

LA CIÈNCIA DEL 9DE9 AMB FOLRE



Aina Brotons Calvet, 2n B

Tutora: Rosa Ana Cerdà Bañó

18 d'octubre del 2024

Resum

Els castells són molt més que el seu lema, força, equilibri, valor i seny, estan plens de ciència que és clau per assolir grans reptes en el món casteller. Aquest treball estudia la ciència darrere el 9de9 amb folre, ho fa a través de la física i les matemàtiques analitzant aquest castell i focalitzant-se en tres aspectes claus: l'estructura de la pinya i el folre, l'energia potencial que acumula el castell i el temps òptim teòric per a poder realitzar el castell.

El treball conclou amb uns resultats teòrics finals que poden ser de gran utilitat per assolir el castell amb èxit i unes propostes per continuar investigant.

Resumen

Los castells son mucho más que su lema, fuerza, equilibrio, valor y cordura, están llenos de ciencia que es clave para lograr grandes retos en el mundo de los castells. Este trabajo estudia la ciencia detrás el 9de9 con folre, lo hace a través de la física y las matemáticas analizando este castell y focalizándose en tres aspectos claves: la estructura de la “pinya” y el “folre”, la energía potencial que acumula el castell y el tiempo óptimo teórico para poder realizar el castell.

El trabajo concluye con unos resultados teóricos finales que pueden ser de gran utilidad para lograr el castell con éxito y unas propuestas para continuar investigando.

Abstract

Human towers are much more than their proverb, strength, balance, courage and wisdom, they are full of science that is key to achieve great challenges in the world of human towers. This work studies the science behind 9de9f, it is done with the physics and the mathematics which analyzes this castle and focus on three key aspects: 'pinya' structure and 'folre', the potential energy that the castle accumulates and the optimal theoretical time to be able to succeed the castle.

The work concludes with final theoretical results that can be very useful to achieve the castle successfully and proposals to keep investigating.

Índex

Agraïments.....	5
1. Introducció.....	6
1.1. Què són els castells?.....	7
1.2. Història dels castells.....	7
1.3. Parts dels castells.....	11
1.3.1. La pinya.....	11
1.3.2. El folre i les manilles.....	12
1.3.3. El tronc.....	12
1.4. Les estructures.....	13
1.4.1. Estructures simples.....	13
1.4.2. Estructures complexes.....	13
1.4.3. El nou.....	13
1.4.3.1. El nou de nou amb folre (9de9f).....	14
2. Part pràctica.....	15
2.1. La pinya i el folre del 9de9 amb folre.....	15
2.1.1. Conclusions.....	23
2.2. L'energia del 9de9 amb folre.....	27
2.2.1. Què és l'energia potencial gravitatòria?.....	27
2.2.2. Càlcul de l'energia del 9de9 amb folre.....	27
2.2.2.1. Conclusions.....	32
2.3. Temps òptim d'execució.....	35
2.3.1. Conclusions.....	41

3. Conclusions finals.....	42
4. Bibliografia web.....	44
5. Annexos.....	46
5.1. Annex 1: Càlcul de l'energia del 5de9f.....	46
5.2. Annex 2: Comparació de les energies entre els diferents elements que formen un castell.....	48
5.3. Annex 3: Càlcul velocitat inicial per frenar un cotxe.....	49
5.4. Annex 4: Càlcul de quants litres d'aigua podem escalfar.....	50
5.5. Annex 5: Càlcul d'hores amb una bombeta encesa.....	51

Agraïments

En primer lloc, vull expressar el meu agraïment a l'Adrià Calvet per la seva col·laboració activa i el seu suport constant en aquest treball. També vull donar les gràcies a la Júlia Martí, cap de pinyes de la Colla Jove Xiquets de Tarragona, per facilitar-me el material necessari per a la part pràctica i per resoldre tots els dubtes que van sorgir durant el procés.

Així mateix, agraeixo a l'Oriol Pareta, cap de pinyes dels Castellers de Vilafranca, per la cessió dels plànols imprescindibles per a la realització de la part pràctica. També vull expressar la meva gratitud a la càtedra de la URV per a l'estudi del fet casteller pel seu suport.

Finalment, dono les gràcies a l'Eloy Hernández per la seva ajuda i, especialment, a la meva tutora Rosana Cerdà per la seva guia i orientació al llarg de tot el desenvolupament d'aquest treball.

1. Introducció

Durant deu anys de la meua vida, des dels tres anys fins als tretze, he estat castellera a la Colla Jove Xiquets de Tarragona, pujant a grans castells. Ara que ja no soc castellera segueixo el món casteller de prop.

En el meu pas per la secundària la física i les matemàtiques em van cridar l'atenció especialment i quan em van parlar sobre el TdR vaig tenir clar que havia d'ajuntar les assignatures que més m'agradaven i la meua passió.

El món casteller és molt ampli i podia estudiar molts aspectes, però em vaig decantar per un castell que encara no s'hagués descarregat, així que finalment vaig escollir el 9de9 amb folre.

En aquest treball em plantejo diferents objectius:

- El primer d'ells, es basa a entendre l'estructura de la pinya i el folre, ja que com és un castell molt gran ha de ser fort i estable.
- Per continuar, vull calcular l'energia que acumula aquest castell, utilitzant els coneixements que vaig adquirir a primer de batxillerat per comparar l'energia amb altres castells i elements de la vida quotidiana.
- Com a tercer objectiu, em plantejaré el temps òptim de la carregada de la construcció del castell, ja que és un dels factors que augmenta la probabilitat d'èxit.
- Finalment, compartiré la meua recerca amb les colles castelleres per posar en pràctica aquests coneixements i que els ajudi a descarregar el 9de9f.

1.1. Què són els castells?

Els castells són construccions humanes de diferents altures i formes, una tradició catalana que va néixer a finals del segle XVIII al Camp de Tarragona. A finals del 2010 la UNESCO els va declarar com a Patrimoni Immaterial de la Humanitat. Les persones encarregades de fer els castells se'ls anomena castellers i s'agrupen en colles.

1.2. Història dels castells

Els castells han anat sempre lligats amb la història del país. A finals del segle XVIII i començament del segle XIX, a Catalunya es veuen els primers indicis d'industrialització que són evidents a Valls. En aquells anys, a Valls ja hi havia activitat castellera, que al cap de poc es documenten entre les dues colles que marquen l'inici de la història dels castells.

A mitjan segle XIX, la revolució industrial canvia els hàbits de la població i l'aparició del ferrocarril genera un desenvolupament econòmic i afavoreix als moviments de la població catalana. Els castells de 9 pisos ja es veuen a les places i l'any 1851 comença la primera Època d'Or castellera, on s'expandeixen les colles de Valls i apareix el pilar de vuit amb folre i manilles.



Figura 1: Dos 3 de 9 amb folre simultanis de les colles de Valls a Vilafranca del Penedès (any 1862).

El moviment Modernista comença a Catalunya, que mira cada cop més a l'estranger per buscar una nova plenitud. És el trienni gloriós en què les colles de Valls assoleixen grans castells com el 4de9 sense folre o el 5de9 amb folre. El món casteller se situa a uns nivells que trigarán 115 anys a superar-se.

A finals del segle XIX la pèrdua de producció vitivinícola, genera una emigració del camp a la capital, Barcelona. Molts castellers abandonen Valls, el que fa que les colles baixin de nivell sent els castells de 7 pisos els màxims d'aquelles èpoques.

El noucentisme no ajuda a la recuperació castellera on s'aixeca l'últim 4de8 de l'època antiga. A partir d'aquell moment i fins als anys 30, els castells de 7 pisos seran el sostre del món casteller. Les actuacions castelleres desapareixen dels programes festius, a excepció de Sant Fèlix a Vilafranca.

En plena dictadura de Primo de Rivera i sense la Mancomunitat, Catalunya es queda sense capacitat per continuar protegint les activitats socioculturals, però la premsa comarcal actua ajudant a les associacions catalanes. Neixen dues colles a Tarragona i al Vendrell que comencen a recuperar part de l'atenció perduda els darrers anys.

El 1931, la proclamació de la República fa que Catalunya recuperi el seu autogovern i el sentiment nacional cosa que es veu reflectit en el món casteller. Després de 25 anys tornen els castells de 8 pisos a plaça a Tarragona, Valls i el Vendrell.

L'any 1936 la Guerra Civil ho para tot. La colla Nova de Valls es disposava a inaugurar els Jocs Olímpics alternatius de Berlín. Finalment, la inauguració es va suspendre a causa de la Guerra Civil.

La victòria de Franco té enormes conseqüències en la cultura catalana; tot i això, els castells se salven. El nou règim imposa la unió de les colles vallenques, que només dura set anys a causa de l'impossibilitat que dues colles rivals quedessin fusionades.



Figura 2: 3 de 8 carregat de la Colla Vella dels Xiquets de Valls el 1966.

Després del règim franquista, la democràcia es manifesta al país impulsant de nou les activitats culturals. En els castells es creen noves colles arreu de Catalunya i l'any 1981 la Colla Vella Xiquets de Valls torna a fer un castell de nou pisos després de molts anys.

El 1992 els Jocs Olímpics de Barcelona són els grans protagonistes i durant la cerimònia d'inauguració es veuen castells.

El 1993 es carrega el primer dos de nou amb folre i manilles que el fan els Minyons de Terrassa. A partir d'aquell any inicia una nova era: la gamma extra.



Figura 3: Primer 3de10fm descarregat, Minyons de Terrassa.

L'any 2010 la crisi econòmica arriba amb força. Aquell mateix any s'inclou els castells a la llista de Patrimoni Immaterial de la Humanitat de la Unesco, aporta un major reconeixement a la societat mundial. Els castells no paren de créixer fins al dia d'avui que continuen sent una part de la cultura catalana molt important.

1.3. Parts dels castells

Els castells estan formats fonamentalment per tres parts: la pinya, el tronc i el pom de dalt.

