

# IPPON SEOINAGE

El judo i la física

# Agraïments

Al meu tutor del treball, pels seus consells, la seva dedicació i la seva paciència.

Al meu professor de judo, Juan Antonio Pérez, també pels seus consells, i per deixar-me fer gravacions als entrenaments.

A l'Agustí Bruguers, un amic físic, per haver-me resolt els dubtes.

A tots els meus companys de judo, sobretot al meu germà, al Maure Bisbal i al Bernat Bisbal, sense els quals no hagués pogut realitzar aquest treball.

Al Dr. Francesc Corbi Soler, professor titular de INEFC-Centre Lleida, per haver-me proporcionat la informació del programa informàtic utilitzat.

A la junta de l'Ateneu Igualadí per haver-me deixat fer servir les seves instal·lacions i el seu material.

# Índex

<b>Introducció</b> .....	4
<b>El Judo</b> .....	5
Jiogoro kano i l'inici del judo .....	6
L'expansió del judo al món .....	9
L'equipament .....	10
Les tècniques.....	10
Les tècniques.....	11
El campionat del món 2011 .....	12
Judoques reconeguts .....	14
<u>Teddy Riner</u> .....	14
<u>Isabel Fernández</u> .....	15
<u>Isabel Fernández</u> .....	16
<b>La física</b> .....	17
Els conceptes de la física .....	19
<b>Les lleis de la física aplicades al judo</b> .....	21
Ippon seoi nage .....	21
<u>Generalitats</u> .....	21
<u>Explicació de la tècnica</u> .....	22
Hipòtesi.....	23
El procediment.....	24
<u>Recerca prèvia</u> .....	24
<u>Comprovació de la hipòtesi</u> .....	25
Anàlisi dels resultats .....	29
Conclusions.....	41
<b>Bibliografia</b> .....	42

# Introducció

He escollit aquest tema, per al meu treball de recerca, per una banda perquè estic estudiant un batxillerat de ciències i la física m'agrada bastant. I per altra banda, i com a motiu principal, perquè sóc practicant de judo, ja des de fa més de 9 anys, i és l'esport amb el que gaudeixo més. I per aquets dos motius vaig decidir fer un treball que relacionés el judo amb la física.

L'objectiu d'aquest treball és doncs, analitzar físicament la tècnica d'Ippon seoi nage<sup>1</sup>, per tal de poder entendre-la millor. Em centraré en comparar diverses versions d'aquesta tècnica, on variarà la flexió de cames del judoka<sup>2</sup> que efectua la tècnica, per tal de veure quina és més efectiva i per quins motius.

En un principi, la idea d'aquest treball era molt ambiciosa, però ha mida que s'ha anat realitzant, he pogut comprovar que els mitjans que jo tenia, limitaven molt la meua investigació. Vaig estar intentant trobar un programa informàtic que fes simulacions, per poder estudiar la tècnica en detall, però no m'ha estat possible.

El meu treball docs, consta d'un càlcul dels centres de gravetat del cos dels judoques, i del càlcul de les velocitats i les acceleracions d'algunes parts del cos en cada una de les tècniques. És a dir, que me limitat a calcular la part cinemàtics (trajectòries, velocitats i acceleracions), i no he entrat en la part de dinàmica (forces).

No m'ha estat possible calcular forces i variables més exactes, ja que el cos humà és molt complex, hi en el càlcul de les forces i intervenen molts factor tant física com anatòmics. A més a més, a part de la complexitat del cos humà, les tècniques del judo tampoc són moviments simples i lineals, sinó que són sistemes tridimensionals complicats on s'ha de tenir en compte una part lineal i una angular.

Per aquets dos motius, sense tenir algun sistema de gravació més precís i un programa informàtic prou competent, m'ha estat impossible calcular més aspectes i amb més precisió.

---

<sup>1</sup> Tècnica de judo de forrça de braços que s'explicarà en detall més endavant.

<sup>2</sup> Persona practicant de judo.

## El Judo

El judo és una art marcial japonesa fundada per Jigoro Kano a finals del segle XIX a partir del Jujutsu<sup>3</sup>. L'objectiu de Kano era aconseguir la millora de les persones mitjançant la seva pràctica, i potser és per això que el judo va aconseguir una gran acceptació en tot el món.

L'inici del Judo es situa a l'any 1882. El judo va néixer quan el seu creador Jigoro Kano, es va inspirar en l'observació de les canyes de bambú després d'una nevada, les quals estaven plenes de neu, però es doblegaven pel pes fins l'extrem i deixaven caure la neu a terra, i després tornaven a la seva rectitud, mentre que al costat un roure, alt i fort, se li partien les branques més resistents pel pes de la neu.



La paraula judo està formada per dues paraules "ju" i "do" que signifiquen aproximadament "camí o via de la flexibilitat"; amb això, s'intenta explicar que la forma de vèncer una força no és oposant-se a ella, sinó tot el contrari, donant-li suport i dirigint-la per a un fi propi.

Kanji corresponent a la paraula Judo



Les tècniques del judo bàsicament són projeccions, immobilitzacions, luxacions i estrangulacions. El judo actual ha perdut bona part de la cavallerositat originària i s'ha convertit en un esport de competició, en una baralla molt travada, en la qual és molt difícil veure la puresa de la tècnica que antigament s'ensenyava, tot i que encara existeixen disciplines que ressalten aquets trets, com per exemple la kata<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> El jujutsu o jiu-jitsu és un art marcial japonès que abasta una varietat àmplia de sistemes de combat basat en la defensa "sense armes" d'un o més agressors tant armats com desarmats. Les tècniques bàsiques inclouen principalment luxacions articulars, i més cops, esquives, empentes, projeccions, enderrocs, i estrangulacions.

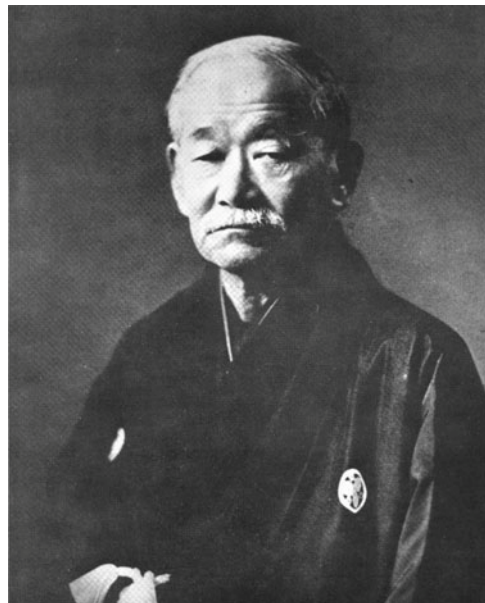
<sup>4</sup> Una kata és una demostració dels moviments i canvis de posició realitzats en sèries. Totes les kates contenen els elements essencials per exercitar la totalitat del cos.

## Jiogoro kano i l'inici del judo

En Jiogoro Kano (Mikage, 1860 - 1938), va ser el mestre d'arts marciais japonès que va fundar el judo. Era el tercer de cinc fills d'una família d'alts funcionaris imperials, i va ser un noi d'aspecte feble i malaltís.

El 1881, als divuit anys d'edat, es va matricular a la Facultat de Ciències Polítiques a la Universitat de Kyoto.

Kano, tan bon punt va poder, va instal·lar-se a la capital, ja que eren els temps en que les arts marciais es trobaven en la més gran de les seves esplendors (en el segle XIX), i era la seva oportunitat d'aprendre un esport que poc abans havia començat a estudiar. Es tractava del jujutsu, que consisteix en tècniques de combat pensades per vèncer el contrincant amb el mínim de força. Kano volia aprendre aquesta disciplina, per poder solucionar o dissimular la seva fragilitat física.



Jiogoro Kano

Es va inscriure a l'escola de Ryuji Katagiri, on van pensar que en Jiogoro era massa jove per practicar seriosament aquesta disciplina, així que es va posar sota la tutela de Fukuda Hachinosuke. El seu mètode d'ensenyament permetia als alumnes desenvolupar, en certa manera, el seu propi estil, amb exercicis lliures amb diversos moviments. Quan el 1879 el seu mestre va morir sobtadament d'una greu malaltia, Kano, amb dinou anys, es va convertir en el deixeble de Iso Masachi. Kano va estar en el dojo<sup>5</sup> durant dos anys practicant el jujutsu amb una dedicació tant gran que el mestre el va convertir en el seu ajudant i va començar a donar classes. Tot i això, no estava del tot satisfet perquè en el fons sentia que havia de continuar el seu aprenentatge abans de seguir amb la docència. Aleshores va conèixer en Likudo Tsunetoshi, mestre de l'escola Kito-ryu, i va començar a entrenar en el seu dojo.

Kano ja feia temps que tenia la idea d'introduir certes reformes en el jujutsu, perquè era evident que la seva poca corpulència el deixava en desavantatge davant d'un contrincant més fort, així que va començar a estudiar i treballar en tècniques que requerien un esforç encara menor. Va desenvolupar la manera de llançar al seu oponent a terra amb només un gir al voltant de les espatlles, una tècnica a la qual va donar el nom de kata-guruma, i a partir d'aquesta, va anar creant moltes altres tècniques basades en el desequilibri del contrari per poder projectar-lo després amb facilitat, mitjançant simplement un gir del maluc o de les espatlles. No va crear un nou sistema de jujutsu, simplement va aplicar una sèrie de principis científics i va eliminar totes aquelles tècniques que li van semblar perilloses, cosa que el va portar a donar un camí no només al cos, sinó també a l'esperit.

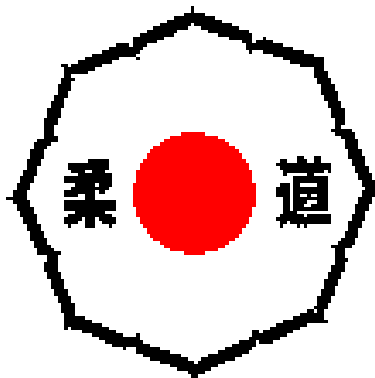
El 1881, va obtenir la seva graduació a la Universitat Imperial de Tòquio, i va començar a fer classes de literatura a l'escola Gakushuin, una exclusiva institució per als fills de l'alta societat japonesa.

<sup>5</sup> El Dojo és el lloc on es practiquen algunes arts marciais com el judo. És una paraula japonesa que vol dir *lloc on s'estudia el camí* i té per tant un significat filosòfic més enllà del d'un simple espai o gimnàs. Cal recordar que el judo es va practicar inicialment en un temple.

El 1882, amb només vint-i-dos anys d'edat, va fundar el seu primer dojo, en el temple budista d'Eisho -ji de Tòquio amb l'ajuda dels seus propis alumnes, als quals va atorgar els primers cinturons negres. El seu antic mestre, Likubo, passava dues o tres vegades a la setmana pel Kodokan<sup>6</sup> (com va anomenar a la seva escola) per ensenyar els seus coneixements als deixebles d'en Jigoro.

Kano compaginava la seva instrucció en el dojo amb el seu treball a l'escola i la preparació de les seves classes, de fet, feia servir la mateixa pedagogia amb els seus alumnes, tant en el dojo com a l'aula, basades en una gran disciplina, però plena de generositat (es diu que oferia roba i menjar als seus deixebles pobres). Tot i així els continuats entrenaments al temple van acabar per deteriorar el terra i les imatges sagrades del temple, així que no va poder continuar fent-lo servir de lloc d'entrenament. Finalment però, va aconseguir que li deixessin construir un petit dojo en un edifici annex al temple.

El 1884, va passar a donar els seus serveis al Ministeri de la Casa Imperial, aquest va ser l'any en què es van establir finalment les regles del Kodokan. Aquell petit dojo inicial s'havia convertit en un gran centre on venien japonesos i estrangers de tot el món. Jigoro va adoptar aleshores el que seria el lema del judo: "Només a través de l'ajuda i de les concessions mútues pot un organisme que agrupa individus en gran o en petit nombre trobar la seva plena harmonia i realitzar progressos seriosos", i va prendre com a emblema la flor del cirerer (sakura). L'èxit va ser immediat i, com era previsible, va sorgir una forta rivalitat entre el judo i el jujutsu.



Emblema del kodokan (flor de cirerer)

Cap a 1886, Kano va canviar altra vegada el lloc de la seva escola a la residència d'un dels personatges més influents de l'Era Meiji, el baró Yajiro Shianngawa, que va donar al judo el recolzament definitiu sobre la resta de les arts marcial.

---

<sup>6</sup> El Kodokan o l'Institut Kodokan (literalment 'escola per a l'estudi de la via'), és la seu central de la comunitat mundial de judo. Va ser fundat el 1882 per Jigoro Kano, creador del judo, i se situa actualment en un edifici de vuit plantes a Tòquio, Japó.

A l'agost de 1891 es va casar amb Sumak, la filla gran del sensei Takezoe, que havia estat ambaixador a Corea. Van tenir nou fills: sis filles i tres fills, un dels quals, Risei, va arribar a ser el cap del Kodokan i de la Federació Nacional de Judo del Japó. Mentrestant, en Kano continuava la seva carrera de funcionari, en la qual poc a poc anava accedint, fins que el 1893 el van nomenar Degà de l'Escola Normal Superior de Tòquio. La seva mentalitat progressista va ser revolucionària per al sistema educatiu japonès, ja que va obrir les portes als estudiants procedents de les classes socials més baixes i forçava als que procedien de classe alta a fer treballs humils, per educar.

El 1889 va fer ús de la seva posició oficial per viatjar a Europa, on va realitzar demostracions de judo a la ciutat francesa de Marsella. Posteriorment va ser enviat en diverses ocasions en missió oficial a la Xina i Europa (1902, 1905 i 1912) per continuar amb els seus ensenyaments de judo. Va ser el primer japonès membre del Comitè Olímpic Internacional, càrrec gràcies al qual va assistir als Jocs Olímpics de 1912 a Estocolm, als de 1932 a Los Angeles i als del 1936 a Berlín, el 1915, el rei Gustau de Suècia li va imposar la medalla olímpica en recompensa als seus esforços per promoure l'esport dins d'un esperit elevat.

Cinc anys més tard, el 1920, es va jubilar per dedicar-se completament a la difusió del judo però, llavors, ja comptava amb milers de seguidors. El Kodokan, va celebrar el seu cinquantè aniversari el 1934 amb una impressionant cerimònia a la qual va assistir el príncep imperial i altres alts càrrecs del Japó. A la seva mort, el 1938, va deixar una obra escrita, Kodokan, en la qual s'exposaven els fonaments de la seva filosofia. El 1962 es va construir a Tòquio un nou edifici, anomenat Budokan, per substituir el Kodokan i donar cabuda a mestres d'altres disciplines de jujutsu, com l'aikido.



## L'expansió del judo al món

L'expansió del judo a nivell internacional comença el 1902. En Yoshitsugu Yamashita, que era alumne d'en Kano, va ser convidat pel president dels Estats Units, Theodore Roosevelt, per realitzar una demostració de judo a Washington. Va tenir tant d'èxit que Yamashita va ser contractat com a professor de judo a l'Acadèmia de l'Exèrcit de la Marina dels EUA.

El 1905, va fer un gran pas, al començar a ser practicat per la policia de París, i el 1918 es va establir el primer club de judo a Europa, va ser el Budokway, de Londres, que va ser fundat per Gnuji Kozumi.

Jigoro Kano utilitzava el judo com un mitjà de perfeccionament personal i com una contribució al desenvolupament i el benestar social. Amb aquesta idea, Kano a partir de l'any 1920, es va dedicar amb major profunditat a la seva escola, la qual anava expandint-se per tot el Japó, tant en les universitats com en els centres d'arts marciais i la policia. Pot considerar-se com la seva major conquesta, la introducció del judo com component de l'educació física en les escoles de secundària i en algunes de primària. Per tot això, el judo es va formar i es va desenvolupar sota un clima educatiu.

El desenvolupament del Judo es va completar cap a l'any 1922, quan es va iniciar un moviment social amb la finalitat de donar a conèixer els seus principis: màxima eficàcia en la utilització del cos i de l'esperit amb el mínim d'esforç i prosperitat i beneficis mutus.

El 1926 es va realitzar el primer torneig internacional on van competir el Budokway contra la selecció alemanya de judo.

El 1930 es van celebrar els primers campionats del Japó, i al començament de la II Guerra Mundial el judo ja era l'esport nacional.

El 1949 es va fundar l'Associació Britànica de Judo i la Unió Europea de Judo, per tant ja trobem el judo escampat per tot Europa.

