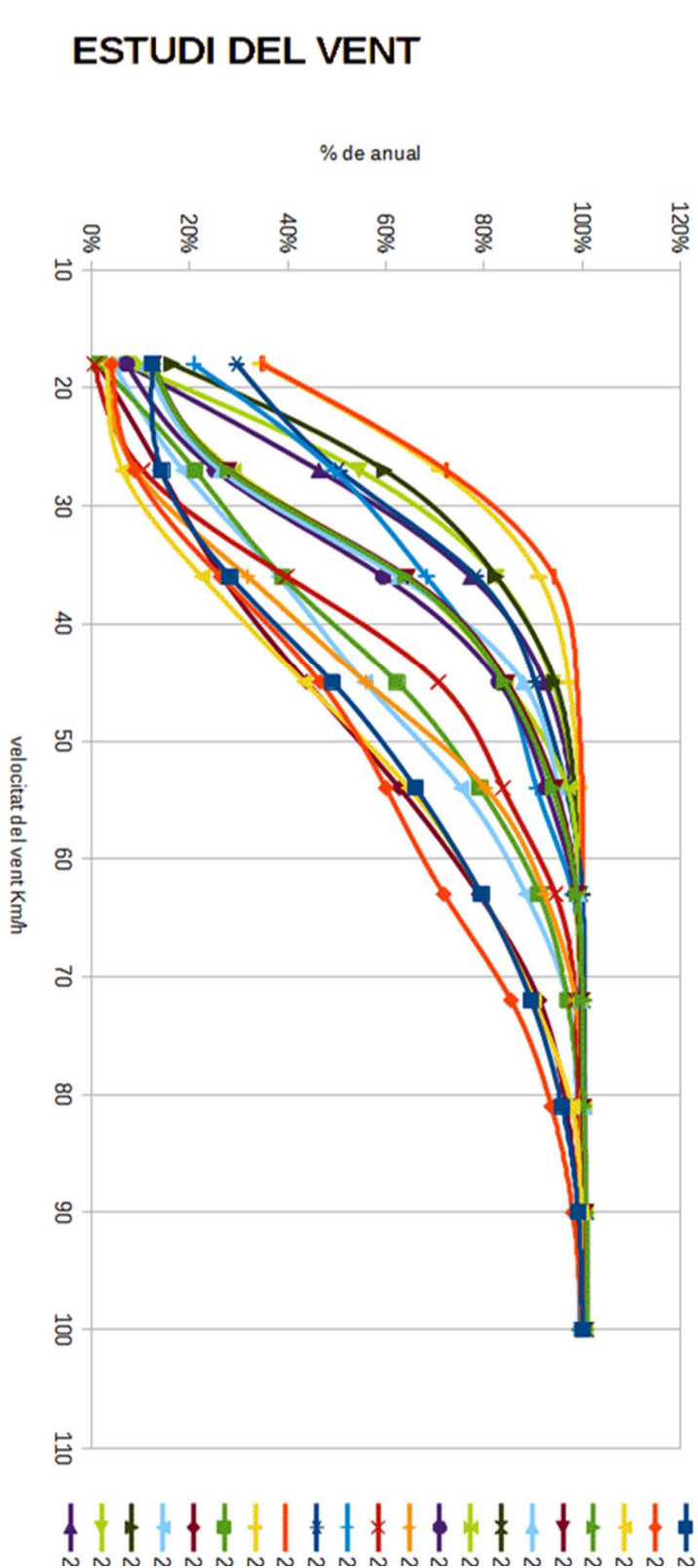
- Per sota de 20km/h tinc entre un 20 i 30% dels dies hàbils en zones de poc vent, però menys d'un 10% a les zones de vent fort.
- Per sota de 30Km/h ja pujo a un 50% zones bones i entre 15 i 20% a zones de vent.
- Si puc arribar a aguantar 36 km/h ja arribo a un 30% a les zones de vent fort i més d'un 50% a les altres zones.

Resumint, amb un vent de 10 m/s (36 km/h). A una zona tranquil·la podem assegurar aproximadament un 60% dels dies per celebrar un esdeveniment. I a una zona amb vent fort, aproximadament un 30% dels dies. Els resultats obtinguts superen en més d'un 30% aquets valors per tenir una mica de marge de seguretat.

Amb aquesta dada de 36km/h i la taula 1, es pot trobar la pressió mínima (60Pa) que amb un petit marge de seguretat, necessitem 90 Pa per operar. L'objectiu és superar aquest valor a l'interior de la coberta pressuritzada.

Amb aquestes dades, si es considera que una gran majoria del territori té uns vents normals i les zones de vent són concretes i molt localitzades, podem operar la majoria de dies a una gran part del territori. Per tant hi ha un gran mercat per el producte.

Per representar-ho he fet una gràfica a on es veu el % de dies que estic per sota cada velocitat de vent. Segons aquest gràfic, com més aviat arribo a números alts vol dir que més dies tinc sense vent. En canvi per assegurar un 90% dels dies que pogués treballar, haurà d'aguantar vents molt forts.



Dies a l'any per sota del vent

vent	2000 TF	2010 TF	2020 TF	2000 LM	2015 LM	2020 LM	2000 AG	2015 AG	2021 AG	2000 BF	2015 BF	2020 BF	2000 SU	2011 SU	2020 SU	2000 ZA	2010 ZA	2020 ZA	2000 AL	2010 AL
18	12%	4%	3%	13%	13%	11%	13%	11%	7%	3%	1%	21%	3%	35%	35%	2%	1%	4%	16%	7%
27	14%	9%	6%	28%	28%	26%	28%	29%	25%	9%	10%	49%	59%	59%	72%	21%	14%	19%	60%	55%
36	28%	26%	22%	64%	64%	62%	64%	64%	59%	32%	40%	68%	78%	94%	91%	39%	27%	39%	82%	82%
45	49%	47%	43%	84%	85%	83%	84%	84%	83%	56%	71%	84%	90%	99%	97%	62%	44%	55%	95%	94%
54	66%	60%	65%	94%	95%	95%	94%	97%	93%	80%	84%	91%	97%	100%	99%	79%	63%	75%	98%	96%
63	79%	72%	79%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	92%	95%	98%	97%	100%	100%	91%	79%	88%	100%	99%
72	90%	85%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	99%	100%	100%	100%	97%	91%	97%	100%	100%
81	96%	94%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	97%	99%	100%	100%
90	99%	98%	100%	101%	101%	101%	101%	101%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%
100	100%	100%	100%	101%	101%	100%	101%	101%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Figura 6: Estudi del vent

2.3 Àmbit d'aplicació

Les aplicacions poden ser diverses degut a la naturalesa del producte. Fonamentalment és una cortina d'aire i s'ha previst per poder entrar persones a estructures pressuritzades.

Aquestes satisfan dos objectius: Cobreixen grans espais a baix cost, o permeten la mobilitat. Al ser un producte innovador i no es pot saber l'acceptació, s'opta per satisfer ambdós situacions. Ha de ser prou sòlida per aguantar anys sense gaire manteniment i també ha de ser modular per poder se transportada amb facilitat.

L'àmbit d'aplicació el podem classificar en diferents aspectes:

- **Condicions meteorològiques:** la velocitat del vent ha de ser inferior a 10m/s. En cas que es superi aquest valor en un període de més de 10 minuts, s'haurà de tancar la porta d'emergència i l'entrada i la sortida es farà per les portes habituals. Si la velocitat del vent no supera aquesta velocitat durant 20 minuts, es podrà tornar a utilitzar l'entrada lliure.
- **Condicions de temperatura:** Si les temperatures baixen per sota 0°C, s'ha de proporcionar terres antilliscants per evitar caigudes produïdes per el gel. Si contràriament la temperatura puja molt i afecta al funcionament dels ventiladors, es tancarà la porta i deixarà d'operar. Una fallada dels ventiladors de l'entrada lliure pot provocar la caiguda del recinte pressuritzat.
- **Condicions temporals:** Aquest sistema està dissenyat per operar en períodes curts de temps, degut a la gran quantitat d'energia emprada. Per exemple les entrades i sortides d'espectacles, quan hi ha molta mobilitat de persones en pocs minuts. Les estructures inflades poden tenir moments de molta circulació de persones. Hi ha d'haver un responsable o encarregat d'obrir i tancar la porta d'emergència, ja que és el sistema d'arrencada i aturada de l'entrada lliure.

Un altre àmbit d'aplicació és per entrar materials o elements llargs que no permetin l'ús de dobles portes. O fins i tot entrar elements molt grossos que no sigui factible l'ús de portes. Per altra part, també hi ha la possibilitat que aquest element millori la seguretat de la instal·lació i per tant passi a ser part essencial d'aquesta.

2.4 Validació dels requeriments

La validació dels requeriments es preveu en diferents nivells. Al ser un producte innovador i fruit d'investigacions teòriques, és necessari un nivell d'inversió important. Per justificar aquestes inversions, es defineixen diferents esgraons i així anar dosificant la inversió total.

2.4.1 Validació amb simulacions.

Amb la simulació informàtica es pot preveure el comportament de la solució. Aquest és l'objecte del projecte. En aquest tipus de validació es preveuen les situacions es què es pot trobar la solució i es simulen per veure el comportament i el compliment dels requeriments.

En aquest cas s'ha justificat les dades obtingudes segons l'àmbit d'aplicació. Per tant es preveu un bon funcionament en la majoria dels casos en què es pot aplicar.

Així es pot justificar les posteriors inversions en prototips o veure la viabilitat econòmica.

2.4.2 Validació de prototip.

Un cop tenim clar la validesa teòrica, s'ha de fer un banc de proves amb elements reals. Les comprovacions serveixen per eliminar dubtes i comprovar que els materials es comporten tal i com s'ha previst.

Per fer un prototip de la solució, es construeix un recinte amb la geometria prevista en el projecte. No s'ha de seguir els processos de fabricació previstos, ja que és un prototip. Però els factors que afecten al funcionament del sistema s'han de respectar. Per tant la geometria és molt important i si el comportament dels materials afecten al resultat, també. Tant sigui per resistència, densitat, etc.

Un cop construït el prototip s'ha de connectar a un recinte tancat. Per evitar resultats enganyosos, s'ha de construir un recinte i connectar-hi l'entrada lliure. No cal que sigui gaire gros, però no podem posar una tapa al final del túnel. En una situació real hi ha un canvi important de geometria i s'ha de simular també en el prototip. A cada simulació s'intenta fer el més real possible.

Això ja s'assimilaria amb un sistema d'inflat similar al de les estructures inflades.

2.4.3 Validació de funcionament real.

Un cop validat el prototip, aquest ja es pot provar en una situació real de funcionament. El prototip és el mateix (si s'ha vist alguna millora es pot aplicar). El que canvia és la situació. Ara es provaran tots els aspectes de la solució, tant els previstos com els no previstos. Per això es fa.

Es pot fer en dos nivells. Primer només de funcionament aïllat, a on es comprova de manera totalment prevista i amb recorreguts marcats. I després amb usuaris de veritat i situació normal.

S'ha de comprovar la pressió que es pot mantenir a l'interior del recinte amb els dos motors en funcionament i també només amb el de la solució , ja que al ser el que dona menys pressió és el que posa el llindar.

2.5 Definició geomètrica de l'estructura i característiques.

L'estructura és un passadís sense impediments. Connecta l'habitacle principal amb l'exterior sense cap barrera física.

