



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volum I

Memòria – Annexes - Pressupost

TREBALL DE FI DE GRAU



**“ADAPTACIÓ DE LA
PLATAFORMA
DINAMOMÈTRICA PER
L’ANÀLISI DE LA
SORTIDA DE TACS EN
L’ATLESTISME”**

TFG presentat per obtenir el títol de GRAU en
ENGINYERIA BIOMÈDICA

Per **Laura Pellitero Cornet**

Barcelona, 8 de Juny de 2016

Director: Daniel Rodríguez i Rius
Departament de CMEM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX GENERAL

ÍNDEX MEMÒRIA

Resum

Resumen

Abstract

Agraïments

CAPÍTOL 1: MOTIVACIÓ I OBJECTIUS

1.1. Motivació

1.2. Objectius

CAPÍTOL 2: INTRODUCCIÓ

2.1. Biomecànica

2.2. Atletisme

2.3. Carrera

2.4. Sortida de tacs

2.2. Estudis previs de l'anàlisi de la sortida de tacs

CAPÍTOL 3: MATERIAL

3.1. Laboratori de biomecànica

3.2. Plataforma dinamomètrica

3.3. Sistema de captació d'imatge

3.4. Anàlisi de dades

3.5. Anàlisi paràmetres de la carrera

CAPÍTOL 4: SUBJECTES I METODOLOGIA

4.1. Subjectes

4.2. Metodologia emprada

CAPÍTOL 5: RESULTATS

5.1. Resultats

5.2. Comparativa de resultats

CAPÍTOL 6: COMPARATIVA DEL DISSENY IMPLANTAT

6.1. Mètodes de determinació dels paràmetres dinàmics

6.2. Mètodes de determinació dels instants de reacció

6.3. Mètodes de determinació de la senyal de so

6.4. Electromiogrames (EMG)

CAPÍTOL 7: CONCLUSIONS

CAPÍTOL 8: BIBLIOGRAFIA

- 8.1. Referències bibliogràfiques
- 8.2. Bibliografia de consulta

ÍNDEX ANNEXES

CAPÍTOL 1: ANNEXES

- 1.1. Algorisme
- 1.2. Consentiment informat

ÍNDEX PRESSUPOST

CAPÍTOL 1: PRESSUPOST

- 1.1. Pressupost del personal
- 1.2. Pressupost d'ofimàtica
- 1.3. Pressupost del material
- 1.4. Pressupost total



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria



**“ADAPTACIÓ DE LA
PLATAFORMA
DINAMOMÈTRICA PER
L’ANÀLISI DE LA
SORTIDA DE TACS EN
L’ATLESTISME”**

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA BIOMÈDICA
per **Laura Pellitero Cornet**

Barcelona, 8 de Juny de 2016

Director: Daniel Rodríguez i Rius
Departament CMEM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX MEMÒRIA

Índex memòria	1
Resum.....	3
Resumen	3
Abstract	4
Agraïments	5
Capítol 1: MOTIVACIÓ I OBJECTIUS	7
1.1. Motivació	7
1.2. Objectius	8
Capítol 2: INTRODUCCIÓ	9
2.1. Biomecànica.....	9
2.2. Atletisme	11
2.3. Carrera.....	11
2.3.1. Cinètica de la carrera.....	12
2.3.2. Cinemàtica de la carrera	13
2.4. Sortida de tacs	13
2.4.1. Cinètica de la sortida de tacs	14
2.4.2. Cinemàtica de la sortida de tacs.....	14
2.4.3. Tècnica de la sortida de tacs.....	15
2.5. Estudis previs de l'anàlisi de la sortida de tacs.....	16
Capítol 3: MATERIAL.....	22
3.1. Laboratori de biomecànica	22
3.2. Plataforma dinamomètrica	23
3.3. Sistema de captació d'imatge	25
3.4. Anàlisi de dades.....	28
3.5. Anàlisi paràmetres de la carrera	29
Capítol 4: SUBJECTES I METODOLOGIA	31
4.1. Subjectes.....	31
4.2. Metodologia emprada	32
4.2.1. Adaptació de la plataforma dinamomètrica	32
4.2.2. Primeres comprovacions del sistema.....	34
4.2.3. Desenvolupament de l'eina per calcular el temps de reacció	36