1.3.1. La pinya

És com s'anomena a la base del castell i on es concentra la major part dels castellers, tots ells formen una estructura perfectament ordenada. Les seves funcions són molt importants, per una banda, suporten l'estructura i per l'altra fan una funció amortidora en cas de caiguda.

Al nucli de la pinya trobem una sèrie de posicions importants perquè l'estructura de la pinya sigui sòlida i forta per a dur a terme les seves funcions. En aquestes posicions trobem:

- Els baixos: Són la base dels castells i amb l'ajuda de les persones que té al seu voltant aguanten el castell.
- Les crosses: Se situen a les aixelles dels baixos i els apuntalen.
- Els homes del darrere: Es col·loquen a l'esquena dels baixos i ajuden a fer que els baixos no es moguin i quedin fixats.
- Les agulles: Es troben davant del baix, agafant els genolls del segon, evitant que aquest entri a dins el castell.
- Les primeres mans: Es col·loca darrere l'home del darrere i aixeca les mans, agafant per darrere el segon.
- Els laterals: Se situa darrere les crosses i amb les mans alçades subjecta les cuixes del segon.
- Els daus: Es col·loquen entre dos baixos amb els braços aixecats i oberts agafant la cama esquerra d'un segon i la dreta d'un altre evitant que s'ajuntin.
- La resta de la pinya: Són les persones que se situen a la pinya per tal de fer pressió, mantenir l'estructura de la pinya i en cas de caiguda evitar que els castellers caiguin a terra. Com més gran i complexa sigui el castell més gran haurà de ser la pinya.

1.3.2. El folre i les manilles

Quan es volen fer castells més grans, s'utilitza una pinya auxiliar que s'anomena folre. El folre és més petit que la pinya i acostuma a ser més inestable.

Hi ha pocs castells que a més del folre es necessiten les manilles, un altre estructura més petita que se situa damunt del folre.

En la nomenclatura castellera, s'utilitza la lletra *f* per fer referència al folre (per exemple, 3de9f). En el cas de les manilles, s'utilitza *m* per referir-s'hi.

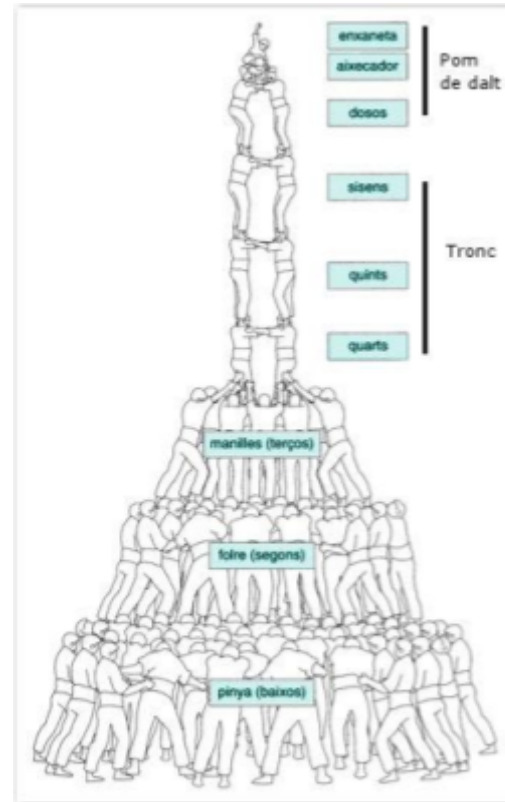


Figura 4: Parts d'un castell

FONT: SLC de Castellsdefels.

1.3.3. El tronc

És l'estructura que veiem des de fora on se situen castellers i castelleres que formen els diferents pisos del castell. Començant pels segons i seguint els terços, quarts, quints, sisens i setens. A vegades els segons i els terços poden estar a dins del folre i les manilles.

El pom de dalt:

Hi puja la canalla, els més petits. Hi forma part normalment una parella de dosos, un acotxador i una enxaneta què és l'encarregada de carregar el castell.

1.4. Les estructures

En els castells anomenem estructura al nombre de castellers que hi ha en cada pis del castell. En funció d'aquest número trobem estructures simples i estructures complexes.

1.4.1. Estructures simples

En les estructures simples hi trobem un casteller (pilar), dos castellers (dos), tres castellers (tres) o quatre castellers (quatre).

1.4.2. Estructures complexes

- El cinc: Un tres unit a un dos.
- El set: Un tres unit a un quatre.
- El nou: Un tres cada *rengla*¹ unida a un dos.

1.4.3. El nou

El nou és l'estructura complexa més gran que hi ha al món casteller. L'estructura central és un tres i a cada rengla se li uneix un dos.

Per dur a terme un 9de7 es necessiten 46 a 48 castellers de tronc i pel 9de8 55 a 57 castellers. Hi trobem tres poms de dalt amb sis dosos, tres acotxadors i, normalment tres enxanetes tot i que hi ha colles que tan sols utilitzen una que corona els tres poms.

Actualment, hi ha 24 colles que hagin assolit el 9de7 i només 7 han assolit el 9de8.

Aquestes dades ens indiquen la dificultat del castell. Hi ha més colles que hagin assolit un castell de nou pisos que no pas colles que hagin fet el 9de8.

El 9de8 es considera un castell de gamma extra, un castell de gran dificultat d'execució.

¹Pilar que se situa al centre d'un castell on s'agafa per l'esquena un dos.



Figura 5: 9de9 amb folre, Castellers de Vilafranca.

FONT: Joan Borràs / ACN

1.4.3.1. El nou de nou amb folre (9de9f)

El 9de9f és l'estructura de 9 més alta intentada. S'ha intentat quatre cops per la mateixa colla, els Castellers de Vilafranca, a la diada de Tots Sants 2023 on el van carregar, el 30 d'agost de 2024 a la diada de Sant Fèlix on es va quedar en intent desmuntat i al Concurs de Castells del 2024 on després d'un intent desmuntat, el van tornar a carregar.

Aquest castell necessita un folre molt fort per poder suportar els 48 castellers que formen el castell.

Comparem aquests tres castells per entendre millor el 9de9f:

	9de7	9de8	9de9f
Massa	2100 kg	2800 kg	12800 kg
Alçada	7,20 m	8,10 m	9,72 m
Nombre de castellers (tronc)	46-48 castellers	55-57 castellers	64-66 castellers
Colles que l'ha assolit (carregat)	25 colles	7 colles	1 colla
Puntuació concurs (carregat)	500 punts	1.665 punts	3.190 punts
Puntuació concurs (descarregat)	575 punts	1.915 punts	3.670 punts

2. Part pràctica

Per facilitar l'obtenció d'informació per aquesta part del treball s'han agafat dades de la Colla Jove Xiquets de Tarragona, Colla Vella Xiquets de Valls i Castellers de Vilafranca.

Hi haurà dades teòriques, ja que no és possible obtenir-les d'una manera real.

Per la part pràctica he volgut investigar diferents aspectes del 9de9f així que l'he dividida en tres punts principals:

- L'estructura de la pinya i folre.
- L'energia acumulada pel castell.
- El temps òptim d'execució.

2.1. La pinya i el folre del 9de9 amb folre

Quan construïm una casa comencen pels fonaments, fent una base ferma perquè l'estructura no s'enfonsi. En els castells passa el mateix, necessitem una bona pinya perquè pugui suportar la massa i els moviments de l'estructura.

En el cas del 9de9f hem de construir un folre i aquí se'ns planteja un problema

“On han de col·locar els peus els components del folre perquè estiguin còmodes i puguin fer la seva funció?”

Per resoldre aquesta pregunta s'ha de crear el plànol d'una pinya i un altre plànol d'un folre, tenint en compte les persones imprescindibles que es necessiten al nucli de la pinya i del folre.

En el món casteller trobem tres colles què han assajat el 9de9f, però només una d'elles l'ha portat a plaça. M'he posat en contacte amb l'equip de pinyes de les colles i dues de les tres colles m'han facilitat els plànols d'aquest castell: la Colla Jove Xiquets de Tarragona i els Castellers de Vilafranca.

La Colla Jove Xiquets de Tarragona és una colla que va estar assajant aquest castell els anys 2016 i 2018, però que fins al moment no l'han portat a plaça.

He pogut parlar amb la seva cap de pinyes, Júlia Martí, que m'ha explicat de manera tècnica, com fan les pinyes dels castells i en particular, el 9de9f, ja que és el meu tema de recerca. Em va dir que es basen en el 5de9f, pel fet que l'estructura s'assembla a la del 9de9f. L'adjuntem aquí:

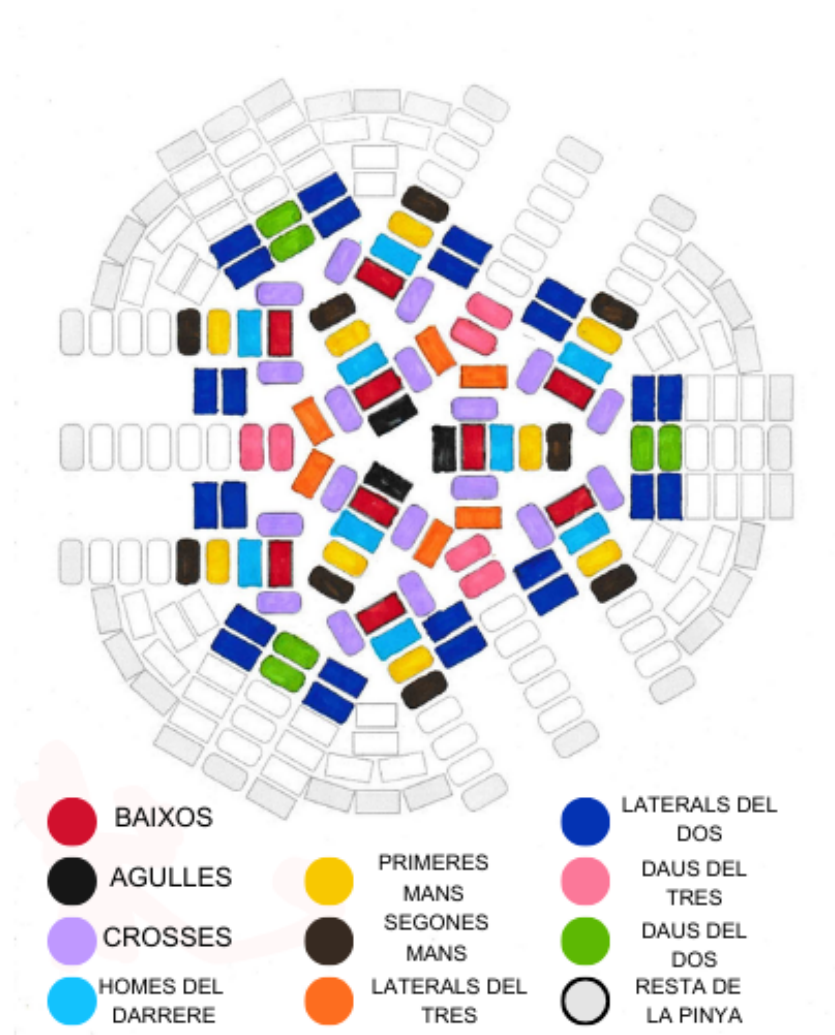


Figura 9: Pinya del 9de9f, Colla Jove Xiquets de Tarragona.

FONT: Colla Jove Xiquets de Tarragona.

La pinya de la Colla Jove Xiquets de Tarragona és diferent de la dels Castellers de Vilafranca. Un dels punts que la diferencia és a l'hora d'anomenar els seus castellers, trobem que a la Colla Jove se'ls anomena com amb una pinya normal tot i que a sobre s'hi trobi un folre.

El folre de la Colla Jove conté quasi les mateixes posicions que la pinya, canviant els baixos pels segons i traient-hi les agulles, això passa en la majoria dels folres, ja que la mida és més reduïda i no caben les agulles. En aquest folre hi pugen 99 persones.



Figura 10: Folre del 9de9f, Colla Jove Xiquets de Tarragona.

FONT: Colla Jove Xiquets de Tarragona.

Abans de comparar les dues pinyes i els dos folres col·locarem on anirien els peus del folre de cada colla així veurem si ho fan de la mateixa manera o cadascuna les col·loca de manera diferent.

En el cas dels Castellers de Vilafranca la distribució dels peus dels components del folre seria aquesta.

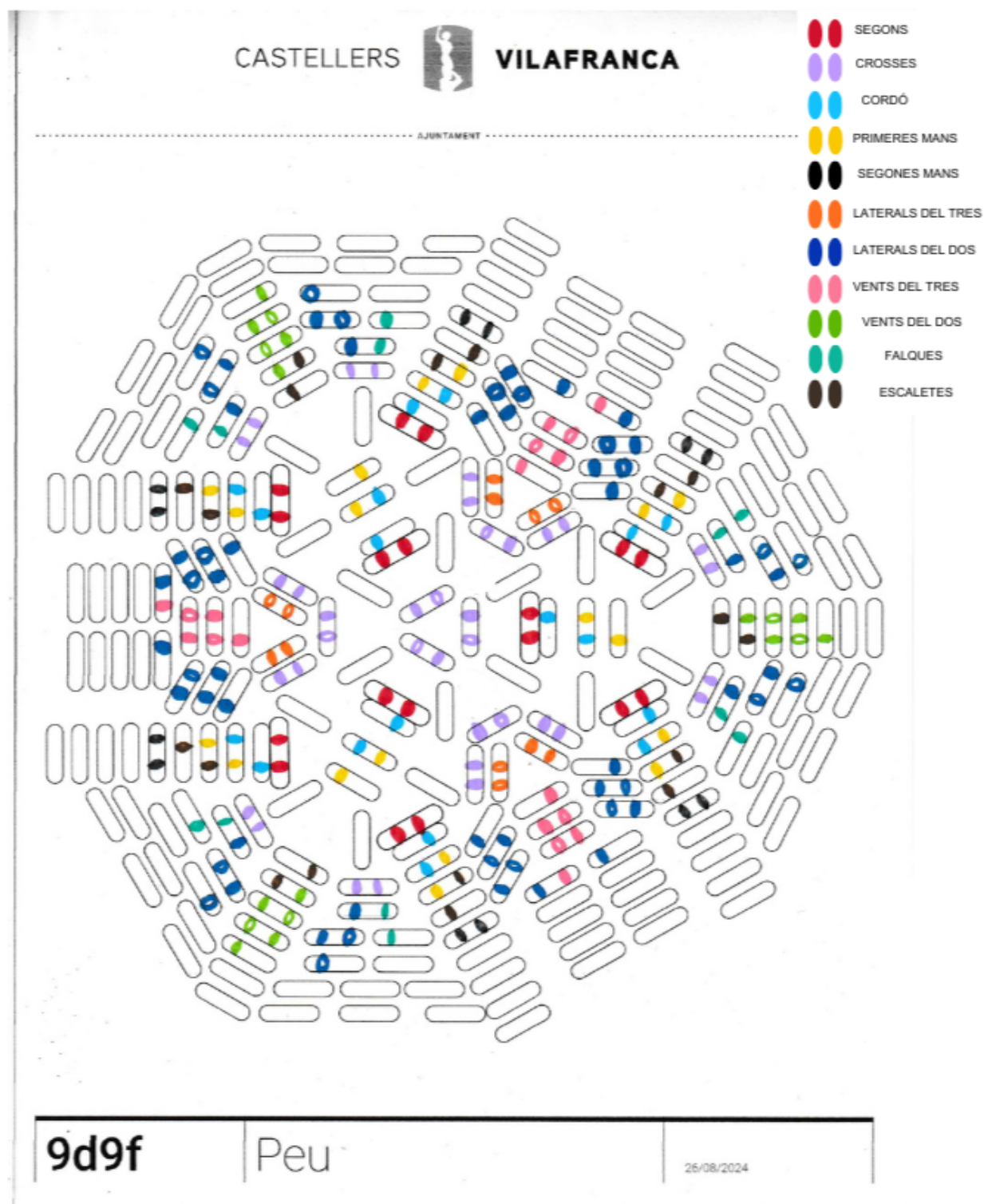


Figura 11: Posició dels peus a la pinya dels Castellers de Vilafranca.

FONT: Castellers de Vilafranca (modificada).

I en el cas de la Colla Jove Xiquets de Tarragona la gent del folre col·locaria els peus de la següent manera.

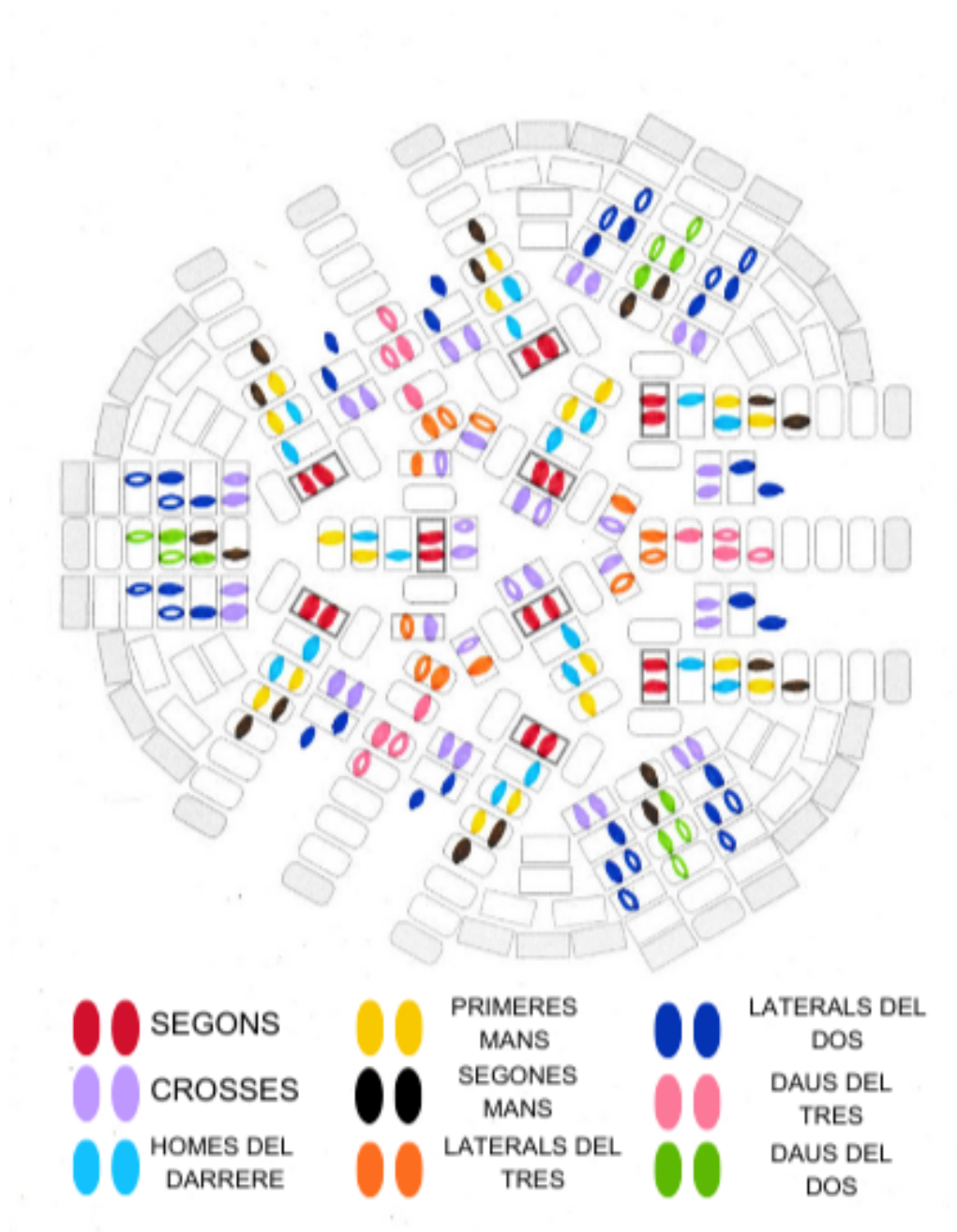


Figura 12: Posició dels peus a la pinya de la Colla Jove Xiquets de Tarragona.