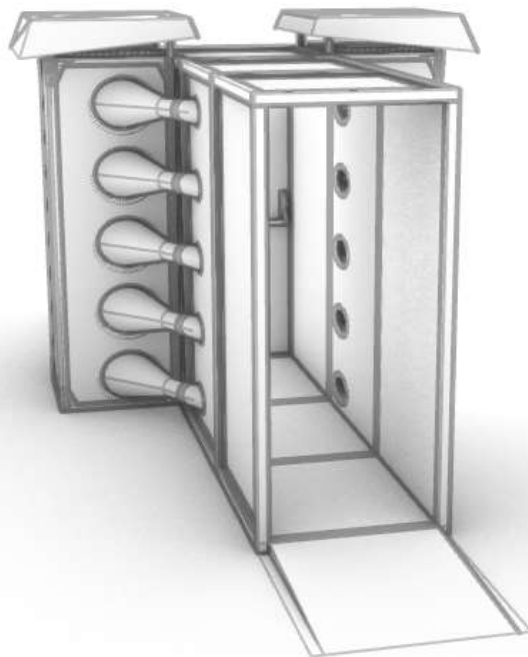


Figura 7: Perspectiva interior Entrada Lliure

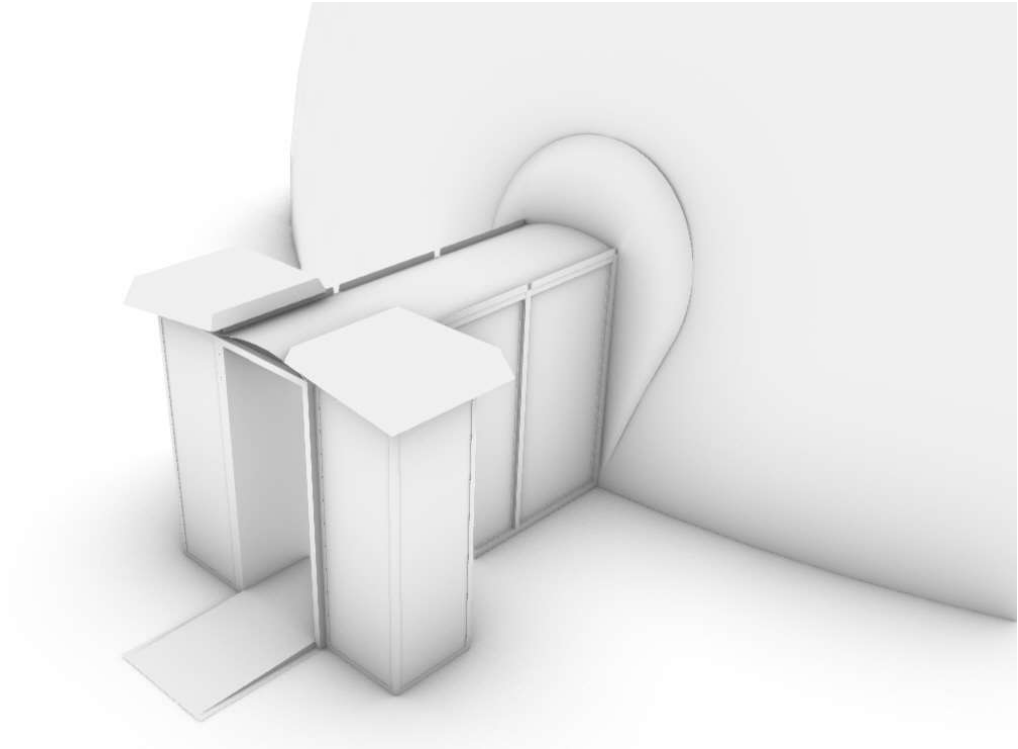


Figura 8: Perspectiva exterior Entrada lliure

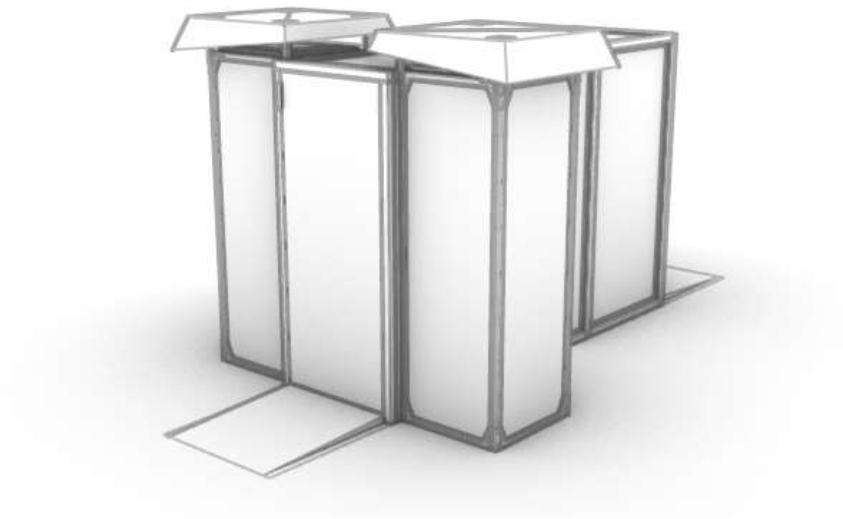


Figura 9: Entrada lliure amb porta d'emergència

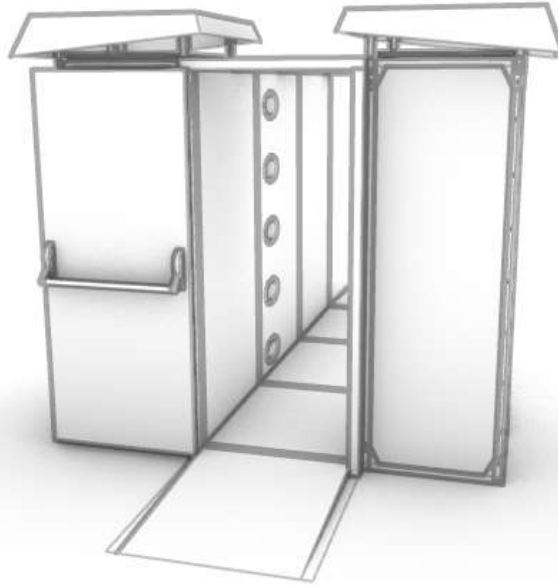


Figura 10: Entrada lliure amb la porta oberta

Hi ha unes entrades d'aire que mantenen la pressió interior i així podem mantenir l'obertura sense que col·lapsi l'estructura principal.

A cada lateral tenim els ventiladors que proporcionen el caudal suficient per satisfer les demandes de pressió de la carpa. Aquests es col·loquen a la part superior d'uns distribuïdors que reparteixen i dirigeixen el corrent d'aire cap a les entrades de dins el túnel.

El cos principal del túnel es basa en un esquelet metàl·lic format per perfils comercials i xapes amb Sandwich que cobreixen tot l'esquelet. Es preveu que la cara interior sigui el més llisa possible per evitar interferències amb els corrents d'aire.

Tot el conjunt és un sistema modular que ens permet el muntatge i desmuntatge de manera ràpida i economitat al màxim el seu transport.

Les mides interiors són:

Pas de 90cm. Que és una mida força normal en sortides d'emergència.

Alçada de 203cm. També és l'alçada mínima de les sortides d'emergència.

Llargada de 300cm

Base estructural

El sistema és una estructura metàl·lica que forma un túnel. Unes entrades d'aire i uns ventiladors per crear aquesta contracorrent. Tot el sistema es fixa a terra o s'estabilitza amb llast per contrarestar les forces externes.

Elements motrius

La pressió o barrera la proporcionen diferents ventiladors col·locats a l'exterior del túnel.

2.6 Definició geomètrica en ANSYS.

El model final que he simulat és una cúpula semiesfèrica de 20m de diàmetre amb un túnel d'entrada i sortida. Aquest sistema l'he simplificat cap a formes senzilles per evitar un sobre càlcul innecessari que no afecta al resultat. Tot i així s'ha afegit detall a les zones per on passa l'aire a gran velocitat per poder simular amb precisió les pèrdues de càrrega del sistema.

La geometria inicial l'he dissenyada amb un altre programari 3D (Rhinoceros 3D). Ja que em permet més llibertat alhora de dibuixar. També disposa de mòduls paramètrics que em permeten la modificació ràpida dels elements principals i així poder generar moltes solucions de manera ràpida. Com que el puc gravar amb el mateix nom, només he d'actualitzar l'Ansys, aquest reconeix els elements i ho re-calcula tot.

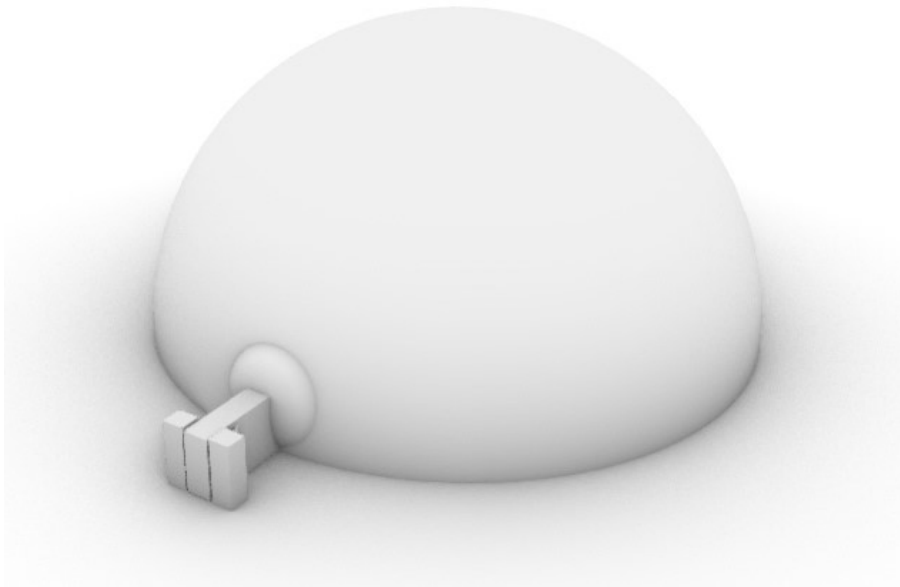


Figura 11: Model 3D per simular en ANSYS

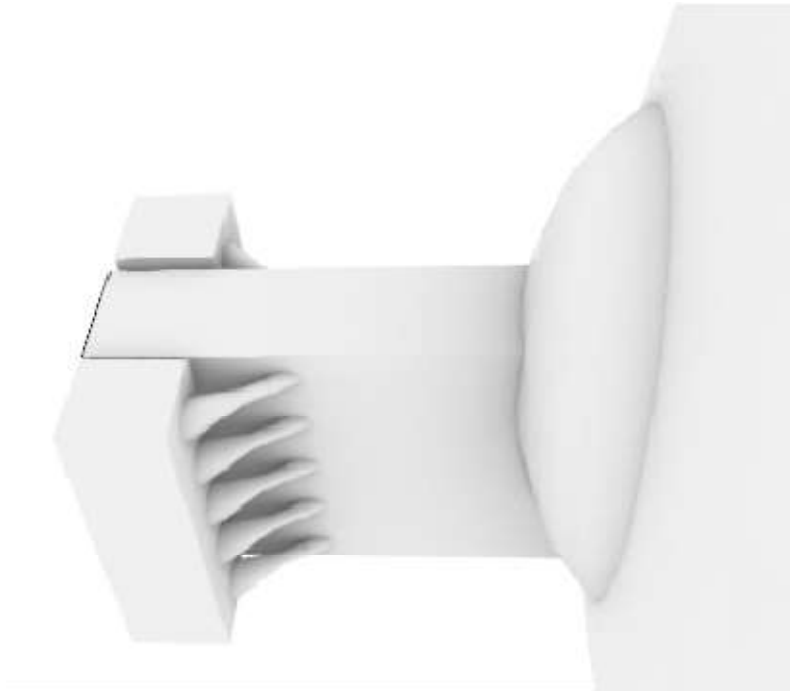


Figura 12: Detall entrades d'aire del model per simular

2.6.1 condicions de contorn i altres paràmetres.

Per calcular la pressió resultant a dins el recinte he simulat un INLET amb una pressió d'entrada marcada i un OUTLET amb pressió 0. Així puc veure la circulació de l'aire i també veure la pressió resultant a dins el recinte.

La resta de les superfícies són "parets" de tipus wall.

El tipus de fluid he indicat que és aire a 20°C, com ve per defecte.

El tipus d'anàlisi és estàtic. M'interessa saber l'estat final de la solució, trobar la pressió estable al llarg del temps.

Aquesta pressió l'he fixada a la solució final a 1200Pa.

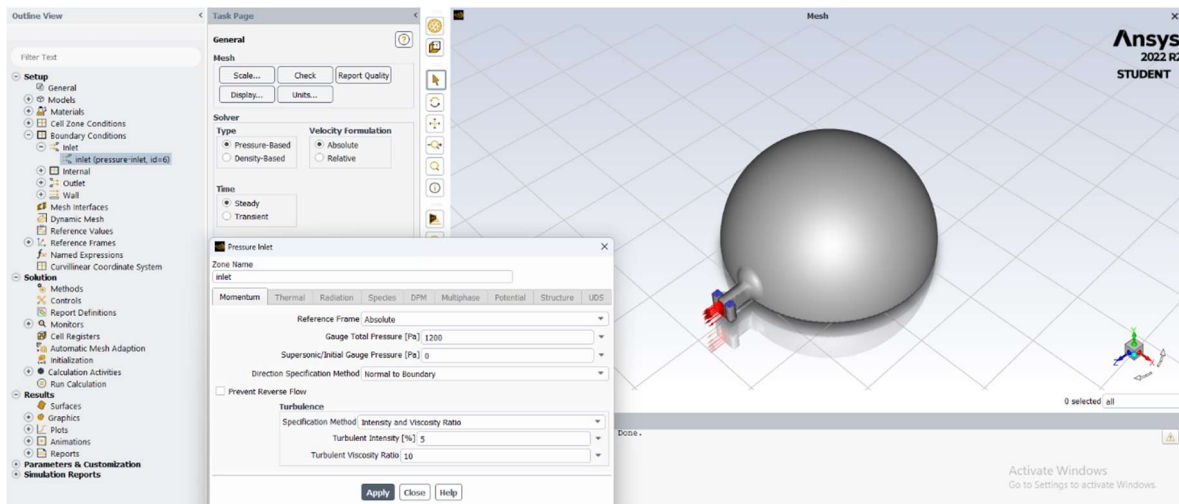


Figura 13: Condicions de pressió INLET

2.6.2 justificació de mallat i nombre de cel·les òptim.

El mallat utilitzat és un escalat en funció del canvi de geometria del recinte. A les zones on la geometria canvia més, aquest és més fi i a les zones sense variacions, les cel·les són més grosses. Tot i ser bastant automàtic, he hagut de fer diferents mallats per tal d'ajustar el creixement òptim.

S'ha fet diverses simulacions per veure quin impacte té la resolució de la malla respecte els resultats.