4.2.4.	Cèl·lula fotoelèctrica que detecta el pas als 10 metres	39
4.2.5.	Anàlisi de dades – Algorisme	39
Capítol 5: RESULTATS		43
5.1.	Resultats	43
5.2.	Comparativa de resultats	44
5.2.1.	Temps de reacció	44
5.2.2.	Força resultant aplicada	45
5.2.3.	Angle força resultant	45
5.2.4.	Temps de contacte amb el bloc	45
5.2.5.	Angle genoll davanter	46
Capítol 6: COMPARATIVA DEL DISSENY IMPLANTAT		47
6.1.	Mètodes de determinació dels paràmetres dinàmics	47
6.2.	Mètodes de determinació dels instants de reacció	48
6.3.	Mètodes de determinació de la senyal de so	49
6.4.	Electromiogrames (EMG)	50
Capítol 7: CONCLUSIONS		52
Capítol 8: BIBLIOGRAFIA		54
8.1.	Referències bibliogràfiques.....	54
8.2.	Bibliografia de consulta.....	55

RESUM

Aquest projecte comença amb la voluntat pròpia de que estigués relacionat amb l'esport. Per poder-ho realitzar millor és va fer amb simultaneïtat les pràctiques i el projecte en el Centre d'Alt Rendiment (CAR) de Sant Cugat del Vallès. Amb aquest projecte és pretén integrar una sèrie d'eines electròniques i d'enregistrament de dades (senyal acústic, plataforma de forces i senyal 3D) per poder analitzar específicament els factors crítics de la sortida de tacs en l'atletisme. S'ha cercat molt en aquest aspecte en la literatura relacionada.

Aquest projecte pretén determinar els paràmetres dinàmics i cinemàtics de la sortida de tacs, com també paràmetres rellevants pels esportistes per un millor rendiment. En aquest projecte resulta important la idea d'aprendre nous sistemes d'enregistrament de dades, aprendre com funcionen i es gestionen aquestes noves eines. Per altre banda, l'anàlisi de senyals i aprendre els aspectes més rellevants de la biomecànica.

RESUMEN

Este proyecto comienza con la voluntad propia de que estuviera relacionado con el deporte. Para poderlo realizar mejor se hizo con simultaneidad las prácticas y el proyecto en el Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Sant Cugat del Vallès. Con este proyecto se pretende integrar una serie de herramientas electrónicas y de registro de datos (señal acústica, plataforma de fuerzas i señal 3D) para poder analizar específicamente los factores críticos de la salida de tacos en el atletismo. Se ha buscado mucho en este aspecto en la literatura relacionada.

Este proyecto pretende determinar los parámetros de dinámica y cinemática de la salida de tacos, como también parámetros relevantes para los deportistas para un mejor rendimiento. En este proyecto resulta importante la idea de aprender nuevos sistemas de grabación de datos, aprender cómo funcionan y se gestionan estas nuevas herramientas. Por otro lado, el análisis de señales y aprender los aspectos más relevantes de la biomecánica.

ABSTRACT

It was my self-will that this project was related to sports. For this reason it was better to do the project and practices in the High Performance Center (CAR) in 'Sant Cugat del Vallès' at the same time. The purpose of this project is to integrate a number of electronic tools and data recording (trigger, force platform and 3D signal) to specifically analyze the sprint start critical factors in athletics. A lot of information about this aspect has been searched in the related literature.

This project pretends to know the parameters dynamics and kinematics of sprint start, as the parameters that are important for the sprinters to have a better performance. In this project is also important the idea of to learn and manage new data recording systems and learn how these tools work. Furthermore, the aim of this project is to analyse signals and learn the most important aspects of biomechanics, too.

AGRAÏMENTS

A la família i als amics pel seu suport en aquest temps, i que m'han regalat tants bons moments.

A tot l'equip del CAR, a les diferents àrees d'aquest per ajudar-me i acollir-me a les seves instal·lacions. A l'equip de l'Àrea de Rendiment i als altres equips com Infermeria, Fisioteràpia, Medicina Esportiva, entre d'altres. Agraïda als esportistes i els seus respectius entrenadors per fer possible aquest projecte, sense ells no s'hauria pogut realitzar.

Al company de pràctiques, Andrés Sebastián, per l'ajuda i el suport.

En especial estic molt agraïda al meu codirector del projecte, Ventura Ferrer, per la seva paciència i dedicació en aquest projecte.

Finalment al director, Daniel Rodríguez, pel seu seguiment i orientació a finalitzar aquest treball.

