

CASTELLS: TRENCANT ELS LÍMITS



Mariona Hernández García

2n Bachillerat Tecnològic

2025-2026

Ángel Lucas de la Cruz

Sant Gabriel, Viladecans

1. ABSTRACT

Aquest treball té com a finalitat, analitzar la física amagada dins dels castells, una activitat cultural tradicional a Catalunya. Gràcies al fet que faig castells des de fa vuit anys, m'he adonat que encara que des de fora sembla una estructura aguantada per força i coordinació, si ens fixem bé té tota una base de conceptes físics molt importants.

L'objectiu principal del treball és estudiar com es reparteixen les forces i els pesos dintre dels castells. També estudiar la viabilitat d'un castell d'onze pisos. A partir de les dades obtingudes comprendre les dificultats físiques que apareixen en afegir un pis als castells d'onze.

Per poder arribar a l'objectiu, s'ha fet ús de diverses metodologies. Primer de tot una recerca de documentals i pàgines oficials per obtenir tota la informació correcta. Després, una recopilació de dades reals a partir d'una enquesta amb 595 respostes castelleres, que han permès obtenir la mitjana de pes i altura segons la posició. Per acabar, realització d'esquemes per representar les forces.

Amb totes les dades obtingudes, s'han realitzat els càlculs físics necessaris per poder analitzar la física i el seu funcionament sobre el castell. El treball és principalment en un context científic, encara que hi ha una part social i cultural que aporta una explicació més profunda d'aquesta activitat tradicional.

The purpose of this work is to analyze the hidden physics behind castles, a traditional cultural activity in Catalonia. Thanks to the fact that I have been doing human towers for eight years, I have realized that although from outside it may seem like a structure held up by strength and coordination, if you look closely it has an entire foundation of very important physical concepts.

The main objective of this paper is to study how forces and weights are distributed within the human tower. It also aims to study the feasibility of an eleven-story human tower. Based on the data obtained, it seeks to understand the physical difficulties that arise when adding a floor to eleven-story human towers.

To achieve this objective, various methodologies were used. First, a search of documentaries and official websites to obtain all the correct information. Then, a compilation of real data from a survey with 595 casteller responses, which allowed me to obtain the average weight and height by position. Finally, the creation of diagrams to represent the forces.

With all the data obtained, I have performed the necessary physical calculations to analyze the physics and its operation on human towers. The work is primarily in a scientific context, although there is a social and cultural aspect that provides a deeper explanation of this traditional activity.

ÍNDEX

1. ABSTRACT.....	1
2. INTRODUCCIÓ.....	4
3. HISTÒRIA.....	6
3.1. Origen dels castells:.....	6
3.2. El Parèntesis: 1808 – 1849.....	6
3.3. La primera època d'or: 1851 – 1889.....	6
3.4. La decadència: 1889 – 1926.....	7
3.5. El renaixement i franquisme (1936-1975): 1926 – 1981.....	7
3.6. La Recuperació del carrer (1976-1990).....	8
3.7. La segona època d'or: 1981 – 1993.....	8
3.8. La època de platí: 1993 – actualitat.....	8
3.9 Bonus: 3de9sf el castell total.....	8
4. QUÈ SÓN ELS CASTELLS?.....	9
5. TIPUS DE CASTELLS:.....	10
5.1. CASTELLS SIMPLES:.....	10
5.2. CASTELLS COMPOSTOS:.....	12
6. LES TRES PARTS D'UN CASTELL.....	13
6.1. LA PINYA.....	13
6.2. EL TRONC.....	15
6.3. POM DE DALT.....	15
7. ENQUESTA.....	17
8. ESQUEMES DE LES FORCES:.....	25
8.1. Forces desde la part frontal d'una rengla.....	25
8.2. Forces des de la part lateral de dues rengles:.....	26
8.3. Fotografia des de més a prop.....	27
8.4. Perspectiva de les forces d'una rengla.....	28
9. TAULA DE MITJANES SOBRE EL PES I ALÇADA OBTINGUDA A L'ENQUESTA.....	29
TRONC.....	29
10. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS D'UN 4d8.....	31
10.1. DADES.....	32
10.2. PALANCA.....	32
10.3. FORÇA PINYA.....	33
10.4. FORÇA VERTICAL.....	33
11. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS UN 4d9f.....	34
11.1. DADES:.....	35
11.2. FORÇA VERTICAL (FY).....	35
11.3. ACCIÓ REACCIÓ DE LA PINYA.....	35
11.4. FORÇA QUE OBRE LA PINYA.....	35
11.5. PES DEL FOLRE.....	36
11.6. NOUS CÀLCULS AFEGINT EL PES.....	36
12. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS UN 4d10fm.....	37
12.1. DADES.....	38

13. Càlculs per un castell d'onze.....	39
13.1. CAS 1, 4D11fpm.....	39
13.1.1. DADES.....	39
13.1.2. FORÇA OBERTURA ALS PUNTALS.....	39
13.1.3. FORÇA OBERTURA A LES MANILLES (FOM).....	39
13.1.4. FORÇA OBERTURA AL FOLRE.....	39
13.1.5. FORÇA OBERTURA A LA PINYA.....	40
13.2. CAS 2, 4D11fm.....	40
13.2.1. FORÇA OBERTURA A LES MANILLES.....	40
13.2.1. FORÇA OBERTURA AL FOLRE.....	40
13.2.1. FORÇA OBERTURA A LA PINYA.....	40
14. CONCLUSIÓ.....	41
15. FONTS.....	42

AGRAÏMENTS

Vull agrair a les següents persones l'ajuda per la realització de les fotografies i el recolzament

- A l'Àngel Lucas de la Cruz, per tot el seu recolzament com a tutor.
- A la càtedra URV per a l'Estudi del Fet Castellens, per haver-me ofert la possibilitat de tenir una co-tutorització a l'hora de realitzar el treball.
- Al Roger Cabré Rodón, professor de la Universitat Rovira i Virgili, per la seva co-tutorització i l'orientació en els càlculs a realitzar.
- A tots els castellers de Castellers de Viladecans pel seu recolzament a l'hora de realitzar les estructures que s'han fotografiat per mostrar les forces dins del treball.
- Al Jose de la Llave i al Santiago Estruch per les seves fotografies de la colla.
- Als meus pares per recolzar-me durant tota la durada del treball.

2. INTRODUCCIÓ

Fa vuit anys que practico castells, una activitat que m'apassiona. Els castells son una activitat cultural de Catalunya i reconeguda com a Patrimoni Cultural Immaterial de la Humanitat desde fa 15 anys. Durant aquests vuit anys, la participació en construccions humanes ha estat una experiència especialment significativa per a mi.

Encara que desde fora pugui semblar només cosa de força i coordinació, si et fixes amb detall, hi ha una estructura molt complexa amagada, on trobem molts conceptes físics. Aquesta part oculta es la que sempre m'ha generat curiositat i preguntes que alguns cops no he trobat una resposta clara o convincent, pero la física les pot explicar millor.

Algunes de les preguntes son per exemple, si seria posible o que pasaria si alguna colla intentes fer un castell d'onze pisos, perquè és un repte tan complicat que cap colla ho ha intentat. Totes aquestes qestions tenen una resposta practica gracies a l'experiencies d'estar a un castell, però em desperta curiositat de trobar i entendre les dificultats físiques que hi ha darrere.

Per això, aquest treball se centra a buscar la física que es troba amagada en aquestes estructures, analitzant compensacions de pesos i comprovant si es poden superar el límit actual de deu pisos.

Encara que principalment la idea era analitzar al detall tota la física tant durat un castell com en una caiguda, després de mirar la complexitat del tema els objectius del treball seran:

- Analitzar la viabilitat física dels castells d'onze pisos
- Estudiar les forces i lleis físiques que actuen

Per poder complir els objectius d'aquest treball, s'ha fet ús de diferents mètodes. Primer una recerca de documentals castellers, ús de fonts oficials com la coordinadora de castells i recerca sobre conceptes físics relacionats. I encara saber molt gràcies a la practica, busqueda i pregunta sobre l'estructura. Després s'ha fet un treball de camp, gràcies a les bases de l'experiència i una recopilació de dades reals mitjançant una enquesta amb 595 respostes per obtenir una mitjana de pes i altura segons la posició dins del castell. Amb aquestes dades reals s'han fet els càlculs físics i esquemes de les forces per poder analitzar tot amb més detall.

Aquest treball està principalment dins d'un context científic, ja que la finalitat es analitzar la física amagada als castells. Encara que també trobem una part social i cultural, ja que s'explica detenidament les bases de la tradició i pot a ajudar a altres

castellers o persones a entendre millor la estructura tan complexa que tenen els castells.

Com s'acaba d'explicar el treball no es centra només als càlculs, sino que podem trobar principalment dues parts: la teòrica i la pràctica. A l'apartat de teoria s'explica la història del món casteller, i el funcionament dels castells, les seves parts i funcions, detallant també noms més tècnics que trobem al món casteller. En la part pràctica trobem els detalls sobre l'enquesta realitzada, una explicació detallada sobre les forces que actuen dins d'una pinya i tots els càlculs realitzats per resoldre els dubtes realitzats.