Taula 2: Resultats de pressió vs elements de malla

no. elements	pressió Pa
7000	72
10000	95
40000	106
130000	110
300000	109
500000	110

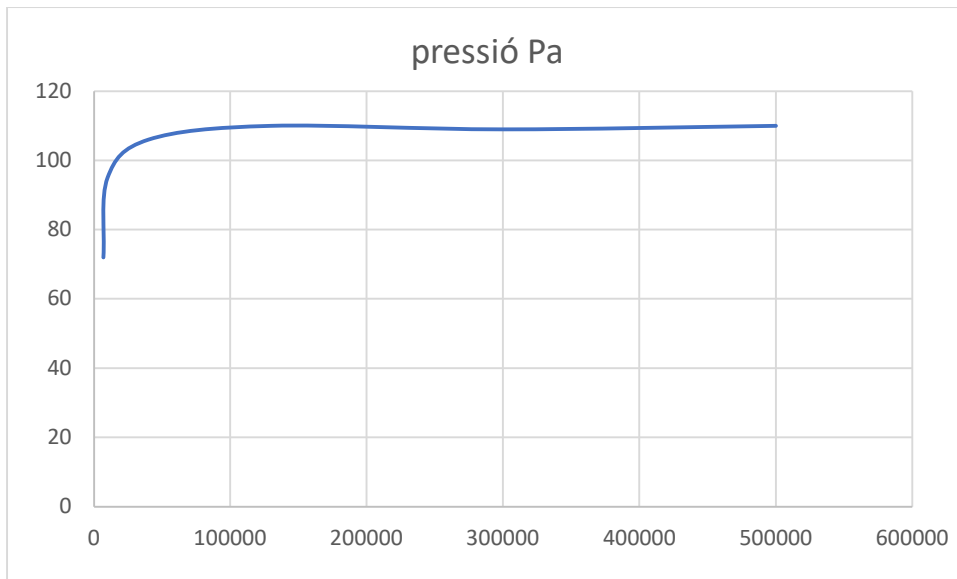


Figura 14: Gràfic del comportament de les malles

Segons aquestes dades, es pot concloure que a partir de 100 000 elements els resultats ja s'estabilitzen.

El programari que s'ha fet les simulacions és una versió d'estudiant que limita el número de cel·les i per tant no es pot millorar molt més la malla. Al final s'ha vist que a partir de 100k cel·les s'estabilitzen els resultats. Tot i que el límit de la versió és de 500k i com que els processos no triguen massa, s'ha optat per augmentar el nombre d'elements fins acostar-se al límit sense problemes. Paral·lelament també s'ha anat canviant diferents paràmetres per què s'ajusti més les zones a on poden haver-hi més pèrdues de càrrega.

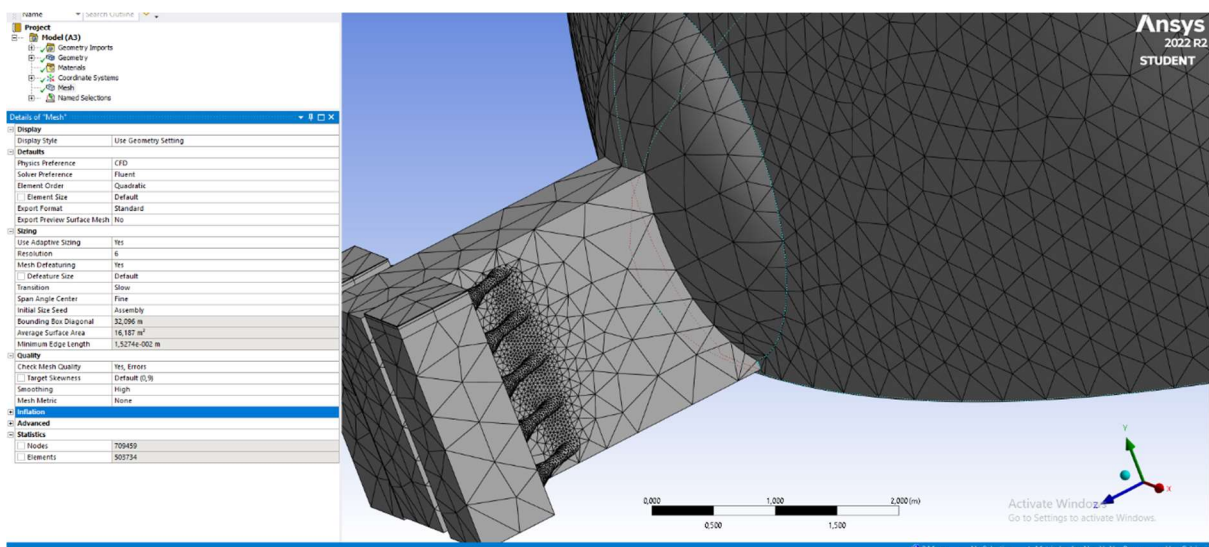


Figura 15: Malla de la simulació final

Mesh Metric	None
+ Inflation	
+ Advanced	
- Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	709459
<input type="checkbox"/> Elements	503734

2.7 Comandaments i funcionament

El funcionament és automàtic, ja que en el moment que s'obre la porta ha de posar-se en funcionament per no perdre la pressió interior del recinte inflat.

S'ha de preveure possiblement una reducció de la potència dels ventiladors principals o fins i tot parar-los. Al tenir més pressió que els de la sortida lliure, provoquen més pèrdues d'aire i no aporten res a la pressió interior.

3 Anàlisi de resultats:

3.1 Anàlisi de variables i models.

S'ha analitzat molts models. Tots basats en un passadís recte amb el pas de les mides de les portes d'emergència proposades a l'inici.

Les variables que han estat objecte d'estudi son:

Posició de les sortides d'aire:

S'ha començat per poques sortides. La idea és que si tenia poques sortides però amb molta velocitat d'aire, aquest tindria prou força per mantenir la pressió. Vaig anar veient que no n'hi havia prou, que no aconseguia pujar la pressió interior. Les he anat movent amunt i avall. També n'he proposat al sostre i a terra. Finalment s'han disposat repartides ambdós laterals i és la solució que m'ha donat millors resultats.

Diàmetre de les sortides:

Aquest determina, juntament amb la pressió, el cabal total i per tant la potència necessària. He començat amb diàmetres petits i s'ha augmentat a poc a poc. El perill és arribar a una solució poc eficient o senzillament inabastable energèticament.

Amb aquest aspecte, sí que milloren molt els resultats.

Direcció de les sortides:

Aquest aspecte sí que és interessant, i no influeix amb la potència necessària. A més, és fàcil deduir que existirà un òptim independent dels altres paràmetres o d'alguns.

S'ha anat inclinant la direcció del flux d'aire respecte l'eix del passadís.

S'ha començat amb 30° respecte l'eix del passadís i s'ha provat varis angles fins arribar a un màxim. Llavors s'ha fixat aquest angle i s'ha continuat per canviar els altres paràmetres.

Pressió inicial:

L'últim paràmetre és la pressió inicial que s'imposa al INLET. S'ha començat proposant valors que considero normals o de bon treballar, per experiència en ventiladors coneguts i rang de pressions en què ens estem movent.

Tots aquests paràmetres s'han anat movent al voltant de valors que es consideren possibles o raonables, ja que al final un bon resultat el que es pugui aplicar de manera econòmica i fiable. No es busca el millor resultat, per justificar posteriors inversions s'ha optat per trobar la solució més senzilla i econòmica.

Tot i així, igual que amb el diàmetre, s'ha començat per valors petits i s'ha anat augmentant fins a veure que s'assolien els resultats.

3.2 Resultats. Potències de ventiladors etc.

En els apartats anterior hem vist que si considerem un vent de 10 m/s (36 km/h). Amb aquest vent és quan els arbres petits ja es mouen i per tant als carrers ja s'aixeca la pols i també els papers i plàstics també se'ls emporta el vent. Ja comença a notar que és vent. Amb aquesta velocitat de vent, podem funcionar cap el 60% dels dies de l'any a les zones tranquil·les de la península i també un 30% dels dies a les zones més ventoses o que tenen vents més forts.

Hem vist que les simulacions amb aquesta velocitat ens dona una pressió a sobre la membrana d'un 60 Pa. Si hi afegim un petit marge de seguretat d'un 30%, arribem a uns 90 Pa. Aquest seria l'objectiu.

Les simulacions del model final ens dona pressió interior del recinte d'uns 110 Pa.

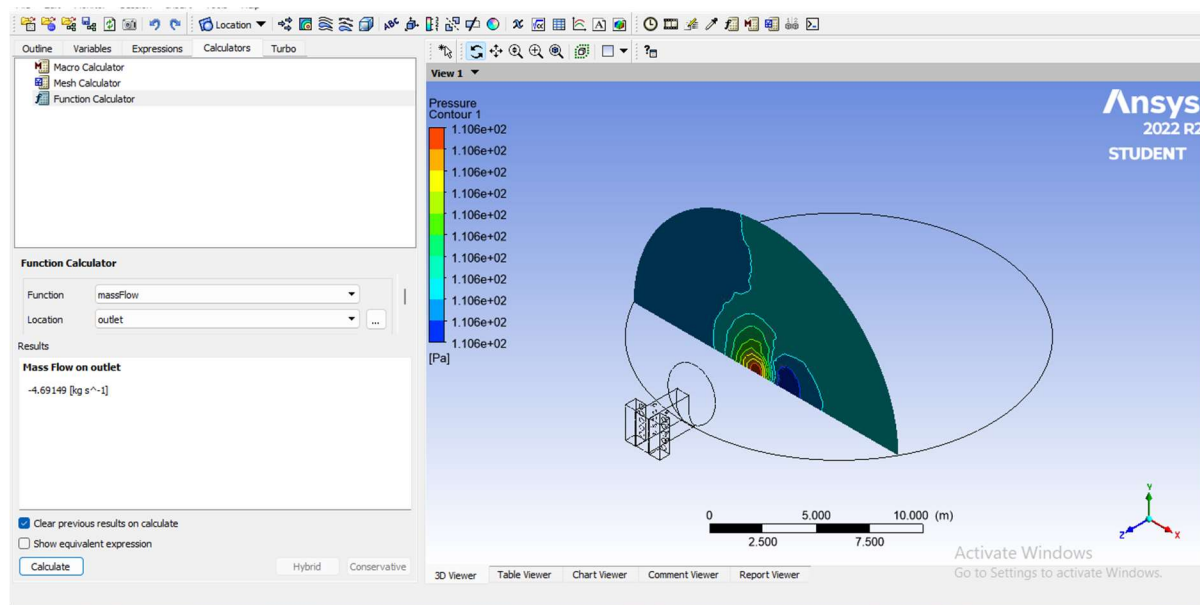


Figura 16: Resultats de pressió en el model final

Per arribar a aquests resultats el sistema disposa de:

- 2 ventiladors.
- 5 sortides cada un que entren al passadís a cada lateral repartits a tota l'alçada.
- 45° d'inclinació respecte l'eix de túnel.
- 10 cm de diàmetre al coll més estret de les sortides d'aire.
- 1200Pa de pressió màxima a la sortida dels ventiladors.

El sistema consta de dos distribuïdors amb un ventilador cadascun.

Aquests distribuïdors tenen 5 sortides en forma de conus. D'aquesta manera intento reduir la pèrdua de càrrega. Fins al final que arribo al diàmetre mínim al moment de sortir al passadís per on passen les persones.

3.2.1 Ventiladors:

Per escollir els ventiladors s'ha fet servir el programari "QuickFAn" de la casa SODECA, que permet fer una selecció en base la pressió i el cabal. Aquests son els paràmetres que em dona les simulacions en ANSYS i per tant s'ha determinat de manera força senzilla.

Llavors s'ha escollit el tipus que per rendiment i geometria fos més senzilla la seva implantació.

El model escollit és PF/ATEX-V-1445-4T-5.5 EX EB

PF/ATEX-V-1445-4T-5.5 EX EB



Ventiladors centrífugs d'alta eficiència tipus Plug Fan, per a aplicacions de tractament d'aire, amb certificació ATEX

Ventiladors centrífugs d'alta eficiència tipus Plug Fan, per a aplicacions de tractament d'aire, amb certificació ATEX amb motor seguretat augmentada antiexplosió Ex II 2G Ex eb, antideflagrant Ex II 2G Ex db o protecció per envoltent Ex II 2D tb o Ex II 3D tc per a treballar en atmosferes explosives de gas o pols.



Ventilador:

- Estructura en planxa d'acer galvanitzat.
- Turbina a reacció en planxa d'acer.
- Aro d'aspiració antiespurnes en coure.
- Preparat amb presa de pressió per al control automàtic de cabal.
- Execució vertical no disponible per als tamanyes 1871 i 2180.
- És necessari variador de freqüència per a punts de treball que requereixin rpm diferents a les nominals del motor.

Motor:

- Motors classe F amb rodaments a boles amb certificació ATEX, seguretat augmentada antiexplosió Ex eb, antideflagrants Ex db o protecció per envoltent Ex tb o Ex tc.
- Motors amb PTC incorporada.
- Trifàsic 230/400 V (fins a 4 kW) i 400/690 V (potències superiors a 4 kW).
- Temperatura de treball: -20 °C +40 °C.