El 1951 es va crear la "International Judo Federation", és a dir la federació internacional de judo, i així aquest esport es va formalitzar molt més, i es van escriure unes pautes comunes per a tots els practicants de judo d'arreu del món. Aquest mateix any també es va celebrar el primer campionat d'Europa, celebrat a Londres.



Logotip de la Federació Internacional de Judo

El 1956 es van realitzar els primers campionats del món a Tòquio, i des de 1965 s'han celebrat cada dos anys. A més a més, des de 1964, és considerat un esport olímpic, ja que als Jocs Olímpics de Tòquio es va afegir al programa, inicialment en tres categories de pes.

El 1980 es van començar a realitzar també els campionats femenins, i el 1988, en els Olímpics de Seül, es van introduir proves de demostració femenines i es va convertir en esport oficial el 1992, a les olimpíadas de Barcelona.

## L'equipament




Els judoques, porten una vestimenta concreta, el keikogi<sup>7</sup>, que en el judo es coneix amb el nom de judogi<sup>8</sup>. Consta d'una jaqueta i uns pantalons fets amb una tela resistent i generalment blanca (tot i que també pot ser blava) i un cinturó que fa dues voltes a la cintura i que pot ser de diferents colors en funció dels coneixements del practicant. Tot plegat, a occident, és conegut com a kimono encara que no és pas el mateix.



Judogui

La progressió en els colors dels cinturons comença pel color blanc i li segueixen el groc, taronja, verd, blau, marró i negre, passant també per uns colors intermedis, que indiquen la progressió en el coneixement. Després del negre apareixen altres graduacions superiors anomenades "Dan".

El lloc on es practica el judo rep el nom de dojo i a terra hi ha el tatami<sup>9</sup>, un tipus de matalassos que serveixen per amortir el cop i no fer-se mal al caure.

Japanese	Kanji/Chinese	Belt Color	
Rokyu	六級	White	
Gokyu	五級	Yellow	
Yonkyu	四級	Orange	
Sankyu	三級	Green	
Nikyu	二級	Blue	
Ikkyu	一級	Brown	
Shodan	首段	Black	
Nidan	二段	Black	
Sandan	三段	Black	
Yodan	四段	Black	
Godan	五段	Black	
Rokudan	六段	White & Red	
Shicidan	七段	White & Red	
Hachidan	八段	White & Red	
Kuduan	九段	Red	
Judan	十段	Red	

Taula on es postren els diferents colors del cinturó segons el nivell de Judo

<sup>7</sup> El keikogi és el vestit que s'utilitza en moltes arts marçials japoneses.

<sup>8</sup> Nom específic del Keikogi en el judo.

<sup>9</sup> El Tatami (paraula que originalment vol dir "doblegada i apilada"), és un conjunt d'estores que són un element tradicional molt característic de les cases japoneses.

## Les tècniques

- **Nage-Waza** (Tècniques de Projecció): Són aquelles tècniques en les quals es busca desplaçar el centre de gravetat de l'oponent perquè aquest perdi l'equilibri i després tombar-lo. Aquest grup de tècniques es divideix en:
  - Te waza: tècniques de braços
  - Koshi waza: tècniques de maluc
  - Ashi waza: tècniques de cames
  - Ma sutemi waza: tècniques de risc personal
  
- **Osae-Komi-Waza** (Tècniques d'Immobilització): Són aquelles tècniques que exerceixen un control per sobre l'oponent, evitant que es posi dret. Algunes d'aquestes són: "kesa gatame" (control en bandolera, triangular) i kami shiho gatame (control per quatre punts).
  
- **Shime-Waza** (Tècniques d'Estrangulació): Són aquelles tècniques que controlen l'oponent escanyant el seu coll mitjançant diferents parts del cos, i només estan permeses a partir d'una certa categoria d'edat.
  
- **Kansetsu-Waza** (Tècniques de Luxació): Són aquelles tècniques que amb ajuda i control de diferents parts del nostre cos s'efectuen només sobre l'articulació del colze, exclusivament mitjançant accions d'estendre o torçar; per immobilitzar al oponent. Només són reglamentàries a partir de certa edat.
  
- **Atemi Waza**: tècniques de cop als punts vitals, similars a les del Karate amb mans, genolls, cap, peus i colzes, practicades en la defensa personal com a pas previ o posterior a una projecció, enderrocament o luxació (només es practiquen en el Judo Kodokan).


































En cas d'algun accident, també es practiquen les tècniques següents:

- **Kuatsu**: tècniques de reanimació aplicades després d'una estrangulació o cop; primers auxilis basats en massatge, manipulació i ús de punts de pressió.
  
- **Kappa Waza**: tècniques de primers auxilis després d'una lesió articular, basades en comparació segmentària, traccions, manipulació corporal, massatge i / o ús dels punts de pressió.

## El campionat del món 2011

































El campionat del món de judo del 2011, es va dur a terme a París del 23 al 28 d'agost. El campionat es va fer amb la organització de la Federació Internacional de Judo (IJF) i la federació de Judo Francesa. Els combats es van realitzar al "Palais Omnisports de Paris-Bercy".

Els resultats del mundial van ser els següents:

Evento			
-60 kg (23.08)	Rishod Sobirov  Uzbekistán	Hiroaki Hiraoka  Japón	İlqar Müşkiyev  Azerbaidján Georgi Zantarayá  Ucraïna
66 kg (23.08)	Masashi Ebinuma  Japón	Leandro Cunha  Brasil	Cho Jun-Ho  Corea del Sur Musa Mogushkov  Rússia
73 kg (24.08)	Riki Nakaya  Japón	Dex Elmont  Païses Baixos	Navruz Jurakobilov  Uzbekistán Ugo Legrand  França
81 kg (25.08)	Kim Jae-Bum  Corea del Sur	Srdan Mrvaljević  Montenegro	Leandro Guilherme  Brasil Sergiu Toma  Moldàvia
90 kg (26.08)	Ilias Iliadis  Grècia	Daiki Nishiyama  Japón	Asley González  Cuba Takashi Ono  Japón
100 kg (27.08)	Tagir Jaibulayev  Rússia	Maxim Rakov  Kazajistán	Lukáš Krpálek  República Checa Irakli Tsirekidze  Geòrgia
+100 kg (27.08)	Teddy Riner  França	Andreas Tölzer  Alemanya	Kim Sung-Min  Corea del Sur Alexandr Mijailin  Rússia
Equipos (28.08)	 França	 Brasil	 Japón  Corea del Sur

Observant aquesta taula amb els resultats masculins, podem concloure diverses coses, com per exemple que hi ha molta varietat de països que aconsegueixen medalles, i que el Japó tot i ser el lloc de naixement del judo, ja no domina, actualment, aquesta disciplina. Això és un clar reflex de com realment el judo ha tingut una gran expansió en tot el món.

També es pot observar, que un dels països amb més medalles ha estat França, que actualment és un país bastant potent en el judo, però també pot ser degut a que el campionat mundial d'aquest 2011, ha estat celebrat a França, i tot i que no podem assegurar que això afavoreixi les victòries d'aquest país, si que podem dir que, per exemple, en el campionat de Tòquio el 2010, va haver una clara dominància per part de l'equip japonès, així que podríem pensar que la celebració d'aquest esdeveniment afavoreix als participants del país on es celebra, tot i que segurament és una qüestió totalment dependent a la motivació que tenen els judoques al celebrar el campionat en el seu país, i no pas a altres factors.

Evento			
-48 kg (23.08)	Haruna Asami  Japón	Tomoko Fukumi  Japón	Eva Csernoviczki  Hungría Sarah Menezes  Brasil
52 kg (24.08)	Misato Nakamura  Japón	Yuka Nishida  Japón	Ana Carrascosa  España Andreea Chițu  Rumania
57 kg (24.08)	Aiko Sato  Japón	Rafaela Silva  Brasil	Corina Căprioriu  Rumania Kaori Matsumoto  Japón
63 kg (25.08)	Gévrise Emrane  França	Yoshie Ueno  Japón	Urška Žolnir  Eslovenia Anicka van Emden  Países Bajos
70 kg (26.08)	Lucie Décosse  França	Edith Bosch  Países Bajos	Yoriko Kuniyama  Japón Anett Mészáros  Hungría
78 kg (26.08)	Audrey Tcheumeo  França	Akari Ogata  Japón	Mayra Aguiar  Brasil Kayla Harrison  Estados Unidos
+78 kg (27.08)	Tong Wen  China	Qin Qian  China	Elena Ivashchenko  Rússia Mika Sugimoto  Japón
Equipos (28.08)	 França	 Japón	 Cuba  Alemanya

Pel que fa als resultats femenins, veiem que són bastant semblants que els masculins, però, potser, el Japó i França dominen més clarament sobre la resta de països. En els resultats femenins podem observar també, a diferència de els masculins, la presència d'una medalla Espanyola, de la valenciana Ana Carrascosa, que va obtenir un bronze.

## Judoques reconeguts

### Teddy Riner

En Teddy Riner va néixer el 7 d'abril de 1989 a Pointe-à-Pitre (Guadalupe), i és un judoka francès molt destacat en la categoria dels pesos pesats (més de 100 kg), gràcies també al seu impressionat físic (138 kg i 2,04 metres).

En Riner va començar amb el judo als 6 anys. Als 14 es va integrar en l'INSEP de París, i ja des d'un principi va ser brillant en l'àmbit nacional, i va guanyar els títols de cadet i júnior a França. Una de les coses més impressionants que ha fet va ser aconseguir dos títols importants en un mateix any, el Campionat d'Europa i el Campionat del Món de la categoria júnior, l'any 2006. Els experts van veure en ell el futur David Douillet<sup>10</sup>.



Quan només tenia 18 anys, ja residia en el club de judo de París intentant fer-s'hi el seu lloc entre persones de la tercera edat. El gener del 2007, va aconseguir la segona posició al Campionat de França. Admirat per la capacitat d'aquest jove, David Douillet el va considerar el seu successor en la categoria reina del judo. Riner va manifestar el seu enorme potencial quan va aconseguir el tercer lloc en el torneig de París el febrer de 2007. Gràcies al seu èxit, el jove francès va ser seleccionat per al Campionat Europeu de 2007, celebrat a Belgrad. Va guanyar la medalla d'or amb només els seus 18 anys, el que li va suposar el rècord del judoka més jove a guanyar un títol com aquets.

A partir de juny de 2007, va ser aconsellat per l'ex-campió mundial i medallista olímpic Traineau Stephane, i Riner va ser seleccionat per participar en el Mundial de 2007 celebrat a Rio de Janeiro (Brasil), on després d'enfrontar-se contra els millors judokes del món, es va proclamar campió del món. També es va convertir en el campió del món més jove de la història.

### Palmarès:

- **Jocs Olímpics**
  - Jocs Olímpics de 2008 a Pequín (Xina):  
Medalla de bronze en la categoria de +100 kg.
- **Campionats del Món**
  - Campionat del Món de 2007 a Rio de Janeiro:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
  - Campionat del Món de 2008 a Levallois-Perret:  
Medalla d'or en la categoria de totes les categories.

<sup>10</sup> David Douillet ( Rouen, França 1969 ) és un judoka francès, ja retirat, que va guanyar tres medalles olímpiques. Actualment exerceix de diputat a l'Assemblea Nacional Francesa.

- Campionat del Món de 2009 a Rotterdam:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
  - Campionat del Món de 2010 a Tòquio:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
- **Campionats d'Europa**
- Campionat d'Europa de 2007 a Belgrad:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
  - Campionat d'Europa de 2011 a Istanbul:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
- **Diversos**
- Otto Super World Cup 2007 a Hamburg:  
Medalla de bronze en la categoria de +100 kg.
  - Torneig Internacional de Paris-Ile de França a París:  
Medalla de bronze en la categoria de +100 kg el 2007  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg el 2008
  - Campionats del Món júnior 2006 a Santo Domingo:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
  - Campionats d'Europa júnior 2006 a Tallinn:  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg.
  - Campionats de França:  
Medalla de plata en la categoria de +100 kg el 2007  
Medalla d'or en la categoria de +100 kg el 2008



En Riner celebrant una victòria



## Isabel Fernández

María Isabel Fernández Gutiérrez, va néixer a Alacant l'1 de febrer de 1972, i és coneguda actualment com a una de les millors judoques espanyoles.

Competint en la categoria femenina de menys de 57 Kg, ha aconseguit una medalla de bronze a les olimpíades de 1996 a Atlanta i una medalla d'or a les del 2000 a Sydney. Es una de les poques esportistes que té la triple corona, ja que també ha estat campiona mundial i ha guanyat cinc campionats d'Europa.

El dia 8 de gener del 2009 va anunciar la seva retirada del món competitiu afirmant que: *"ha sigut una experiència meravellosa de la qual no hi ha records dolents"*.



Isabel Fernández amb la medalla d'or olímpica



## La física

La física és una ciència natural en un estudi molt ampli, ocupant-se de totes les propietats i els comportaments de la matèria i de l'energia en l'espai i el temps, a l'igual que també estudia les forces fonamentals de la natura que governen les interaccions entre les partícules. El seu significat etimològic prové del llatí "*physica*", que a la seva vegada prové de la paraula grega "*φυσικός*", que significa naturalesa.

En la física s'estudien fenòmens físics molt diversos: des de les partícules subatòmiques que formen la matèria ordinària (física de partícules), fins a l'Univers com un tot (cosmologia).

Algunes de les propietats estudiades en física són comunes a tots els sistemes materials, o altrament dit, són universals, com la conservació de l'energia. Aquestes propietats són, sovint, les anomenades lleis físiques.

Els descobriments de la física s'apliquen més tard en totes les altres ciències naturals, ja que la matèria i l'energia són les bases del món natural. De vegades s'ha dit que la física és la "ciència fonamental", perquè les altres ciències (biologia, química, geologia, etc.) estudien tipus concrets de sistemes materials que obeeixen les lleis de la física.

La física està estretament relacionada amb les matemàtiques, ja que aquestes li proporcionen el llenguatge i les eines necessàries que permeten obtenir una formulació precisa (quantitativa) de les lleis físiques i els fenòmens que aquestes estudien. Això permet que es puguin verificar (o descartar) els resultats predits experimentalment.

Les teories físiques gairebé sempre s'expressen en forma de relacions matemàtiques i, a més a més, les matemàtiques que es necessiten per a la física acostumen a ser més complicades que les que s'utilitzen en altres ciències. Una diferència bàsica entre la física i les matemàtiques és que la física s'ocupa, en definitiva, de les descripcions del món material, mentre que les matemàtiques tracten amb símbols i codis abstractes que no depenen del món material.

La relació entre la física i les matemàtiques, és un tema que ha donat molt per pensar, ja que estan estretament relacionades però, per altra banda, depèn de com es miri són bastant diferents. A continuació podem veure un text, que ens mostra com la relació entre aquestes dues ciències és una paradoxa.

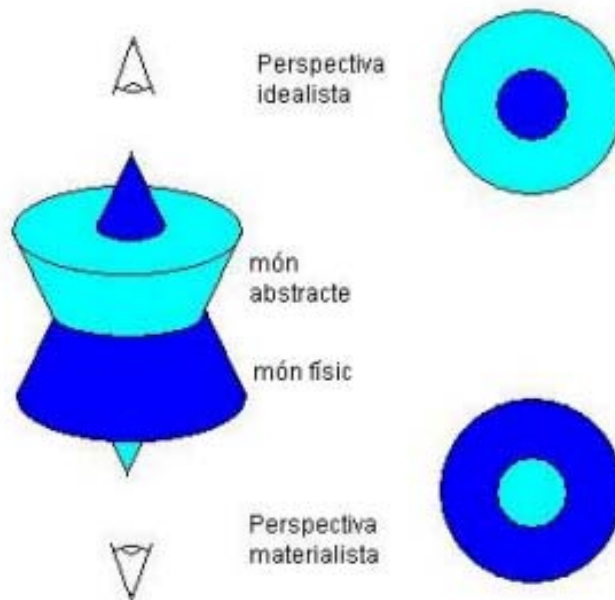
*“Els móns físic i matemàtic. La paradoxa de dos móns inclosos un en l’altre.”*

*Les matemàtiques ens permeten descriure la natura i les seves lleis. Però ens permeten també estudiar una infinitat d’altres móns amb altres lleis. Móns amb més o menys dimensions, amb diferents geometries espaciotemporals... Ens permeten estudiar-les a si mateixes (teoria de nombres) etc. D’una banda sembla ser el nostre món físic un simple cas particular d’aquest món abstracte de les matemàtiques. Des d’aquesta perspectiva el món físic seria una realització material dels possibles universos que podrien descriure les matemàtiques, és a dir el món físic estaria inclòs dins el món pensable de les matemàtiques.*

*D’altra banda tot allò que és pensable necessita un suport físic, sigui tinta sobre un paper, clústers magnetitzats en un disc dur, o ions entre les connexions neuronals d’un cervell humà. És a dir, tot allò pensable necessita un suport material pertanyent a la natura. Ara ens sembla doncs que tota idea queda inclosa dins la natura.*

*És com una paradoxa en que el món abstracte és dins del món material, i aquest alhora dins del món abstracte. Un conté l’altre i l’altre conté l’un. Tot depèn de la perspectiva des d’on es miri.”*

Text extret de: “Física i Matemàtiques” Arnau Riera.  
 Història de la Física, Universitat de Barcelona, Diagonal 647.  
 5 d’Abril de 2004  
<http://www.arnauriera.cat/documents/articles/matematiques.pdf>



Representació gràfica de la paradoxa

## Els conceptes de la física

**L'espai físic:** l'espai, en física, és l'espai infinit on es troben els objectes i en el qual els esdeveniments que ocorren tenen una posició i direcció relatives.