FONT: Colla Jove Xiquets de Tarragona (Modificada)

En el cas dels Castellers de Vilafranca podem veure que en ser la pinya més gran en el folre també ho és. El que fa que molta més gent hagi de col·locar els peus. En el seu cas trobem que els laterals del tres (color taronja) treballen amb els dos peus damunt la mateixa persona el que pot ser complicat si el castell es mou molt o si necessiten fer més pressió. Trobem que posen fins a tres vents tant a la part del tres (color rosa) com a la del dos (color verd clar) el que farà que hi hagi més pressió al folre i s'evitarà que els terços es tanquin entre ells.

En el seu folre trobem també les falques (color turquesa) i les escaletes (color negre), les falques serveixen perquè no quedin espais el que faria que es moguéssin el folre per falta de pressió i les escaletes posen un genoll sobre la pinya per fer que els castellers de tronc puguin pujar de manera més fàcil sobre el folre i no el moguin.

Mirant la pinya i el folre de la Colla Jove Xiquets de Tarragona, observem que són més petites en comparació a la dels Castellers de Vilafranca. Això beneficiarà al folre de la Jove de Tarragona, ja que en ser més petit no pesarà tant. Al mateix temps té un desavantatge i és que amb la massa de l'estructura falti pressió.

Els laterals de la banda del tres (color taronja) al folre col·loquen un peu davant i l'altre al darrere, el que facilita l'estabilitat i li és més fàcil fer força.

2.1.1. Conclusions

Com a conclusions crec que les dues pinyes són possibles i una d'ella ja l'hem vist a plaça. Tot i això, hi ha coses que fan que no puguem decidir quina de les dues és millor així que ajuntaré els avantatges de totes dues creant una pinya i un folre el més estable i fort que es pugui, fent servir de guia els plànols dels Castellers de Vilafranca i la Colla Jove Xiquets de Tarragona.

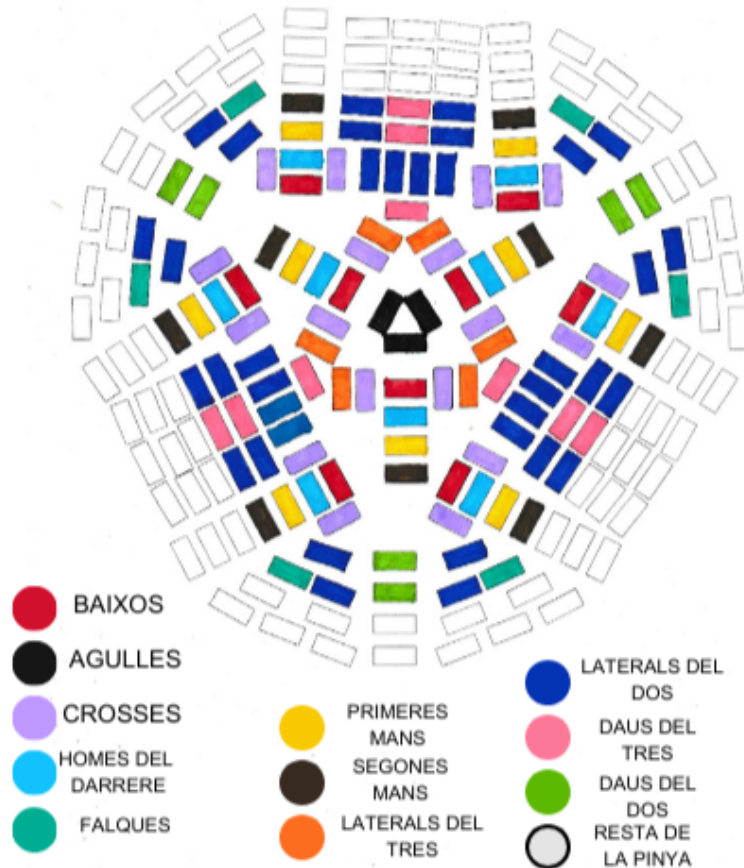


Figura 13: Pinya del 9de9f.

FONT: Pròpia.

La pinya que he creat és d'una mida mitjana entre la de la Colla Jove Xiquets de Tarragona i la dels Castellers de Vilafranca. Si ens fixem els laterals del tres, estan col·locats igual que els del plànol de la Colla Jove amb el primer dau de la part del tres darrere. A continuació trobem quatre laterals del dos de la mateixa manera que els trobem als plànols dels Castellers de Vilafranca, aquests ens serviran per poder posar més peus al folre. La part del dos s'assembla més al plànol dels Castellers de Vilafranca incloent-hi les falques per fer que la pinya sigui més gran.

El folre que he creat no m'he basat en cap dels dos plànols de les colles. El folre conté 114 persones. Trobem sis laterals del tres al davant de tot i, seguidament dos laterals del dos. Al plànol que he creat hi trobem dos daus de la part del tres i dos més de la part del dos. Finalment, també hi he inclòs falques per evitar que la pressió es perdi.

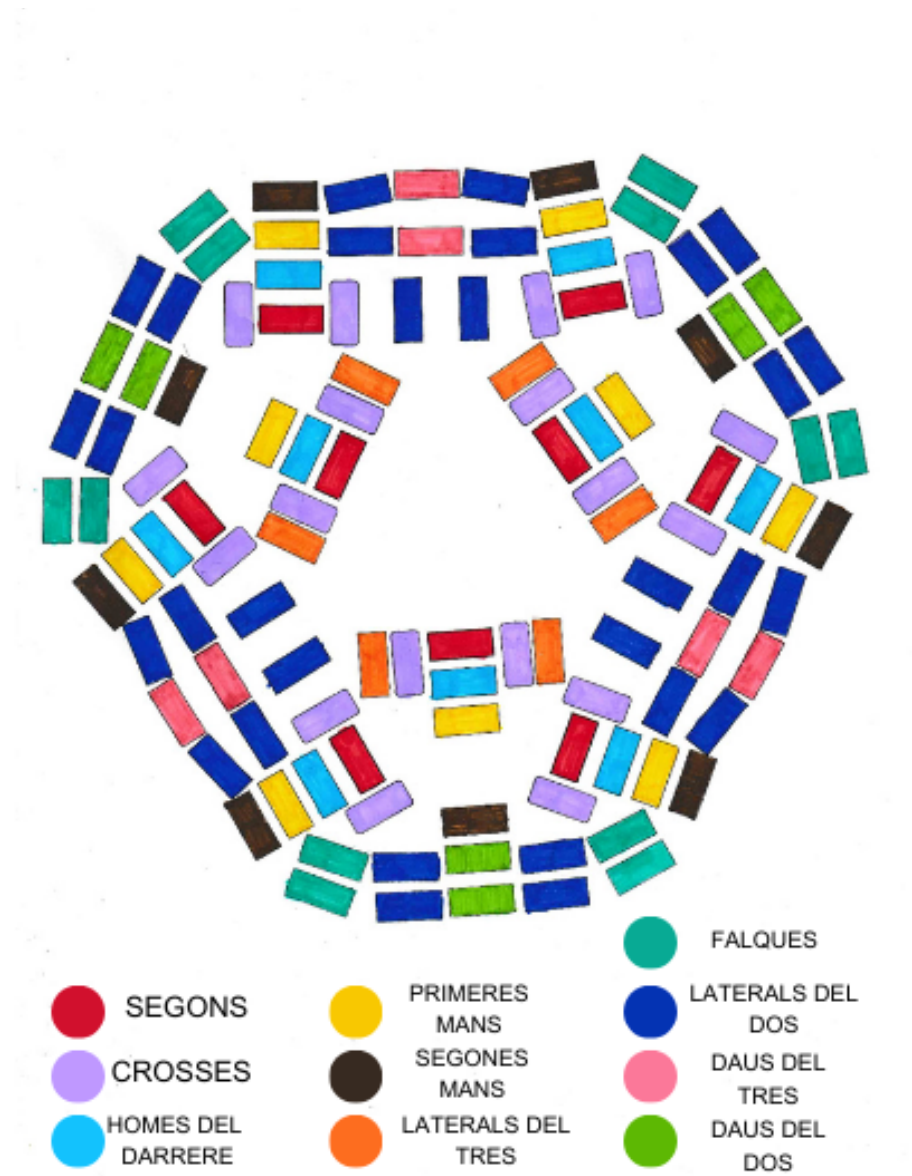


Figura 14: Folre del 9de9f.

FONT: Pròpia.

Si ajuntem la pinya i el folre ens surt el plànol següent que ens mostra on han de situar els peus els membres del folre.

Al plànol podem observar com els laterals del tres treballen amb un peu davant i l'altre darrere igual que ho feien al folre de la Colla Jove Xiquets de Tarragona. Trobem que els laterals de la banda del dos que estan just darrere dels laterals de la part del tres treballaran còmodes sense haver d'adoptar una posició forçada per fer la seva funció. Finalment, en el cas de les falques he volgut col·locar la que queda més a l'interior amb els dos peus sobre la mateixa persona per tal de reduir els espais que hi puguin haver. La segona falca, la que queda més a l'exterior, l'he col·locada amb un peu davant i l'altre darrere perquè pugui empènyer, evitant que el folre s'obri a causa de la falta de pressió.