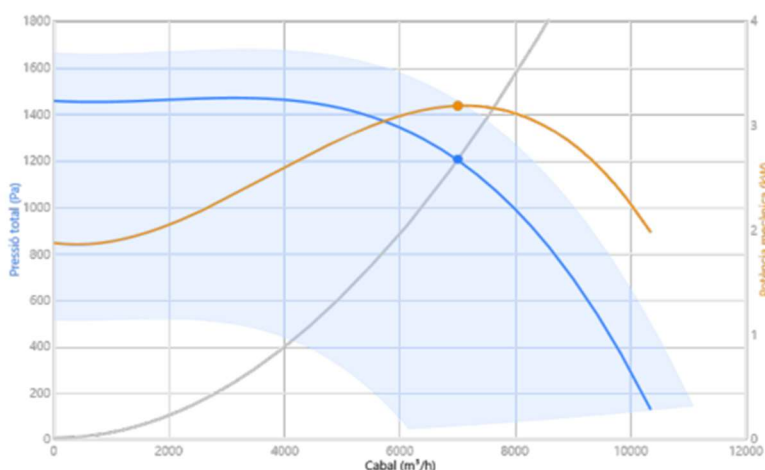
Acabat:

- Anticorrosiu amb planxa d'acer galvanitzat.

Sota comanda:

- Bobinats especials per a diferents tensions i freqüències.
- Construcció ATEX per a diferents categories.

CORBA CARACTERÍSTICA I ACÚSTICA PER A 1,2KG/M³



Punt Disseny

Q (m ³ /h)	7000
Pt (Pa)	1200

Punt Servei (PS)

Q (m ³ /h)	7000
Pe (Pa)	1142
Pd (Pa)	57,86
Pt (Pa)	1200
Velocitat (rpm)	1348
Màx. Temp. (°C)	60
Velocitat sortida aire (m/s)	9,82
Rendiment (%)	73,36
SFP (kW/m ³ /s)	1,947
Potència mecànica (kW)	3,181

Aquest ventilador el fabriquen en dos formats, horitzontal i vertical. En el nostre cas ens interessa el vertical, així el podem fixar fàcilment en el distribuïdor.

4 Fabricació

La fabricació es basa en elements prefabricats i muntats amb unions mecàniques.

Per la naturalesa d'aplicació del producte, com que les construccions pressuritzades es plantegen com a elements transportables i reutilitzables, la fabricació ha de ser modular i apilable. Així facilitem el transport de tots els elements.

La idea és fabricar elements mínims que siguin de bon manipular i transportar per no encariar aquests costos. Els elements son:

- Portes: Es poden desmuntar o transportar muntades amb el seu marc, així facilitem procediments al muntatge final.
- Túnel: Al ser l'element més gros, el plantejo en diferents elements que es munten amb unions cargolades. Es tindrà en compte que els elements no pesin gaire i es puguin transportar amb facilitat.
- Ventiladors: Aquests es transporten d'una peça, tot i que s'ha de preveure unes connexions ràpides per ho haver de fer instal·lacions elèctriques.
- Elements conductors: Per dirigir l'aire necessitaré alguns elements voluminosos per connectar els ventiladors amb el túnel.

4.1 Transport i muntatge

Aquests elements s'han de poder transportar i muntar d'una manera senzilla i eficient de manera que el personal no hagi de ser massa especialitzat. Les persones que habitualment munten els espectacles o estructures itinerants han de ser vàlids per poder muntar aquest element.

És un accessori d'un altre producte, que li dona uns avantatges addicionals i el pot fer vàlid per a nous usos que fins ara no podia.

4.2 Consums energètics i costos econòmics d'operació (electricitat ventiladors)

La potència dels ventiladors és de 5.5Kw. Mentre s'utilitza aquesta entrada, es poden parar els ventiladors principals que mantenen la pressió, ja que la seva aportació de cabal només contribueix a tenir més pèrdues. Els ventiladors principals donen més pressió que la resultant del sistema d'entrada lliure.

Amb els preus actuals d'energia, es pot fer un càlcul bàsic dels costos de funcionament:

Consum energètic	5.5 Kw
Cost energètic	0.30€/Kw

Cost total per hora	1.65€/hora
Tems de funcionament /dia	3h com a màxim
Cost total =	5 €

Segons aquests càlculs, encara que augmenti el doble el preu de l'energia, és molt poc en comparació al cost de funcionament de tota la instal·lació.

Un altre punt a tenir en compte és la potència requerida. Aquest sistema té una demanda energètica important, per tant això s'ha de tenir en compte alhora de planificar una instal·lació. Si és el cas d'un esdeveniment itinerant, aquests solen disposar de grups electrògens. També s'ha de preveure el consum màxim de tots els equipaments. Augmentar els Kw de lloguer instal·lats no és un sobre-cost important, per tant no es té en compte.

Una altra avantatge és que aquest sistema pot servir com a equip d'emergència. És a dir, pot substituir l'actual equip d'emergència que ara han de disposar aquest tipus d'estructures.

5 Resum del pressupost de l'estructura.

El Pressupost l'he dividit en 4 partides. Aquestes corresponen als elements diferenciats que es pot dividir el conjunt. Aquests es poden fabricar independentment i només s'ajusten en el moment del muntatge.

Per logística el producte s'entrega desmuntat i el client ha de preveure una partida de muntatge a la instal·lació del producte.

El resum és el següent:

DISTRIBUÏDOR	6.115,66 €
PAS 1	2.603,91 €
PAS 2	1.804,51 €
RAMPA	416,00 €
AJUSTATGE	1.280,00 €
Disseny	328,00 €
Total costos	12.548,08 €
Imprevistos 5%	627,40 €
B.I. 20%	2.509,62 €
Total unitari	15.685,10 €

6 Conclusions:

- El sistema aporta uns avantatges que no s'aconsegueixen de cap altra manera. Per tant amb l'assoliment dels avantatges el preu no és un factor determinant.
- És una millora important a la seguretat de les estructures pressuritzades. La seguretat és imprescindible. Actualment quan s'obre una sortida d'emergència, s'accelera la caiguda de l'estructura.
- El funcionament és vàlid a una gran majoria de casos. Si es donen les circumstàncies adverses que no es pot utilitzar, només es perden els avantatges d'aquesta solució en el temps que durin les condicions adverses. No afecta al funcionament normal de l'estructura.
- Els costos d'operació son molt baixos, ja que el funcionament és molt limitat en el temps.
- Permetria l'eliminació dels motors principals de funcionament o els d'emergència. Amb la reducció de costos associada.
- Es millora el funcionament de les estructures pressuritzades. Es pot augmentar la circulació de la gent i per tant oferir aquestes estructures a esdeveniments que fins ara no es feien servir.
- El cost d'adquisició és rendible en grans estructures. Aquest producte necessita d'uns equips per poder funcionar, però l'augment de la potència dels equips no és proporcional a l'augment del seu preu. Per tant com més grossa l'estructura, més baixa el cost per m².

7 Relació de documents.

El projecte es divideix en 5 documents:

- Document número 1: Memòria i annexes.
- Document número 2: Plànols
- Document número 3: Plec de condicions
- Document número 4: Estat d'amidaments
- Document número 5: Pressupost

8 Bibliografía.

AEMET. - Open Data - / Viento . Dades de les estacions meteorològiques.

<https://datosclima.es/Aemethistorico/Vientostad.php>

Llibres:

Roger N. Dent. Arquitectura Neumática.

Editorial Blume. Barcelona. 1975.

Brian Foster, Marijke Mollaert, Arquitectura Textil. Guia Europea de Diseño de las Estructuras Superficiales tensades.

Editorial Munilla-Lería, 2009

Thomas Herzog, Construcciones neumáticas. Manual de arquitectura hichable.

Editorial Gustavo Gili, 1977

Annexes.

A. Determinació del vent de càlcul

- Per determinar quin és l'àmbit de validesa de la solució, he fet un petit estudi estadístic com a base argumental del vent de càlcul. Aquest es basa en les ràfegues màximes diàries de vent, amb les dades de AEMET.
- Analitzo quants dies podria utilitzar els accessos lliures sense sobrepassar la ràfega màxima i per tant finalment puc tenir un criteri una mica objectiu per determinar les pressions mínimes de treball del sistema.
- És un valor en el costat conservador dels resultats, ja que l'accés no ha de funcionar tothora. En cas de ràfega es pot anul·lar. És un sistema de suport, no essencial.
- He fet una selecció de diferents estacions. No he trobat una llista amb totes les estacions, he hagut d'agafar estació i any i copiar les dades a un full de càlcul per fer llavors la gràfica.

Velocitat del vent:

Número de Beaufort	Denominación	Velocidad viento Km/h	Efectos en tierra
0	Calma	0 a 1	Calma, el humo asciende verticalmente
1	Ventolina	2 a 5	El humo indica la dirección del viento
2	Brisa muy débil	6 a 11	El humo indica la dirección del viento
3	Brisa débil	12 a 19	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	Brisa moderada	20 a 28	Se levantan polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	Brisa fuerte	29 a 38	Oscilan árboles pequeños
6	Viento	39 a 49	Se agitan ramas gruesas, dificultad para mantener el paraguas abierto
7	Viento fuerte	50 a 61	Los arboles gruesos oscilan
8	Temporal	62 a 74	Se rompen las ramas de los árboles, dificultad para caminar
9	Temporal fuerte	75 a 88	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	Temporal duro	89 a 102	Árboles arrancados, daños en construcciones
11	Temporal muy duro	103 a 117	Estragos abundantes en construcciones
12	Temporal huracanado	> 118	Dstrucción total

Si considerem l'escala Beaufort per tenir una referència:

Podem veure que la part interessant de treballar és fins a força 3 o fins i tot 4.

Segons les indicacions de la taula, és una situació de calma i els vents com a màxim estem a 20 km/h.

Faré l'estudi per més situacions en cas que la solució em permeti treballar a diferents nivells, però el focus és treballar durant la calma.

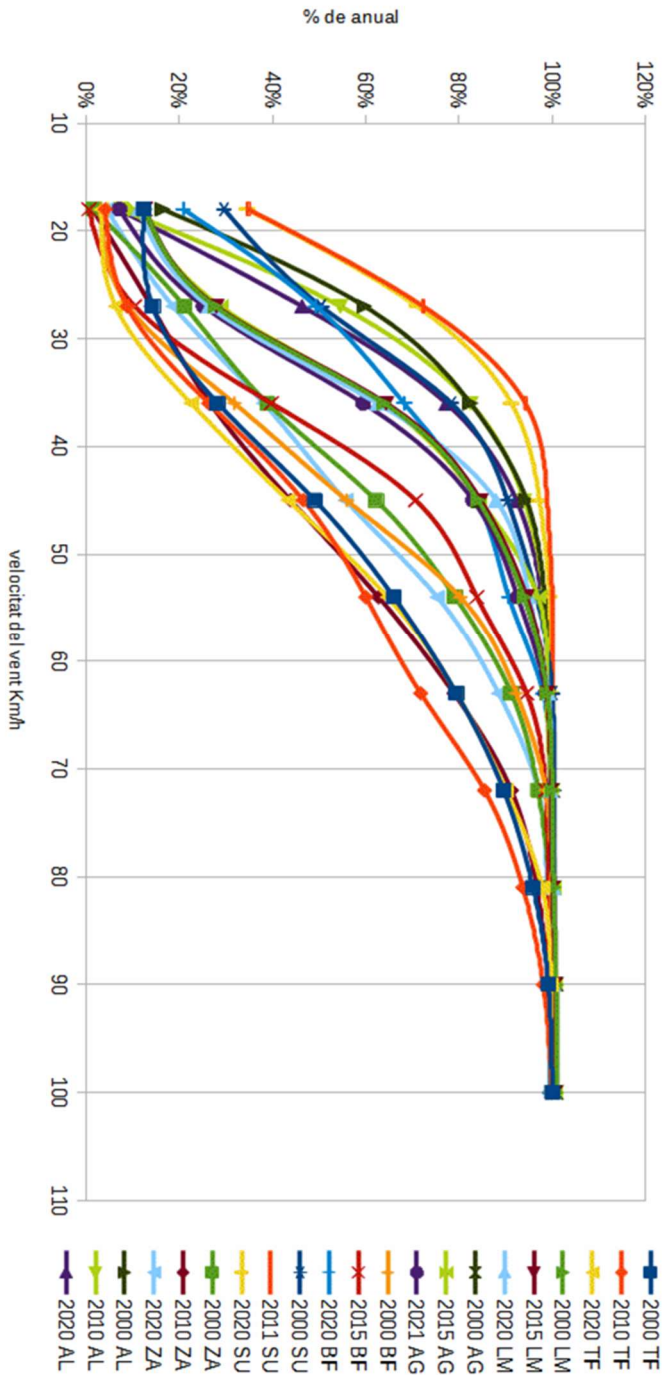
Veient les dades de ràfegues màximes de les estacions, arribo a les següents conclusions:

- Per sota de 20km/h tinc entre un 20 i 30% dels dies hàbils en zones de poc vent, però menys d'un 10% a les zones de vent fort.
- Per sota de 30Km/h ja pujo a un 50% zones bones i entre 15 i 20% a zones de vent.
- Si puc arribar a 36 km/h ja arribo a un 30% a les zones de vent.

Centraré els estudis a partir dels 36 km/h (10 m/s).

A1. Quadre resum de les ràfegues màximes.