CAPÍTOL 1: MOTIVACIÓ I OBJECTIUS

Aquest projecte sorgeix de la voluntat de l'autora de fer-lo relacionat amb l'esport. El codirector d'aquest projecte en el CAR, el Dr. Ventura Ferrer, va pensar que la millor manera de fer-ho possible seria fer-ho al mateix centre el que ha facilitat les coses, tot i que tutoritzat i supervisat per un professor de l'Escola.

1.1. Motivació

El Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat és un organisme que dona suport als esportistes per a la seva evolució internacional. Al centre disposen dels avanços tecnològics i científics necessaris per aquest objectiu. Aquest centre acull esportistes catalans, espanyols i internacionals que realitzin les seves estades de preparació en ell.

El CAR està dividit en dues grans àrees: Administració, que s'ocupa de la gestió, i Subdirecció Tècnica que abasta l'àmbit pròpiament esportiu. Dins de la Subdirecció Tècnica trobem diferents àrees: Medicina i Tecnologia; l'Àrea de Ciències; l'Àrea de Formació i l'Àrea de Rendiment Esportiu.

Aquest projecte sorgeix de la necessitat de fer un sistema perquè els velocistes puguin millorar la seva sortida, una fase molt important de la carrera. El que es vol aconseguir és millorar aquesta etapa i que al mateix temps els resultats s'obtinguin el més ràpid possible. Important en aquest projecte per tant l'adaptació de la plataforma dinamomètrica com la programació per l'anàlisi ràpid de dades i que per tant sigui automatitzat.

1.2. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és crear un sistema d'avaluació i entrenament de la sortida de tacs en l'atletisme a partir de l'adaptació d'una plataforma de forces i un sistema d'anàlisi 3D. A partir de les dades cinètiques i cinemàtiques és pretén ajudar als velocistes a conèixer els factors que poden fer millorar el seu rendiment perquè al final obtinguin millors resultats. Això és realitza al laboratori de Biomecànica del CAR.

Aquesta adaptació comprèn diferents aspectes:

- Estudi del funcionament d'un sistema de sortida de tacs de curses de carrera dins un laboratori de biomecànica, tant a nivell de hardware com de software.
- Teoria relacionada amb la primera fase de la carrera, la sortida de tacs.
- Estudiar com funciona el sistema de registre de dades (Qualysis Track Manager), i d'anàlisi de dades (Visual 3D v5 professional).
- Donar resultats de millora als esportistes que facin servir l'aparell millorat.

CAPÍTOL 2: INTRODUCCIÓ

En aquest capítol s'introduirà la biomecànica. A partir d'aquí s'explicarà amb deteniment l'atletisme i la cinemàtica i la cinètica de la carrera i la sortida de tacs. Es veuran exemples d'estudis relacionats que han servit com a referents a l'hora del muntatge d'aquest projecte.

2.1. Biomecànica

La biomecànica és una disciplina científica innovadora en la que sorgeixen diferents definicions plantejades des de diferents punts de vista. A continuació es mostraran algunes de les definicions trobades.

- És una ciència que estudia el moviment mecànic en sistemes vius i en particular el moviment del sistema locomotor del cos humà. (Zatsiorsky, 1994)
- Ciència que examina les forces actuant sobre i en l'estructura biològica i els efectes que produeixen dites forces. (Hay, 1978)
- Ciència que estudia els moviments de l'home i la seva coordinació. (Escola Soviètica de Biomecànica, 1971)
- Estudi de les forces actuant i/o generades pel cos humà i sobre els efectes d'aquestes forces en els teixits o materials implantats en l'organisme. (Comitè Z.94.1.ASME: Associació Americana d'Enginyeria Mecànica)

Per tant es pot determinar que la biomecànica utilitza els coneixements de diverses disciplines com la mecànica, l'enginyeria, l'anatomia i la fisiologia, entre d'altres.

L'objectiu de la biomecànica es resoldre els problemes que sorgeixen en circumstàncies i condicions diferents, analitzar les conseqüències mecàniques que es deriven de la nostra activitat, ja sigui en la nostra vida quotidiana, en la feina, quan practiquem esport, etcètera.

Les possibilitats que la biomecànica ofereix al plantejar i resoldre problemes relacionats amb la millora de la nostra salut i qualitat de vida l'han consolidat com un camp de coneixements en continua expansió, capaç d'aportar solucions científiques i tecnològiques molt beneficioses pel nostre entorn més immediat.

La projecció industrial de la biomecànica ha assolit a diferents sectors, servint de base per la concepció i l'adaptació de nombrosos productes: tècniques de diagnòstic, implants i instrumental quirúrgic, pròtesis, ajudes tècniques a persones amb discapacitat, sistemes d'avaluació de les nostres activitats, eines i sistemes de seguretat en automoció, entre d'altres molts.