Finalment, hi ha la conclusió a les quals s'arriba per donar resposta als dubtes plantejats sobre la física amagada als castells.

3. HISTÒRIA

3.1. Origen dels castells:

Els castells van sortir de l'evolució del ball de valencians, una mostra de folklore que acabava amb una la construcció d'una figura humana. Aquest ball original del País Valencià, va arribar a Catalunya al segle XVIII va ser bastant popular a Tarragona, el Penedès i el Garraf. Amb el temps la figura final va anar agafant protagonisme amb el repte de fer-la cada cop més alta o complicada, amb el fi de superar-se a si mateixos i als altres grups de ball.

Finalment, a Valls aquesta competència es va transformar en centrar-se només en la figura i deixar de banda el ball i creant el que ara coneixem com a castells.

1770: Documentat el primer castell de la història tal com es coneixen actualment.

1790: Apareix el termini «castells» per diferenciar-lo del Ball de Valencians.

1805: Documentada la primera «dualitat» en els castells. Apareixen les dues colles de Valls: Colla dels Pagesos (Colla Vella) i Colla dels Menestrals (Colla Joves).

3.2. El Parèntesis: 1808 – 1849

L'activitat castellerà sofreix un retrocés a causa dels nombrosos conflictes bèl·lics de l'època:

- Invasió napoleònica (1808 – 1814).
- Primera guerra Carlina (1833 – 1840).
- Segona guerra Carlina (1846 – 1849).

Així i tot, en 1819 es documenta el primer 4de8 de la història, en el 1837 el primer Pde6 i Pde7 amb folre i en 1841 el primer 2de8 amb folre.

Es comencen a establir les actuacions amb caràcter anual als pobles i ciutats del Camp de Tarragona, entre les més destacades: Santa Úrsula a Valls, Santa Tecla a Tarragona i Sant Fèlix a Vilafranca del Penedès.

3.3. La primera època d'or: 1851 – 1889

La rivalitat entre les dues colles de Valls creix i amb això el nivell dels castells que s'executen. Els castells d'aquesta època que destaquen:

1851: Primer 3de9f. Festes de Santa Tecla a Tarragona.

1852: Primer 4de9f. Santa Úrsula a Valls.

1853: Primer 5de8. Festes de Santa Rosalía a Torredembarra.

- 1858:** Primer Pde8fm. Festes de la Mare de Déu d'Agost a Vallmoll.
- 1862:** Les dues colles de Valls aixequen simultàniament en 3de9f en Sant Fèlix a Vilafranca del Penedès.
- 1881:** Primer 4de9sf. Festes de Santa Tecla a Tarragona.
- 1883:** Primer 5de9f. Santa Úrsula a Valls.
- 1885:** Documentats els últims 3de9f i 4de9f del segle XIX en Tarragona i Valls respectivament.
- 1893:** Últim castell de 9 documentat en el segle vinent, realitzat al Vendrell

3.4. La decadència: 1889 – 1926

A partir de 1889 els castells viuen un període de decadència, un fort retrocés en la seva activitat, degut en part a les diferents plagues de fil·loxera en el cultiu de les vinyes, l'arribada del ferrocarril al Camp de Tarragona, amb la consegüent migració a les grans ciutats, i la irrupció dels balls populars i tradicionals com la sardana.

El sostre casteller de les colles de Valls durant aquesta època seran el 3de7 i el 4de7, a excepció de l'últim 4de8 de l'època de decadència, documentat el 1908. Els castells passen tan de moda quasi arribant al punt de desaparèixer.

3.5. El renaixement i franquisme (1936-1975): 1926 – 1981

Des del naixement dels castells fins uns 130 anys després, havia estat exclusiu de les dues colles de Valls, expandint-se pel territori. Però el 1926 es funden les primeres colles no vallenques, a Tarragona i el Vendrell. Augmentant la competitivitat i creant un fort creixement del món casteller, implementant les camises de color per diferenciar-se. Encara que més tard es van trobar amb un gran retrocés per la Guerra civil (1936-1939) no va fer que s'aturessin.

- **Cronologia de la recuperació:**

- 1933:** Primer 4de8 descarregat.
- 1934:** Primer 3de8 carregat.
- 1966:** Primer 3de8 descarregat.
- 1968:** Primer Pde6 descarregat.
- 1969:** Primer Pde7f descarregat i primer 5de8 carregat.
- 1970:** Primer 2de8f descarregat.

Encara que la guerra havia acabat els castells es troben sota el franquisme, aquesta dictadura no va prohibir els castells, ja que en aquells moments no estaven vistos com un símbol català, sinó com un espectacle local.

Al llarg dels anys 50 i 60 es recupera la normalitat i amb la rivalitat entre les colles de valls i la resta es guanya vitalitat. El 1969 neix la colla de Barcelona, primera

colla fora de la zona tradicional sent els primers castellers que no cobraven.

3.6. La Recuperació del carrer (1976-1990)

La transició cap a la democràcia comporta un moviment social de recuperació del carrer i de reivindicació de la cultura catalana. En aquest context continuen sorgint noves colles fora de l'àrea tradicional castellera que plantegen un nou model de colla precursora de la integració total de les dones. És en aquest moment quan els castells s'impregnen de molts dels valors actuals: es converteixen en una activitat altruista i integradora i es comencen a concebre com un símbol de país.

3.7. La segona època d'or: 1981 – 1993

El creixement a nivell casteller en l'anterior etapa, fa eclosió definitivament en aquesta, on per primera vegada en el segle XX es descarreguen el 5de8 (1981), el 4de9f (1981) i el 3de9f (1986). Anteriorment, ja han nascut colles amb un fort caràcter integrador, com és el cas de Minyons de Terrassa (1979), sent la primera colla que integra per complet a la dona en el món casteller.

3.8. La època de platí: 1993 – actualitat

Aquesta és l'època de més esplendor dels castells. Tornen els castells mítics de la primera època d'or i castells inèdits i de màxima dificultat que mai havien estat provats abans, com el 2de8sf (1990) 2de9fm (1993), el Pde8fm (1995), el 5de9f (1996) o el 4de9sf (1998). En aquesta època també es donen els dos grans «booms» de creació de colles castelleres, la primera en 1991 i l'última en 2012.

Si s'ha de donar importància a alguna cosa d'aquesta època, són, sens dubte els castells de 10 pisos. Castells que mai a la història s'havien provat, i que ha suposat el nou sostre dels castells en els seus 250 anys d'història. Castellers de Vilafranca amb el 3de10fm, ho aconsegueix carregar en 1998 i només una setmana més tard, Minyons de Terrassa ho aconsegua descarregar. Aquesta última colla també ha tingut l'honor de ser la primera a provar i descarregar el 4de10fm (2015).

3.9 Bonus: 3de9sf el castell total

El 27 d'octubre de 2019, en la diada de Santa Úrsula, a Valls, el món casteller va ser testimoni de com es carregava per primera vegada en tota la història el 3de9sf. Van ser les dues colles de Valls, en la mateixa plaça i el mateix dia, la Colla Vella, en primer lloc, i la Colla Joves tan sols una hora després.

4. QUÈ SÓN ELS CASTELLS?

Els castells són construccions humanes formades per diferents pisos i amb una estructura definida. S'anomenen mitjançant dos paràmetres:

- El nombre de persones que formen cada pis
- El nombre de pisos de què consta.

El primer nombre indica el nombre de persones que hi ha a cada pis, seguit pel nombre de pisos totals (per exemple: 4d8 significa quatre persones per pis i vuit pisos d'alçada). Així, si en cada pis hi ha tres persones i hi ha set pisos el castell es dirà 3d7.

En canvi, els pilars s'escriuen de diferent manera, es posa una P (pilar), una d (de) i el número corresponent al nombre de pisos. Un exemple seria Pd6, pilar de 6 pisos d'alçada.

Hi ha casos on al final es posen unes inicials per descriure components que pot tindre un castell:

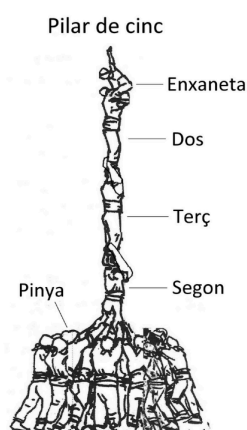
- **f:** els castells amb folre com el 4d9, normalment són castells que va amb folre, això es pot indicar posant una "f" al final 4d9f.
- **fm:** En posar un pis més com als castells de 10 trobem folre i manilles, cosa que s'indica afegint "fm" al final 4d10fm.
- **fmp:** En aquest cas trobem el pilar de 9 una estructura que conté folre, manilles i puntals, i que s'anomena Pd9fmp
- **a/p:** Quan trobem una "a/p" al final, significa el castell és amb agulla/ pilar, 4d7a.
- **cam:** En posar això al final indica que és caminat fins al moment es fa servir als pilars, Pd4cam.
- **s:** Finalment, quan hi ha una "s" al final és que el castell és per sota.