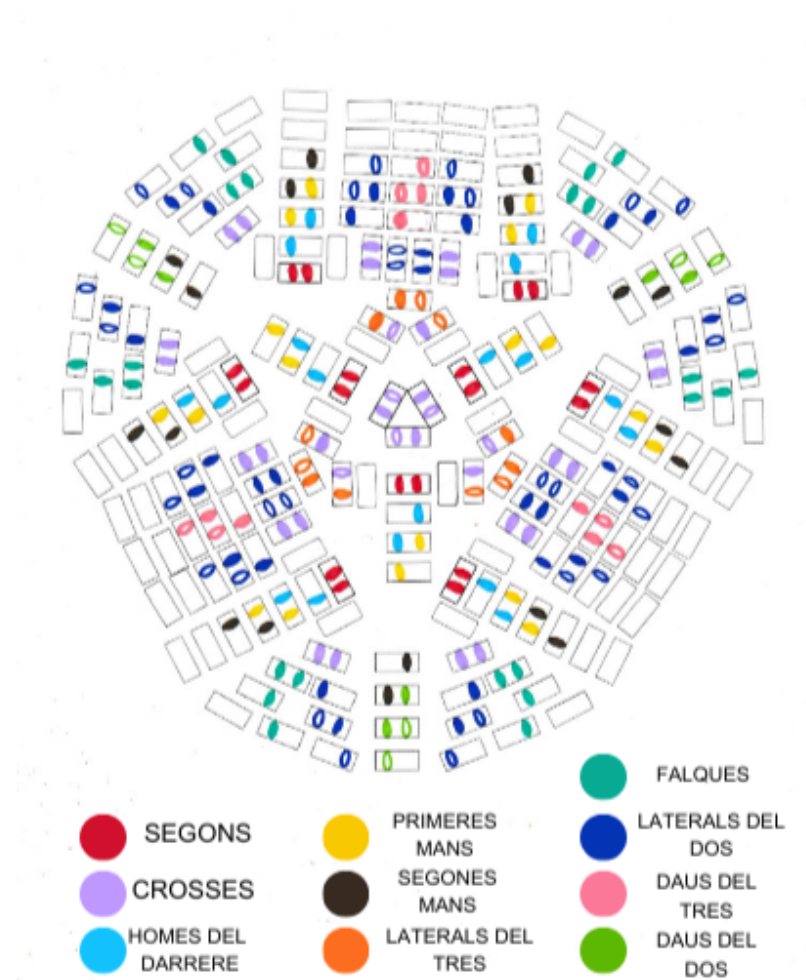


Figura 15: Posició de peus a la pinya.

FONT: Pròpia.

Com a conclusió final crec que la pinya i el folre que he creat podrien ser possibles, però és molt complicat portar-ho a la vida real així que es quedaran com una pinya i un folre teòrics.

Aquesta pinya i folre ha estat proposada a la Colla Jove Xiquets de Tarragona, que se la miraran i avaluaran.

2.2. L'energia del 9de9 amb folre

2.2.1. Què és l'energia potencial gravitatòria?

L'energia potencial gravitatòria és un tipus d'energia mecànica i és la que té un cos per la posició que ocupa dins d'un espai on actuen forces gravitatòries.

A la Terra, el pes d'un cos és la força d'atracció gravitatòria que fa la Terra sobre el cos.

La fórmula de l'energia potencial gravitatòria és aquesta:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

m = massa del cos

g = gravetat (9,81 m/s² a la Terra)

h = altura

2.2.2. Càlcul de l'energia del 9de9 amb folre

Els castells tenen una altura, la qual cosa ens permet calcular l'energia que acumula cada pis. Per a fer-ho necessitem la massa aproximada d'un casteller de cada pis. Calculem la massa que suporta cada casteller. En el cas de l'enxaneta i l'acotxador suporten 0 kg perquè no aguanten a cap persona sobre seu. En el cas dels dosos és senzill:

$$\frac{\text{Massa de les enxanetes} + \text{massa dels acotxadors}}{\text{Número de dosos}} = \text{massa suportada pels dosos}$$

En els sisens utilitzarem la següent fórmula:

$$\frac{\text{Massa suportada pels 6 dosos} + \text{massa dels 6 dosos}}{\text{Massa dels 9 sisens}} = \text{massa suportada per un sisè}$$

I per la resta de posicions aquesta fórmula:

$$\text{Massa suportada per un casteller del pis anterior} + \text{massa d'un casteller del pis anterior} = \text{massa suportada per un casteller del pis}$$

Com a resultat d'aquests càlculs obtenim la taula següent.

Els terços estan agafats per les mans del folre el que els hi ajuda a aguantar la massa de l'estructura. En el cas dels segons i els baixos la massa suportada per un casteller d'aquests pisos seria si el castell fos net, és a dir, sense pinya i sense folre el que es fa impensable en aquest castell.

EL FACTOR DE LA MASSA				
Pis	Nombre de castellers per pis	Massa mitjana d'un casteller del pis (kg)	Massa del pis sencer (kg)	Massa suportada per un casteller de cada pis (kg)
Enxaneta	3	22,5	67,5	0
Acoxador	3	22,5	67,5	0
Dosos	6	31,5	189	22,5
Sisens	9	47	423	36
Quints	9	55	495	83
Quarts	9	70	630	138
Terços	9	87	783	208
Segons	9	95	855	295
Baixos	9	95	855	390

Per extreure l'energia potencial també necessitem l'altura de cada pis. En aquest cas hem hagut de fer recerca i hem trobat un estudi que ens ha proporcionat les dades, l'estudi en qüestió és l'anomenat *L'energia potencial dels castells*, escrit per Roger Cabré Rodon.

En la taula següent trobarem tant l'alçada de cada pis mesurat de cap a cap, per exemple del cap dels terços al cap dels quarts, i també trobarem l'alçada de la meitat del pis a la meitat del pis aproximadament al melic on es considera el centre de masses. És aquesta última mesura la que utilitzarem per fer els càlculs de l'energia més endavant.

Com veiem l'alçada acumulada de cap a cap és una mica superior a l'altura de l'enxaneta mesurada al centre de masses. No tots els pisos mesuren el mateix per això els números són tan diferents.

L'ALÇADA DE CADA PIS DEL CASTELL				
Pis	Nombre de castellers per pis	Alçada de cada pis (de cap a cap) (m)	Alçada acumulada (m)	Alçada al centre de masses de cada pis (m)
Enxaneta	3	0,23	9,45	9,34
Acoxador	3	0,16	9,22	9,14
Dosos	6	0,75	9,06	8,69
Sisens	9	1,32	8,31	7,65
Quints	9	1,19	6,99	6,4
Quarts	9	1,29	5,8	5,16
Terços	9	1,37	4,51	3,83
Segons	9	1,57	3,14	2,36

Finalment, un cop tenim les masses i les alçades podem calcular l'energia potencial de cada pis, per fer-ho utilitzarem la següent fórmula:

$$\text{Massa del pis sencer} \cdot \text{Alçada al centre de masses de cada pis} \cdot \text{gravetat} = \text{Energia del pis (J)}$$

Per calcular l'energia del folre i de la pinya hem de saber quantes persones hi van. Al folre he fet una mitjana entre el nombre de castellers que hi pugen en els Castellers de Vilafranca i els de la Colla Jove Xiquets de Tarragona, restant-li els 9 segons, ja que els contem com a membres del tronc i ens ha donat 101 castellers. En el cas de la pinya trobem aproximadament 800 persones.

Tant en el folre com a la pinya hem aproximat una massa de 65 kilograms per casteller així que multiplicant la massa pel nombre de castellers de les dues estructures ens ha donat la massa total de la pinya i del folre.

Les alçades han estat més senzilles, ja que en el cas de la pinya es troba a la mateixa alçada que els baixos i el folre es troba a la mateixa alçada que els segons.

Per completar la taula he decidit passar l'energia de Joules a calories amb un fàcil factor de conversió, sabent que 1 caloria equival a 4,18 Joules.

I també he passat l'energia de Joules a Watts hora, ja que 3600 Joules equivalen a 1 Watt/hora.

Podem veure que el 9de9 amb folre té una energia de més de seixanta mil Joules.

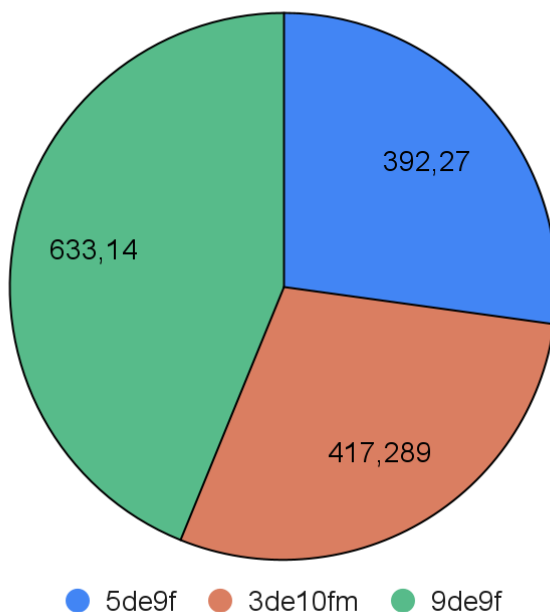
CÀLCUL DE L'ENERGIA DEL 9DE9f						
Pis	Nre. de persones de cada pis	Massa del pis sencer (kg)	Alçada al centre de masses de cada pis (m)	Energia del pis (J)	Energia del pis (cal)	Energia del pis (Wh)
Enxaneta	3	67,5	9,34	6,18E+03	1,48E+03	1,72
Acoxador	3	67,5	9,14	6,05E+03	1,45E+03	1,68
Dosos	6	189	8,69	1,61E+04	3,85E+03	4,48
Sisens	9	423	7,65	3,17E+04	7,59E+03	8,82
Quints	9	495	6,4	3,11E+04	7,43E+03	8,63
Quarts	9	630	5,16	3,19E+04	7,63E+03	8,86
Terços	9	783	3,83	2,94E+04	7,04E+03	8,17
Segons	9	855	2,36	1,98E+04	4,74E+03	5,50
Baixos	9	855	0,79	6,63E+03	1,59E+03	1,84
TOTAL D'ENERGIA AL TRONC				1,79E+05	4,28E+04	49,70
Folre	101	6565	2,36	1,52E+05	3,64E+04	42,22
Pinya	600	39000	0,79	3,02E+05	7,23E+04	83,96
TOTAL D'ENERGIA AL FOLRE I LA PINYA				4,54E+05	1,09E+05	126,18
ENERGIA TOTAL DEL 9DE9F				6,33E+05	1,51E+05	175,87