**El temps :** el temps és un concepte físic que tots experimentem, però que és difícil de definir formalment. Es pot començar per l'observació de que els esdeveniments físics tenen lloc un darrere l'altre, i que el temps és l'escala en què aquests esdeveniments tenen lloc. Es poden captar o mesurar l'ordre dels esdeveniments en el temps, i també la quantitat de temps que hi ha entre dos esdeveniments.

**La dimensió:** una dimensió d'un element és, en àlgebra i geometria, el nombre de valors propis independents que té la matriu que el caracteritza. Més senzillament, per a la vida quotidiana, serien les mides que necessitem d'un objecte per a poder descriure'l. Podem considerar que el gruix no és important, per tant els pensem com a objectes de dues dimensions: l'alçada i l'amplada. En canvi, si el gruix ens interessa caldrà tenir en compte també el gruix o profunditat. En general, considerem que les coses amb volum, tenen tres dimensions, les planes en tenen dues, les rectes una i els punts no tenen cap dimensió.

**El sistema de referència:** en cinemàtica, un sistema de referència és un conjunt de convencions per poder mesurar la posició d'un objecte en el temps i l'espai, que en la mecànica clàssica són magnituds infinites.

**La longitud:** la longitud és la dimensió que correspon a la llargària d'un objecte. En física i en enginyeria, la paraula longitud és sinònim de "distància", i s'acostuma a utilitzar el símbol  $l$  o  $L$  per representar-la.

**El volum (V):** El volum és la magnitud física que expressa l'espai que ocupa un cos. La unitat de mesura del volum en el Sistema Internacional es el metre cúbic ( $m^3$ ).

**La massa:** La massa és una propietat dels objectes físics que mesura la quantitat de matèria en un objecte. En el Sistema Internacional, la massa es mesura en quilograms (Kg).

**La densitat:** La densitat, de símbol  $\rho$  (lletra *rho* de l'[alfabet grec](#)), és la massa específica d'un cos o fluid, és a dir, la quantitat de matèria que hi ha per unitat de volum. La densitat és directament proporcional al valor de la massa i inversament proporcional al volum del cos.

**El centre de massa:** El centre de masses (CM) d'un sistema o d'un cos és el punt geomètric que dinàmicament es comporta com si en ell estigués aplicat el resultat de les forces externes al sistema. També podem dir que el sistema format per tota la massa concentrada al centre de masses és un sistema equivalent a l'original.

**El centre de gravetat:** El centre de gravetat (CG) és el punt d'aplicació de les diverses forces de gravetat que actuen sobre les diferents masses d'un cos. Podem remarcar també que, a diferència del concepte centre de massa, el centre de gravetat no és intrínsec al cos, sinó que depèn del camp gravitatori on aquest es troba.

\* Si el cos que estudiem es troba a la superfície terrestre, podem considerar que el centre de massa i el centre de gravetat són iguals, ja que la gravetat que actua sobre cada una de les parts d'aquest cos serà tan igual que no s'ha de distingir.

**Vector:** Un vector és un concepte matemàtic que s'utilitza per descriure magnituds (velocitats, acceleracions o forces), en les quals és important considerar no només el valor sinó també la direcció i el sentit.

**La posició:** En física, podem definir la posició com a una magnitud vectorial que serveix per situar un punt en un sistema de coordenades. S'acostuma a representar per la lletra  $\vec{r}$  o per la  $\vec{x}$  i en unitats del Sistema Internacional es mesura en metres.

**El desplaçament:** En física, el desplaçament és un vector que indica la posició d'un punt o partícula en referència al seu origen o a una posició prèvia. El vector va des del punt de referència fins a la posició actual.

**La trajectòria:** En cinemàtica, la trajectòria és el recorregut que fa un cos, és a dir tots els punts per on passa en el seu moviment. Aquesta trajectòria depèn del sistema de referència.

**La velocitat:** En física, podem dir que la velocitat ( $v$ ) és la mesura del canvi de mòdul i direcció de la posició d'un cos. Es a dir, com varia la posició d'un cos respecte del temps.

**L'acceleració:** Definim acceleració com una magnitud física que indica com canvia la velocitat d'un cos en relació amb el temps. És a dir, indica la rapidesa de l'augment o la disminució de la velocitat del moviment.

## Les lleis de la física aplicades al judo

En aquest treball es vol estudiar com afecten i com es mostren alguns aspectes de la física en els moviments del judo, concretament en la tècnica d'ippon seoi nage.

### Ippon seoi nage

#### Generalitats

Ippon seoi nage és una tècnica de projecció, és a dir una tècnica de Nage-Waza, on es busca el desequilibri del contrincant canviant el centre de massa. Si concretem una mica més, es tracta d'una tècnica de Te-Waza, és a dir, on principalment actuen els braços. Aquesta tècnica és una de les tècniques més bàsiques del judo, i una de les que s'aprèn primer. Tot i així és una tècnica molt utilitzada, tant entre els petits com els grans, i es fa servir molt en competició. El fet que aquesta tècnica sigui bastant utilitzada en competició, també ha fet que en neixin bastants variants o maneres de projectar-la (sempre parlant de la mateixa tècnica), ja que cada judoka l'efectua d'una manera personal. Podem veure però encara la forma més exacta, antiga o pura, quan es realitzen exàmens de pas de grau i sobretot quan es realitzen demostracions de Kata.



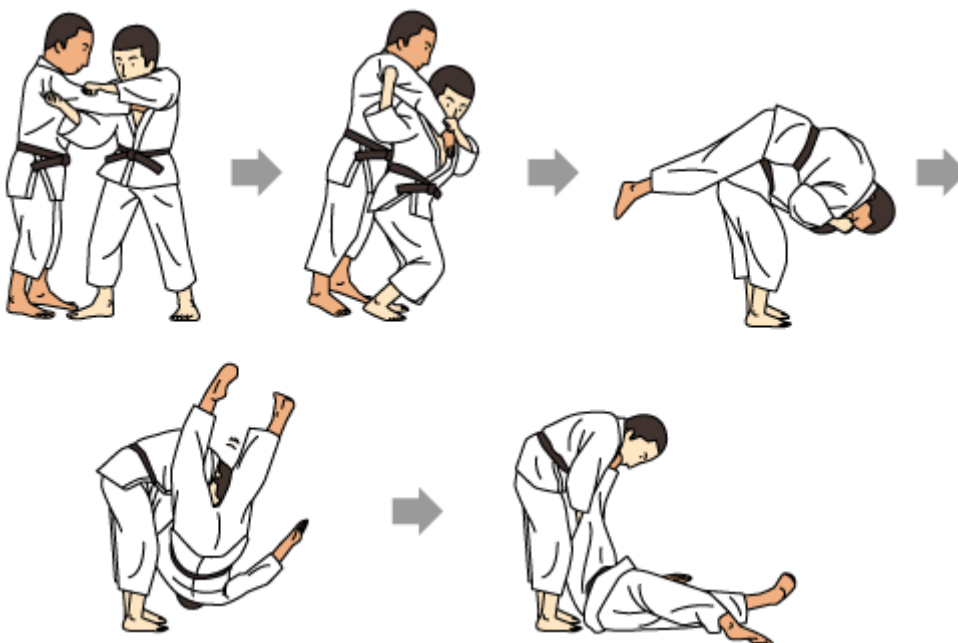
Nomura efectuant un ippon seoi en unes olimpíades

## Explicació de la tècnica

Tori<sup>11</sup> s'incorpora sota de l'aixella dreta de Uke<sup>12</sup> (en kumikata migi<sup>13</sup>) amb una pronunciada flexió de cames. El resultat d'aquesta entrada, és que Tori es queda situat totalment d'esquena a Uke, i amb el centre de masses molt més baix, per tal de desequilibrar a Uke. Aprofitant aquesta diferència del centre de gravetat Tori, molt en contacte amb Uke, estira les cames i això fa possible la càrrega del cos d'Uke sobre l'esquena de Tori. En aquest punt a Tori només li falta que el seu troc faci un gran gir cap a l'esquerra guiat pel seu cap i seguit per una forta estirada dels seus braços sobre el braç dret d'Uke, per tal que aquest caigui al terra.



Kumikata migi



Seqüència d'execució d'ippon seoi nage

<sup>11</sup> Tori és la persona que executa la tècnica.

<sup>12</sup> Uke és la persona sobre la qual s'executa la tècnica (el que cau).

<sup>13</sup> El kumikata és la forma pròpia del judo d'agafar el contrincant. En el cas d'un Kumikata migi (dreta) s'agafa amb la mà dreta la solapa del judogi de l'adversari a l'alçada del coll, i amb la mà esquerra s'agafa la roba de la màniga dreta de l'altre.

## Hipòtesi

Com ja s'ha explicat en la tècnica d'ippon seoi nage, un dels punts més importants és el desequilibri del teu contrincant i, com també hem dit, aquest desequilibri depèn del centre de masses de cada judoka. Com més gran sigui la inclinació d'uke, més inestable serà el seu centre de masses, i per tant es trobarà més desequilibrat i serà més fàcil executar la tècnica. Per tant, si tori té una major flexió, estirarà més a uke, i provocarà aquesta major inclinació.

Un altre punt important és la càrrega del cos d'uke sobre el cos de tori, ja que si aquesta és total, uke no tindrà punts de contacte amb el terra i per tant, no podrà contrarestar la tècnica. Podem observar també, que si tori té una major flexió al moment de la incorporació després, si estira les cames, li serà molt més senzill poder carregar a uke.

Després d'haver esmentat aquets dos factors podem, doncs, formular la hipòtesi de que: per una major flexió de tori, és a dir una diferència més gran verticalment entre els centres de massa d'uke i tori, la tècnica s'efectuarà millor.

Per un cantó, perquè uke és trobarà més desequilibrat. I per l'altre, perquè tori ho tindrà més fàcil per carregar a uke sobre seu. El problema, podria ser que, si la diferència entre els centres de masses de cada un dels judoques és massa gran, la inclinació d'uke, produiria una pressió massa gran sobre tori, i això provoqui que tori no pugui tornar a posar-se dret amb uke a sobre, i aquest caigui des d'una alçada menor, cosa que tornaria a baixar el rendiment de la tècnica.

Per tant la hipòtesi d'aquesta investigació és que, si analitzem diverses tècniques d'ippon seoi nage, amb una flexió de tori cada cop més gran, aquesta tècnica va guanyant efectivitat, fins que arriba un punt en el qual aquesta efectivitat torna a disminuir.

## El procediment

### Recerca prèvia

En un principi, la idea d'aquest treball de recerca, era poder analitzar els moviments, les velocitats i les forces que es veuen en les tècniques del judo. És a dir, analitzar el judo des d'un punt de vista físic (amb les lleis de la física). El que jo volia fer era, a partir de vídeos de les tècniques i mitjançant un programa informàtic, poder fer simulacions en 3D que, a la vegada, t'indiquessin els moviments del cos humà i per tant també en pogués extreure desplaçaments, angles, velocitats, acceleracions i forces.

Vaig començar a buscar algun programa informàtic que complís mínimament les meves expectatives, però aquí va ser quan la cosa es va complicar. Amb els recursos que jo tinc, no em va ser possible trobar un programa així, i vaig estar bastant temps estancada i molt preocupada per aquest gran obstacle que havia sorgit en la meua investigació. Vaig estar enviant correus electrònics a diversos llocs per tal d'aconseguir alguna cosa, com per exemple l'INEFC de Barcelona, el centre d'alt rendiment, o a la Federació Catalana de Judo però, en tots els casos, sense obtenir respostes.

Després d'estar bastant temps donant voltes a la qüestió del programa informàtic, vaig trobar un programa anomenat Abaqus que semblava complir bastant els requisits.

Aquest programa és un programa destinat a resoldre problemes científics i tecnològics, i està basat en el mètode dels elements finits<sup>14</sup>. El programa pot resoldre gairebé tot tipus de problemes. Des de simples anàlisis lineals, fins a simulacions complexes no lineals. L'Abaqus posseeix una extensa base d'elements finits que permeten modelar virtualment qualsevol geometria. També té una gran llista de models virtuals que simulen el comportament d'una gran quantitat de materials, permetent així estudiar les seves aplicacions.

Vaig estar buscant versions d'aquest programa que pogués aconseguir fàcilment, però sense èxit, ja que l'única manera d'aconseguir-lo era comprar-lo a l'empresa que el va crear. També vaig intentar baixar-me alguna versió a trossos que hi havia a Internet, però no funcionaven. També vaig estar mirant altres opcions de programes, però no acabava de trobar el que volia.

Aleshores vaig decidir començar a replantejar el treball d'una altra manera. Més manual, no tan exacte, però també bastant laboriosa.

En el judo, el concepte més important, és que per poder guanyar el teu contrincant no necessites una gran força, sinó saber aprofitar la força del contrincant, i per això és bàsic desequilibrar al teu oponent. Per estudiar el desequilibri i la tècnica en general doncs, vaig decidir calcular el centre de massa dels judoques en cada fase de la tècnica. Per fer això, primerament necessitava saber els centres de gravetat de cada una de les parts del cos del judoka. Per calcular aquests centres de massa, es necessita saber el volum i la massa de cada part del cos. En aquest punt em va sorgir una altra complicació. Jo no podia mesurar la massa de les parts del cos d'una

---

<sup>14</sup> El mètode d'elements finits és una forma de anàlisi que consisteix en crear un model simplificat i informatitzat d'un objecte o conjunt d'objectes, per sotmetre'l a una sol·licitació simplificada i analitzar-ne uns resultats específics.



persona (o només d'una forma molt inexacta), ja que l'única manera real de fer-ho seria partint a les persones en trossos i pesant cada una de les parts i, a més, tenint en compte que el meu germà em feia de model, no hagués estat una acció massa ètica. Per tant, directament, aquesta opció va quedar descartada. Aleshores, vaig decidir (tot i que tampoc és un càlcul exacte) que consideraria que el cos humà és de densitat constant, i aleshores ja no em feia falta tenir la massa, sinó només el volum. Per tant ja podia calcular els centres de massa. Però igualment seria un treball incomplet si no trobava un programa informàtic.

Aleshores, per sort, em van recomanar que intentés posar-me en contacte amb l'INEFC de Lleida, i així ho vaig fer. D'ells si que vaig obtenir una resposta, i em van recomanar un programa informàtic que fan servir ells en alguns estudis de la biomecànica d'alguns esports, un programa fàcil d'aconseguir, anomenat Kinovea. Gràcies a aquest programa vaig poder començar a analitzar la tècnica d'Ippon seoi, per comprovar la meua hipòtesi.

El programa Kinovea és un programa que estudia imatges i vídeos, i és capaç d'analitzar-ne alguns aspectes.

És utilitzat sobretot pels entrenadors d'esports i atletes per estudiar els moviments i el rendiment. A més d'aquesta atenció prioritària, Kinovea també és utilitzat per artistes de l'animació, podòlegs, enginyers i en ergonomia.



## Comprovació de la hipòtesi

Per comprovar la hipòtesi s'han estudiat sis vídeos, gravats anteriorment, de la tècnica d'ippon seoi nage, cada una de les quals s'ha efectuat amb una flexió de cames del tori diferent, per tal de poder contrastar-les i poder demostrar o refutar la hipòtesi.

Com ja he esmentat, primerament s'han calculat els centres de massa de cada una de les parts del cos, i s'han calculat a partir dels volums del cos.