La biomecànica es divideix en alguns subapartats per ser estudiada amb més deteniment. A continuació mostrem dos dels àmbits d'estudi dins d'aquesta matèria:

- **Cinemàtica:** Aquest apartat més mecànic estudia les lleis del moviment dels cossos, independentment de les causes que les provoquen. És bàsicament l'estudi de la trajectòria d'un cos dependent del temps.
- **Dinàmica:** És una rama de la física que estudia l'evolució en el temps de qualsevol sistema físic, i especialment centra el seu interès en estudiar aquells fets capaços de provocar canvis en el sistema físic.

En l'actualitat la biomecànica és troba present en tres àmbits fonamentals d'actuació:

Biomecànica mèdica: encarregada d'avaluar les patologies que afligeixen al cos humà per generar solucions capaces d'avaluar-les, reparar-les o pal·liar-les.

Biomecànica esportiva: analitza la pràctica esportiva per millorar el seu rendiment, desenvolupar tècniques d'entrenament i dissenyar complements, materials i equipament d'altres prestacions.

Biomecànica ocupacional: la seva missió és estudiar la interacció del cos humà amb el nostre entorn més immediat, i que la nostra feina, casa, conducció de vehicles, maneig d'eines, etc. i adaptar-les a les nostres necessitats i capacitats. En aquest àmbit la biomecànica es relaciona amb una altra disciplina, l'ergonomia.

2.2. Atletisme

La història de l'atletisme ve relacionada amb l'evolució de la humanitat. Des de temps remots ja és feien curses i carreres. Les diferents modalitats d'atletisme no són més que diferents moviments motrius bàsics que feien servir els nostres avantpassats en les activitats quotidianes com la pesca, la caça o la fugida, i que actualment les tenim organitzades en diferents modalitats i competicions.

L'atletisme s'ha desenvolupat bàsicament en el transcurs de les Olimpíades en el continent Europeu, encara que hi hagués algunes proves que ja és veien i s'utilitzaven a les Universitats.

En els primers Jocs Olímpics moderns (Atenes, 1896) es van disputar ja les carreres en pista de 100, 400, 800 i 1500 metres, la maratón, els quatre salts i els llançaments de pes i disc.

En els Jocs Olímpics d'Estocolm (1912) és van fer oficials les distàncies de 5000 i 10000 metres, els relleus 4x100 i 4x400 i la prova de decatión. A partir de llavors va quedar definitivament configurat el programa d'atletisme.

L'atletisme femení s'incorpora als moviments olímpics amb notable i injustificat retard.

A dia d'avui l'atletisme està compost per cinc modalitats: carreres, salts, llançaments, marxa atlètica i proves combinades. Dins de cada disciplina és distingeixen diferents proves oficials.

SORTIDA DE TACS:

En la carrera atlètica de velocitat, nombroses són les variants, respecte a la posició de sortida, que l'atleta ha assajat i utilitzat al llarg de la història. En la sortida l'atleta manifesta "l'expressió més pura" de la velocitat, en la que existeix una importància en la genètica heretada i una gran demanda i contribució del sistema nerviós. En aquest segment de la carrera, l'atleta busca efectuar una bona transició des de la posició baixa fins a la verticalitat, tracta de reaccionar amb rapidesa a l'estímul per predisposar els seus segments corporals de cara a una òptima acceleració, en el menor temps possible. Per això aquesta fase constitueix la capacitat motriu més important del velocista.

2.3. Carrera

En aquest apartat s'explicaran les principals fases de la carrera amb la finalitat d'entendre una mica millor aquesta prova atlètica. Per comentar-ho s'utilitzaran els dos subapartats de la biomecànica definits anteriorment per a la millor comprensió.

És obligatori començar aquest assumpte sobre la biomecànica de la carrera seguint la manera clàssica: l'acció humana de córrer es caracteritza per una fase de l'activitat locomotora durant el qual el cos no està en contacte amb el terra. Aquest vol dir que la diferència entre caminar i córrer es produeix quan els períodes de doble suport durant la fase de contacte del peu a terra (o fase de suport) del cicle de la marxa (dos peus estan simultàniament en contacte amb el terra) passen a ser dues fases de vol doble al principi i al final de la fase de balanceig de la marxa (cap peu està tocant a terra).