2.2.2.1. Conclusions

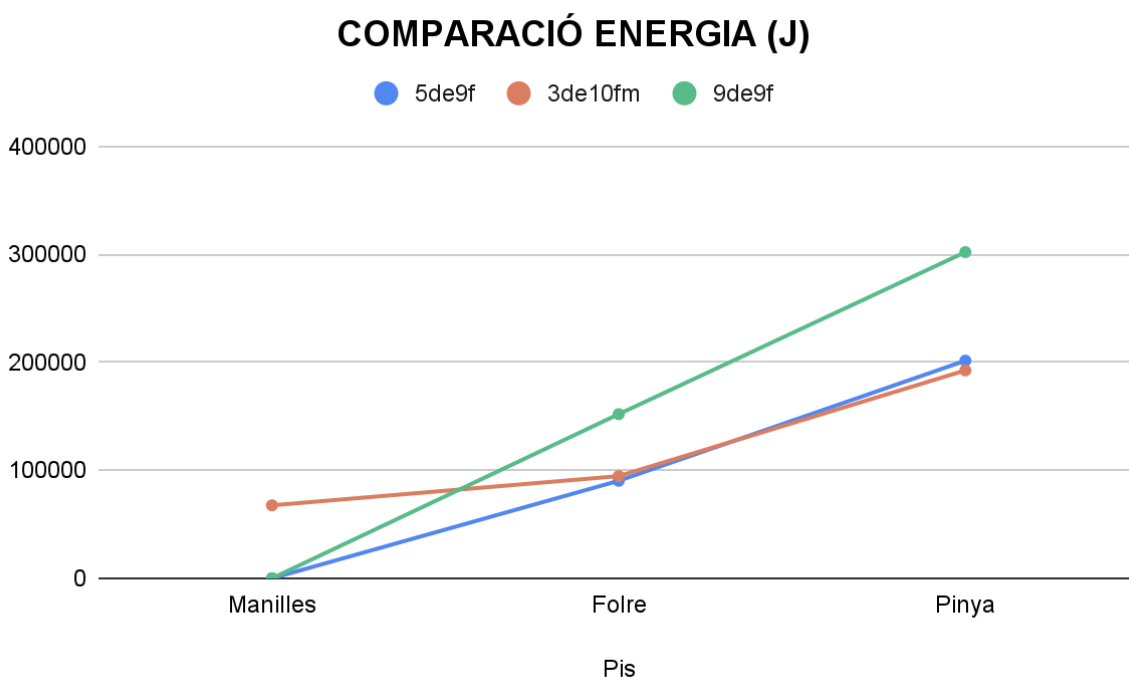
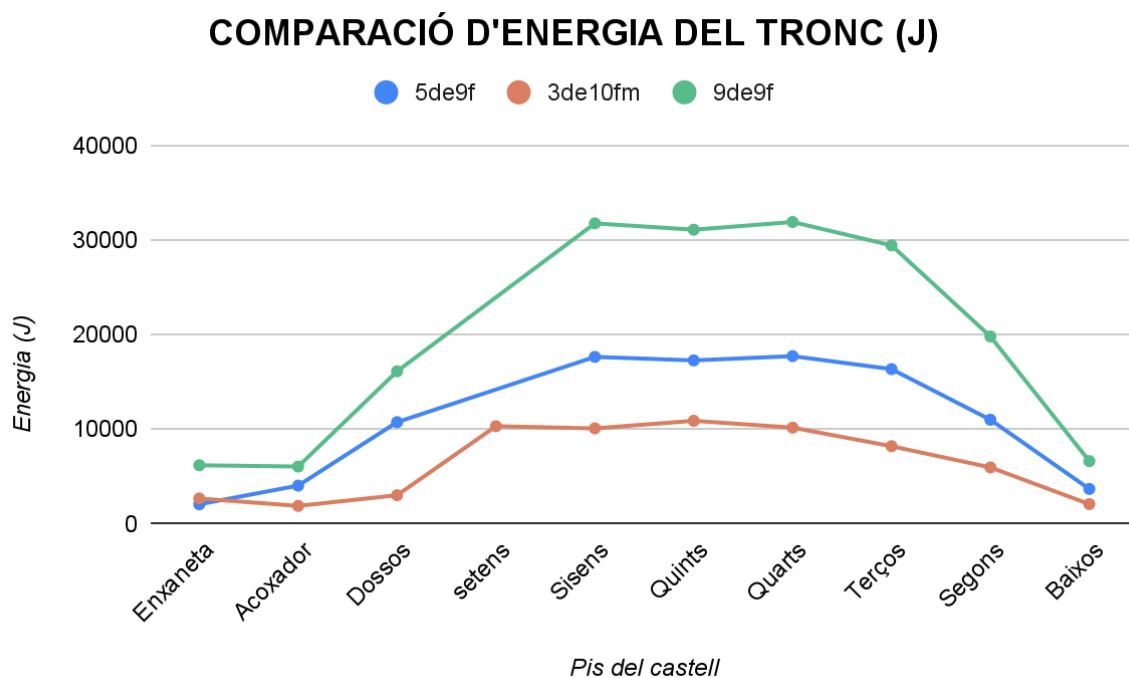
Després de calcular l'energia del 9de9f extraïem conclusions comparant-les amb altres castells. Les dades del 3de10fm les he extret de l'estudi de "*l'energia potencial dels castells*" del Roger Cabré Rodon. Les dades del 5de9f les he calculades seguint els càlculs del 9de9f, les taules les adjunto a l'Annex 1.

Com podem veure l'energia del 9de9f és molt superior als altres dos castells. Això es deu al fet que encara que no sigui tan alt com el 3de10fm pesa molt més, per tant, l'energia potencial incrementa. Amb el 5de9f passa el mateix amb comparació al 3de10fm a cada pis hi van 5 persones el que fa que pesi més que a l'estructura del 3de10fm que tan sols hi ha 3 persones a cada pis. El que fa que l'energia del 3de10fm sigui superior a la del 5de9f són les manilles, ja que emeten bastant energia a causa de la seva alçada i massa.

COMPARACIÓ DE L'ENERGIA TOTAL (kJ)



Comparem ara l'energia dels diferents elements del castell.



Els càlculs necessaris per elaborar aquestes gràfiques es troben a l'Annex 2.

Finalment per a poder entendre millor el que suposa descriure a continuació situacions quotidianes on el consum és similar a l'acumulat per aquest castell:

- Amb aquesta quantitat d'energia podríem accelerar un cotxe des del repòs fins a 104,6 km/h. Aquesta velocitat es calcula mitjançant l'increment de l'energia cinètica. Veure càlculs Annex 3.
- També, podríem escalfar 1,89 L d'aigua a temperatura ambient (20 °C) a temperatura d'ebullició (100 °C). Tot això, amb l'energia acumulada del 9de9f. Veure càlculs Annex 4.
- I podríem estar amb una bombeta LED entesa durant més de 17 hores, el que ens demostra que l'energia acumulada per aquest castell és molt gran. Veure càlculs Annex 5.

2.3. Temps òptim d'execució

Amb la meva experiència castellera he notat que els castells de nou pisos són més ràpids que els de vuit pisos, per tant, em plantejo demostrar de manera analítica la següent hipòtesi:

“Els castells de nou pisos es coronen més de pressa que els de vuit pisos.”

Aquest temps també és clau per carregar el 9de9f així que buscarem el temps teòric en què haurien de carregar aquest castell els Castellers de Vilafranca, la Colla Jove Xiquets de Tarragona i la Colla Vella Xiquets de Valls.

Per calcular aquest temps hem de saber si hi ha diferència de temps entre un castell de vuit pisos i un de nou. Hem decidit utilitzar un castell amb una estructura complexa igual que el nou i hem utilitzat el 5de8 i el 5de9f.

Hem calculat el temps, fins a la carregada, és a dir des que sonen gralles que és quan es considera intent vàlid fins a l'aleta de l'enxaneta, de cinc intents de 5de8, tots ells descarregats, de les tres colles. Creant la següent taula.

El 5de8			
COLLES/INTENTS	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona
1	82,24	91,6	77,43
2	91,6	86,09	74,1
3	85,83	80,66	70,62
4	84,29	96,26	85,77
5	98,21	84,04	76,25

En la taula es pot observar els 25 temps que hem cronometrat fins a la carregada, tots ells en segons.

El valor més baix que podem observar és de 70,62 segons i el més alt de 98,21 segons el que suposa una gran diferència.

Hem calculat els mateixos temps en el 5de9f per veure si hi havia diferència i el resultat és el de la taula.

En el 5de9f podem observar que els valors no són tan alts donant-nos com a valor més petit 62,64 segons i com a més gran 89,71 segons.

El 5de9f			
COLLES/INTENTS	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona
1	80,59	78,1	72,17
2	70,09	75,65	62,64
3	81,73	76,02	67,59
4	77,73	86,89	65,76
5	89,71	78,55	74,32

Comparant les dues taules podem veure que el 5de9f es fa més de pressa que el 5de8, això es deu que el 5de9f és un castell que pesa molt i fer-lo més ràpid que el 5de8 pot ser clau per descarregar-lo.