5. TIPUS DE CASTELLS:

5.1. CASTELLS SIMPLES:

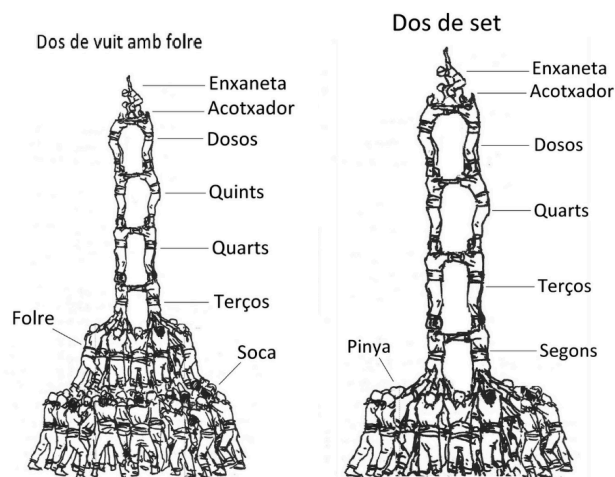
Els castells simples són aquells que tenen una estructura bàsica, fent que siguin els més vistos a plaça i uns dels més fàcils de fer.

- **El Pilar:** és el castell més bàsic que es pot fer. En ell s'hi pot veure una única rengla 1, només una persona sobre l'altre.



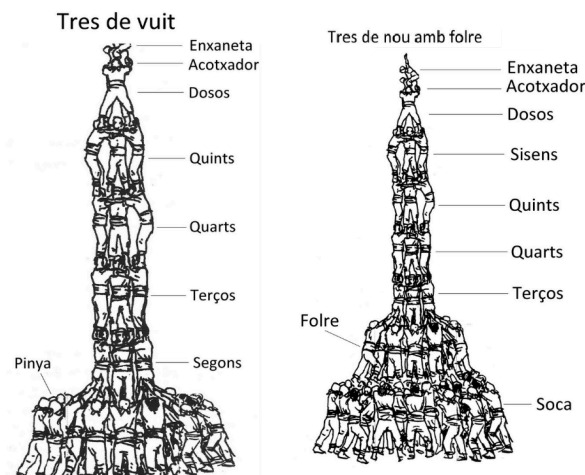
**Font: Castells: Allò que no es veu*

- **La Torre o el dos:** és un castell constituït per dos membres a cada pis. És un dels castells base amb més dificultat, ja que al ser només dos la inestabilitat lateral augmenta significativament.



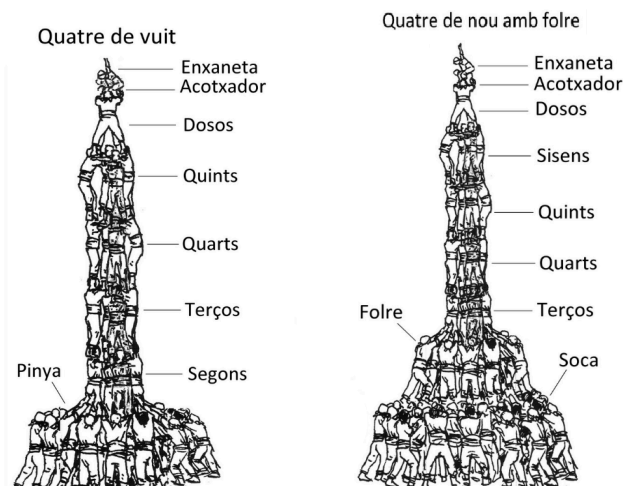
**Font: Castells: Allò que no es veu*

- **El Tres:** és un castell de tres rengles és a dir, de tres persones per pis. Cada rengla té el seu nom. La primera es diu rengla, en aquesta, els dosos posa els dos peus sobre la mateixa persona (dos tancat). La segona s'anomena plena, ja que puja l'altre dosos i l'enxaneta fent que tingui el nombre més gran de persones pujant. En aquest cas el dos col·loca un peu a cada rengla. Finalment, la buida es on col·loca el segon peu el dos obert i per on puja l'acotxador.



**Font: Castells: Allò que no es veu*

- **El Quatre:** és l'últim castell d'estructura simple i consta de quatre rengles. La peculiaritat d'aquest castell és que els dosos posen només un peu a cada espatlla del casteller que està al pis inferior.



**Font: Castells: Allò que no es veu*

5.2. CASTELLS COMPOSTOS:

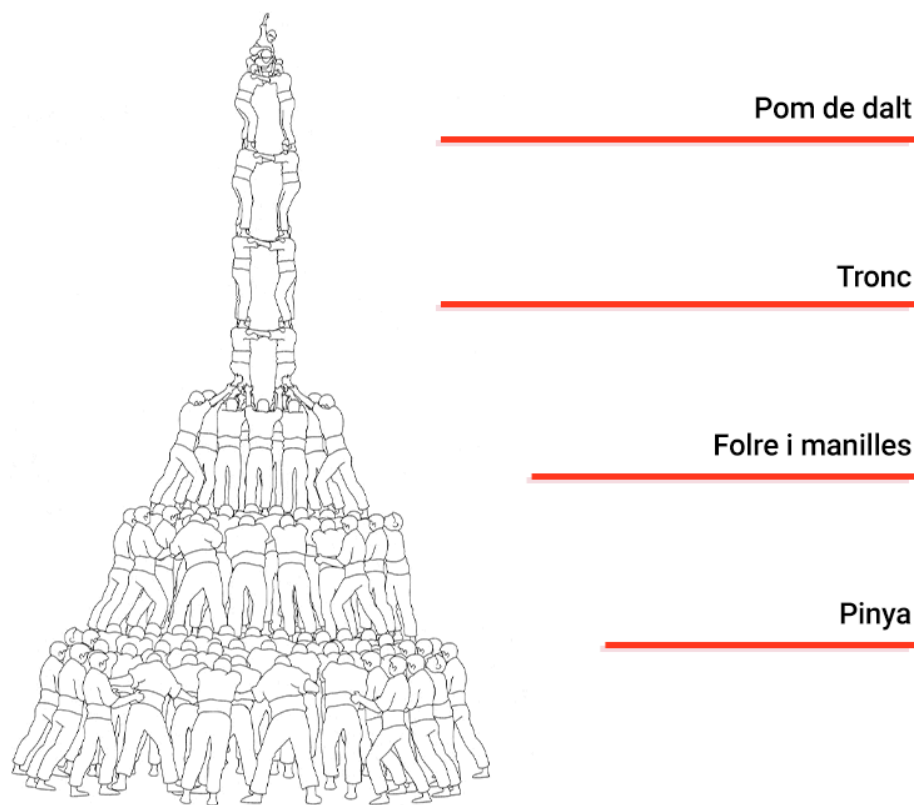
Un Castell compost és aquell castell que està format per la unió de dues o més estructures simples. Aquests castells són:

- **El Cinc:** és un castell format per un tres i una torre que està enganxada a la rengla del tres. Aquest castell consta de cinc persones per pis, quatre dosos, dos acotxadors i una enxaneta que ha de coronar dos poms de dalt.
- **El Set:** aquest castell consta d'un quatre com a figura central i d'un tres que s'adhereix a una de les rengles del quatre. Consta de set persones per pis, quatre dosos, dos acotxadors i pot ser coronat per una o per dues enxanetes. Tant si és amb una com amb dues s'han de fer dues aletes sinó, no es considera carregat.
- **El Nou:** aquest castell, d'estructura composta, és poc freqüent per la quantitat de persones que la formen. Consta d'un tres central, al qual s'adhereixen tres torres, una a cada rengla del tres. Consta de sis dosos, tres acotxadors i una o tres enxanetes. Es considera carregat quan les tres enxanetes han fet les seves respectives aletes.

Castells amb Pilar o Agulla: Aquest castell té la mateixa pot tindre l'estructura d'un tres, un quatre, un cinc o un set. La diferència és que mentre es fa el castell es munta un pilar al mig. Quan l'enxaneta ha coronat el castell exterior ha de baixar i aturar-se al pis de dosos i entra dins del pilar a fer d'enxaneta. Mentre el castell es va desmuntant el pilar es comença a veure i no es carrega el castell fins que l'estructura exterior ha estat del tot desmuntat. Aleshores el pilar interior s'ha de desmuntar per considerar-lo descarregat.

Els castells aixecats per sota: Aquests castells acostumen a ser castells d'estructura simple, però en lloc de pujar els castellers, el castell és aixecat per la pinya. Es podria dir que per fer aquest castell és començar la casa per la teulada perquè els primers pisos a veure's són els últims a pujar en un castell normal. Per exemple: en un pilar l'últim a pujar és l'enxaneta, però en aquest cas l'enxaneta és el primer casteller que es veu enlairar-se. L'estructura del castell aixecat per sota s'ha fet amb el pilar, la torre i el tres, tot i que en algunes ocasions, s'ha arribat a veure el quatre aixecat per sota. Per poder fer aquest castell s'ha de tenir una pinya molt forta perquè és aquesta la que aixeca tot el castell.