Perquè s'entengui una mica el càlcul dels centres de massa, s'ha de tenir clar que el cos humà és bastant irregular i que, per tant, com més divisions es facin, més exactes seran els resultats. Per tant s'ha dividit el cos en 16 parts, respectivament: el cap, el coll, la part superior del braç (x2), la part inferior del braç (x2), la mà (x2), la part superior del tronc, la part inferior del tronc, la part superior de la cama (x2), la part inferior de la cama (x2) i el peu (x2). Aquestes parts dels cos, a la seva vegada, han estat dividides en cossos geomètrics, perquè només coneixem les formules dels volums i dels centres de massa de cossos regulars.

Per entrar una mica en detall en el càlcul del volum de cada part, especificarem els càlculs de cada una de les 16 parts en que s'ha dividit el cos (càlculs adjunts a l'annex):

- **El cap:** Considerem que el cap està format per un tronc de con i mitja esfera. Aleshores, a partir de les mesures realitzades, s'ha calculat el volum de cada un d'aquests cossos.

El volum de l'esfera, segueix la fórmula següent:  $V = \frac{4}{3} \pi r^3$ , i tot això dividit entre dos, ja que només es té mitja esfera. Per tant el volum resultant és de :  $1563 \text{ cm}^3$ . Pel que fa al tronc de con, la fórmula del seu volum és:  $V = \frac{h\pi}{3} (R^2 + r^2 + Rr)$ , i el resultat d'això és un volum de:  $2622 \text{ cm}^3$ . Per saber el volum total del cap, cal fer la suma dels dos volums, i obtenim un resultat de un total de  $4185 \text{ cm}^3$ .

- **El coll:** El coll està format per un tronc de con, volum del qual dona un resultat de  $933 \text{ cm}^3$ .
- **La part superior del braç:** Aquesta part, està formada per tres troncs de con, ja que el pendent en que varia el perímetre del braç, no és constant, i per tant si el consideréssim com un sol tronc de con, es perdria encara més precisió en els càlculs. Els volums de cada un d'aquets trocs de con, donen respectivament:  $814 \text{ cm}^3$ ,  $374 \text{ cm}^3$  i  $1192 \text{ cm}^3$ , de tal manera que s'obté un resultat final de  $2380 \text{ cm}^3$ .
- **La part inferior del braç:** Tal com en la part superior del braç, també està dividida en tres troncs de con, que donen els resultats de:  $258 \text{ cm}^3$ ,  $258 \text{ cm}^3$  i  $497 \text{ cm}^3$ , i per tant la part inferior del braç té un volum total de  $1013 \text{ cm}^3$ .
- **La mà:** La mà està representada per un tronc de piràmide, la fórmula del volum del qual és:  $V = \frac{h}{3} (A + A' + \sqrt{A \cdot A'})$ , i el resultat dona un volum de  $182 \text{ cm}^3$ .
- **La part superior de la cama:** Aquesta part, està dividida en dos troncs de con, els volums dels quals són:  $3399 \text{ cm}^3$  i  $2109 \text{ cm}^3$ . Per tant el volum total és de  $5508 \text{ cm}^3$ .
- **La part inferior de la cama:** està dividida en tres troncs de con, que donen uns volums de  $1061 \text{ cm}^3$ ,  $947 \text{ cm}^3$  i  $1153 \text{ cm}^3$ , de tal manera que el volum total resultant és de  $3161 \text{ cm}^3$ .
- **El peu:** el peu està considerat com un tronc de piràmide, el qual, seguint la fórmula del seu volum dona un resultat de  $792 \text{ cm}^3$ .
- **La part superior del tronc:** està formada per un tronc de con amb bases el·líptiques. El volum d'aquest cos geomètric té la mateixa fórmula que el volum d'un tronc de piràmide, per tant el seu volum és de  $8905 \text{ cm}^3$ .
- **La part inferior del tronc:** està formada a l'igual que l'anterior per un tronc de con amb base el·líptica, el volum del qual és  $8961 \text{ cm}^3$ .

A partir d'aquí es pot calcular també el volum total del cos que surt d'aproximadament  $49060 \text{ cm}^3$ , que corresponen a 49 L.

Un cop s'han calculat tots els volums, es pot procedir a calcular els centres de massa de cada una d'aquestes parts. També ho explicarem aquí amb una mica més de detall (càlculs i esquemes que trobareu adjunts en l'annex):

- **El cap:** El centre de massa d'una mitja esfera, és troba a  $8/3$  de  $r$ , per tant a una distància de 3,4 cm d'altura en al línia del radi respecte el centre. El centre de massa d'un tronc de con, segueix la formula de:  $CG = h/4 \cdot [(R+r)^2 + 2r^2] / R^2 + r^2 + Rr$ , i per tant el seu centre de massa es troba a 5,8 cm d'alçada, en el centre respecte la base del tronc de con.  
El centre de massa total es calcula aplicant:  $CG_t = (x_1 v_1 + x_2 v_2) / V_t$ , i, per tant, el centre de massa es troba a 10,24 cm des del punt considerat l'origen que, en aquest cas, és en el punt de contacte entre el cap i el coll.
- **El coll:** El centre de massa del coll, aplicant la formula del tronc de con, dona que es troba a 4,4 cm de la base del tronc de con.
- **La part superior del braç:** En la part superior del braç s'ha calculat el centre de massa de cada un dels trocs de con que el formen, i després el centre de massa total que es situarà a 15,81 cm des del punt de contacte entre l'espatlla i el tronc.
- **La part inferior del braç:** Seguint el mateix procediment que en el cas anterior, deduïm que el centre de massa es troba a 11,31 cm des de la zona en contacte amb la part superior del braç.
- **La mà:** El centre de gravetat d'un tronc de piràmide segueix la formula següent:  $CG = h/4 \cdot (a_1 b_1 + a_1 b_2 + a_2 b_1 + 3a_2 b_2) / a_1 b_1 + a_2 b_2 + 1/2(a_1 b_2 + a_2 b_1)$ , i per tant el centre de gravetat es troba a 3,23 cm des de la part exterior.
- **La part superior de la cama:** El centre de massa d'aquesta part és el resultat de la suma dels diferents centres de massa de cada tronc de con, de manera que el centre de massa total es troba a 14,2 cm del punt de contacte entre la cama i el tronc.
- **La part inferior de la cama:** Aquest centre es calcula igual que l'anterior i ens dona un resultat de 16,1 cm des d'el contacte entre aquesta part i la superior de la cama.
- **El peu:** El centre de massa del peu, al tractar-se també d'un tronc de piràmide, segueix la mateixa formula que la mà, obtenint així el resultat que el centre de massa està situat a 9,5 cm des del taló.
- **La part superior del tronc:** Aquesta part, com ja he esmentat, està formada per un tronc de con amb bases el·líptiques, i aleshores la formula del càlcul del centre de massa és igual al d'un tronc de piràmide, i per tant el centre es troba a 12,1cm des de la base del tronc de con.
- **La part inferior del tronc:** Està formada a l'igual que l'anterior per un tronc de con amb base el·líptica, i el seu centre de massa es troba a 11,5 cm de la base del tronc de con.

Amb aquestes dades, i el programa kinovea, situant els centres de massa de cada part del cos en les imatges del vídeo (en el moment de la incorporació) s'ha pogut calcular el centre de massa total de cada un dels judoques, i també s'ha pogut calcular la diferència que hi ha entre el centre de gravetat d'uke amb el de tori (taula adjunta a l'annex).

Després, mitjançant també el programa Kinovea, s'han pogut seguir les trajectòries de diverses parts del cos. Primerament, s'han seguit les trajectòries dels caps dels judoques, com a guia del cos. A partir d'aquí, s'han pogut passar les dades a un Excel i, mitjançant fórmules, s'han pogut calcular les velocitats i les acceleracions dels caps dels judoques (exemple de taula adjunta a l'annex). L'estudi s'ha centrat bàsicament en les dades d'uke, ja que interessava més poder comparar les velocitats i acceleracions de caiguda d'aquest en cada tècnica. I a partir d'aquí s'han pogut fer gràfics amb els resultats obtinguts, per tal d'analitzar-los.

Ippon seoi nage, està considerada una tècnica de força de braços, per tant, també s'ha estudiat la trajectòria, les velocitats i les acceleracions de la mà dreta de tori, com a guia del braç, per entendre una mica més bé aquesta tècnica. El procés d'obtenció d'aquestes dades, ha estat el mateix que en el cas de les trajectòries del cap d'uke, però en lloc d'analitzar la tècnica des de la posició inicial, és a dir observar també la incorporació de tori, s'ha mirat des del punt en que tori està incorporat (l'instant en que s'han calculat els centres de gravetat). Després també s'han fet els gràfics de les velocitats i les acceleracions de cada una de les tècniques d' Ippon estudiades.

A partir de totes aquestes dades s'han calculat les velocitats mitjanes, fent la suma de tots el termes i el resultat s'ha dividit entre el nombre de velocitats sumades. A partir de la velocitat mitjana, s'ha calculat també l'acceleració mitjana, dividint-la pel temps total. Això s'ha fet, per tal de poder comparar les tècniques més fàcilment, i també per disminuir els errors.

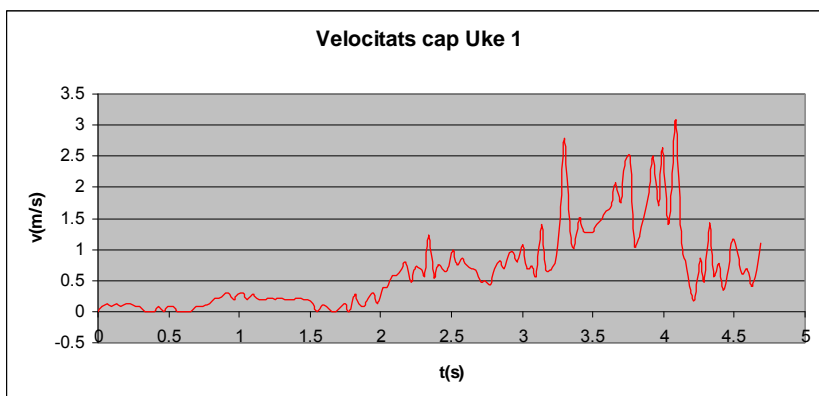
Després d'haver analitzat tot això, s'han fet gràfics que relacionen les velocitats i les acceleracions mitjanes de cada una de les tècniques, per tal comparar-les i poder veure quina de les tècniques és més efectiva, i així poder arribar a les conclusions i poder afirmar que la hipòtesi és correcta o no. També s'han fet gràfics on es representen aquestes velocitats i acceleracions mitjanes, respecte de la diferència vertical entre els centres de massa de tori i uke en cada una de les tècniques.

## Anàlisi dels resultats

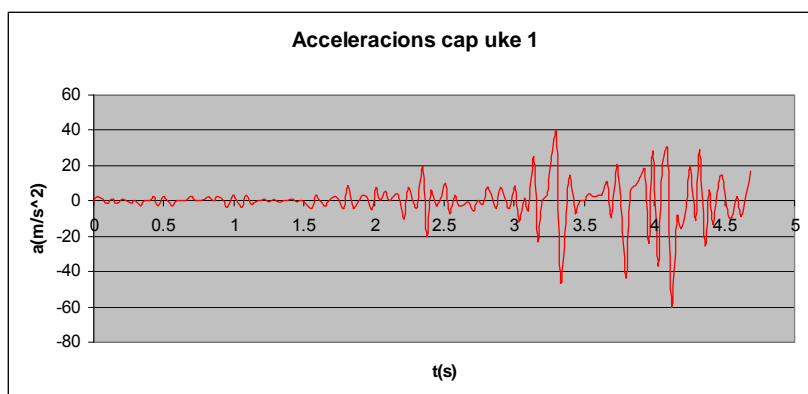
El primer que s'ha de tenir en compte a l'hora d'analitzar els resultats obtinguts és que són resultats aproximats, no exactes, ja que trobem molt soroll en les gravacions, i el programa té les seves errades.

Centrem-nos primerament en els resultats de les velocitats i les acceleracions obtingudes de l'anàlisi de la trajectòria del cap d'uke.

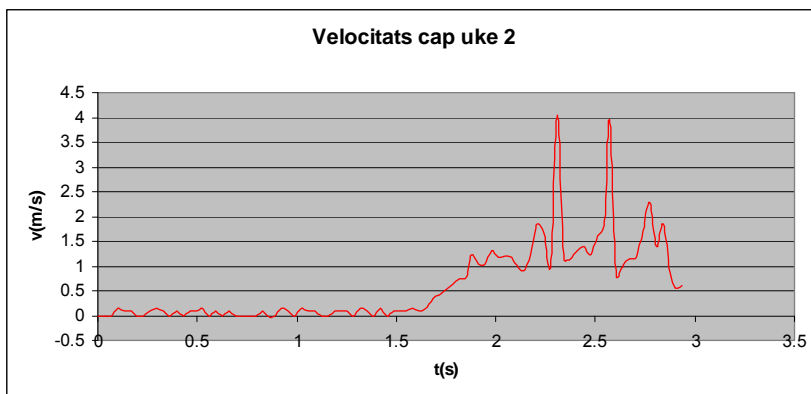
### Tècnica 1:



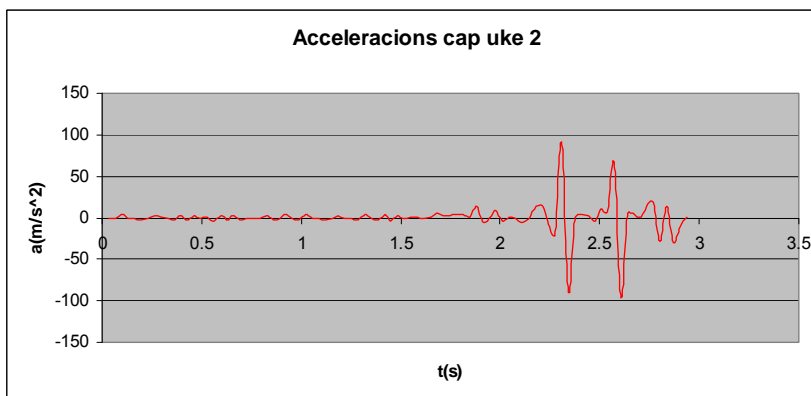
En aquest gràfic, podem observar que fins a una mica més tard de 1'5s, la velocitat és molt baixa ja que representa el moment en que tori s'incorpora, i uke encara no està patint gaire moviment. Més endavant, entre els 2 i els 3 segons, la velocitat augmenta, ja que correspon al gir que tori provoca a uke. El primer pic alt (abans dels 3'5s) es tracta d'un error del programa, per falta de precisió, ja que en aquell instant de la tècnica no trobem un augment tant sobtat de la velocitat. En canvi, els pics que trobem més tard, entre els 3'5 i els 4'25 segons, són l'augment de la velocitat quan uke està caient. Els últims pics són deguts als moviments estranys que fa uke, ja que en aquesta tècnica no cau bé.



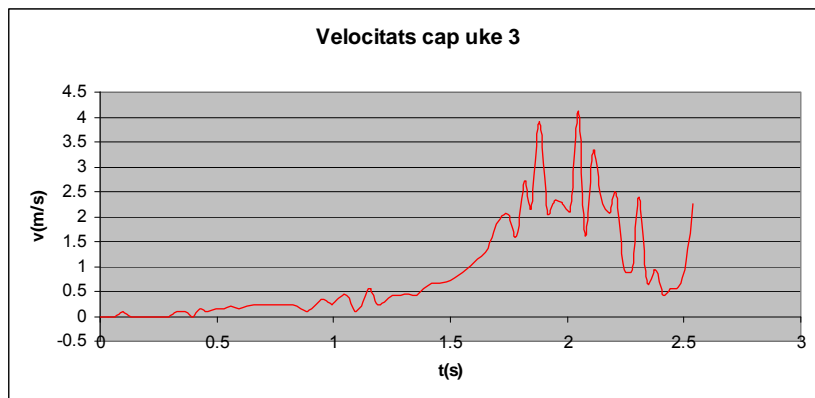
En el gràfic corresponent a l'acceleració, de la mateixa tècnica, podem observar molts "alt i baixos", és a dir valors amb acceleracions positives molt altes i valors amb acceleracions molt altes pel costat dels negatius. És normal que trobem aquest grans canvis d'acceleració en els llocs on trobàvem pics en la velocitat, ja que l'acceleració és el pendent de la velocitat, és a dir, que si tenim un moment en que la velocitat augmenta molt (el cos accelera), l'acceleració és positiva, mentre que després, quan la velocitat torna a disminuir (el cos frena) l'acceleració es torna negativa. El pic entre els 3 i 3'5s, però és un error que ja em esmentat en la velocitat.