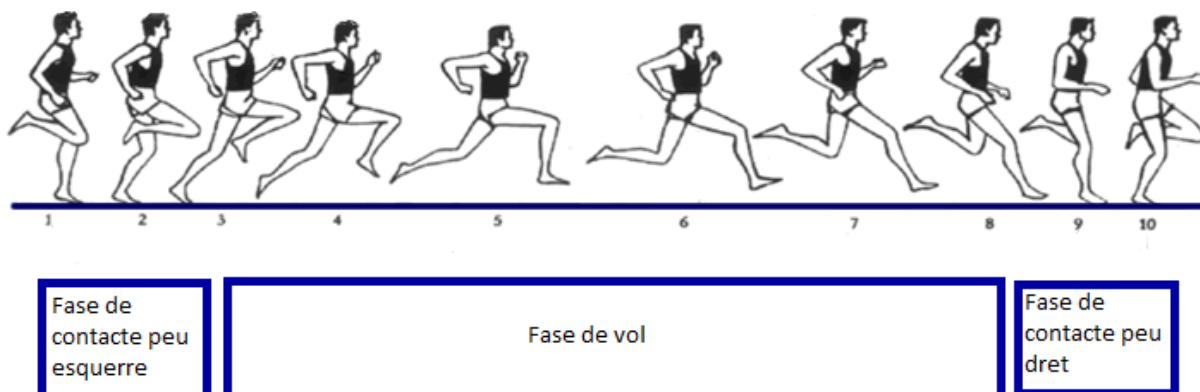


Figura 1. Fases de la carrera.

Existeix una diferència entre córrer i esprintar. La principal diferència és que quan es corre el peu és recolza més amb al taló, i quan s'esprinta, el peu és recolzat amb la punta d'aquest. Esprintar consisteix en una progressió de la velocitat més alta, una llarga fase de vol i una baixa durada de fase de contacte. Esprintar doncs és el que s'anomenaria que fan els atletes d'elit.

2.3.1. Cinètica de la carrera

L'anàlisi de les forces de reacció transmises pel terra en els recolzaments quan l'esportista és troba en contacte amb aquest, ens dóna informació de com és produeix el moviment a partir de l'acció de les forces internes desenvolupades en la carrera. Dites forces determinen el patró d'acceleració del centre de gravetat, completant la informació extreta de l'anàlisi cinemàtic.

Les forces de reacció normalment constitueixen un dels components primaris per l'avaluació de la fase de recolzament de la carrera. L'objectiu de l'anàlisi cinètic es descompondre la resultant de les forces de reacció en els seus tres components: vertical, anteroposterior i miglateral. Cadascuna de les quals varia en magnitud, direcció i punt d'aplicació en el transcurs del recolzament del peu en la carrera.

Força vertical:

Les variables relacionades amb la força de reacció vertical són les més importants en l'anàlisi cinètic de la carrera, doncs és la component majoritari i la que proporciona la informació més rellevant.

Investigacions han confirmat que patrons de carrera característics amb doble pic és propi dels atletes que realitzen el contacte inicial amb el retropeu. El primer pic anomenat "transició del taló", és d'inici sobtat, passa en el 10% inicial del temps de contacte i correspon al impacte del taló. El segueix un lleuger descens i posteriorment un ascens al segon pic màxim, denominat també "pic actiu", que representa el impuls del avantpeu i que passa en l'últim 60-75% del temps de recolzament. Els subjectes que realitzen contacte inicial amb el migpeu no presenten el primer pic d'impacte i mostren un patró amb únic pic al final de la fase de recolzament.

En condicions normals, entre el 75% i el 90% dels atletes realitzen el contacte inicial amb el taló.

2.3.2. Cinemàtica de la carrera

La carrera és una forma de locomoció bípeda, utilitzada en la majoria de les activitats físiques i esportives, en les que es requereix un ràpid desplaçament del cos. Aquesta característica per l'existència d'una fase de recolzament unípeda, que transcorre durant, aproximadament, el 35-50% del temps de duració d'una gambada, i una fase de vol, on, a diferència de la marxa en la que sempre hi ha un peu en contacte amb el terra, els peus s'enlairen durant el 50-65% restant (Weber i Weber, 1991)

La unitat bàsica per l'estudi de la carrera és la gambada. Un cicle complet de carrera està compost per dues gambades, és a dir, des de l'instant en el que el peu pren contacte amb el terra fins que el mateix peu torna a contactar, després de que hagin passat dues fases de vol (Dillman, 1975).