6. LES TRES PARTS D'UN CASTELL



**Font: Castells: Allò que no es veu*

6.1. LA PINYA

La pinya és la part inferior del castell, on trobem la quantitat més gran de gent. Té dues funcions principals, la primera és donar estabilitat a la base del castell i força per aguantar-la. La segona és amortir en cas de caiguda. Cada persona té la seva posició, cadascuna d'aquestes té la seva tècnica i aportació cap a la pinya formant un treball en equip on tots els llocs són essencials.

Les normes més importants a la pinya són sempre mantenir el cap avall per no fer-se mal en cas de caiguda, l'única posició que pot mirar amunt és el cordó de seguretat. És molt important el silenci.

PRIMERES MANS: Encarregat d'agafar el cul de la persona que està a dalt evitant els màxims moviments cap enrere i traient pes al baix.

LATERAL: Cada persona que puja sobre la pinya en té dos, un a cada costat, ajuden a controlar els moviments laterals mentre fan força cap amunt.

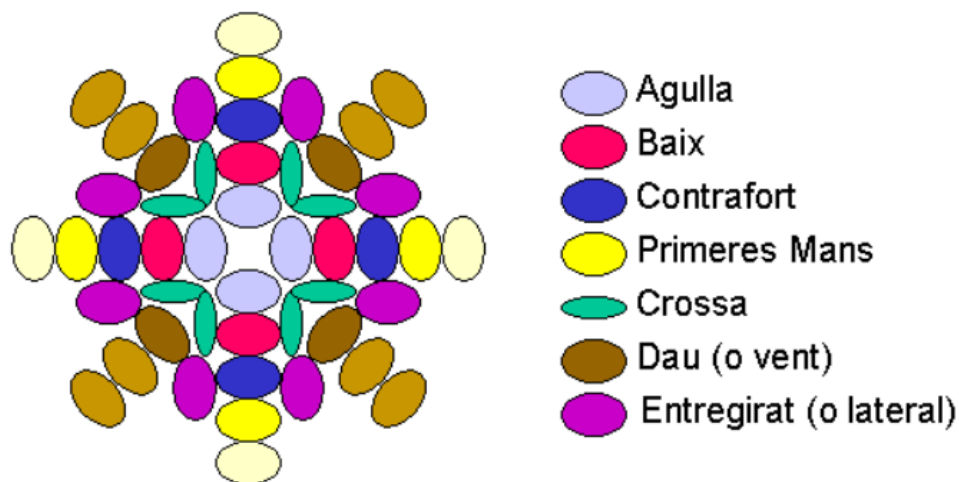
VENT: fa d'estabilitzador entre columnes per evitar que s'ajuntin entre elles.

CONTRAFORT: Es troba darrere del baix, la seva funció és en cas de problema ajudar a no enfonsar-se.

CROSSES: Com ve ho explica el nom es posen sota les aixelles per ajudar en tot moment al baix si se'n va de costat.

AGULLA: Es troba al centre de la pinya fixant els genolls del que puja evitant que se'n vagi davant i és l'encarregada de transmetre la informació del que està amunt amb el baix i anar informant per on va el castell.

ÚLTIM CORDÓ: Al contrari de tots els cordons que es troben pitjats per no deixar forats, l'últim cordó es troba al final fent força amb els braços estesos a les espatlles. Encara que no ho sembli tenen una funció molt important al ser els únics que poden mirar amunt. S'encarreguen d'evitar que la pinya s'obri en cas de caiguda i vigilen que ningú caigui a terra.



**Font: Estructures de la pinya*

Què passa quan els castells són molt alts?

Quan els castells comencen a ser massa alts es construeix sobre la pinya una altra anomenada folre, se solen veure a castells de 9 pisos i algun de 8 com la torre. Quan el castell ja arriba als 10 pisos es torna a fer el mateix construint tres pinyes una sobre de l'altre: pinya, folre i manilles. I

fins al moment només s'ha fet una construcció que requereixi una quarta pinya anomenada puntals i és el pilar de nou pisos.

6.2. EL TRONC

És la part central del castell i la que li dona l'alçada. Els castellers que formen el tronc necessiten tanta força com equilibri i tècnica. És molt important saber reaccionar davant de qualsevol canvi que pugui afectar a l'estabilitat i no perdre els nervis mai. Per saber el nom dels pisos es comença des del baix que el tapa la pinya, seguit de segon, terços...

BAIXOS/ES: Baixos estan formats per castellers que han de suportar tot el pes del castell realitzat. Estan a l'altura de la pinya.

SEGONS/ES: Estan formats per castellers situats en el segon pis que han d'aguantar el pes dels pisos superiors i evitar que el castell no perdi la forma. Són un dels punts més importants del castell.

TERÇOS/ES: Han de combinar a la perfecció la força, l'equilibri i la resistència perquè no reben l'ajut de la pinya. En els castells folrats reben ajuda, però no és tan sòlida com la que pot donar la pinya.

QUARTS/ES: Estan situats en el quart pis i en els castells formats per folre i manilles reben l'ajut de l'equip de mans de les manilles.

QUITS/ES: Ocupen el cinquè pis a partir dels castells de vuit pisos, i ja no reben l'ajut de cap mena de casteller, tal com passa en els següents pisos.

SISENS/SISENES: Ocupen el sisè pis a partir dels castells de nou pisos.

SETENS/SETENES: Ocupen el setè pis a partir dels castells de deu pisos.

6.3. POM DE DALT

És la part més alta on es troben majoritàriament els nens o canalla. Van sempre amb casc i han de ser ràpids, àgils i molt valents, ja que si dubten i allarguen la durada del castell és molt perillós. En aquesta part trobem tres posicions:

DOSOS: Són els nens més grans del pom, que ajudant-se entre ells s'encarreguen d'aguantar a l'acotxador i l'enxaneta.

ACOTXADOR: És el més petit del castell, s'enfila amunt dels dosos en posició de granota esperant que l'enxaneta país.

ENXANETA: És l'encarregada d'arribar a la punta i fer l'aleta coronant el castell.



7. ENQUESTA

Per preparar-me pels càlculs, necessitava tenir dades de castells reals. Dades relacionades al pes i l'alçada dels castellers que ocupen cada pis del castell. Podia utilitzar les de la gent de la meva colla però era insuficient ja que tot just aquest any ens hem convertit en colla de 7 pisos.

Així que vaig realitzar una enquesta per agafar dades reals de les colles. L'enquesta va ser dirigida a més de 100 colles. Vaig obtenir un total de 595 respostes de castellers i castelleres de 54 colles diferents, cobrint tots els tipus de castells, des de 6 pisos fins a 10, i obtenint dades molt valuoses pel meu treball.

L'enquesta estava dividida en diferents seccions que passo a explicar a continuació.

Física Castellera

Soc la Mariona Hernández Garcia, alumna de 2n de Batxillerat, i estic fent el meu treball de recerca sobre **la física que es troba dins dels castells**.

Aquest formulari té com a objectiu recollir dades reals de castelleres i castellers de diferents posicions tant de tronc com de pinya, per analitzar com actua la física en les estructures castelleres, en l'estabilitat, en les caigudes i en els límits físics del cos humà.

 **Les dades seran totalment anònimes** i només s'utilitzaran per a finalitats acadèmiques.

Si formes part d'una colla castellera, la teva resposta m'ajudarà moltíssim a entendre millor aquest món des d'un punt de vista científic.

 **Només et portarà 2-3 minuts.**

Moltes gràcies per participar-hi!

*** Indica que la pregunta es obligatoria**

El primer que trobem a l'entrar a l'enquesta és una explicació sobre la necessitat de les dades i l'anonimat d'aquestes.

A quina colla pertany? *

Elige ▼

Alçada en cm *

Tu respuesta

Edat *

Tu respuesta

Pes en Kg *

Tu respuesta

A quina part del castell et trobes? *

☐ Canalla

☐ Tronc

☐ Manilles

☐ Folre

☐ Pinya

Seguidament, trobem quatre preguntes, la primera és per saber de què colla formes part i així facilitar-me després saber la magnitud dels castells als quals es refereixen. Posteriorment, vaig preguntar l'alçada i el pes, això em servirà per als futurs càlculs sabent la mitjana de pes i alçada a cada posició. Crec que obtingut les dades esperades i necessàries per poder treure les mitjanes.

L'última part és per fer preguntes més específiques segons la part del castell i la posició.

Canalla

Si ets dels més petits i t'enfiles fins a dalt de tot... aquest és el teu espai! 🧑🏻

Necessito algunes dades per entendre com influeix el pes i l'alçada a la part més alta del castell. Que no et faci por: només és per fer una mica de ciència casteller! 😊

Posició que realitzes (pot ser més d'una) *

☐ Enxaneta
 ☐ Acotxador/Cassoleta
 ☐ Dossos

Et trobes en alguna altra part? *

☐ Tronc
 ☐ Manilles
 ☐ Folre
 ☐ Pinya
 ☐ No

La primera part és canalla, on solen estar els nens. Encara que després de veure els resultats hi ha diverses colles que utilitzen gent baixeta per fer de canalla. Volia saber quin pes i alçada feia la canalla. He de dir que m'hauria agradat aconseguir més respostes.

Es torna a preguntar si es troben en alguna altra part del castell, normalment quasi tota la gent està a més d'un lloc. Les úniques persones que no, són gent que només es troba a pinya o els nens.