**Tècnica 2:**

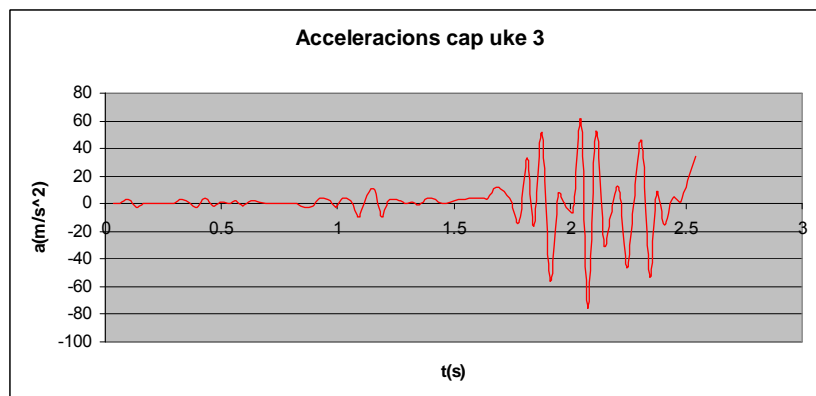
En aquest gràfic, a l'igual que el gràfic de l'acceleració de la tècnica anterior, trobem valors baixos de la velocitat fins a 1,5s, corresponents a d'incorporació de tori, després trobem un augment de la velocitat que indica el gir que tori provoca a uke, i finalment, trobem els pics de velocitat corresponents a la caiguda d'uke. S'ha de dir, però, que els dos pics més alts, són massa extrems, realment no arribarien a valors tant elevats, és a dir la gràfica seria més suau.



En el gràfic que ens representa l'acceleració, com ja hem explicat, trobem pics positius i negatius corresponents als pics de les velocitats, però trobem dos pics positius i dos de negatius extremament alts, que no són reals, com ja hem dit també en el gràfics de la velocitat.

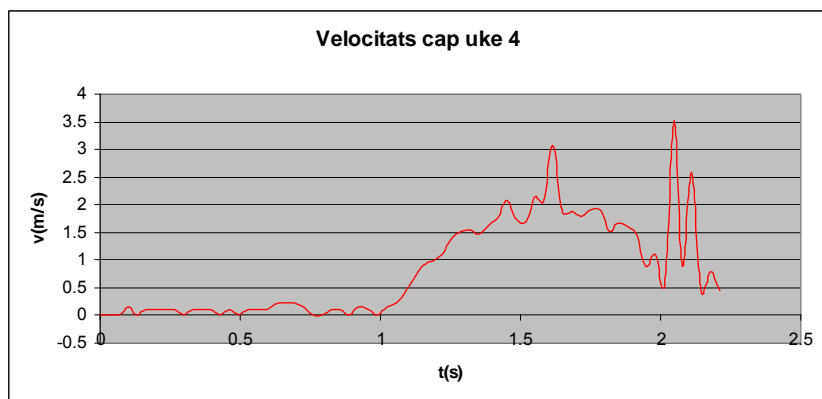
**Tècnica 3:**

En la tercera tècnica, observem el mateix principi que en els altres gràfics de velocitats, però podem observar que en aquest la velocitat augmenta abans, té els pics de la caiguda d'uke abans, i això ens indica que aquesta tècnica s'ha efectuat amb una velocitat total més gran, ja que s'ha necessitat menys temps. Els dos pics més alts però, tornen a ser massa exagerats per la imprecisió del programa.

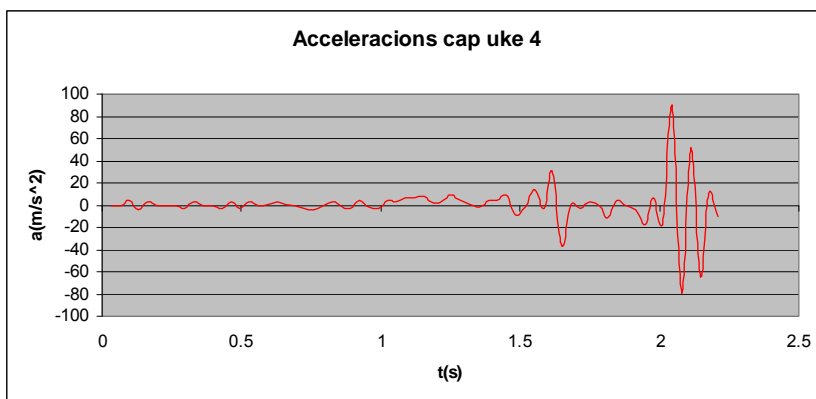


Com en tots els gràfics d'acceleracions, trobem els pics positius i negatius corresponents als pics de la velocitat, i hem de tenir en compte que, si els dos pics més alts en el gràfic de la velocitat eren exagerats, en el gràfic de l'acceleració també ho seran.

**Tècnica 4:**

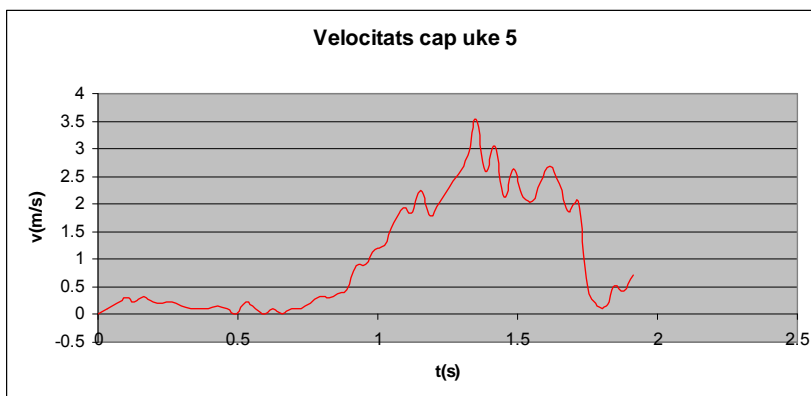


En aquest gràfic, es veu més clarament que en els altres la variació de la velocitat, ja que no ha tingut tant soroll, exceptuant els últims pics, que sí que són errors. Aquesta millora del gràfic, pot ser deguda, a que segons la hipòtesi, aquesta és una de les tècniques més ben efectuades, i per tant on uke cau més bé. També podem observar que s'efectua amb menys temps que l'anterior.

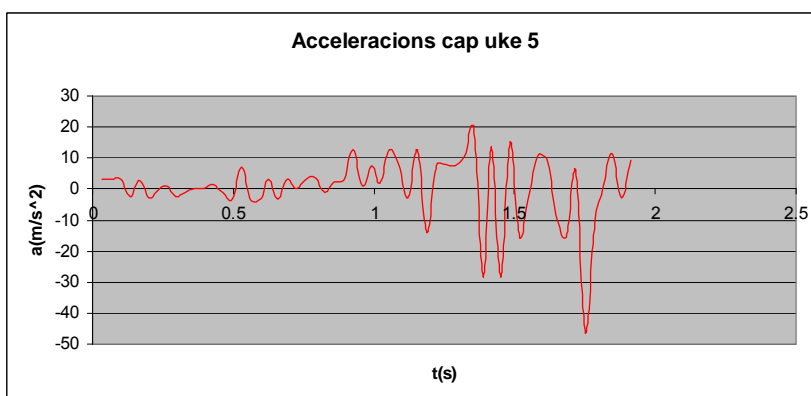


El gràfic de l'acceleració també és un dels més precisos, eliminant els últims pics, i hi podem observar que l'acceleració és molt més constant que en els últims gràfics, però també s'hi marca clarament el moment on trobem el pic de la velocitat corresponent a la caiguda d'uke.



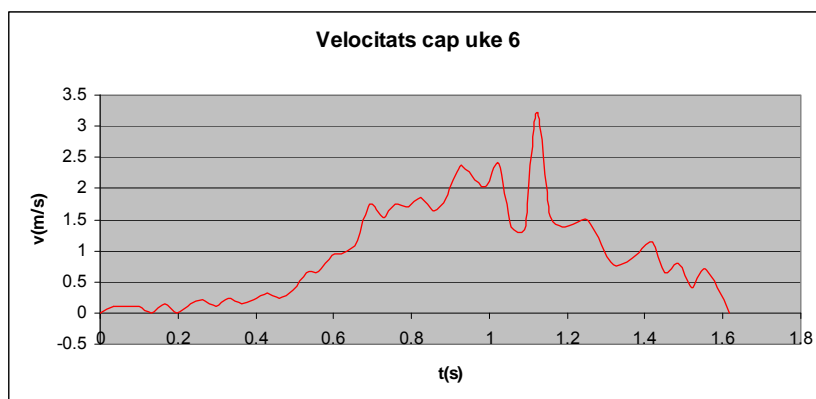
**Tècnica 5:**

Aquest gràfic, és segurament el més precís de tots, i podem tornar a explicar-ho dient que és la tècnica teòricament més ben efectuada. En aquest gràfic, podem veure molt clarament com varia la velocitat, i també s'observa el moment d'impacte del cos d'uke amb el terra, entre els 1'5 i 2 segons, ja hi ha un instant en què la velocitat és casi nul·la. Després tornem a tenir una petita pujada que correspon a la tivada que tori fa al braç d'uke per tal que aquest no impacti tan fort contra el terra i no es faci mal. S'ha d'observar també que, fins el moment, és la tècnica que s'ha efectuat més ràpid, en menys temps.

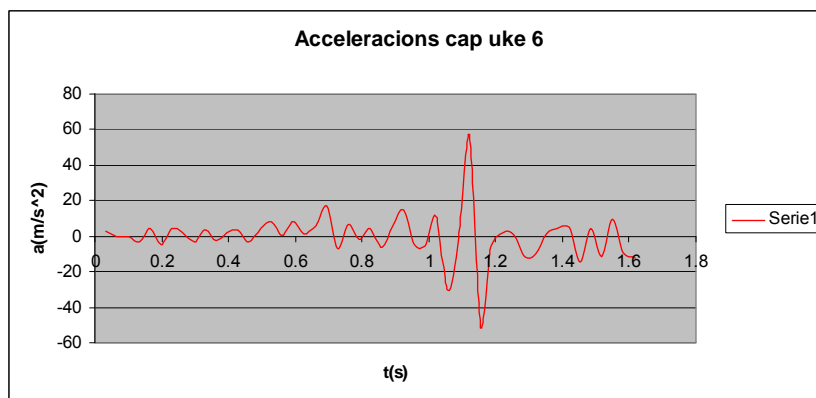


Aquest gràfic, a l'igual que el gràfics de les velocitats d'aquesta tècnica, és bastant exacte, i es poden observar bé els pics positius i negatius de la velocitat. S'observa també que el pic més baix és el corresponent a la baixada sobtada de la velocitat del moment en que uke impacta amb el terra.

**Tècnica 6:**



Aquest gràfic, correspon a la tècnica que, segons la hipòtesi, ja té una flexió massa gran, tot i que podem observar que és la tècnica que necessita menys temps en ser efectuada. El gràfic és bastant correcte, exceptuant el pic més alt, que està exagerat per falta de precisió del programa.

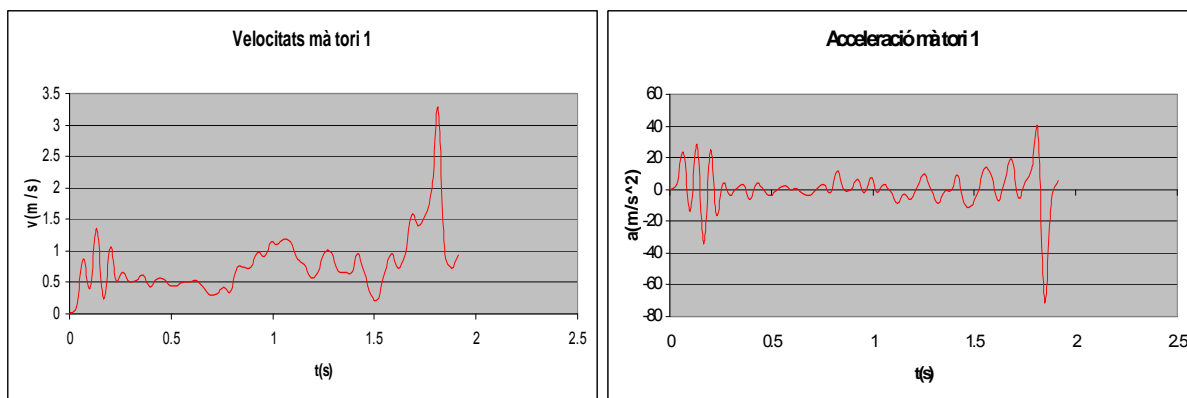


En aquest gràfic només cal destacar que els pics negatiu i positiu més extrems són exagerats, per tant en realitat l'acceleració és més constant en tota la tècnica, cosa que pot ser deguda a que en aquesta, uke no cau des de tan amunt.

En general, pel fa a les velocitats, podem dir que a partir de la tercera tècnica, segueixen un perfil més clar que en les dues primeres, i això pot ser degut a que la trajectòria que segueix uke en aquestes tècniques és més regular perquè la tècnica està més ben efectuada.

Després d'estudiar els gràfics de les velocitats i les acceleracions dels caps d'uke, també ho fem amb els gràfics de la mà dreta d'uke.

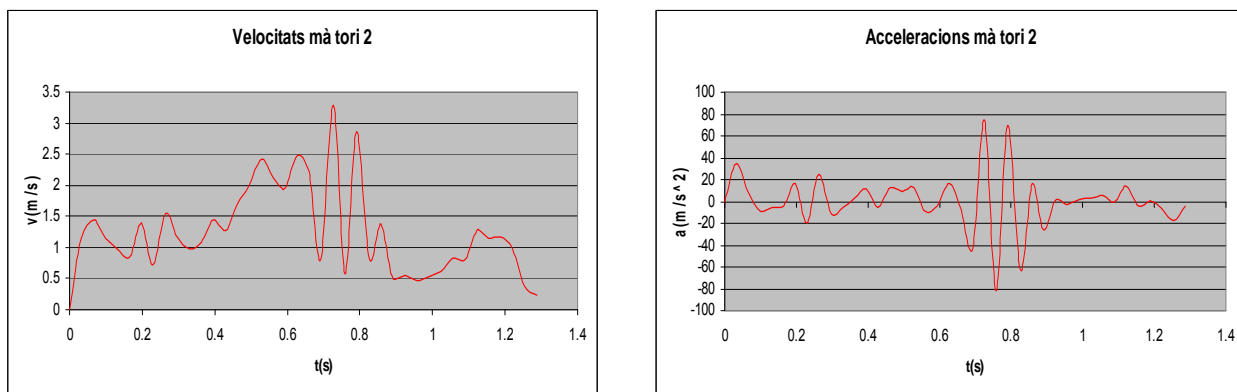
**Tècnica 1:**



En aquests gràfics podem observar que, al principi, hi ha una gran variació de la velocitat, però que no és real, ja que concorda amb uns instants en que la mà de tori queda tapada pel cos d'aquest i el programa no en segueix bé la trajectòria. Aquest error també el trobarem en la resta de tècniques que vindran a continuació. La pujada de velocitat que trobem al voltant del segon 1, és el moment on tori fa la major força amb aquest braç per tal de poder tirar a uke. Els canvis de velocitat següents, són a causa del moviment irregular que fa uke en aquesta tècnica ja que no cau bé i la trajectòria de la caiguda s'allarga. L'últim pic extremament alt, és un error del programa, ja que en aquells instants la tècnica ja esta finalitzada. S'ha de tenir en compte també, que realment la velocitat en l'instant considerat 0, no és nul·la, ja que hi ha la fase prèvia de la tècnica (la incorporació) que no hem analitzat en les trajectòries de la mà.