En aquesta taula he calculat la mitjana aritmètica dels dos castells de les cinc colles i la mitjana total.

	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona	Mitjana
5de8	88,434	87,730	76,834	84,333
5de9f	79,970	79,042	68,496	75,836

Ho he calculat utilitzant la següent fórmula:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N}$$

En aquest cas en la part del numerador he col·locat els cinc temps d'una colla i en el denominador he posat un 5, ja que és el nombre de dades que tenim de cada castell per colla.

Per calcular la mitjana aritmètica total he sumat en el numerador les mitjanes aritmètiques de cada colla i ho he dividit entre 3 que és nombre de colles que tenim.

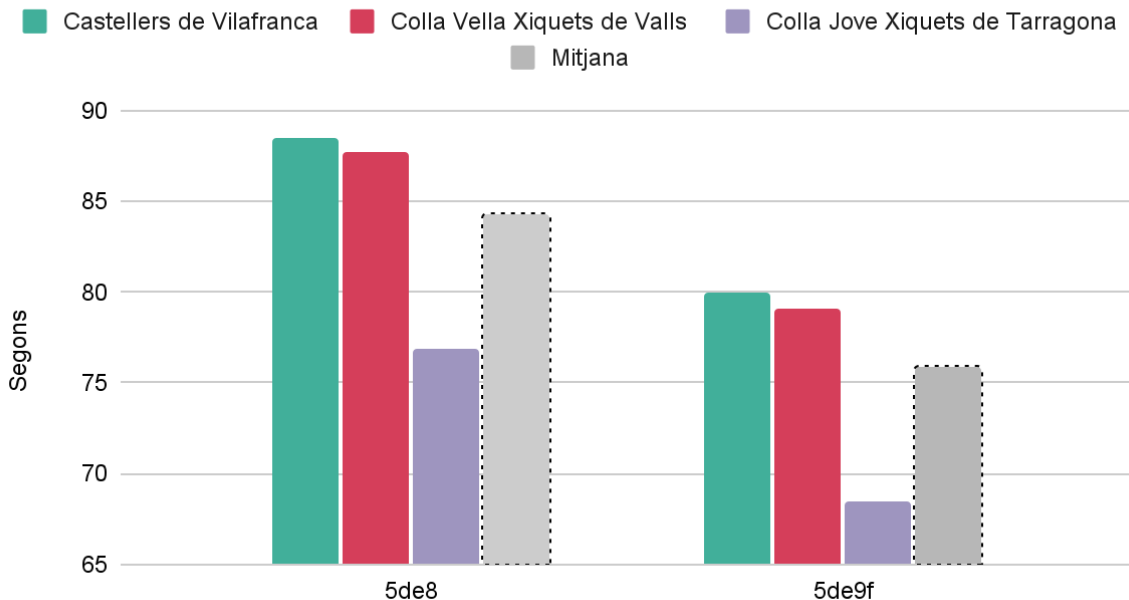
Per comparar les mitjanes aritmètiques he creat un gràfic.

Podem veure que la colla que fa aquest castell més ràpid és la Colla Jove Xiquets de Tarragona, amb un temps considerablement més baix que les altres dues colles.

Si mirem l'històric del 5de9f, trobem que la Colla Jove Xiquets de Tarragona ha descarregat 35 vegades aquest castell mentre la Colla Vella Xiquets de Valls 31 vegades i els Castellers de Vilafranca 19 vegades.

Aquesta rapidesa li dona una seguretat i estabilitat que fa que la Colla Jove Xiquets de Tarragona l'hagi descarregat més vegades.

Comparativa de temps de carregada del 5de8 i 5de9f



Per saber amb exactitud quan va més de pressa un castell de 8 pisos a un de 9 pisos calculem el percentatge de cada colla entre les dues mitjanes.

Obtenim els següents resultats:

PERCENTATGE MÉS RÀPID				
	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona	Mitjana
de castell de 8 a castell de 9	9,57%	9,90%	10,85%	10,08%

Aquests percentatges els he calculat de la manera següent:

$$\% \text{ de diferència} = \frac{\text{Temps 5de8} - \text{Temps 5de9f}}{\text{Temps de 5de8}} \times 100$$

Els resultats són similars el que ens demostra que els castells de 9 pisos es fan aproximadament un 10% que els de 8 pisos.

Per saber en quin és el temps teòric del 9de9f de les tres colles calculem el temps de carregada del 9de8 cinc vegades. En el cas dels Castellers de Vilafranca calculem el temps fins que l'enxaneta fa la primera aleta, ja que si no hi hauria molta variació de temps amb les altres colles.

El 9de8			
COLLES/INTENTS	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona
1	82,49	98,71	75,1
2	94,93	96,67	77,45
3	109,67	86,97	78,94
4	97,21	98,38	81,02
5	95,9	100,58	75,31

Amb les dades obtingudes calculem la mitjana aritmètica de cada colla i la total, li restem el percentatge que he calculat anteriorment per trobar el temps teòric del 9de9f.

Les dades del 9de9f són teòriques, però poden ajudar les colles a veure en quin temps haurien de fer aquest castell per augmentar la possibilitat de descarregar-lo.

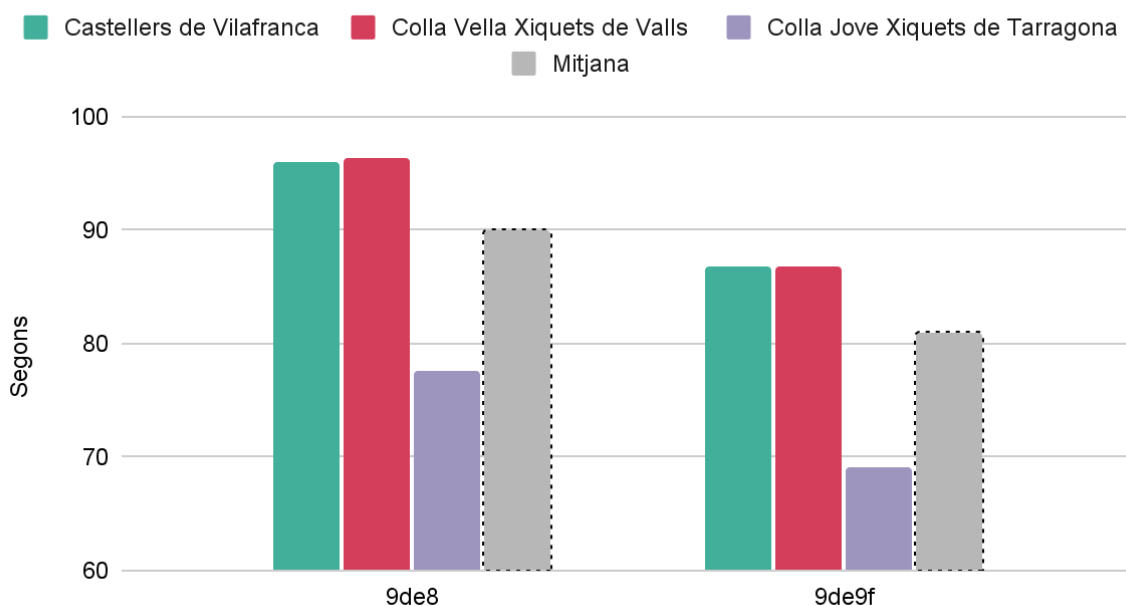
Castell	Castellers de Vilafranca	Colla Vella Xiquets de Valls	Colla Jove Xiquets de Tarragona	Mitjana
9de8	96,04	96,26	77,56	89,96
9de9f	86,85	86,73	69,15	80,89

Per acabar, faig un gràfic comparatiu.

Com veiem com passava amb el 5de8 i el 5de9f la Colla Jove Xiquets de Tarragona se situa per sota de la mitjana sent així la més ràpida, seguida de les altres dues colles molt empatades entre si.

Fins que aquestes colles no descarreguin el 9de9f no podrem saber si els temps reals s'aproximen als teòrics ni quin dels temps és millor per a fer aquest castell.

Comparació de temps en el 9de8 i 9de9f



2.3.1. Conclusions

En el món casteller hi ha un factor molt important a l'hora d'intentar castells de gran envergadura, el temps.

El temps d'execució d'un castell és clau per diversos factors:

- Seguretat: Com més ràpid es fa un castell menor és el risc d'exposició a caiguda.
- Estabilitat: Com més ràpid s'executa un castell més possibilitats de mantenir la postura i l'equilibri sobretot en castellers de tronc.
- La rapidesa dels castells pot ser un factor decisiu a l'hora de fer història al món casteller. Els castells només es donen com a vàlid quan es carreguen o quan es descarreguen. Quan les colles intenten fer un castell de gran dificultat per primer cop, intenten carregar-lo. En el cas del Concurs de Castells de Tarragona pot ser clau aquesta rapidesa per aconseguir una posició al podi o fins i tot guanyar.

El temps d'execució està marcat per un factor important que és el pom de dalt, ja que és qui corona el castell i són els més lleugers. Per aconseguir aquesta rapidesa, a l'assaig s'utilitzen diverses tècniques específiques perquè els més petits vagin més de pressa.

Finalment, com he demostrat amb aquests càlculs, podem afirmar la hipòtesi inicialment proposada. He observat una gran diferència de temps entre les colles analitzades i també entre els castells de vuit pisos i els de nou, un factor clau per aquest castell a causa de les seves dimensions i dificultat.

3. Conclusions finals

Per concloure aquest treball mirem si els objectius inicialment plantejats s'han complert.