Tronc						
Aquí van les persones que aguanten fort i amb equilibri al mig del castell! 🍌 Si formes part del tronc, m'ajudaràs molt compartint algunes dades per veure com es reparteixen les forces i com afecta tot això a l'estabilitat del castell. Gràcies per donar-hi el cos... i ara també el cap!						
Posició que has fet depenent l'alçada del castell (Pots marcar més d'una resposta)						
	6	7	8	9sf	9f	10fm
Baix	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Segon/a	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Terç/a	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Quart/a	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Quint/a	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sisè/na	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Setè/na	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Et trobes en alguna altra part? * ☐ Canalla ☐ Manilles ☐ Folre ☐ Pinya ☐ No						

El següent pis que trobem és el tronc, el meu objectiu amb aquest apartat era saber a quin pis es trobaven segons els castells que fa la seva colla. Els noms en vertical és el pis on es troba i els horitzontals és l'alçada del castell. Gràcies a això podrem veure la mitjana de pes i alçada de la persona a cada pis. I a més comparant puc deduir quan canvia el pes d'una colla que comença a fer castells d'un pis més amb altres que ja fa temps que fan aquell pis.

El resultat d'aquest apartat ha estat molt bo perquè he obtingut moltes respostes. Encara que hi ha hagut dificultats per obtenir respostes de gent dels castells més alts.

Manilles

Si ets d'aquells que es troba entre el folre i el cel, aquest apartat és per a tu! 🗨️

Les manilles sou claus en castells alts, i vull entendre millor com us afecta el pes i quina funció física teniu.

Posició que realitzes (pot ser més d'una) *

☐ Agulla
☐ Contrafort/ Home del darrere
☐ Crossa
☐ Primeres
☐ Lateral / Girat
☐ Diagonal
☐ Vent/ Mà i Mà/ Dau
☐ Escaleta
☐ Otro: _____

Et trobes en alguna altra part? *

☐ Canalla
☐ Tronc
☐ Folre
☐ Pinya
☐ No

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

En aquest apartat ja entrem als pisos inferiors començant per les manilles (és una pinya sobre dos més) normalment es troben els castells de 10 i algun de 9. Són els encarregats de parar els moviments del tronc i donar-los suport. Per això m'és útil saber l'altura i pes a cada posició, ja que són gent que puja dos pisos, però han d'aguantar l'estructura del castell. Els resultats obtinguts en aquest apartat han sigut bons però no suficient. Amb la falta de respostes de colles grans la resposta d'aquesta part ha estat escassa.

Folre

El folre fa de base reforçada i vull saber com es viu des de dins. Algunes dades sobre vosaltres em permetran analitzar millor la feina tan important que feu. Moltes gràcies per fer de muralla humana!

Posició que realitzes (pot ser més d'una) *

☐ Agulla

☐ Contrafort/ Home del darrere

☐ Crossa

☐ Primeres

☐ Lateral / Girat

☐ Vent/ Mà i Mà/ Dau

☐ Escaleta

☐ Diagonal

Et trobes en alguna altra part? *

☐ Canalla

☐ Tronc

☐ Manilles

☐ Pinya

☐ No

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

Un pis per sota trobem el folre, que pot ser la base del tronc o com el terra per les manilles. Llavors aquestes dades ajuden a saber les característiques de la gent capaç d'aguantar una pinya mentre s'aguanten sobre una altra.

Encara que he obtingut més respostes que a les manilles m'hauria agradat tenir-ne més.

Pinya

Si ets dels que sempre està a sota, suant, empenyent i salvant caigudes... sou els herois silenciosos del castell! 🧠

Aquest espai és per conèixer millor com funciona la pinya a nivell físic: pressió, repartiment del pes i molt més. A veure si la ciència sap estar a l'alçada de la vostra força!

Posició que realitzes (pot ser més d'una) *

☐ Agulla
☐ Contrafort/ Home del darrere
☐ Crossa
☐ Primeres
☐ Lateral / Girat
☐ Vent/ Mà i Mà/ Dau
☐ Tap

Et trobes en alguna altra part? *

☐ Canalla
☐ Tronc
☐ Manilles
☐ Folre
☐ No

Atrás

Siguiente

Borrar formulario

La pinya és el pis que toca de peus a terra i pot ser la base del tronc, el suport del folre o fins i tot el suport del folre i les manilles. Encara que l'equilibri no és fonamental la força que s'ha d'exercir és impressionant, per això obtenir dades sobre les característiques de la gent m'ajudaria a saber l'alçada o pes mínim que requereix cada posició.

En aquest cas, al contrari que els dos últims he aconseguit moltes respostes. Inclús més de les esperades.

Última pregunta

Voldries que la teva colla pugés un pis? *

☐ Si

☐ No

Creus que la gent de la teva colla voldria pujar un pis? *

1

2

3

4

5

Ningú

☐
☐
☐
☐
☐

Tothom

Segons tu, quines creus que són les dificultats que ha de superar una colla per assolir un pis més en els castells? *

Tu respuesta

Atrás

Enviar

Borrar formulario

Finalment, en aquest apartat trobem preguntes enfocades al creixement de les colles. La intenció era recopilar una mica dades de l'interès casteller de continuar creixent i pujant pisos. A banda de veure des d'altres punts de vista quines coses afecten el creixement de les colles. Crec que he tingut un bon resultat de molt interès a pujar pisos i alguns que m'han donat més idees de quines dificultats impedeixen aquest creixement.

8. ESQUEMES DE LES FORCES:

8.1. Forces desde la part frontal d'una rengla

Podem veure una persona que representa una rengla del castell i la direcció del pes cap avall, indicada amb les fletxes. Per tal de reduir una part del pes que rep el baix, trobem diverses posicions a la pinya.

Situats a cada costat del baix hi ha els laterals, que aguanten la cama de la persona que puja i ajuden a evitar els moviments laterals del tronc, aportant estabilitat. Les altres dues persones, que només ajuden amb una mà, són els vents. En una pinya completa, l'altra mà estaria col·locada sobre una altra rengla, ajudant a evitar que les rengles s'ajuntin entre elles i contribueix a mantenir la forma del castell.

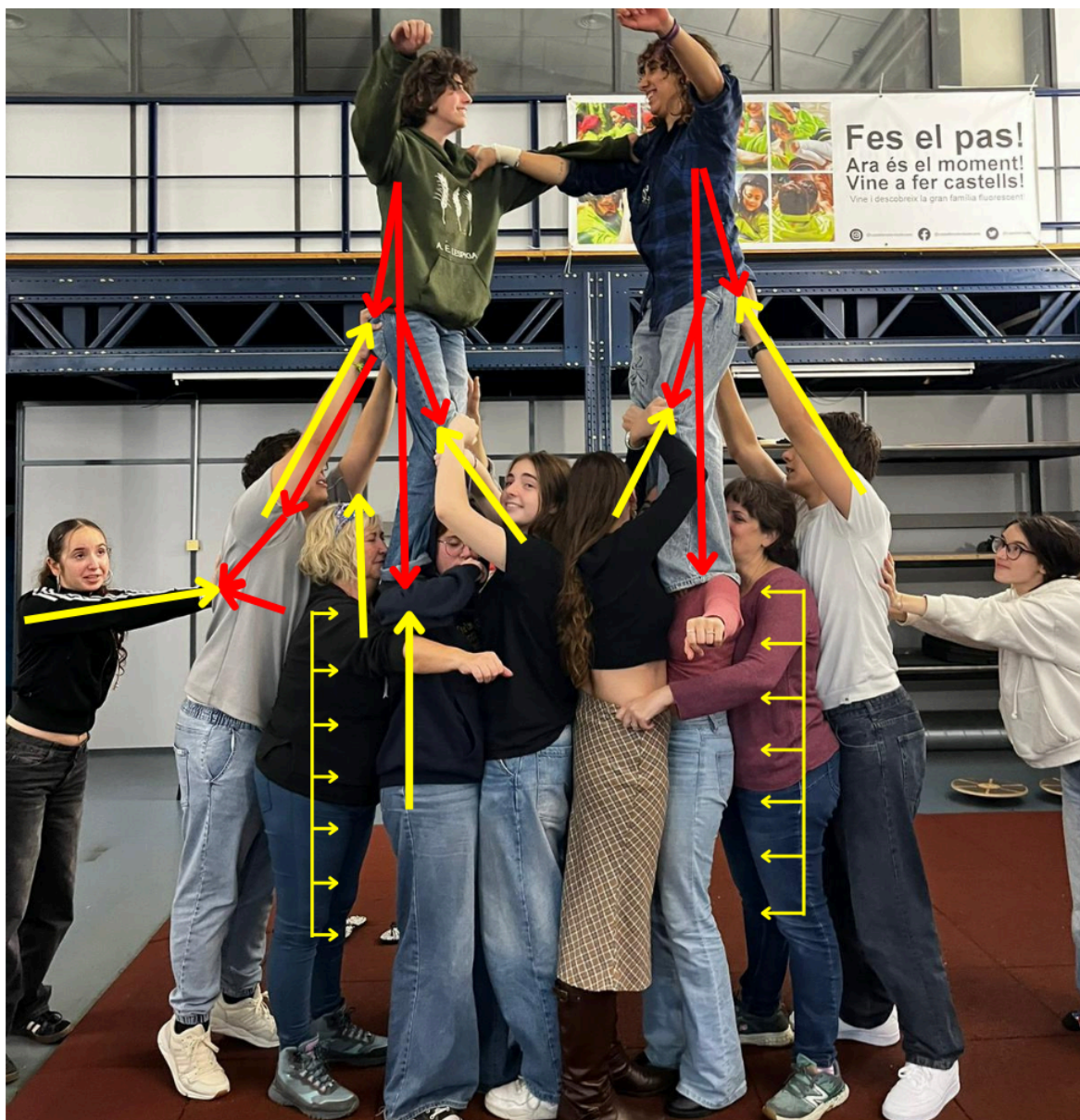
Finalment, sota les aixelles del baix trobem les crosses, una a cada banda, que ajuden a alleugerir el pes que suporta el baix i, en casos extrems, a evitar que s'enfonsi. Totes aquestes posicions, a més de complir la seva funció específica, fan força cap amunt, compensant una part del pes total que baixa pel tronc del castell.