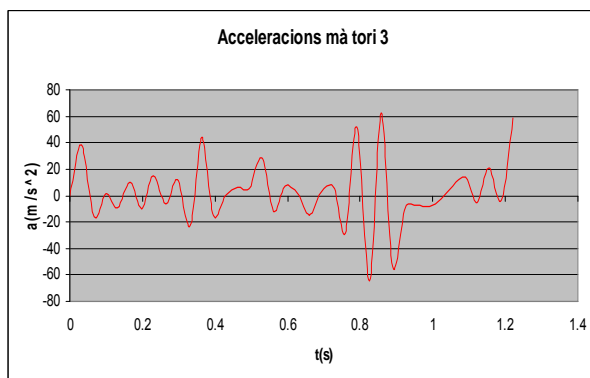
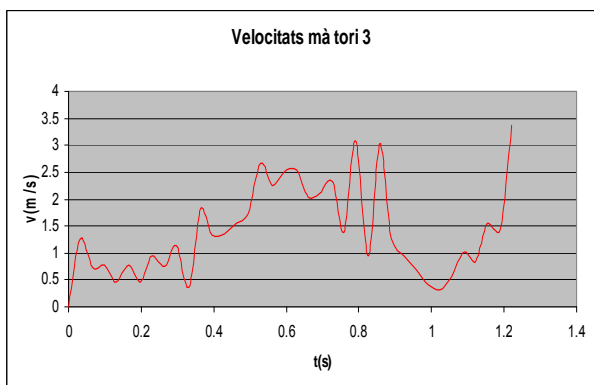
Pel que fa al gràfic de les acceleracions, correspon amb el de les velocitats, ja que és fruit d'aquest.

**Tècnica 2:**



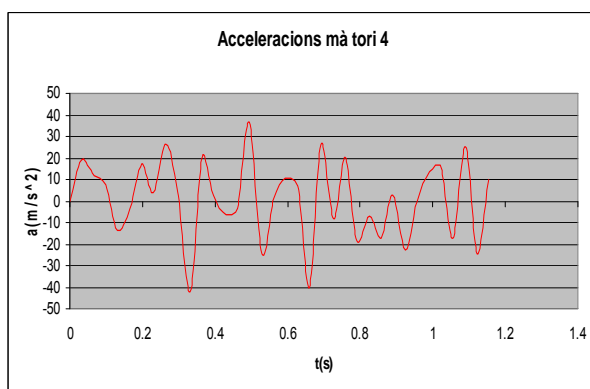
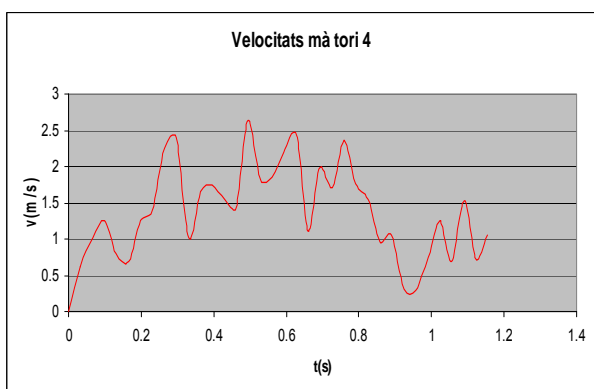
En aquests gràfics cal remarcar que el primer pic més alt, és un error del programa, i realment tindria un valor molt més baix, i el segon pic alt, en canvi, tot i que potser és una mica exagerat, és real, ja que correspon al moment en que tori estira a uke altre cop cap amunt per tal que aquest no es faci mal al caure.

**Tècnica 3:**



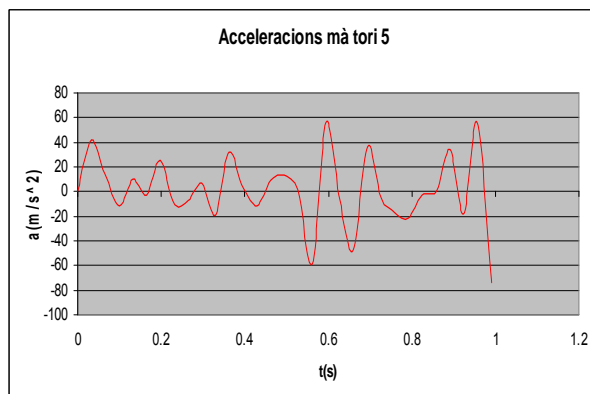
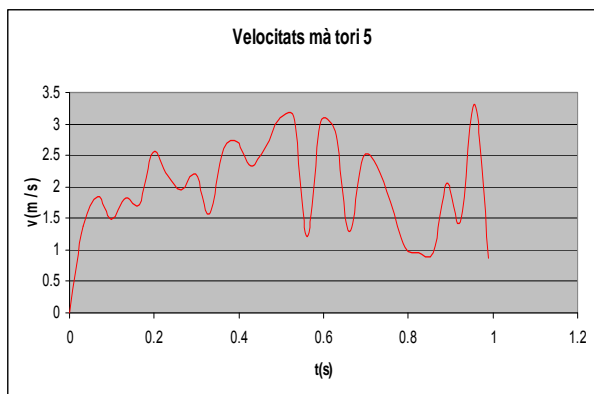
En aquests gràfics, igual que en els de la tècnica anterior, el primer pic més alt, és un error del programa, i el segon pic alt és massa exagerat i correspon al moment en que tori estira a uke altre cop cap amunt, per que no impacti tant fort amb el terra. En aquest gràfic també s'ha d'eliminar l'últim augment, ja que no existeix.

**Tècnica 4:**



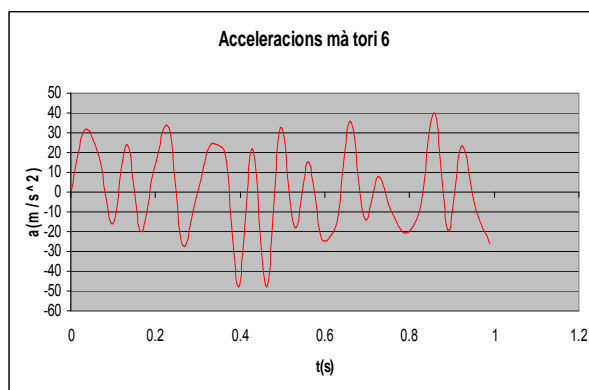
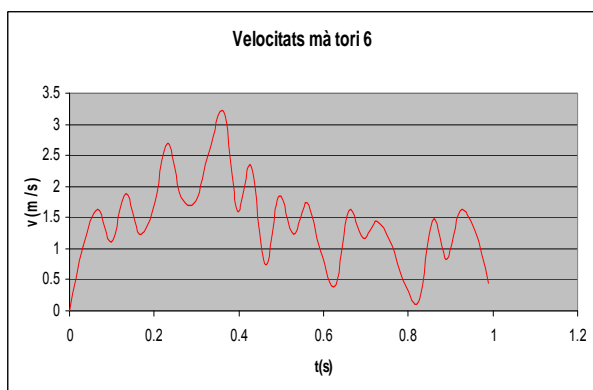
Aquest gràfics s'assemblen bastant a la tècnica, tenint en compte que els primers instants no són exactes per falta de visió, com ja hem esmentat en la primera tècnica, i també que després del segon 1, ja es tracten de moviments una mica posteriors a la tècnica.

**Tècnica 5:**



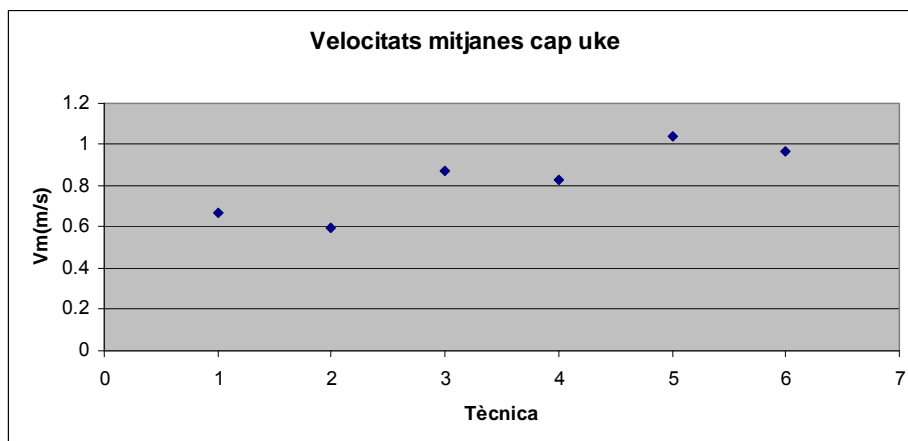
D'aquests gràfics podem dir que si eliminen l'últim gran pic, que és erroni, la resta s'adiu bastant, tot i que pot ser que realment sigui tot una mica més igual, és a dir amb corbes més suaus.

**Tècnica 6:**

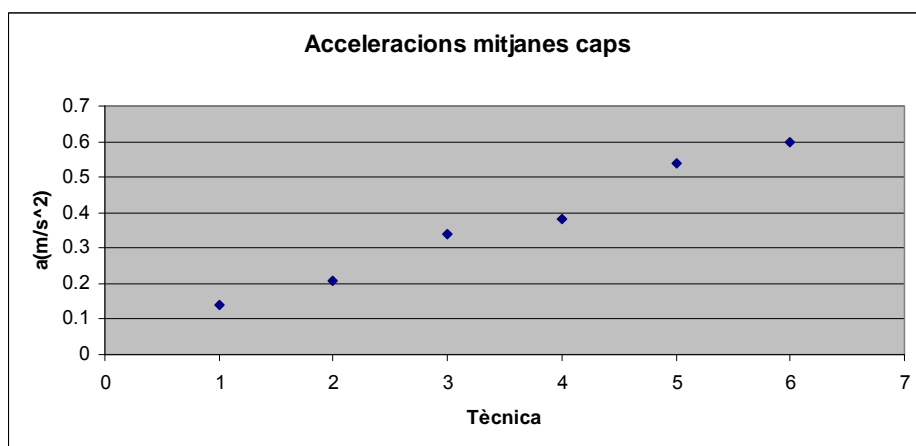


En aquests gràfics cal dir que el pic que trobem just després del segon 0.2, és exagerat, però per la resta està bastant bé, tot i que podem creure que realment no hi ha tants alt i baixos, sinó que és més suavitzat.

Per anar acostant-nos a una conclusió, analitzem també els gràfics que comparen unes tècniques amb les altres. Primerament els gràfics que estudien el cap d'uke.

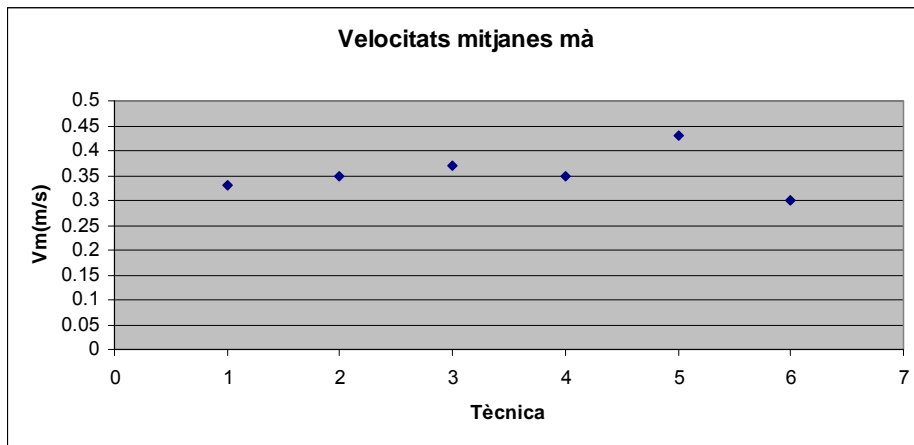


En aquest gràfic, és veu com les velocitats mitjanes augmenten bastant linealment, i que la tècnica que té una velocitat mitjana més elevada és la tècnica numero 5, cosa que s'adiu amb la hipòtesi.

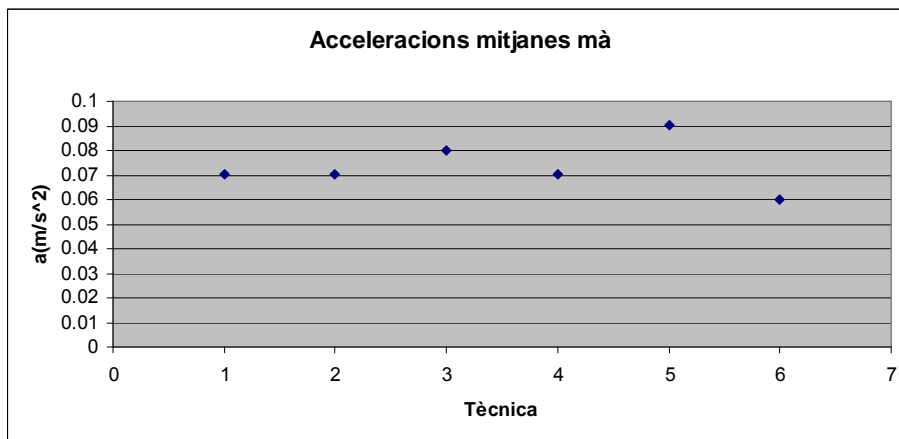


El gràfic que compara les acceleracions mitjanes, sí que ens mostra un clar augment lineal, situant l'acceleració més alta en la última tècnica, cosa que faria que la segona part de la hipòtesi no fos certa. També podem pensar però que, tenint en compte que en els resultats de l'última tècnica hem dit que hi havia un pic molt alt que era erroni, realment aquesta tècnica no té una acceleració mitjana tant alta, sinó que és més semblant a la de la tècnica n°5, o fins i tot inferior a aquesta.

A continuació trobem els gràfics de les velocitats i acceleracions mitjanes de la mà de tori.

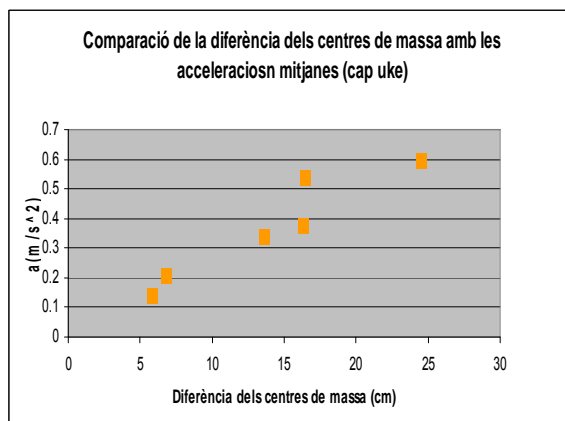
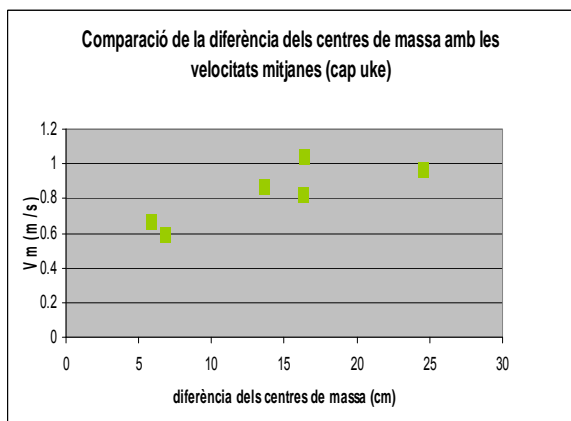


Aquest gràfic ens mostra que la velocitat mitjana de la mà en cada una de les tècniques forma una línia bastant horitzontal, és a dir que no varien gaire d'una tècnica a l'altra. Això sí, la tècnica que té una velocitat mitjana més alta és, afirmant la hipòtesi, la tècnica nº 5.



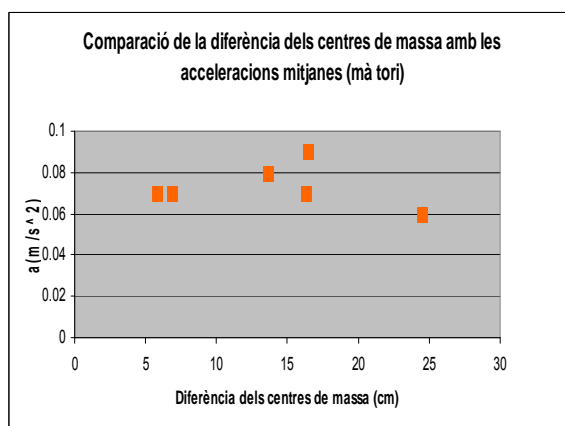
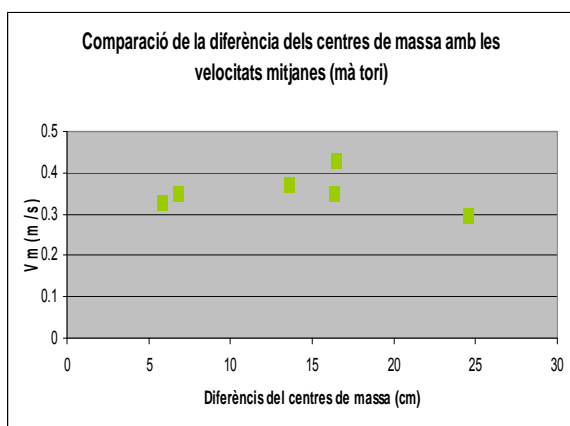
En el gràfic de les acceleracions mitjanes, a l'igual que en el gràfic de les velocitats, s'observa que formen una línia bastant horitzontal, on destaca també la tècnica nº5.