ESTUDI DEL VENT



Dies a l'any per sota del vent

vent	TARIFA		LA MOLINA		AEROPORT GIRONA		BARCELONA FABRA		LA SEU D'URGELL		ZARAGOZA AEROPUERTO		ALACANT	
	2000 TF	2010 TF	2000 LM	2015 LM	2000 AG	2015 AG	2000 BF	2015 BF	2000 SU	2011 SU	2000 ZA	2010 ZA	2000 AL	2010 AL
18	12%	4%	3%	13%	13%	11%	7%	3%	1%	21%	30%	35%	35%	7%
27	14%	9%	5%	28%	28%	28%	29%	10%	4%	50%	72%	71%	21%	14%
36	28%	26%	22%	64%	64%	62%	64%	32%	40%	68%	78%	94%	39%	19%
45	49%	47%	43%	84%	85%	83%	84%	56%	71%	84%	90%	99%	27%	38%
54	66%	60%	65%	94%	95%	95%	94%	80%	84%	91%	97%	97%	62%	44%
63	79%	72%	79%	99%	99%	99%	99%	92%	95%	98%	100%	100%	79%	63%
72	90%	85%	90%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	91%	79%
81	96%	94%	98%	100%	100%	100%	100%	99%	99%	100%	100%	100%	97%	91%
90	99%	98%	100%	101%	101%	101%	101%	99%	99%	100%	100%	100%	99%	97%
100	100%	100%	100%	101%	101%	101%	101%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%

B. Estudi d'estructures inflades.

Es preveu fer una simulació amb les estructures semiesfèriques de mides significatives per poder extrapolar les dades a tot el rang de l'estudi.

Es tracta de poder justificar els requeriments del projecte.

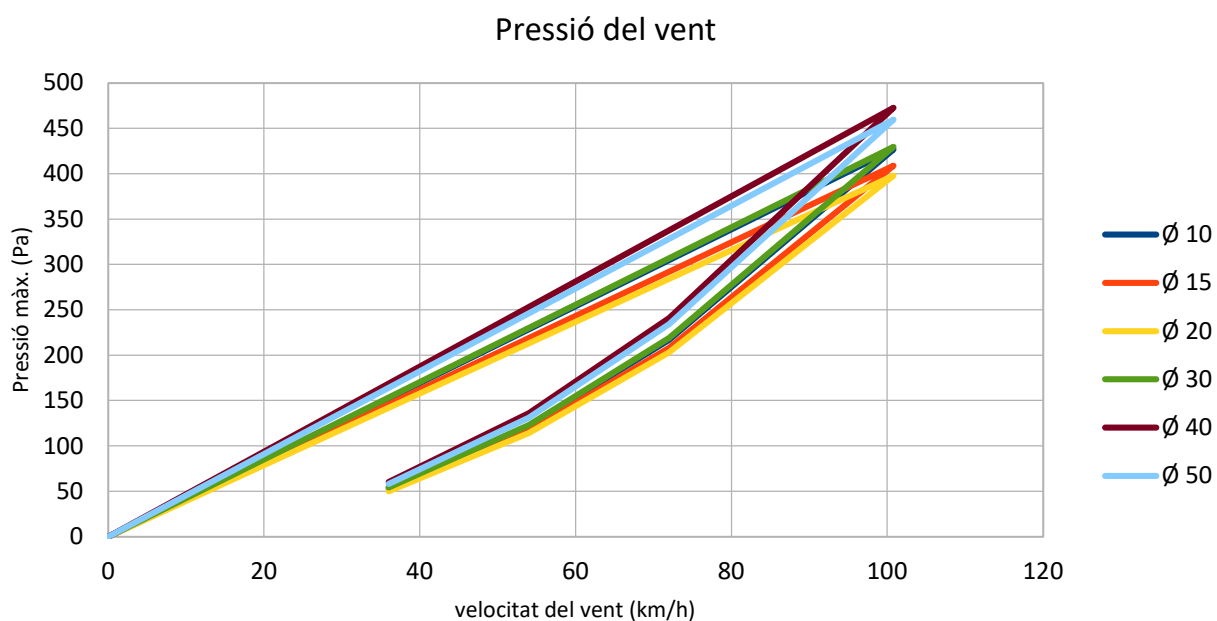
Es simularan les diferents estructures amb diferents velocitats de vent. Es determinarà la pressió interior mínima que ha de mantenir el nostre futur accés.

Mides considerades: (diàmetres): Ø10m, Ø15m, Ø20m, Ø30m, Ø40 i Ø50m.

B1. RESUM DE LES SIMULACIONS.

Pressions màximes

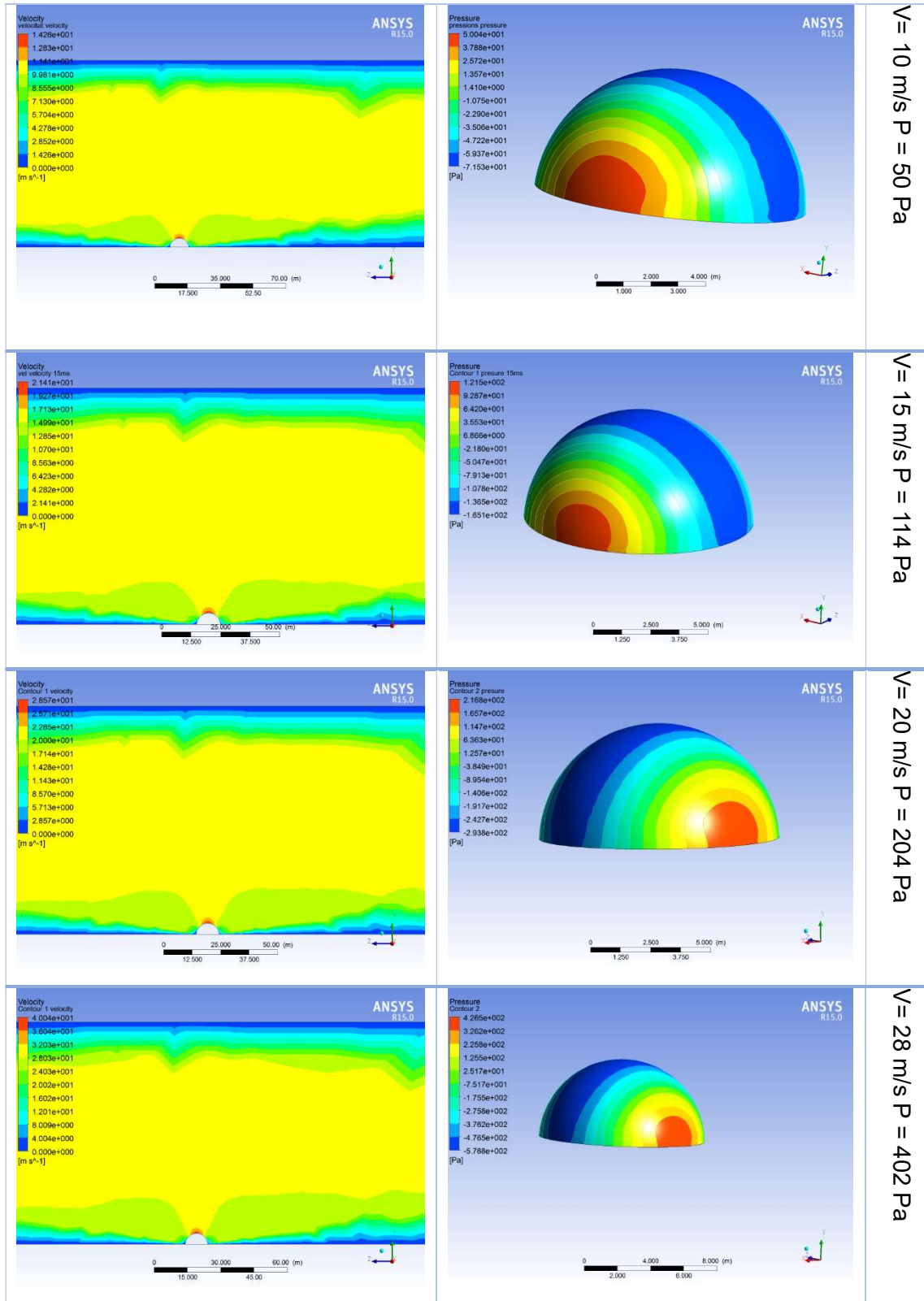
Velocitat del vent		Diàmetre (m)						mitjana	màx
m/s	Km/h	Ø 10	Ø 15	Ø 20	Ø 30	Ø 40	Ø 50		
10	36	54	52	50	54	60	58	55	60
15	54	122	117	114	123	136	131	124	136
20	72	217	208	203	219	241	234	220	241
28	100,8	427	409	398	430	473	460	432	473