8.2. Forces des de la part lateral de dues rengles:

En aquesta fotografia podem veure la rengla des del lateral, on es pot apreciar com les forces que provenen dels castells no són completament verticals, sinó que la persona en contacte amb la pinya està una mica assegurada repartint els pesos entre les diferents posicions.

A la part posterior es troba les primeres mans (persona que aguanta des de la part posterior per evitar que la persona s'assegui massa), l'agulla està agafant els genolls per controlar que no se'n vagi tot cap endavant. Després tenim el baix, que es troba just a sota de la persona pujada, com aguanta molt de pes té a una persona darrere anomenada contrafort per evitar que s'enfonsi i donar un cop de mà amb el pes. Finalment, trobem als cordons, en aquesta foto estan representats per l'última persona que veiem a cada costat. La seva funció és fer força endavant i amunt per aconseguir una pinya compacta i que no es pugui obrir.



8.3. Fotografia des de més a prop



8.4. Perspectiva de les forces d'una rengla



9. TAULA DE MITJANES SOBRE EL PES I ALÇADA OBTINGUDA A L'ENQUESTA

CANALLA							
PES	DOSOS	ACOTXADOR	ENXANETA	ALÇADA	DOSOS	ACOTXADOR	ENXANETA
	47,15	31	32,58		154,66	135,5	138,5

TRONC							
PES	BAIXOS	SEGONS	TERÇ	QUART	QUINT	SISÈ	SETE
6	74,34	74,9	56,85				
7	79,17	81,93	65,61	53,37			
8	77,31	82,29	73,4	62,3	52,6		
9f	78,33	89,75	77	75,25	64	55,5	
10fm		95	71	77	64	64	47
ALÇADA	BAIXOS	SEGONS	TERÇ	QUART	QUINT	SISÈ	SETE
6	167,4	172,2	160,87				
7	167,23	175,04	168,46	160,05			
8	163,56	173,29	173,3	165,1	158,6		
9f	169	177,5	171	173	170	162	
10fm		180	170	171	170	170	154

MANILLES							
PES	LATERAL	CONTRAFORT	VENT	ALÇADA	LATERAL	CONTRAFORT	VENT
	69,6	71	75		176,2	170	184

FOLRE								
PES	AGULLA	CONTRAFORT	CROSSA	PRIMERES	LATERAL	DIAGONAL	VENT	ESCA LETA
	73,67	71,83	57	82,83	67,75	90	75	63,57
ALÇADA	AGULLA	CONTRAFORT	CROSSA	PRIMERES	LATERAL	DIAGONAL	VENT	ESCA LETA
	176,33	172,08	164,5	185,33	176,42	181	184,7	167,14

PINYA							
PES	AGULLA	CONTRAFORT	CROSSA	PRIMERES	LATERAL	VENT	TAP
	69,53	69,67	59,4	91,15	78,39	86,43	62,37
ALÇADA	AGULLA	CONTRAFORT	CROSSA	PRIMERES	LATERAL	VENT	TAP
	171,91	165,89	159,63	184,63	173,23	181,97	160,83

Els càlculs s'han realitzat tenint en compte una rengla del Castell. S'ha fet servir l'estructura d'un 4, ja que així totes les rengles suporten el mateix pes del pom de dalt. Per la pinya, el folre i les manilles, s'han utilitzat les dades del primeres, assumint que els laterals i els vents principalment només eviten el moviment lateral i no treuen pes al castell.

10. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS D'UN 4d8

Pes que aporta i aguanta cada persona d'una rengla en un 4d8:

4d8		
POSICIÓ	PES QUE APORTA	PES QUE AGUANTA
Enxaneta	32,58 kg	—
Acotxadora	31 kg	—
Dosos	47,15 kg	Aguanta ½ de acotxador i enxaneta. $32,58/2+31/2= 31,79$ kg
Quinta	52,6 kg	Aguanta ½ de tot el pes superior. $(47,15 + 31,79) / 2= 39,47$ kg
Quarta	62,3 kg	$39,47 + 52,6 = 92,07$ kg
Terça	73,4 kg	$92,07 + 62,3 = 154,37$ kg
Segon	82,29 kg	$154,37 + 73,4 = 227,77$ kg
Pinya	-	$227,77 + 82,29 = 310,06$ kg

A partir dels quarts només cal anar sumant els pesos.



10.1. DADES

- Massa Castell = 310,06 kg
↳ Pes castell(P_c) = $m \cdot g \rightarrow P_c = 310,06 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \rightarrow P_c = 3041,69 \text{ N}$
- $\beta = 15^\circ$
- $\alpha = 75^\circ$



10.2. PALANCA

Podem representar al segon com un pal rígid per poder utilitzar les fórmules de la palanca. Aix  podem pensar que el primeres ha de compensar forces.

$\sum \mathbf{M} = 0 \rightarrow$ si aix  passa el castell no caur  per culpa de la base

Posarem els peus del segon com a punt de gir (0°). Per fer servir aquest mètode, deduirem que el segon des de la seva posició inicial ha tingut un desviament cap enrere (d).

$$P_2 \cdot d = F_x \cdot h$$

d = distància de desplaçament (m) ∇

P₂ = Pes del castell (Kg) — — — $\rightarrow$ moment de caiguda del pes cap enrere.

F_x = Força que fa el primeres per compensar el desplaçament.

h = Distància dels peus del segons fins on el primeres agafa (cul).  s una mesura que pot variar però de normal són uns 0,8 o 0,9 m

EXEMPLE:

Si tenim un desplaçament de 0,05m

$$P_2 \cdot d \rightarrow 3041,68 \text{ N} \cdot 0,05 \text{ m} = 152,08 \text{ Nm}$$

$$F_x \cdot h \rightarrow F_x \cdot 0,85 \text{ m}$$

$$F_x = \frac{152,08 \text{ Nm}}{0,85 \text{ m}} = 178,9 \text{ N} \rightarrow \text{força que ha de fer el primeres}$$

10.3. FORÇA PINYA

Per posar bé les forces hem de tindre en compte que a mesura que pugem un pis es van fent més estret per qüestions de mida i longitud dels braços. Això provoca que el pes no siguin completament verticals, sinó que també té una part que es desvia horitzontalment.

El pes de 310,06 kg genera una força vertical (F_Y), però qualsevol inclinació als pisos superiors crea una força horitzontal (F_X) que provoca que la pinya tingui tendència a obrir-se.

La pinya contraresta la força que surt cop en fora, sinó estigues la pinya, qualsevol inclinació diferent provocaria que el baix s'anés cap en fora. Com podem veure la força que contraresta la pinya:

Massa del primeres = 91,15 kg

↳ Pes del primeres (P_P) = $m \cdot g \rightarrow P_P = 91,15 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 894,18 \text{ N}$

↳ Força normal (N) = 894,18 N

Força fregament (F_F) $\rightarrow$ impedeix que la pinya rellisqui $\rightarrow F_F = \mu \cdot N$

μ = coeficient de fregament

Fórmula per evitar que s'obri la pinya:

$$\sum F_X = F_{PEUS} + F_{F-PRIMERES} - F_{Apertura segons} = 0 \text{ N}$$

Els cordons (gent) darrere del primeres, ajuda al fet que el primeres no se separi i deixi de fer força, això explica per què amb més pinya es poden fer castells més alts i pesats.

10.4. FORÇA VERTICAL

El primeres a banda de fer una força horitzontal per no deixar que s'obri, també compensa una part del pes gràcies a una força vertical (F_Y). Per poder saber el que aguanta realment el baix, podem fer servir el càlcul següent:

$$P_{SOPOTRA BAIX} = P_{TOTAL} - F_{Y-PRIMERES}$$

$P_{TOTAL} = 310,06 \text{ kg}$

Una forma de trobar F és utilitzant el mateix exemple que abans, si el desplaçament és de 0,05 m:

$$F = \frac{FX}{\cos(75^\circ)}$$

Al trobar F podem saber la $F_Y = F \cdot \sin(75^\circ)$ i així saber el pes que es compensa.