- El primer objectiu es basava a analitzar l'estructura de la pinya i el folre del 9de9 amb folre, amb l'estudi realitzat hem comprovat que dues colles tenen plànols diferents i ajuntant els avantatges de totes dues he creat els meus propis plànols ideals.
- En el segon m'he centrat a buscar l'energia que acumula del 9de9 amb folre, i com hem pogut observar als resultats, aquest castell acumula molta més energia que els altres castells el que ens demostra que és un castell de gran dificultat.
- El tercer objectiu que m'havia plantejat es basa en la rapidesa del 9de9 amb folre. Després de comparar els temps de castells de tres colles he acabat trobant un temps teòric per assolir-lo amb èxit.
- Per acabar, he enviat aquest treball a la tècnica de la Colla Jove Xiquets de Tarragona on m'han dit que el tindran en compte a l'hora d'assajar aquest castell.

Per una altra banda, també he de comentar que he tingut algunes dificultats:

- A l'hora de crear la pinya i el folre no he tingut en compte les forces que hi actuen, una de les possibles millores seria a partir de la força que fa l'estructura del castell saber quantes persones hauria de posar al folre i a la pinya perquè suportes la massa de l'estructura.
- En la part del temps òptim hauríem d'esperar que cada colla descàrregues el castell per fer un nou estudi d'aquests temps veient si realment s'han complert o no.

- La Colla Jove Xiquets de Tarragona encara no ha assajat aquest castell i no puc saber si els ha servit la recerca.

Tot i això, aquest treball m'ha ajudat a conèixer més de prop aquest castell utilitzant els coneixements adquirits a l'institut per a poder entendre la dificultat del castell. Espero que ben aviat el podem veure a plaça descarregat i que el món casteller no pari mai de créixer desafiant la ciència.

4. Bibliografia web

Base de dades—CCCC. (s.d.). Recuperat 2 agost 2024, de

<https://castellscat.cat/ca/base-de-dades>

Castell.manies. (s.d.). Recuperat 20 juny 2024, de

<https://castell.manies.cat/castells>

Castells | Cultura Popular. (s.d.). Recuperat 14 juny 2024, de

<https://www.barcelona.cat/culturapopular/ca/ambits-festius/construccions-humanes/castells>

EDU365—Ciències de la naturalesa: Exercicis i problemes. (s.d.). Recuperat 13 agost 2024, de

https://edu365.cat/eso/bio_geo/problemes/gravitacio/index.html

Els Castells—CCCC. (s.d.). Recuperat 10 juny 2024, de

<https://castellscat.cat/ca/els-castells>

Estructures. (s.d.). Recuperat 7 agost 2024, de

<https://usuaris.tinet.cat/torraire/castells/estruct.htm>

Guia castellera per a principiants: Les parts d'un castell. (2014, juliol 16).

Xarxanet - Entitats i voluntariat de Catalunya per un món millor.

<https://xarxanet.org/cultural/noticies/guia-castellera-per-a-principiants-les-parts-d-un-castell>

Parts del castell. (s.d.). Recuperat 15 juny 2024, de

https://www.aldeaglobal.net/castellers/castells_parts.htm

Precio medio de la electricidad por meses: 2024 | preciodelaluz.com. (s.d.).

Recuperat 6 setembre 2024, de <https://preciodelaluz.com/precio-por-meses>

primeres mans—Diccionari casteller | TERMCAT. (s.d.). Recuperat 7 agost

2024, de <https://www.termcat.cat/es/diccionaris-en-linia/2/fitxa/NDA4MzAz>

Risc de lesió en els castellers partir del càlcul de l'energia potencial. (s.d.).

Recuperat 2 agost 2024, de

<https://www.apunts.org/en-pdf-XX886658198056491>

Taula de puntuacions 2024. (s.d.). Recuperat 2 agost 2024, de

<https://www.concursdecastells.cat/taula-de-puntuacions-2024-cdc>

User, S. (2023, novembre 1). *Els Castellers de Vilafranca fan història i carreguen l'inèdit 9 de 9 amb folre a la diada de Tots Sants*. El Cargol | El setmanari del Penedès.

<https://elcargol.com/mon-casteller/11461-els-castellers-de-vilafranca-fan-historia-i-carreguen-linedit-9-de-9-amb-folre-a-la-diada-de-tots-sants>

Viera, S. N. L. (2016). *Cuanto más constante es la velocidad de subida y bajada, menos peligr la estructura.*

Virgili, U. R. i. (s.d.). *L'energia potencial dels castells*. Castells de ciència.

Recuperat 9 juny 2024, de

<http://castellsciencia.urv.cat/ca/articles/7/l-energia-potencial-dels-castells>

Xics. (2011, abril 1). *Pesa molt un castell?* Xics de Granollers.

<https://www.xics.cat/pesa-molt-un-castell/>

5. Annexos

5.1. Annex 1: Càlcul de l'energia del 5de9f

Per extreure les conclusions del 9de9f he utilitzat els càlculs d'energia del 5de9f. Els adjunto a continuació.

EL FACTOR DE LA MASSA				
Pis	Nombre de castellers per pis	Massa mitjana d'un casteller del pis (kg)	Massa del pis sencer (kg)	Massa suportada per un casteller de cada pis (kg)
Enxaneta	1	22,5	22,5	0
Acoxador	2	22,5	45	0
Dosos	4	31,5	126	16,88
Sisens	5	47	235	38,70
Quints	5	55	275	85,70
Quarts	5	70	350	140,70
Terços	5	87	435	210,70
Segons	5	95	475	297,70
Baixos	5	95	475	392,70

L'ALÇADA DE CADA PIS DEL CASTELL				
Pis	Nombre de castellers per pis	Alçada de cada pis (de cap a cap) (m)	Alçada acumulada (m)	Alçada al centre de masses de cada pis (m)
Enxaneta	1	0,23	9,45	9,34
Acoxador	2	0,16	9,22	9,14
Dosos	4	0,75	9,06	8,69
Sisens	5	1,32	8,31	7,65
Quints	5	1,19	6,99	6,4
Quarts	5	1,29	5,8	5,16
Terços	5	1,37	4,51	3,83
Segons	5	1,57	3,14	2,36
Baixos	5	1,57	1,57	0,79

CÀLCUL DE L'ENERGIA DEL 5DE9F						
Pis	nombre de persones de cada pis	Massa del pis sencer (kg)	alçada al centre de masses de cada pis (m)	Energia del pis (J)	Energia del pis (cal)	Energia del pis (Wh)
Enxaneta	1	22,5	9,34	2,06E+03	4,93E+02	0,57
Acoxador	2	45	9,14	4,03E+03	9,65E+02	1,12
Dosos	4	126	8,69	1,07E+04	2,57E+03	2,98
Sisens	5	235	7,65	1,76E+04	4,22E+03	4,90
Quints	5	275	6,4	1,73E+04	4,13E+03	4,80
Quarts	5	350	5,16	1,77E+04	4,24E+03	4,92
Terços	5	435	3,83	1,63E+04	3,91E+03	4,54
Segons	5	475	2,36	1,10E+04	2,63E+03	3,05
Baixos	5	475	0,79	3,68E+03	8,81E+02	1,02
TOTAL D'ENERGIA AL TRONC				1,00E+05	2,40E+04	27,91
Folre	60	3900	2,36	9,03E+04	2,16E+04	25,08
Pinya	400	26000	0,79	2,01E+05	4,82E+04	55,97
TOTAL D'ENERGIA AL FOLRE I LA PINYA				2,92E+05	6,98E+04	81,05
ENERGIA TOTAL DEL 5DE9F				3,92E+05	9,38E+04	108,96

5.2. Annex 2: Comparació de les energies entre els diferents elements que formen un castell.

COMPARACIÓ D'ENERGIES			
Pis	5de9f	3de10fm	9de9f
Enxaneta	2061,57	2674	6184,71
Acoxador	4034,85	1891	6052,28
Dosos	10741,36	3018	16112,04
setens	0,00	10311	0
Sisens	17635,93	10082	31744,67
Quints	17265,60	10885	31078,08
Quarts	17716,86	10162	31890,35
Terços	16343,95	8201	29419,11
Segons	10997,01	5960	19794,62
Baixos	3681,20	2079	6626,16
Manilles	0	67575	0
Folre	90291,24	94605	151990,25
Pinya	201497,40	192521	302000,00
ENERGIA TOTAL (J)	392266,98	417289	633000,00

5.3. Annex 3: Càlcul velocitat inicial per frenar un cotxe

L'energia acumulada pel 9de9f és de 633000J fins a quina velocitat podríem accelerar un cotxe de massa 1500 kg?

Dades:

$$\Delta E_c = 633000 \text{ J}$$

$$m = 1500 \text{ kg}$$

$$v_i = 0 \text{ m/s}$$

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci}$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_i^2$$

$$633000 = \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} \cdot 1500 \cdot 0^2$$

$$\frac{633000}{\frac{1}{2} \cdot 1500} = v_f^2$$

$$\sqrt{844} = v_f$$

$$29,05 \text{ m/s} = v_f$$

$$104,59 \text{ km/h} = v_f$$

5.4. Annex 4: Càlcul de quants litres d'aigua podem escalfar

Volem escalfar aigua a temperatura ambient 20 °C fins al punt d'ebullició 100 °C. Sabent que la calor específica de l'aigua és $4184 \frac{J}{^{\circ}C \cdot L}$, quants litres podríem escalfar?

Dades:

$$Q = 633000 \text{ J}$$

$$\Delta T = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_e = 4184 \frac{J}{^{\circ}C \cdot L}$$

$$Q = m \cdot c_e \cdot \Delta T \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$633000 = m \cdot 4184 \cdot (100 - 20)$$

$$\frac{633000}{4184 \cdot (100 - 20)} = m$$

$$1,89 \text{ L} = m$$

5.5. Annex 5: Càlcul d'hores amb una bombeta encesa

Amb l'energia acumulada del 9d9f, quantes hores podria estar encesa una bombeta LED de 10 W?

Dades:

10 W = 10 J/s

E = 633000J

$$633000 \text{ Joules} \cdot \frac{1 \text{ segon}}{10 \text{ Joules}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segons}} = 17,58 \text{ hores}$$