B2. Ø10m

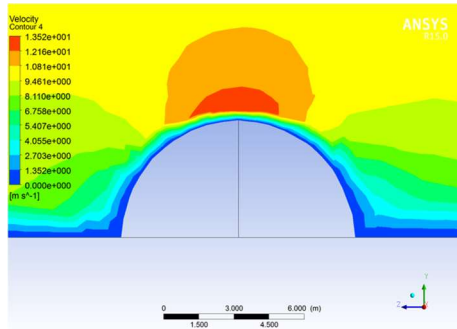
alçada = 5m

Àrea = 157 m²

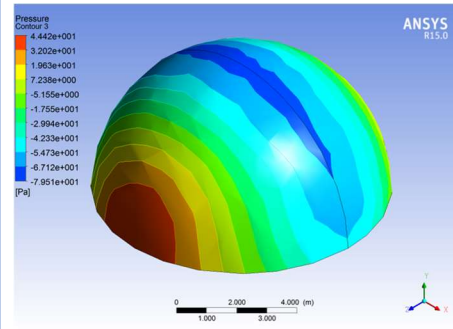


B3. Ø15 alçada = 7,5m Área = 353 m²

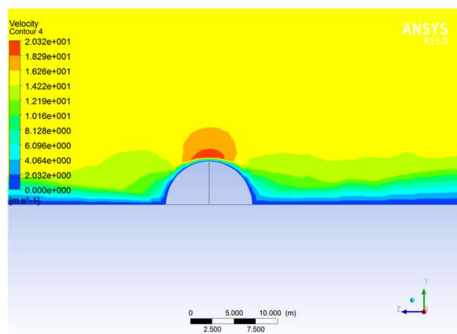
v=10 m/s // v.max=13,52 m/s



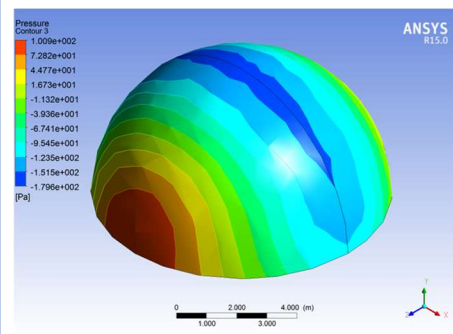
v=10 m/s // p.max=44,42 Pa



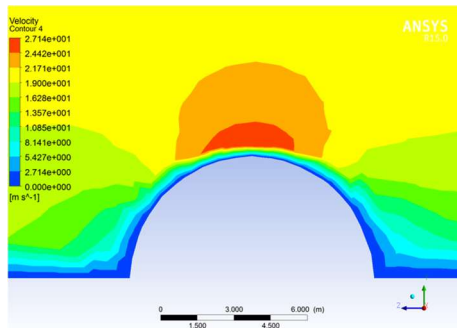
v=15 m/s // v.max=20 m/s



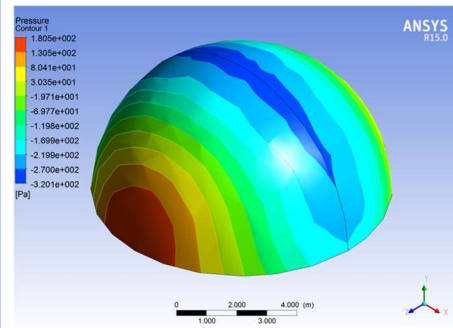
v=15 m/s // p.max=100 Pa



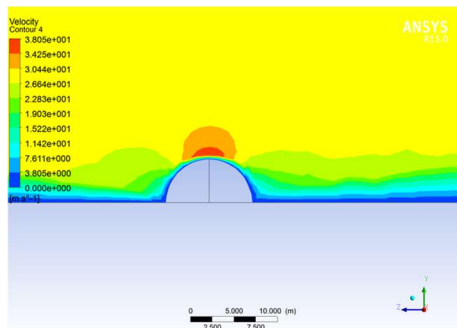
v=20 m/s // v.max=27 m/s



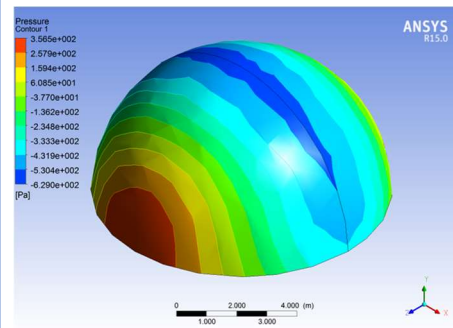
v=20 m/s // p.max=180 Pa



v=28 m/s // v.max=38 m/s

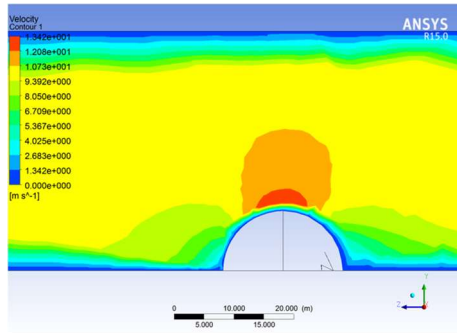


v=28 m/s // p.max=356 Pa

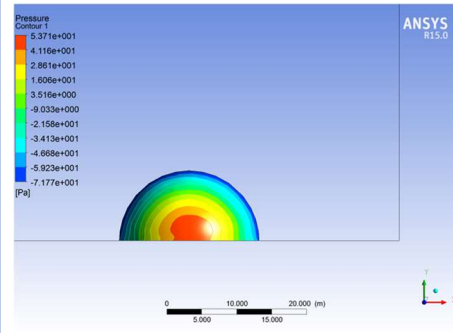


B4. Ø20m: alçada = 10m Àrea = 628 m²

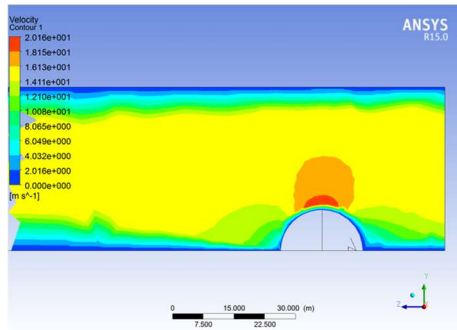
v=10 m/s // v.max=13 m/s



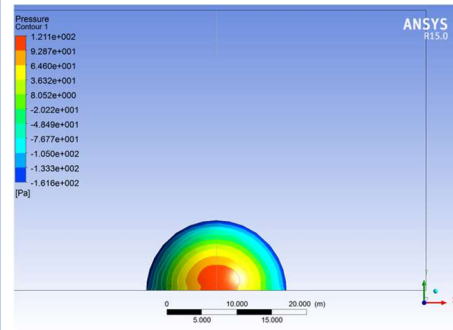
v=10 m/s // p.max=54 Pa



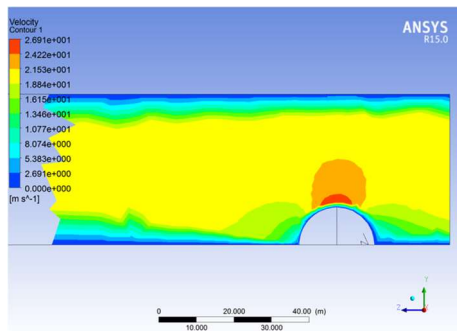
v=15 m/s // v.max=20 m/s



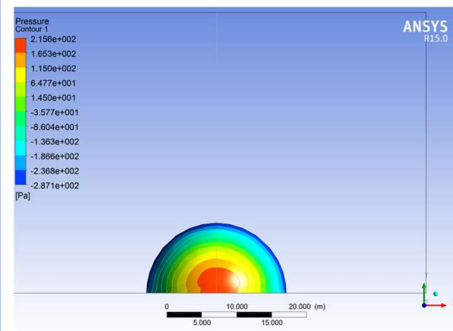
v=15 m/s // p.max=121 Pa



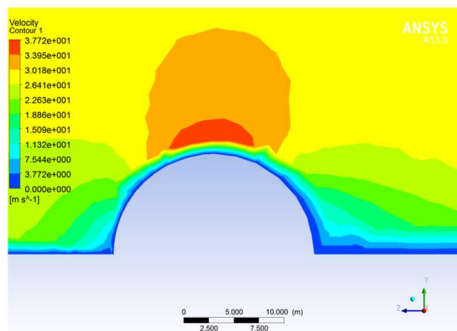
v=20 m/s // v.max=27 m/s



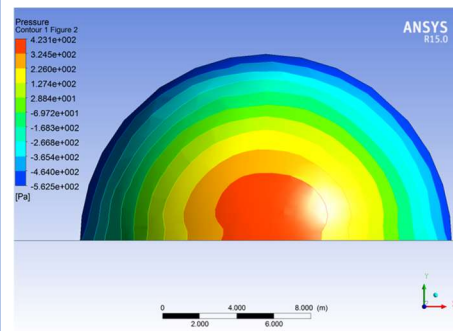
v=20 m/s // p.max=216 Pa



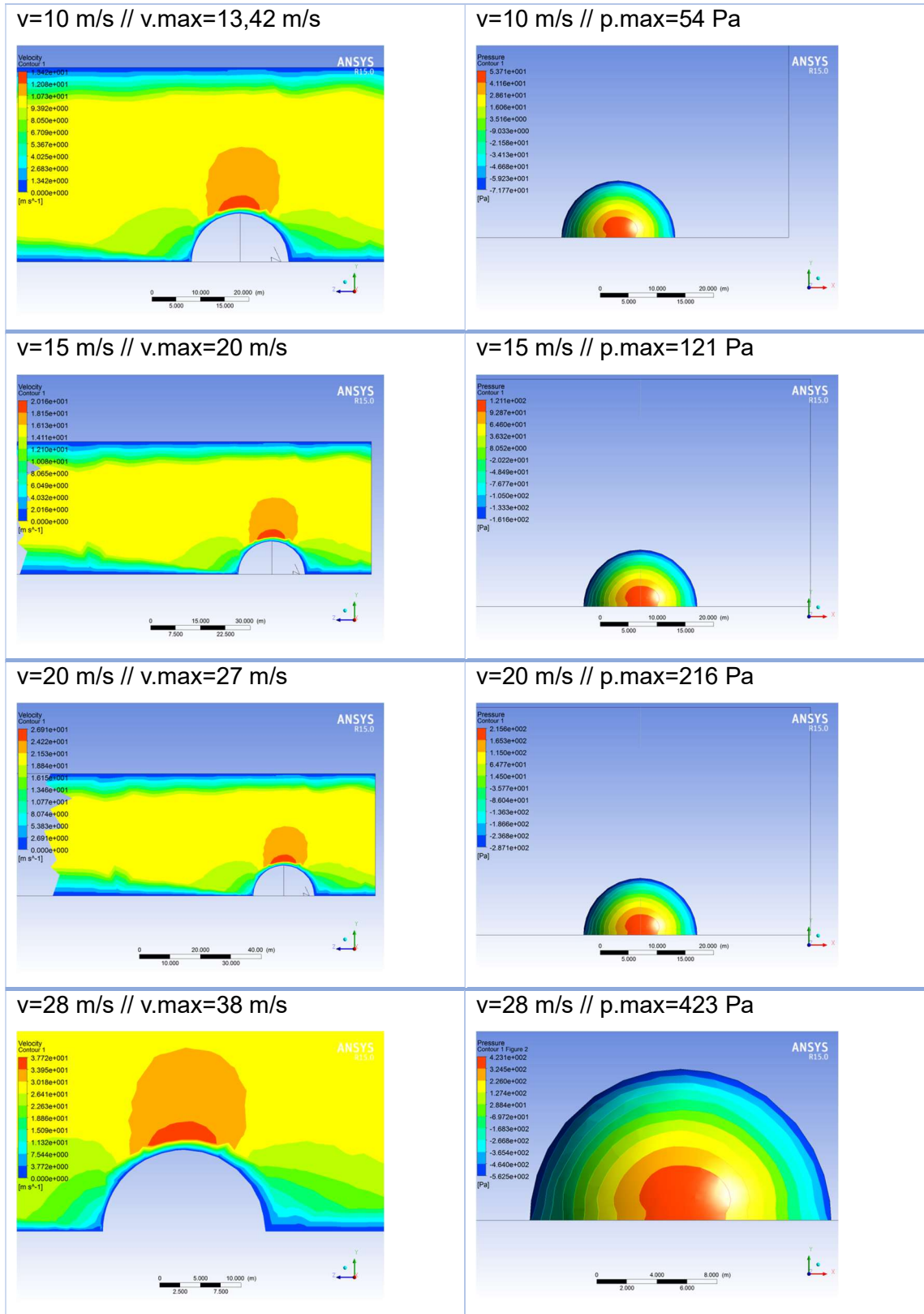
v=28 m/s // v.max=38 m/s



v=28 m/s // p.max=423 Pa

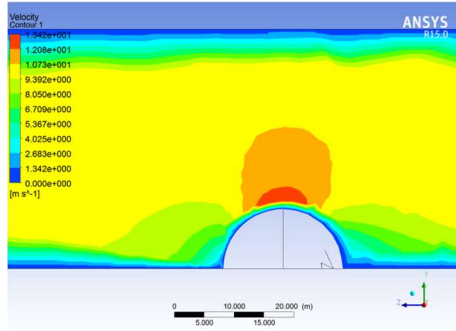


B5. Ø30m: alçada = 15m Àrea = 1414 m²

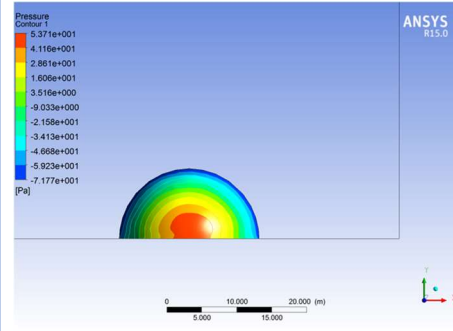


B6. Ø40m: alçada = 20m Área = 2513 m²

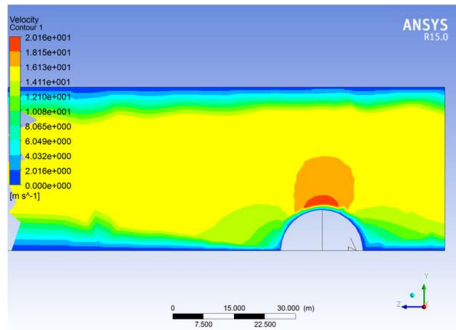
v=10 m/s // v.max=13,42 m/s



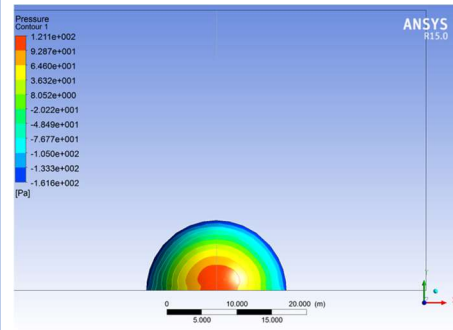
v=10 m/s // p.max=54 Pa



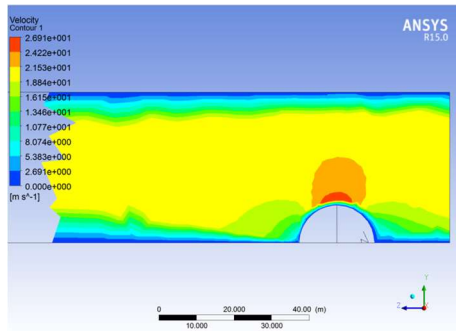
v=15 m/s // v.max=20 m/s



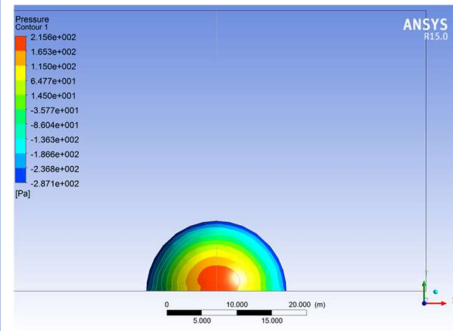
v=15 m/s // p.max=121 Pa



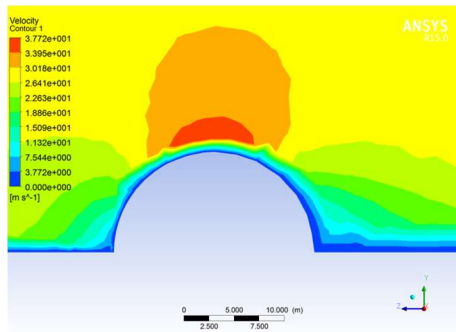
v=20 m/s // v.max=27 m/s



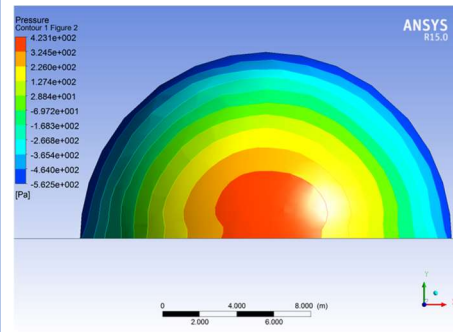
v=20 m/s // p.max=216 Pa



v=28 m/s // v.max=38 m/s

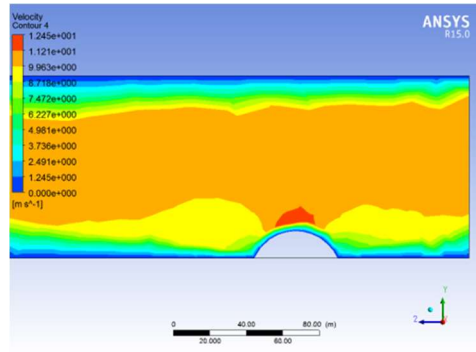


v=28 m/s // p.max=423 Pa

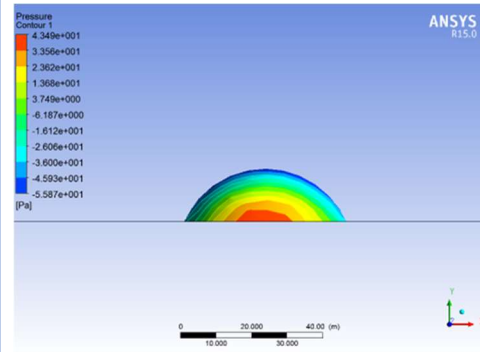


B7. Ø50m: alçada = 25m Área = 3927 m²

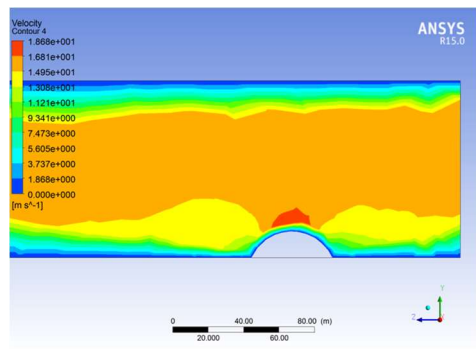
v=10 m/s // v.max=12,5 m/s



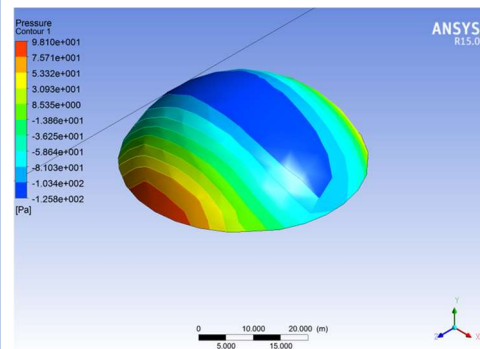
v=10 m/s // p.max=43 Pa



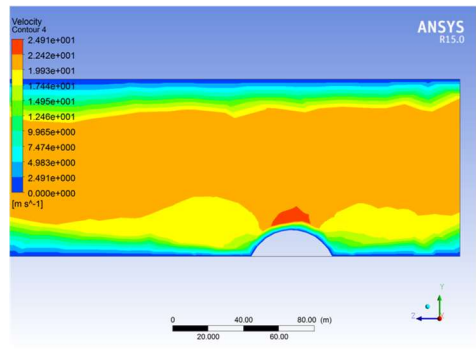
v=15 m/s // v.max=19 m/s



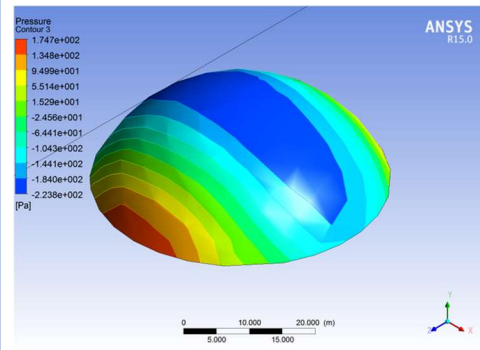
v=15 m/s // p.max=98 Pa



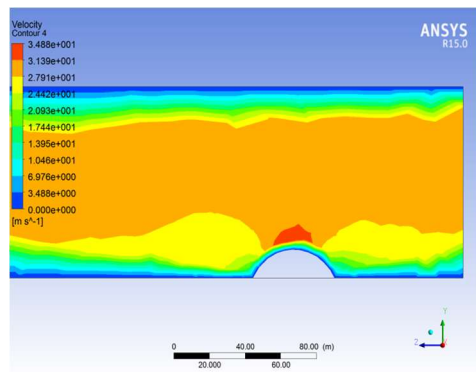
v=20 m/s // v.max=25 m/s



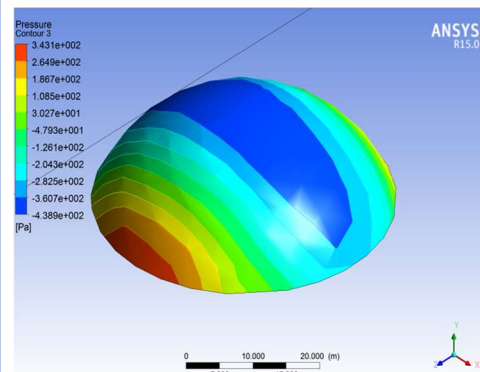
v=20 m/s // p.max=175 Pa



v=28 m/s // v.max=35 m/s



v=28 m/s // p.max=343 Pa



C. SIMULACIONS:

S'ha fet simulacions per determinar la pressió màxima aconseguida a dins del recinte en funció del cabal i pressió inicials. Aquests últims paràmetres ens determinen el ventilador necessari per operar.

C1. Primeres simulacions

Per començar s'ha fet una sèrie de simulacions amb elements bàsics i el modelador del ma-teix programari ANSYS.

Amb aquest modelador es poden canviar fàcilment paràmetres com el diàmetre dels con-ductes o la seva llargada. D'aquesta manera s'ha fet les primeres simulacions ràpides i veure com canvien els resultats.

També s'ha pogut veure com ens podem acostar als requeriments de la solució.

PRIMERES SIMULACIONS						
nom	inlet					
	pressió	Malla	àrea	cabal	P max	descripció
	Pa		m2	Kg/s	Pa	
S6	400	s'ha fet un sizing a l'inlet de 0,05m	0,05	1,43978	36	S'ha fet una simulació amb la carpa sencera, amb una petita sortida que simula les pèrdues. Es plantegen 6 entrades (3 per costat inclinades 45° enfocades cap a l'interior de la carpa). Hi ha dos sortides, la principal per la porta d'entrada i una de molt petita a un lateral de la carpa que simula les pèrdues inherents a la carpa.