EXEMPLE:

$F = 400 \text{ N} \rightarrow$ Uns 40 kg

$F_Y = 400 \text{ N} \cdot \sin(75^\circ) = 386,37 \text{ N}$

El baix tindria uns **39,3 kg** menys a suportar

11. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS UN 4d9f

Pes que aporta i aguanta cada persona d'una rengla en un 4d9f:

4d9f		
POSICIÓ	PES QUE APORTA	PES QUE AGUANTA
Enxaneta	32,58 kg	—
Acotxadora	31 kg	—
Dosos	47,15 kg	Aguanta ½ de acotxador i enxaneta. $32,58/2+31/2= 31,79$ kg
Sisens	55,5	Aguanta ½ de tot el pes superior. $(47,15 + 31,79) / 2= 39,47$ kg
Quinta	64 kg	$55,5 + 39,47 = 94,97$ kg
Quarta	75,25 kg	$94,97 + 64 = 158,97$ kg
Terça	77 kg	$158,97 + 75,25 = 234,22$ kg
Segon(folre)	89,75 kg	$234,22 + 77 = 311,22$ kg
Pinya	-	$311,22 + 89,75 = 400,97$ kg

A partir dels quarts només cal anar sumant els pesos.



11.1. DADES:

- Massa Terç = 77 kg $\rightarrow P_T = m \cdot g \rightarrow P_T = 77 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 755,37 \text{ N}$
- Massa primeres = 82,83 kg
 - ↳ Pes primeres (P_P) = $m \cdot g \rightarrow P_P = 82,83 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 812,56 \text{ N}$

11.2. FORÇA VERTICAL (F_Y)

$F_Y = F \cdot \text{sen}(75^\circ) \rightarrow 400 \text{ N} \cdot \text{sen}(75^\circ) = 386,4 \text{ N} \rightarrow$ aproximadament 39,4 kg
Aquests 39,4 kg són el pes que el primeres aporta al terç perquè el segon no carregui tant.

El pes que carregaria el segon sense aquesta ajuda es de 311,22 kg i ara podem calcular quant aguantarà realment gràcies al folre:

$$P_{\text{REAL}} = P_{\text{SENSE AJUDA}} - F_{\text{FOLRE}}$$

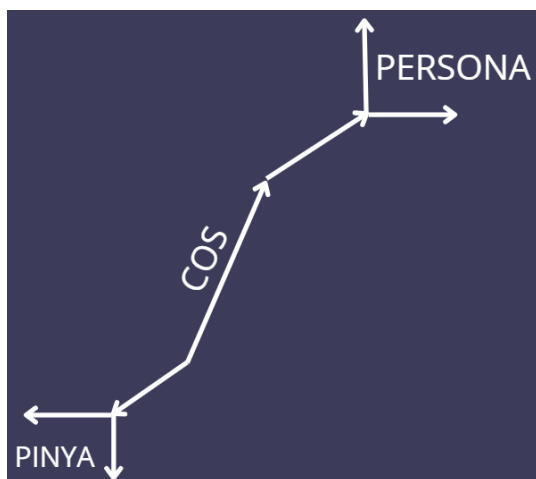
$P_{\text{REAL}} \rightarrow 311,22 \text{ kg} - 39,4 \text{ kg} = 271,82 \text{ kg} \rightarrow$ pes real que aguanta el segon.
Aquesta compensació no només beneficia al segon sinó que el baix passa d'aguantar 400,97 kg a 360,97 kg.

11.3. ACCIÓ REACCIÓ DE LA PINYA

Com el primeres del folre compensa aquests 39,4 kg, per la llei d'acció reacció aquest pes passa cap a baix a la pinya.

11.4. FORÇA QUE OBRE LA PINYA

Per la llei explicada abans d'acció i reacció passa el següent:



Cos= primeres

EXEMPLE:

Si el primeres fa una força de 400 N, la força que arriba a la pinya serà la mateixa però en el sentit contrari.

$$F = 400 \text{ N}$$

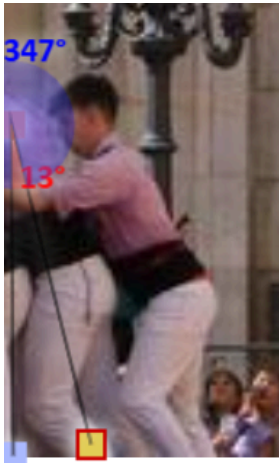
$$F_Y = 400 \text{ N} \cdot \sin(75^\circ) = 386,4 \text{ N} \rightarrow \mathbf{39,4 \text{ kg}}$$

$$F_X = 400 \text{ N} \cdot \cos(75^\circ) = 103,6 \text{ N} \rightarrow \mathbf{10,57 \text{ kg}}$$

Segons aquests càlculs, sense comptar el pes del primeres, la pinya per evitar l'obertura de la pinya ha de far uns **103,6 N** de pressió.

11.5. PES DEL FOLRE

Ara tindrem en compte que la gent del folre té una lleugera inclinació cap endavant fent que el seu pes també tingui una component horitzontal que augmenta la tendència d'obrir a la pinya.



$\alpha = 13^\circ \rightarrow$ En tindre aquesta inclinació, fa que part del pes sigui horitzontal empenyent la pinya en fora $\rightarrow$ Força passiva

$\beta = 77^\circ \rightarrow$ aquest angle és el que fa que la força activa (compensació del primeres) es transmeti.

11.6. NOUS CÀLCULS AFEGINT EL PES

Pes primeres (P_P) $\rightarrow 811,73 \text{ N}$

Força pes horitzontal del primeres (F_{PX}) $\rightarrow F_{PX} = P_P \cdot \sin(13^\circ)$

$$\hookrightarrow F_{PX} \rightarrow 811,73 \text{ N} \cdot \sin(13^\circ) = 182,6 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$$

$$F_{RX} \rightarrow 811,73 \text{ N} \cdot \cos(77^\circ) = 90 \text{ N} \rightarrow 9,2 \text{ kg}$$

$$F_{\text{TRANSMESA}} = 103,6 \text{ N} \rightarrow 10,57 \text{ kg}$$

Si sumem les tres forces d'obertura ens donarà un total de $182,6 \text{ N} + 90 \text{ N} + 103,6 \text{ N} = 376,2 \text{ N} \rightarrow 38,3 \text{ kg}$.

La força que haurà d'aplicar la pinya serà de **376,2 N** si volen evitar que s'obri.

12. CÀLCULS PER TROBAR LA FÍSICA DINS UN 4d10fm

4d10fm		
POSICIÓ	PES QUE APORTA	PES QUE AGUANTA
Enxaneta	32,58 kg	—
Acotxadora	31 kg	—
Dosos	47,15 kg	Aguanta ½ acotxador i enxaneta. $32,58/2+31/2= 31,79$ kg
Setens	47 kg	Aguanta ½ de tot el pes superior. $(47,15 + 31,79) / 2= 39,47$ kg
Sisens	64 kg	$39,47 + 47= 86,47$ kg
Quinta	64 kg	$86,47 + 64 = 150,47$ kg
Quarta	77 kg	$150,47 + 64 = 214,47$ kg
Terça	71 kg	$214,47 + 77 = 291,47$ kg
Segon(folre)	95 kg	$291,47 + 71 = 362,47$ kg
Pinya	-	$362,47 + 95 = 457,47$ kg



Ara el folre passa a ser com la pinya abans, tothom amb els braços avall menys els vents i agulles. Això passa perquè ara sobre ells trobem un altre pis, les manilles que es troben envoltant al terç. Això fa que el primer pis que trobem sobre les tres pinyes i al qual ara el primeres agafarà pel cul són els quarts.

12.1. DADES

$F_Y \rightarrow 400 \text{ N} \cdot \sin(75^\circ) = 386,4 \text{ N} \rightarrow 39,4 \text{ kg} \rightarrow$ pes que no arriba ni al terç, ni al segon, ni al baix.

$F_X \rightarrow 400 \text{ N} \cdot \cos(75^\circ) = 103,5 \text{ N} \rightarrow 10,5 \text{ kg} \rightarrow$ força cap enrere

$F_{RX} \rightarrow 811,73 \text{ N} \cdot \cos(77^\circ) = 90 \text{ N} \rightarrow 9,2 \text{ kg}$

Força pes horitzontal del primeres (F_{PX}) $\rightarrow F_{PX} = P_P \cdot \sin(13^\circ)$

$\hookrightarrow F_{PX} \rightarrow 811,73 \text{ N} \cdot \sin(13^\circ) = 182,6 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$

Ara gràcies als càlculs si sumem la força d'acció reacció que es transmet del primeres al folre i la força horitzontal produïda pel pes, obtindrem la força que tendeix a obrir el folre:

$$F_{AR} + F_{PP} = F_{OBRIR} \rightarrow 90 \text{ N} + 182,6 \text{ N} = \mathbf{272,6 \text{ N}}$$

Les manilles tindran aquesta força de $103,5 \text{ N} \rightarrow 10,5 \text{ kg}$ d'obertura.