Analitzem també els gràfics que ens relacionen les velocitats i acceleracions mitjanes amb la diferència dels centres de massa.



Aquest gràfics ens mostren com, en general, a mida que augmenta la diferència vertical entre els centres de gravetat de cada un dels judoques, augmenten les velocitats i les acceleracions mitjanes. En el cas de les velocitats trobem que la més alta està en la penúltima tècnica, la número 5, cosa que verificaria la hipòtesi, en canvi en el gràfic de les acceleracions el valor més alt correspon a l'última tècnica, fet però que ja hem esmentat en la pagina anterior.

Els resultats es veuen una mica més clars en els gràfics que analitzen la mà dreta de Tori.



En aquests gràfics es pot observar com la segona tècnica amb una diferència entre els centres de gravetat més gran (tècnica nº 5), és la tècnica amb velocitat i acceleració mitjana més elevades. Podem dir que, exceptuant la tècnica número 4, com més gran és la diferència vertical entre els centres de gravetat de tori i uke, en el moment en que tori s'ha incorporat, per realitzar la tècnica, les velocitats i les acceleracions mitjanes van augmentant. Arriben però a un límit, com ja hem dit en la tècnica nº5, i després en la tècnica nº6, que té una diferència entre els centres de gravetat molt més elevat, les velocitats i les acceleracions tornen a disminuir.



## Conclusions

Després d'haver analitzat tots aquets vídeos, les seves trajectòries, haver-ne analitzat les velocitats i les acceleracions, havent fet gràfics amb els resultats obtinguts, i haver tornat a comparar aquests resultats amb els vídeos, podem concloure, tot i que els resultats no siguin exactes, que la hipòtesi que hem formulat és correcta, i que per tant amb una major flexió de tori, fins a un límit, la tècnica serà més efectiva.

De fet, la recerca que jo he realitzat, seria el pas previ a poder fer una anàlisi de forces exhaustiva; ja que he calculat trajectòries, les velocitats i les acceleracions. Per continuar l'estudi però, es necessitaria com a base, material amb molta més precisió i un programa més sofisticat per tal de poder fer simulacions, cosa que per llàstima no he pogut aconseguir, com ja he esmentat.

També seria interessant saber els punts de contacte entre el cos d'uke i el de tori, que aproximadament són entre l'espatlla de tori i el ventre d'uke, perquè són els punts on s'apliquen les forces.

Per tant, tot i que crec que ja he fet un estudi bastant elaborat pels mitjans que tenia, és un tema que encara es podria profunditzar molt més. I a mida que vas avançant la recerca, t'anirien sortint més aspectes a tenir en compte i a analitzar. Com una frase, que m'agrada molt, que em va dir un dia un professor de la universitat de biologia, que deia: *"La ciència és com un globus d'aire, que com més l'infles de coneixement, més gran és la superfície que contacta amb l'exterior, amb el desconegut"*.

## Bibliografia

- CHARLOT, Emmanuel i BRIDGE Jane: "Curso de Judo" De Vecchio.
- FERNÁNDEZ ALMODOVAR, Amadeo: "Judo básico" Alhambra
- HARRINGTON, Patricia: "El libro total del judo" Tutor
- [http://www.sinchijudokan.com/05temas\\_tecnicos/biomecanica\\_del\\_judo.html](http://www.sinchijudokan.com/05temas_tecnicos/biomecanica_del_judo.html)
- [http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/012\\_analisis\\_biomecanicos\\_uchi\\_mata.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/012_analisis_biomecanicos_uchi_mata.pdf)
- <http://www.mailxmail.com/curso-ejercicio-fisico/estabilidad-centro-gravedad>
- [http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kano\\_jigoro.htm](http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kano_jigoro.htm)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADsica>
- [http://www.culturageneral.net/Ciencias/Fisica/Historia\\_y\\_Estructura/](http://www.culturageneral.net/Ciencias/Fisica/Historia_y_Estructura/)
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Dimensi%C3%B3>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Temps>
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_refer%C3%A8ncia](http://ca.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_refer%C3%A8ncia)
- <http://mural.uv.es/sansipun/>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica>
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica\\_ondulat%C3%B2ria](http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica_ondulat%C3%B2ria)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Atractor>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Campeonato\\_Mundial\\_de\\_Judo\\_de\\_2011](http://es.wikipedia.org/wiki/Campeonato_Mundial_de_Judo_de_2011)
- <http://www.intjudo.eu/>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Te>[http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/012\\_analisis\\_biomecanicos\\_uchi\\_mata.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/pdf/012_analisis_biomecanicos_uchi_mata.pdf)
- <http://www.mailxmail.com/curso-ejercicio-fisico/estabilidad-centro-gravedad>
- [http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kano\\_jigoro.htm](http://www.biografiasyvidas.com/biografia/k/kano_jigoro.htm)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/F%C3%ADsica>
- [http://www.culturageneral.net/Ciencias/Fisica/Historia\\_y\\_Estructura/](http://www.culturageneral.net/Ciencias/Fisica/Historia_y_Estructura/)
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Dimensi%C3%B3>

- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Temp>
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_refer%C3%A8ncia](http://ca.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_refer%C3%A8ncia)
- <http://mural.uv.es/sansipun/>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica>
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica\\_ondulat%C3%B2ria](http://ca.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A0nica_ondulat%C3%B2ria)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Atractor>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Campeonato\\_Mundial\\_de\\_Judo\\_de\\_2011](http://es.wikipedia.org/wiki/Campeonato_Mundial_de_Judo_de_2011)
- <http://www.intjudo.eu/>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Teddy\\_Riner](http://es.wikipedia.org/wiki/Teddy_Riner)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Posici%C3%B3n>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Despla%C3%A7ament>
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/Vector\\_\(f%C3%ADsica\)](http://ca.wikipedia.org/wiki/Vector_(f%C3%ADsica))
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Trayectoria>
- <http://judoinfo.com/kuzushi1.htm>
- <http://www.arnauriera.cat/documents/articles/matematiques.pdf>
- <http://baldufa.upc.edu/baldufa/lbindex/lbindex.htm?url2=http://baldufa.upc.edu/baldufa/parti/d0/d0a001/d0a001.htm>
- [http://www.cecalc.ula.ve/documentacion/tutoriales/abaqus/introduccion\\_abaqus.pdf](http://www.cecalc.ula.ve/documentacion/tutoriales/abaqus/introduccion_abaqus.pdf)
- <http://www.kinovea.org/en/>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Velocitat>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Centro\\_de\\_masas](http://es.wikipedia.org/wiki/Centro_de_masas)
- [http://ca.wikipedia.org/wiki/David\\_Douillet](http://ca.wikipedia.org/wiki/David_Douillet)

# Annex

## Índex annex

Càlculs dels volums de les diverses parts del cos.....	46
Càlcul dels centres de massa de cada part del cos .....	54
Taula de càlculs dels centres de gravetat .....	59
Exemple de taula de càlculs de velocitats i acceleracions .....	63
Material digital .....	65

## Càlculs dels volums de les diverses parts del cos

### CAP

Mitja esfera:

$$V = \frac{\frac{3}{4}\pi r^3}{2}$$

$$p = 2\pi r \quad r = \frac{p}{2\pi} \quad r = \frac{57}{2\pi} = 9'1cm$$

$$V = \frac{\frac{3}{4}\pi(9'1)^3}{2} = 1563cm^3$$

Tronc de con:

$$V = \frac{h\pi}{3}[r_1^2 + r_2^2 + r_1r_2]$$

$$r_1 = 9'1$$

$$p = 2\pi r_2 \quad r_2 = \frac{p}{2\pi} \quad r_2 = \frac{45}{2\pi} = 7'2cm$$

$$V = \frac{12'6\pi}{3}[9'1^2 + 7'2^2 + 9'2 \cdot 7'2] = 2621cm^3$$

$$V_t = 4185 \text{ cm}^3$$

COLL

$$r_2 = \frac{p}{2\pi} \quad r_2 = \frac{35}{2\pi} = 5'6cm$$

$$r_1 = \frac{p}{2\pi} \quad r_1 = \frac{37}{2\pi} = 5'9cm$$

$$V = \frac{h\pi}{3} [r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2]$$

$$V = \frac{9\pi}{3} [5'9^2 + 5'6^2 + 5'9 \cdot 5'6] = 933cm^3$$

MÀ

$$A = b \cdot a = 35cm^2 \quad A' = b \cdot a = 15cm^2$$

$$V = \frac{h}{3} [A + A' + \sqrt{A \cdot A'}]$$

$$V = \frac{7'5}{3} [35 + 15 + \sqrt{35 \cdot 15}] = 182cm^3$$

BRAÇ I

$$r = \frac{p}{2\pi} \quad r = \frac{17}{2\pi} = 2'7cm \quad r = \frac{19}{2\pi} = 3cm$$

$$r = \frac{24}{2\pi} = 3'8cm \quad r = \frac{26}{2\pi} = 4'1cm$$

$$V = \frac{h\pi}{3} [r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2]$$

$$V_1 = \frac{10\pi}{3} [2'7^2 + 3^2 + 2'7 \cdot 3] = 258cm^3$$

$$V_2 = \frac{7\pi}{3} [3^2 + 3'8^2 + 3 \cdot 3'8] = 259cm^3$$

$$V_3 = \frac{10\pi}{3} [3'8^2 + 4'1^2 + 3'8 \cdot 4'1] = 497cm^3$$

$$V_t = 1013cm^3$$



BRAÇ II

$$r = \frac{p}{2\pi} \quad r = \frac{25}{2\pi} = 4cm \quad r = \frac{29}{2\pi} = 4'6cm$$
$$r = \frac{27}{2\pi} = 4'3cm \quad r = \frac{36}{2\pi} = 5'7cm$$

$$V = \frac{h\pi}{3} [r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2]$$

$$V_1 = \frac{14\pi}{3} [4^2 + 4'6^2 + 4 \cdot 4'6] = 814cm^3$$

$$V_2 = \frac{6\pi}{3} [4'6^2 + 4'3^2 + 4'6 \cdot 4'3] = 374cm^3$$

$$V_3 = \frac{15\pi}{3} [4'3^2 + 5'7^2 + 4'3 \cdot 5'7] = 1192cm^3$$

$$V_t = 2380cm^3$$

PEU

$$A = b \cdot a = 48\text{cm}^2 \quad A' = b \cdot a = 20\text{cm}^2$$

$$V = \frac{h}{3} [A + A' + \sqrt{A \cdot A'}]$$

$$V = \frac{24}{3} [48 + 20 + \sqrt{48 \cdot 20}] = 792\text{cm}^3$$

CAMA I

$$r = \frac{p}{2\pi} \quad r = \frac{39}{2\pi} = 6'2cm \quad r = \frac{34}{2\pi} = 5'4cm$$

$$r = \frac{35}{2\pi} = 5'7cm \quad r = \frac{23}{2\pi} = 3'7cm$$

$$V = \frac{h\pi}{3} [r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2]$$

$$V_1 = \frac{10\pi}{3} [6'2^2 + 5'4^2 + 6'2 \cdot 5'4] = 1062cm^3$$

$$V_2 = \frac{10\pi}{3} [5'4^2 + 5'6^2 + 5'4 \cdot 5'6] = 947cm^3$$

$$V_3 = \frac{17\pi}{3} [5'6^2 + 3'7^2 + 5'6 \cdot 3'7] = 1153cm^3$$

$$V_t = 3161cm^3$$

CAMA II

$$r = \frac{p}{2\pi} \quad r = \frac{55}{2\pi} = 8'7cm \quad r = \frac{45}{2\pi} = 7'2cm$$

$$r = \frac{39}{2\pi} = 6'2cm$$

$$V = \frac{h\pi}{3} [r_1^2 + r_2^2 + r_1 r_2]$$

$$V_1 = \frac{17\pi}{3} [8'7^2 + 7'2^2 + 8'7 \cdot 7'2] = 3399cm^3$$

$$V_2 = \frac{15\pi}{3} [7'2^2 + 6'2^2 + 7'2 \cdot 6'2] = 2109cm^3$$

$$V_t = 5508cm^3$$

COS I

$$A = \pi \cdot b \cdot a = 395\text{cm}^2 \quad A' = \pi \cdot b \cdot a = 325\text{cm}^2$$

$$V = \frac{h}{3} [A + A' + \sqrt{A \cdot A'}]$$

$$V = \frac{25}{3} [395 + 325 + \sqrt{395 \cdot 325}] = 8905\text{cm}^3$$

COS II

$$A = \pi \cdot b \cdot a = 325\text{cm}^2 \quad A' = \pi \cdot b \cdot a = 424\text{cm}^2$$

$$V = \frac{h}{3} [A + A' + \sqrt{A \cdot A'}]$$

$$V = \frac{24}{3} [325 + 424 + \sqrt{325 \cdot 424}] = 8961\text{cm}^3$$

## Càlcul dels centres de massa de cada part del COS

### CAP

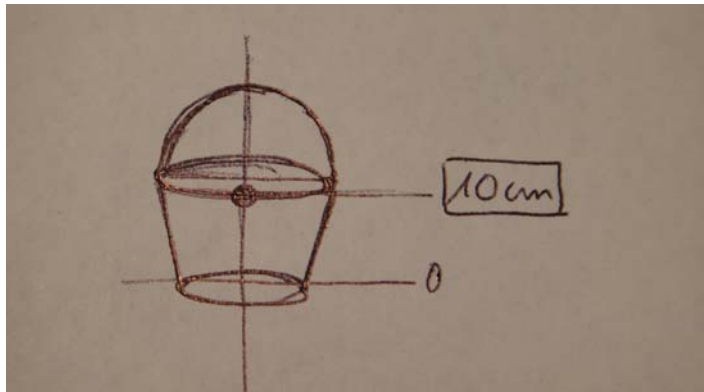
$$CM = \frac{8}{3}r \quad CM = \frac{91 \cdot 3}{8} = 3'4cm$$