s7	400		0,05	1,4287	20	Ara es planteja suprimir gran part de la carpa per simplificar la geometria i es vol comprovar que els resultats no queden modificats significativament. Només hi ha la porta principal. Crec que la simulació de pèrdues no és significativa.
S61	400	0,01	0,05	1,42863	40	sencer
S8	400	0,01	0,05	1,43	27	mig
s11	600	0,01		1,7406	47	diam 10cm 6 unitats a 45°
s11	600	0,01		3,9865	103	diam 15cm 6 unitats a 45°
s11	600	0,01		7,154	176	diam 20cm 6 unitats a 45°

C2. Segones simulacions

Ara les simulacions es centren a determinar com certes variables intervenen en els resultats finals.

En aquest cas les simulacions van a buscar els tipus de mallat diferent i com intervenen en els resultats finals.

		Pressió	Malla							
		Inlet	mida	Ø IN	cabal	cabal m3/h	No. Ventiladors	cabal unitari	p max	Pot. (W)
s14		600	0,005	20,00	12,29	36.717	10	3.672	261	7.374
		1000	0,005	15,00	8,63	25.783	10	2.578	210	8.630
		1500	0,005	10,00	4,60	13.743	10	1.374	140	6.900
										-
s15		400	0,005	20,00	10,01	29.893	10	2.989	162	4.002
		600	0,005	15,00	6,69	19.987	10	1.999	130	4.014
		1000	0,005	10,00	3,75	11.203	10	1.120	97	3.750
										-
s16		300	0,005	20,00	8,62	25.753	10	2.575	122	2.586
				àrea IN			Elements malla			-
s18A	A	250	0,005	0,71	16,63	49.683	920.317		224,2	4.158
s18d	D	250	0,007	0,71	16,70	49.906	511.656		229,4	4.176
s18b	B	250	0,01	0,71	16,54	49.425	296.117		217,5	4.136
										-
s18c	C	250	0,05	0,70	16,16	48.276	91.264		225,4	4.040
s18	E	250	0,02	0,70	15,70	46.895	139.538		226,1	3.924
S18	F	250		0,70	16,28		109.770		217,7	4.069
	G	250		0,70	16,15		96.720		223,6	4.038
	H	250		0,67	15,67		75.804		209,1	3.916
	I	250		0,42	9,82		18.421		159,6	2.455
	J	250		0,61	14,70		53.548		210	3.675
	K	250		0,52	13,57		33.681		194,1	3.391
										-
s21	D	400	0,03	17	6,989	20880			136	

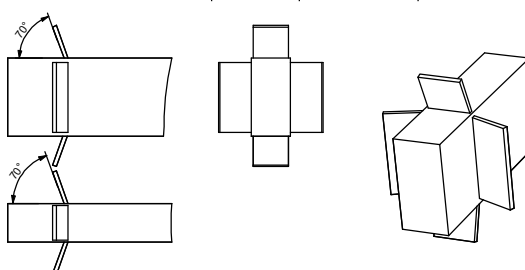
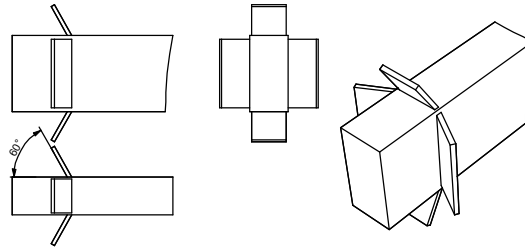
		Pressió	Malla							
		Inlet	mida	Ø IN	cabal	cabal m3/h	No. Ventiladors	cabal unitari	p max	Pot. (W)
s14		600	0,005	20,00	12,29	36.717	10	3.672	261	7.374
		1000	0,005	15,00	8,63	25.783	10	2.578	210	8.630
		1500	0,005	10,00	4,60	13.743	10	1.374	140	6.900
										-
s15		400	0,005	20,00	10,01	29.893	10	2.989	162	4.002
		600	0,005	15,00	6,69	19.987	10	1.999	130	4.014
		1000	0,005	10,00	3,75	11.203	10	1.120	97	3.750
										-
s16		300	0,005	20,00	8,62	25.753	10	2.575	122	2.586
										-
				àrea IN			Elements malla			-
s18A	A	250	0,005	0,71	16,63	49.683	920.317		224,2	4.158
s18d	D	250	0,007	0,71	16,70	49.906	511.656		229,4	4.176
s18b	B	250	0,01	0,71	16,54	49.425	296.117		217,5	4.136
										-
s18c	C	250	0,05	0,70	16,16	48.276	91.264		225,4	4.040
s18	E	250	0,02	0,70	15,70	46.895	139.538		226,1	3.924
S18	F	250		0,70	16,28		109.770		217,7	4.069
	G	250		0,70	16,15		96.720		223,6	4.038
	H	250		0,67	15,67		75.804		209,1	3.916
	I	250		0,42	9,82		18.421		159,6	2.455
	J	250		0,61	14,70		53.548		210	3.675
	K	250		0,52	13,57		33.681		194,1	3.391
										-
										-
s21	D	400	0,03	17	6,989	20880			136	

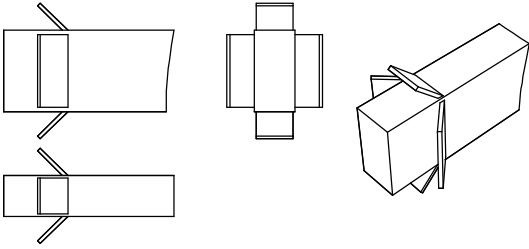
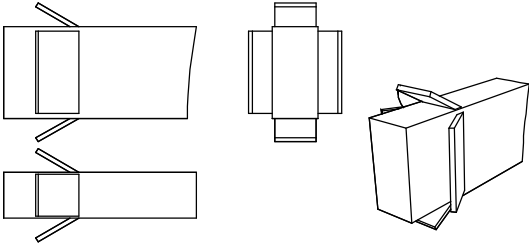
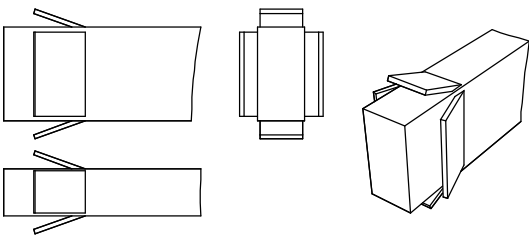
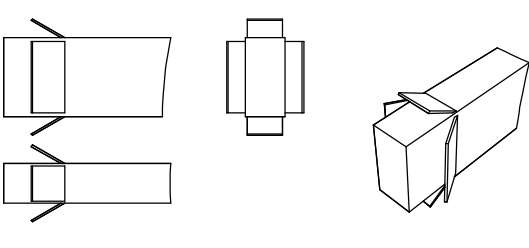
C3. Terceres simulacions

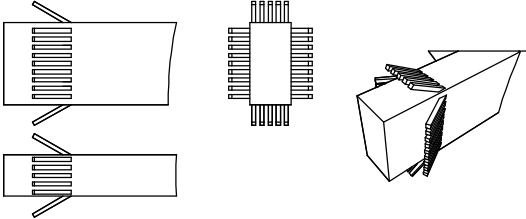
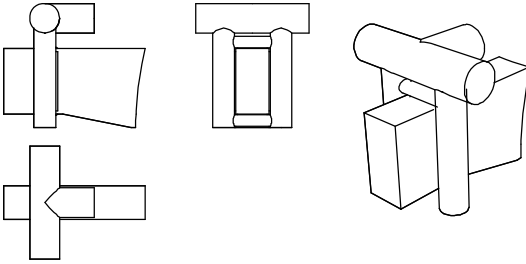
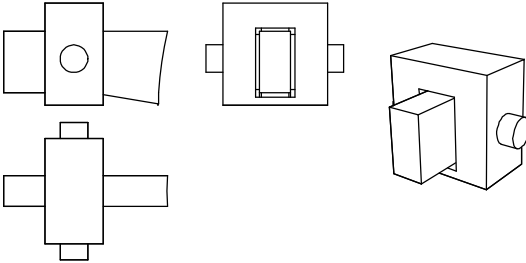
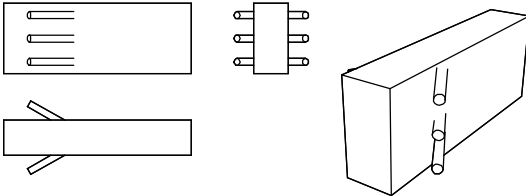
Aquestes últimes simulacions es modelen en Rhino3d. Amb aquest programari afegeixo més detall als models i també es disposa de més eines per canviar paràmetres del disseny. El programari ANSYS té la particularitat que ens llegeix directament el Rhino i per tant no hi ha cap pas addicional pel fet de fer servir diferents programaris.