Finalment, la pinya rebrà força d'acció i reacció de l'esforç que fa el folre per contrarestar l'obertura més el pes horitzontal del primeres del folre:

$$272,6 \text{ N} + 182,6 \text{ N} = \mathbf{455,2 \text{ N}} \rightarrow 46,4 \text{ kg}$$

La pinya podrà contrarestar tota aquesta força, gràcies a la quantitat de gent i al fregament entre els cossos i amb el terra evitant que s'obri i el castell caigui.

13. CÀLCULS PER UN CASTELL D'ONZE

13.1. CAS 1, 4D11fpm

En aquest primer cas, per pujar un pis afegirem puntals sobre les manilles. Deduirem que les dades d'altura i pes dels puntals, es la mateixa que a les manilles.

13.1.1. DADES

- Força dels braços = 400N
- $F_Y = 386,5 \text{ N} \rightarrow 39,4 \text{ kg} \rightarrow$ Pes que li treu al terç, al segon i al baix.
- Apliquem també la llei d'acció reacció.

13.1.2. FORÇA OBERTURA ALS PUNTALS

$F_X \rightarrow 400 \text{ N} \cdot \cos(75^\circ) = \mathbf{103,5 \text{ N}} \rightarrow 10,5 \text{ kg} \rightarrow$ força cap enrere.

13.1.3. FORÇA OBERTURA A LES MANILLES (F_{OM})

- Força acció reacció (F_{AR}) = 90 N $\rightarrow$ 9,2 kg
- Força horitzontal del pes del primeres dels puntals(F_{XP})
 $\hookrightarrow = 182,46 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$

Si sumen les dos forces:

$$F_{AR} + F_{XP} = F_{OM} \rightarrow 90 \text{ N} + 182,46 \text{ N} = \mathbf{272,47 \text{ N}}$$

Aquesta sera la força que les manilles hauran de contrarestar per no obrir-se.

13.1.4. FORÇA OBERTURA AL FOLRE

- Com la gent de les manilles està amb els braços avall no trobem força d'acció reacció.
- Pero a l'estar contrarestant la força d'obertura provocant la mateixa al pis inferior. (F_{AR})
- Força horitzontal del pes del primeres de les manilles (F_{XM})
 $\hookrightarrow = 182,46 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$

Si sumen les dues forces:

$$F_{AR} + F_{XM} = F_{OM} \rightarrow 272,47 \text{ N} + 182,46 \text{ N} = \mathbf{454,93 \text{ N}}$$

Aquesta serà la força que el folre haurà de contrarestar per no obrir-se.

13.1.5. FORÇA OBERTURA A LA PINYA

- Com la gent del folre també està amb els braços avall no trobem força d'acció reacció.
- Però a l'estar contrarestant la força d'obertura provocant la mateixa a la pinya. (F_{AR})
- Força horitzontal del pes del primeres del folre (F_{XF})

$$\hookrightarrow = 182,46 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$$

Si sumen les dues forces:

$$F_{AR} + F_{XF} = F_{OM} \rightarrow 454,93 \text{ N} + 182,46 \text{ N} = \mathbf{637,39 \text{ N}}$$

Aquesta serà la força que la pinya haurà de contrarestar per no obrir-se.

13.2. CAS 2, 4D11fm

En aquest segon cas, el que farem per pujar un pis és deixar fins a les manilles i posar un pis més al tronc, li posarem un pes de 55 kg.

13.2.1. FORÇA OBERTURA A LES MANILLES

$$F_X \rightarrow 400 \text{ N} \cdot \cos(75^\circ) = \mathbf{103,5 \text{ N}} \rightarrow 10,5 \text{ kg} \rightarrow \text{força cap enrere.}$$

13.2.1. FORÇA OBERTURA AL FOLRE

Força acció reacció (F_{AR}) = 90 N $\rightarrow$ 9,2 kg

- Força horitzontal del pes del primeres de les manilles (F_{XM})

$$\hookrightarrow = 182,46 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$$

Si sumen les dos forces:

$$F_{AR} + F_{XM} = F_{OM} \rightarrow 90 \text{ N} + 182,46 \text{ N} = \mathbf{272,47 \text{ N}}$$

Aquesta sera la força que el folre haurà de contrarestar per no obrir-se.

13.2.1. FORÇA OBERTURA A LA PINYA

- Com la gent del folre està amb els braços avall no trobem força d'acció reacció.
- Però a l'estar contrarestant la força d'obertura provocant la mateixa al pis inferior. (F_{AR})
- Força horitzontal del pes del primeres del folre (F_{XF})

$$\hookrightarrow = 182,46 \text{ N} \rightarrow 18,6 \text{ kg}$$

Si sumen les dues forces:

$$F_{AR} + F_{XF} = F_{OM} \rightarrow 272,47 \text{ N} + 182,46 \text{ N} = \mathbf{454,93 \text{ N}}$$

Aquesta serà la força que la pinya haurà de contrarestar per no obrir-se.

14. CONCLUSIÓ

Amb aquest treball s'ha pogut descobrir i analitzar una part de la física que s'amaga darrere dels castells. Els objectius plantejats inicialment, han estat assolits.

Pel primer objectiu, centrat a analitzar les forces que actuen dins d'un castell, s'han pogut efectuar els càlculs necessaris per entendre les compensacions de forces i pesos que permeten evitar que el segon caigui o la pinya s'obri. També s'ha pogut analitzar com els castells amb folre i manilles influeixen significativament en el repartiment de pesos, i un punt a destacar, és la gran ajuda que pot arribar a aportar el primeres a treure pes als pisos inferiors com poden ser els terços, els segons i els baixos. Gràcies als primeres, aquests pisos han d'aguantar una menor càrrega del tronc.

Pel segon objectiu, on es plantejava si era o no possible fer castells d'onze pisos, no es pot donar una resposta directa de sí o no. Tot i així, els resultats obtinguts al treball, aporten informació molt útil per poder entendre quines opcions existeixen en el cas que alguna colla vulgui intentar assolir aquest repte i quins reptes físics hauria d'afrontar.

La primera opció, és fer una estructura amb una base major proporcionant una estabilitat més elevada al tronc, ja que el centre de gravetat estaria més a prop de la base fent que els puntals tinguin més facilitat de frenar els moviments. Tot i aquests avantatges, aquesta opció faria que la pinya hagués de suportar una força d'obertura molt gran i una càrrega des de dalt provocada per al pes del folre, les manilles i els puntals. Tot això suposaria un esforç molt gran que posa en dubte la seva viabilitat.

La segona opció, consistent en treure una pinya, però deixant el pis, ajudariem a disminuir la càrrega i força d'obertura a la pinya, però ara el que es perjudicaria seria el tronc. Quedaria com una estructura molt inestable a causa que el centre de gravetat es tovaria més elevat, provocant una quantitat més gran d'energia cinètica i fent que les manilles no tinguin opció de frenar molts dels moviments. Un altre problema seria que tots els inconvenients anteriors deixarien el troc tan fràgil que qualsevol petit desequilibri o descompensació faria que el risc de caiguda augmentés de manera significativa.

En conclusió, el treball fet permet entendre millor els límits físics actuals dins del món casteller, oferint una base científica per poder analitzar futurs reptes que puguin aparèixer. Demostrant que darrere d'aquesta tradició hi ha una complexa estructura física que estudiant-la pot condicionar de forma important el futur dels castells.

15. FONTS

A continuació es detallen les fonts utilitzades per la realització del treball de recerca:

- Coordinadora de Colles Castelleres de Catalunya (2018). Fem Pinya. Recuperat 14 d'agost del 2025, des de <https://castellscat.cat/cccc-admin/member/files-share-download/70>
- Ergonautas-Universitat Politècnica de València (Any no informat). RULER - Medición de ángulos en fotografías y vídeos. Recuperat 9 de setembre del 2025, des de <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/ruler/ruler.php>
- Albert Samper-Universitat Rovira i Virgili (Any no informat). Arquitectura humana. Recuperat 20 de setembre del 2025, des de <https://castellsciencia.urv.cat/es/articulos/3/arquitectura-humana>
- Anna Terrón Martínez (2019). Tocant el cel amb la física. La física dels castells. Recuperat 20 de setembre del 2025, des de https://serveiseducatiu.xtec.cat/tarragones/dinamitzacio/trics/trics13_aterron/
- Jaume Vilalta i l'Equip del Quèquicom (2013). Castellers, Pinya, Força i manilles. Recuperat 21 de setembre del 2025, des de [Quèquicom - Castellers, pinya, força i manilles](#)
- Roger Cabré-Universitat Rovira i Virgili (Any no informat). La energía potencial de los castells. Recuperat 21 de setembre del 2025, des de <https://castellsciencia.urv.cat/es/articulos/5/la-energia-potencial-de-los-em-castells-em>
- Colla Castellera Torraires de Montblanc (Any no informat). Estructures de la pinya. Recuperat 23 de desembre del 2025, des de <https://usuaris.tinet.cat/torraire/castells/estruct.htm>
- Joan Sánchez Escamilla (2012). Castells: Allò que no es veu. Recuperat 23 de desembre del 2025, des de <https://joansanchezescamilla.blogspot.com/2012/01/castells-allo-que-no-es-veu.html>