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM = 5'8cm$$

$$CM_{total} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2}{V_t}$$

$$CM_{total} = 10cm$$

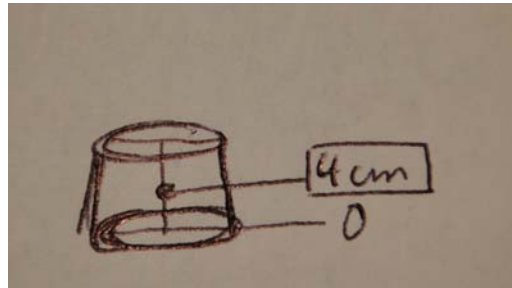


Esquema del centre de massa

COLL

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM_{total} = 4cm$$

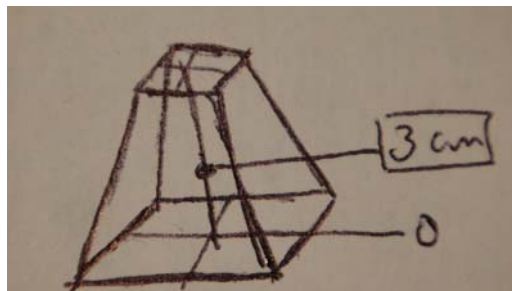


Esquema del centre de massa

MÀ

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{[a_1b_1 + a_1b_2 + a_2b_1 + 3a_2b_2]}{a_1b_1 + a_2b_2 + \frac{1}{2}(a_1b_2 + a_2b_1)} \right]$$

$$CM_{total} = 3cm$$



Esquema del centre de massa

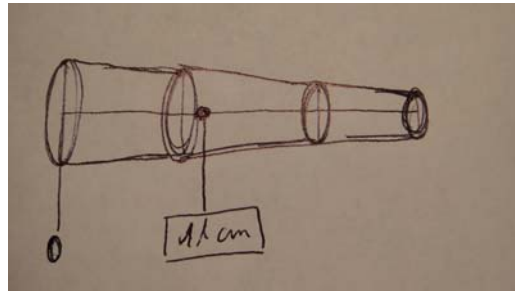
BRAÇ I

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM_1 = 4'8cm \quad CM_2 = 3'2cm \quad CM_3 = 4'8cm$$

$$CM_{total} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2 + x_3v_3}{V_t}$$

$$CM_{total} = 11cm$$



Esquema del centre de massa

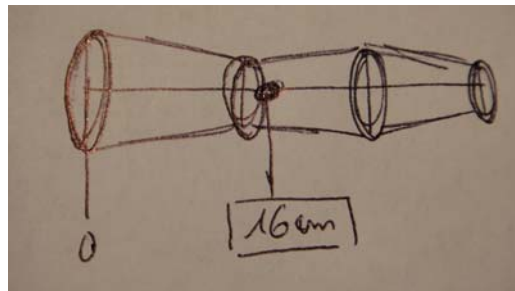
BRAÇ II

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM_1 = 6'6cm \quad CM_2 = 2'5cm \quad CM_3 = 6'7cm$$

$$CM_{total} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2 + x_3v_3}{V_t}$$

$$CM_{total} = 16cm$$



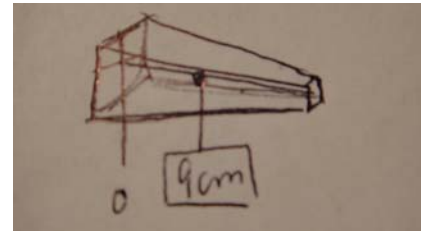
Esquema del centre de massa



PEU

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{[a_1b_1 + a_1b_2 + a_2b_1 + 3a_2b_2]}{a_1b_1 + a_2b_2 + \frac{1}{2}(a_1b_2 + a_2b_1)} \right]$$

$$CM_{total} = 9cm$$



Esquema del centre de massa

CAMA I

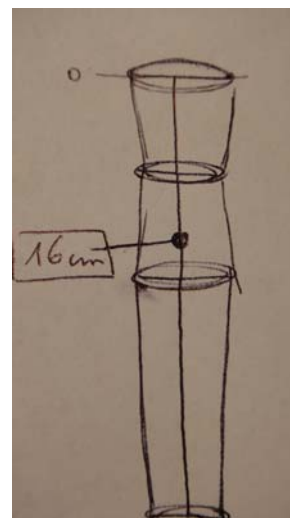
$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM_1 = 4'7cm \quad CM_2 = 4'9cm$$

$$CM_3 = 7'3cm$$

$$CM_{total} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2 + x_3v_3}{V_t}$$

$$CM_{total} = 16cm$$



Esquema del centre de massa

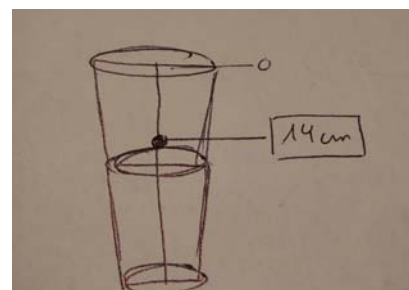
CAMA II

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{(R+r)^2 + 2r^2}{R^2 + r^2 + Rr} \right]$$

$$CM_1 = 7'9cm \quad CM_2 = 7'3cm$$

$$CM_{total} = \frac{x_1v_1 + x_2v_2}{V_t}$$

$$CM_{total} = 14cm$$

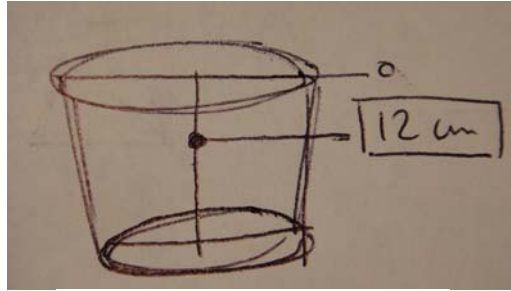


Esquema del centre de massa

COS I

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{[a_1b_1 + a_1b_2 + a_2b_1 + 3a_2b_2]}{a_1b_1 + a_2b_2 + \frac{1}{2}(a_1b_2 + a_2b)} \right]$$

$$CM_{total} = 12cm$$

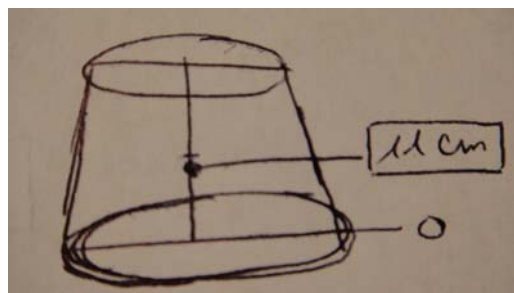


Esquema del centre de massa

COS II

$$CM = \frac{h}{4} \left[ \frac{[a_1b_1 + a_1b_2 + a_2b_1 + 3a_2b_2]}{a_1b_1 + a_2b_2 + \frac{1}{2}(a_1b_2 + a_2b)} \right]$$

$$CM_{total} = 11cm$$



Esquema del centre de massa

## Taula de càlculs dels centres de gravetat

Tècnica 1			Variació CM (y)	
Tori	cap	2.54	248.5	5.8
	ma	-20.84	216.99	
	peu	16.77	10.67	
	peu	34.05	7.62	
	cama	21.34	48.79	
	cuixa	7.11	110.28	
	tronc 1	5.59	205.81	
	tronc 2	-1.02	168.21	
	coll	1.52	226.14	
	braç 1	-31	204.8	
	braç 2	-17.79	197.17	
Tècnica 2				
Uke	cap	20.33	168.04	6.8
	ma	12.2	148.05	
	peu	9.49	10.16	
	peu	36.93	6.44	
	cama	37.94	36.93	
	cuixa	35.91	81.65	
	tronc 1	11.86	136.19	
	tronc 2	14.23	118.58	
	coll	22.7	155.17	
	braç 1	22.36	131.11	
	braç 2	37.27	136.87	
	braç 2	7.79	150.76	
	braç 1	-5.08	149.41	
	ma	-11.52	142.63	
Tècnica 2				
Tori	cap	9.15	138.31	6.8
	ma	2.71	123.39	
	peu	32.88	0	
	peu	22.03	6.78	
	cama	25.42	26.1	
	cuixa	17.63	61.02	
	tronc 1	13.56	115.25	
	tronc 2	12.2	96.61	
	coll	11.53	130.85	
	braç 2	0.34	113.22	
	braç 1	-4.75	120.68	
	cama	10.17	29.15	
	cuixa	1.02	52.2	
Tècnica 2				
	cap	35.25	148.81	
	ma	2.37	122.71	
	peu	51.53	0.68	
	peu	38.98	5.08	
	cama	36.95	29.15	
	cuixa	27.12	66.78	
	tronc 1	32.2	121.36	

Uke	tronc 2	31.53	103.39	
	coll	37.63	135.25	
	braç 1	40.34	113.22	
	braç 2	53.9	122.71	
	braç 2	25.42	130.17	
	braç 1	15.25	127.8	
	ma	25.76	122.71	
	cama	53.22	29.15	
	cuixa	48.81	67.8	
		<b>Tècnica 3</b>		
Tori	cap	-0.97	119.03	
	ma	-11.61	110.65	
	peu	15.81	4.19	
	peu	28.39	0	
	cama	16.77	23.23	
	cuixa	12.9	51.94	
	tronc 1	10.65	102.9	
	tronc 2	10.32	81.29	
	coll	2.58	110.65	13.6
	braç 2	-1.94	90.97	
	braç 1	-16.77	98.39	
	cama	-3.23	23.55	
	cuixa	-1.94	49.68	
			<b>Tècnica 4</b>	
Uke	cap	13.87	141.61	
	ma	13.55	114.84	
	peu	33.55	2.9	
	peu	47.42	0	
	cama	44.19	32.9	
	cuixa	44.19	61.94	
	tronc 1	20.32	120	
	tronc 2	24.19	95.16	
	coll	21.94	132.58	
	braç 1	31.29	102.9	
	braç 2	40.97	115.81	
	braç 2	5.48	121.29	
	braç 1	-2.9	115.81	
	ma	-9.03	109.03	
cama	27.42	28.39		
cuixa	21.61	57.74		
		<b>Tècnica 4</b>		
Tori	cap	-7.81	100.63	
	ma	-3.44	108.75	
	peu	22.5	7.5	
	peu	28.13	5.31	
	cama	13.44	25.31	
	cuixa	13.44	46.56	
	tronc 1	8.75	89.06	
	tronc 2	5.94	67.19	
	coll	-0.63	93.75	
	braç 2	-7.81	80.94	16.3
	braç 1	-14.69	89.69	
cama	4.06	21.25		

	cuixa	0.63	46.56
	cap	14.38	129.69
	ma	17.81	90.31
	peu	25.94	8.13
	peu	42.5	4.06
	cama	42.19	29.38
	cuixa	43.75	60.63
Uke	tronc 1	21.25	106.25
	tronc 2	31.56	89.69
	coll	19.38	121.88
	braç 1	39.06	93.75
	braç 2	40.31	106.25
	braç 2	6.56	107.81
	braç 1	-3.44	101.25
	ma	-10.31	91.88
	cama	27.5	28.75
	cuixa	28.75	59.69

<b>Tècnica 5</b>			
	cap	-7.74	114.78
	ma	-5.48	104.78
	peu	20.31	3.55
	peu	31.27	2.58
	cama	18.38	20.96
	cuixa	15.48	47.07
Tori	tronc 1	7.74	98.66
	tronc 2	10.32	74.48
	coll	0.32	106.07
	braç 2	-6.77	85.76
	braç 1	-12.9	89.95
	cama	1.61	20.31
	cuixa	1.61	47.07

16.4

	cap	20.96	135.74
	ma	16.12	106.07
	peu	51.26	0.97
	peu	34.82	4.19
	cama	46.75	29.66
	cuixa	47.39	60.61
Uke	tronc 1	23.21	113.81
	tronc 2	23.69	98.99
	coll	26.44	125.1
	braç 1	31.6	98.01
	braç 2	42.24	111.23
	braç 2	8.06	115.42
	braç 1	-3.87	109.62
	ma	-7.09	100.92
	cama	32.89	28.05
	cuixa	29.66	57.07

<b>Tècnica 6</b>			
	cap	28.2	93.44
	ma	12.79	91.48
	peu	61.31	4.26
	peu	48.85	5.9

	cama	50.49	20.98	
	cuixa	51.15	40.33	
Tori	tronc 1	36.72	76.39	
	tronc 2	38.03	56.07	
	coll	33.77	86.56	24.5
	braç 2	33.77	70.49	
	braç 1	13.77	72.13	
	cama	27.21	14.43	
	cuixa	27.21	30.49	
	cap	38.03	131.15	
	ma	13.77	90.16	
	peu	66.23	4.26	
	peu	80.23	0	
	cama	56.72	32.46	
	cuixa	54.75	56.07	
	tronc 1	48.85	106.56	
Uke	tronc 2	63.28	84.26	
	coll	45.25	120.98	
	braç 1	17.05	97.38	
	braç 2	33.11	109.51	
	braç 2	68.85	106.56	
	braç 1	64.92	93.44	
	ma	42.95	91.48	
	cama	70.23	26.08	
	cuixa	69.18	51.15	

## Exemple de taula de càlculs de velocitats i acceleracions

		Tècnica 1			Velocitat mitjana	Acceleració mitjana
x	y	velocitats	temps	acceleracions		
0	0	0	0		0.60544053	0.2061425
0	0	0	0.033	0		
0	0	0	0.066	0		
-0.34	0.34	0.14570685	0.099	4.41535915		
-0.34	0	0.1030303	0.132	-1.29322875		
-0.34	0.34	0.1030303	0.165	0		
-0.34	0.34	0	0.198	-3.12213039		
-0.34	0.34	0	0.231	0		
-0.34	0.68	0.1030303	0.264	3.12213039		
0	0.34	0.14570685	0.297	1.29322875		
0	0.68	0.1030303	0.33	-1.29322875		
0	0.68	0	0.363	-3.12213039		
0.34	0.68	0.1030303	0.396	3.12213039		
0.34	0.68	0	0.429	-3.12213039		
0.68	0.68	0.1030303	0.462	3.12213039		
0.68	1.02	0.1030303	0.495	-4.2054E-16		
1.02	0.68	0.14570685	0.528	1.29322875		
1.02	0.68	0	0.561	-4.41535915		
1.36	0.68	0.1030303	0.594	3.12213039		
1.36	0.68	0	0.627	-3.12213039		
1.69	0.68	0.1	0.66	3.03030303		
1.69	0.68	0	0.693	-3.03030303		
1.69	0.68	0	0.726	0		
1.69	0.68	0	0.759	0		
1.69	0.68	0	0.792	0		
1.69	0.34	0.1030303	0.825	3.12213039		
1.69	0.34	0	0.858	-3.12213039		
1.69	0.34	0	0.891	0		
2.03	0	0.14570685	0.924	4.41535915		
2.03	0.34	0.1030303	0.957	-1.29322875		
2.03	0.34	0	0.99	-3.12213039		
2.37	0	0.14570685	1.023	4.41535915		
2.37	0.34	0.1030303	1.056	-1.29322875		
2.37	0	0.1030303	1.089	0		
2.37	0	0	1.122	-3.12213039		
2.37	0	0	1.155	0		
2.71	0	0.1030303	1.188	3.12213039		
2.71	0.34	0.1030303	1.221	1.6822E-15		
2.37	0.34	0.1030303	1.254	-1.6822E-15		
2.37	0.34	0	1.287	-3.12213039		
2.03	0	0.14570685	1.32	4.41535915		
2.03	-0.34	0.1030303	1.353	-1.29322875		

2.03	-0.34	0	1.386	-3.12213039
1.69	0	0.14570685	1.419	4.41535915
1.69	0	0	1.452	-4.41535915
1.69	0.34	0.1030303	1.485	3.12213039
1.36	0.34	0.1	1.518	-0.09182736
1.02	0.34	0.1030303	1.551	0.09182736
0.68	0.68	0.14570685	1.584	1.29322875
0.34	0.68	0.1030303	1.617	-1.29322875
0	0.34	0.14570685	1.65	1.29322875
-1.02	0	0.32581043	1.683	5.45768405
-2.37	-0.34	0.42186564	1.716	2.91076397
-4.07	-0.34	0.51515152	1.749	2.82684481
-6.1	0	0.62371999	1.782	3.28995388
-8.47	0.68	0.74715868	1.815	3.74056635
-10.85	1.69	0.78346667	1.848	1.10024195
-13.9	4.41	1.2383859	1.881	13.7854312
-17.29	4.75	1.03242651	1.914	-6.24119357
-20.68	4.41	1.03242651	1.947	2.0186E-14
-24.75	3.05	1.30036726	1.98	8.11941658
-28.47	2.03	1.16888023	2.013	-3.98445539
-32.2	0.68	1.2020567	2.046	1.00534761
-35.25	-1.69	1.17047391	2.079	-0.95705416
-37.97	-3.39	0.97198593	2.112	-6.01478724
-40	-5.76	0.94561964	2.145	-0.79897852
-42.03	-9.83	1.37823166	2.178	13.1094549
-44.07	-15.59	1.85169121	2.211	14.3472592
-43.39	-21.02	1.65830686	2.244	-5.86013183
-42.03	-24.07	1.01196243	2.277	-19.5861949
-38.64	-36.95	4.03595525	2.31	91.6361463
-35.59	-38.98	1.11024117	2.343	-88.6580026
-32.88	-41.69	1.16136932	2.376	1.549338
-30.17	-45.08	1.31517246	2.409	4.66070128
-27.12	-48.47	1.38185141	2.442	2.02057414
-24.07	-51.19	1.2383859	2.475	-4.34743971
-20.34	-54.92	1.59848988	2.508	10.9122417
-15.93	-58.98	1.81645625	2.541	6.60504172
-11.19	-71.19	3.96902261	2.574	65.2292836
-9.49	-73.22	0.80236679	2.607	-95.9592673
-8.14	-76.27	1.01073213	2.64	6.31410101
-7.46	-80	1.14893251	2.673	4.18789044
-6.44	-83.73	1.17180294	2.706	0.69304332
-3.39	-88.47	1.70802944	2.739	16.2492878
0	-95.25	2.29705165	2.772	17.849158
3.39	-98.31	1.38388004	2.805	-27.6718669
6.78	-103.39	1.85068175	2.838	14.1455065
8.47	-105.76	0.88207327	2.871	-29.3517722
9.15	-104.07	0.55202274	2.904	-10.0015312
10.17	-102.37	0.60076474	2.937	1.47703022



## Material digital

En el CD adjunt s'hi troba:

- Exemples dels vídeos estudiats, on es marca la trajectòria i les velocitats.
- Exemple complet de les taules de càlculs.

(Enviat per correu postal en aquest cas)