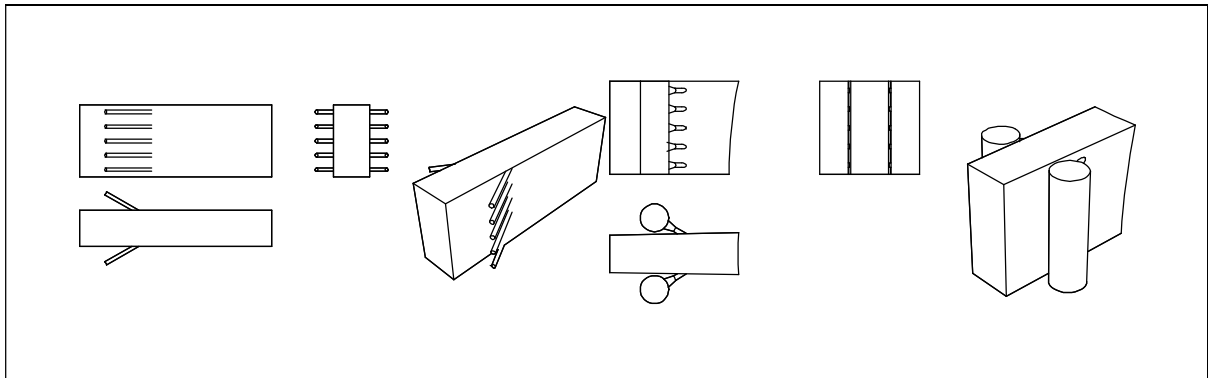
En aquestes simulacions ja es busca més detalls i la seva influència en la pressió final a dins el recinte.

He fet una taula resum i també adjunto alguns dibuixos esquemàtics dels models a simular.

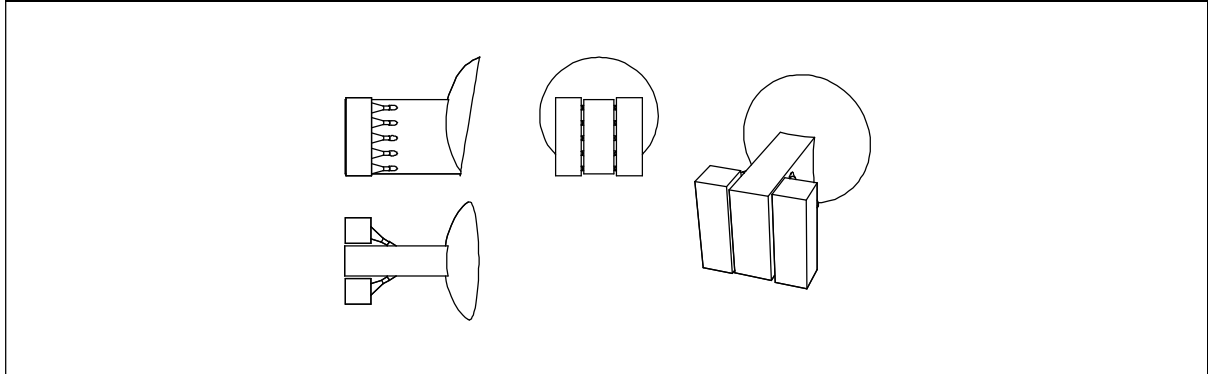
GEOMETRIA	Ø in-let (m)	P inlet (Pa)	P recinte (Pa)	Q m3/s	Q m3/h	Pot. (W)
S23 – 1000	0,8	1000	152	6,3	22.68	6300
S23 – 200	0,8	200	30	2,93	10.54	586
S23 – 500	0,8	500	75	4,46	16.05	2230
S30 – 70°	0,8	500	234	14	50.40	7000
S30 – 70°	0,8	200	92	8,72	31.39	1744
S30 – 70°	0,8	250	115,5	9,71	34.95	2427
						
S30 – 60°	0,8	250	137	9,65	34.740	2412,5
						
S30 – 45°	0,8	250	167	9,89	35.604	2472,5

							
S30 - 30°	0,8	250	180	9,6	34.560	2400	
							
S30 - 30°	0,8	200	142,8	8,55	30.780	1710	
							
S30 - 20°	0,8	200	139	8,57	30.852	1714	
							
S4- 30°	0,8	200	74	4,37	15.732	874	

						
S5-30-300	0,8	300	106	5,42	19.512	1626
						
T4-01-250	0,8	250	37	4,44	15.984	1110
						
T4-02-250	0,8	250	67	5,96	21.456	1490
						
A	0,2	1000	52	4,936	17.770	4936
B	0,1	1200	74	3,85	13.860	4620



C	0,1	1200	72	3,42	12.312	4104



FINAL	0,2	1200	110	4,7	16.920	5640
--------------	-----	------	-----	-----	--------	------

C4. Simulació Final.

La solució és la que ha donat uns resultats satisfactoris de pressió interior resultant i a més s'ha buscat que sigui el més eficient possible. Per tant s'ha buscat la mínima potència instal·lada.

En aquesta última solució es va una reducció important del cabal, cosa que s'ha aconseguit reduint el diàmetre dels conductes i també augmentant la pressió de sortida.

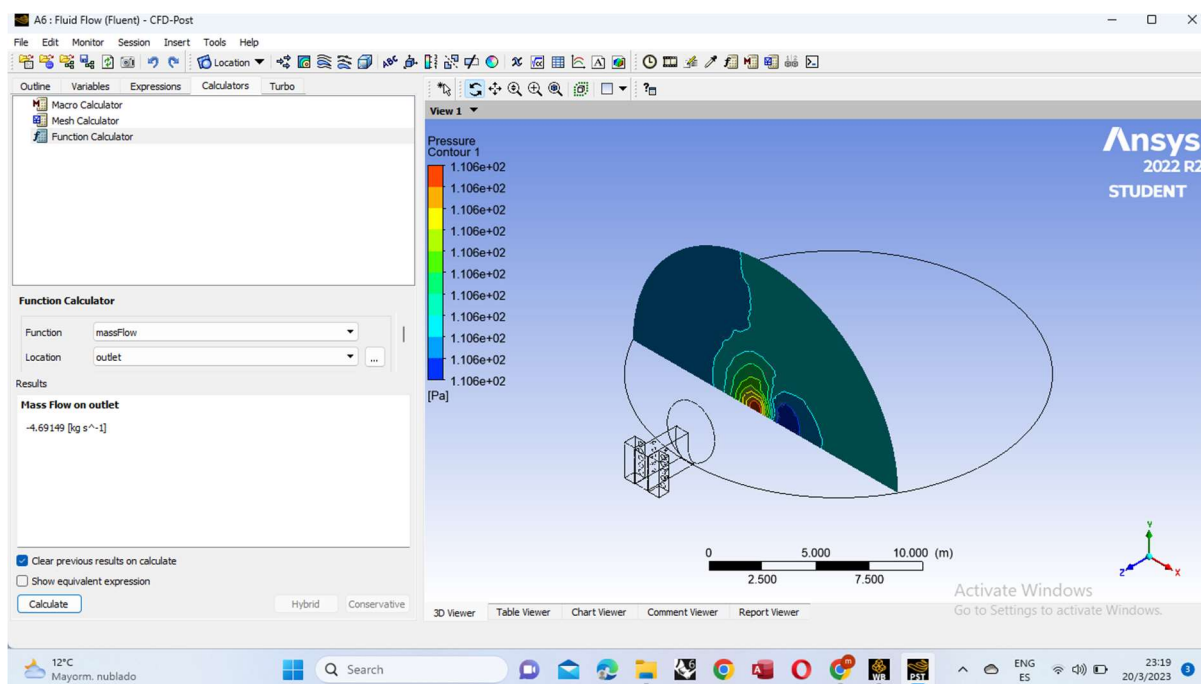


Figura 17: Simulació final



Figura 18: Solució final. Vista exterior

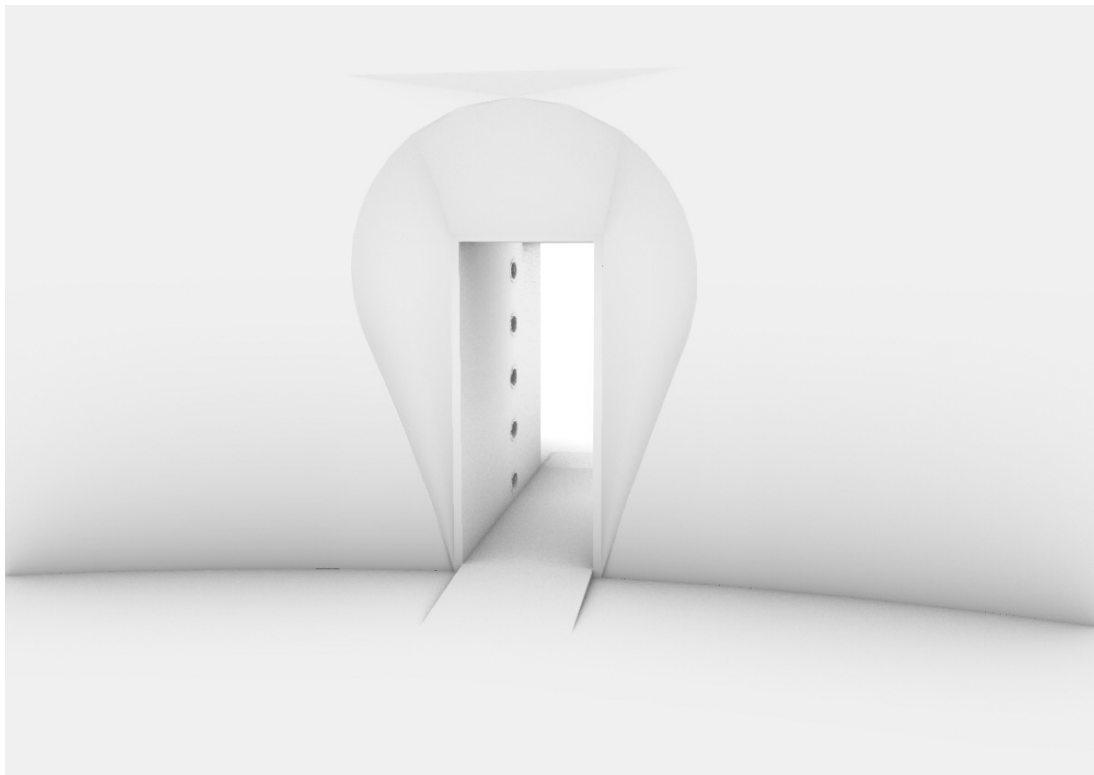


Figura 19: Solució final. Vista interior

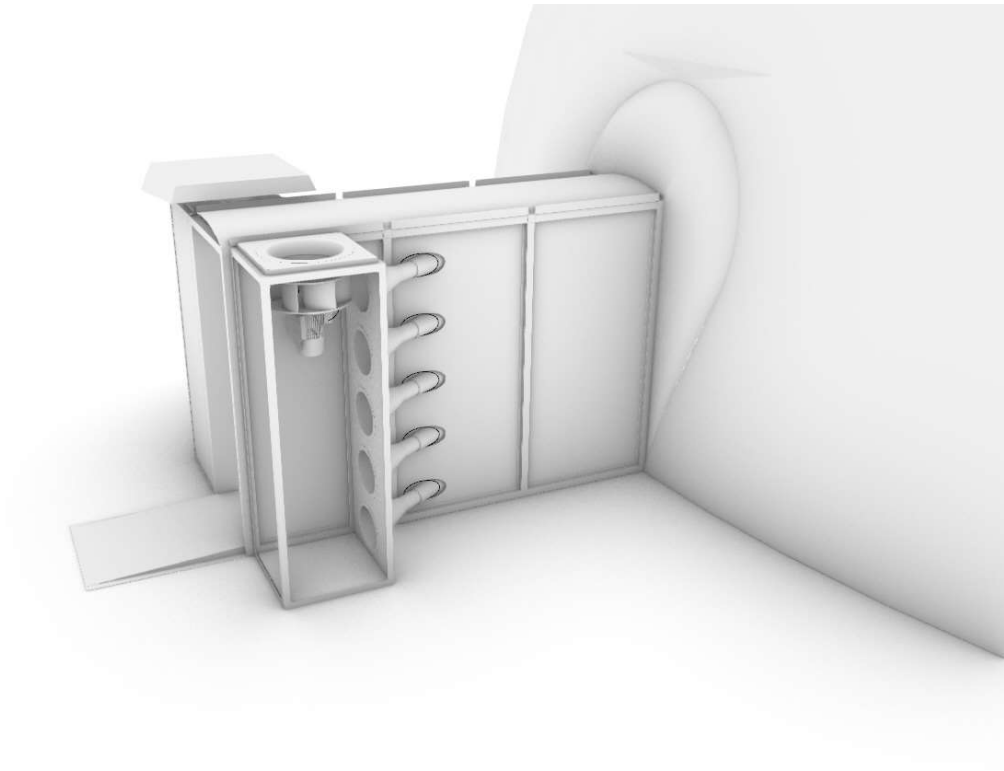


Figura 20: Solució final. Detall components interiors