Per tant, el cos es mou sobre el terra sent alternativament suportat i projectat per cada un dels membres inferiors. És important analitzar un cicle de gambada de carrera per conèixer els aspectes cinemàtics de cada recolzament, és a dir, dues gambades consecutives ja que aquestes no són absolutament simètriques en els esportistes (Ferro, 2001).

2.4. Sortida de tacs

Aquest projecte està centrat en la idea de millorar la sortida de tacs pels esportistes. Cal dir doncs que la sortida de tacs resulta una fase molt important en la carrera ja que pots sortir amb una direcció millor, amb més impuls i amb un temps de reacció millorat. Millorar el rendiment d'aquesta fase pot aconseguir els objectius proposats pels resultats de les competicions.

2.4.1. Cinètica de la sortida de tacs

Durant l'acció d'inici: el velocista accelera el centre de masses del cos en una direcció cap endavant i cap amunt. S'esforça per deixar el bloc de sortida en el menor temps possible i amb la velocitat horitzontal més alta possible.

Fase d'acceleració: aquesta fase es troba dividida en dos apartats (fase d'acceleració inicial (0-10 m) i fase de transició (10-30 m)).

- Fase d'acceleració inicial: caracteritzada perquè la posició davantera del cos s'inclina i la velocitat desenvolupada depèn principalment de la potència d'extensió de totes les articulacions inferiors.
- Fase de transició: el tronc dels atletes augmenta durant aquesta fase i es situa en una posició totalment vertical. Com a resultat, la mecànica de la propulsió cap endavant canvia fins al final de la fase, amb l'acceleració sent determinada per l'oscil·lació de la velocitat enrere de la cama de suport al moment de l'aterratge.

2.4.2. Cinemàtica de la sortida de tacs

Alineació del tronc i el genoll: Els velocistes poden utilitzar un major rang de l'extensió de l'articulació per guanyar més velocitat a l'hora de deixar els blocs. Per literatura s'entén com a angles acceptables per a velocistes d'alt rendiment els de 90-100 (°) a la cama davantera, i d'uns 115-125 (°) a la cama del darrere.

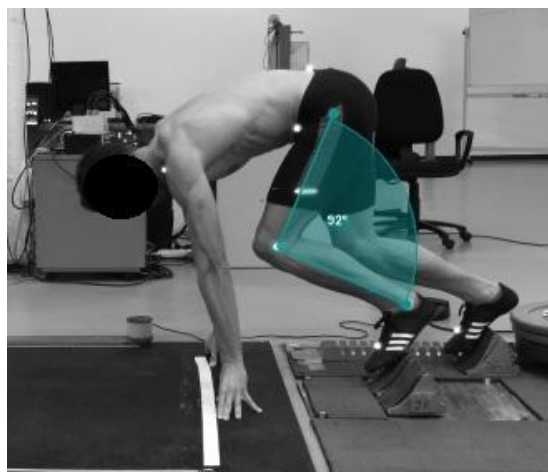


Figura 2a. Angle genoll davanter.

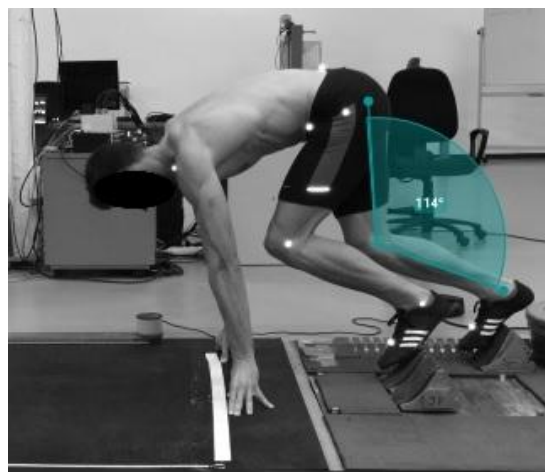


Figura 2b. Angle genoll posterior.

Alineació de l'articulació del maluc: Angle del maluc de l'extremitat inferior frontal es de 41 (°) per bons velocistes i 52 (°) per velocistes mitjans. L'angle del maluc per l'extremitat inferior posterior és de 80 (°) pels bons velocistes i de 89 (°) per velocistes mitjos. S'ha demostrat que fent créixer l'angle del maluc (ja sigui per flexió vertebral o reducció de l'angle pelvis-fèmur) incrementa

proporcionalment la llargada del braç de càrrega del múscul extensor del maluc movent el centre de gravetat total del cos (TBCG) en relació amb l'eix de l'articulació.

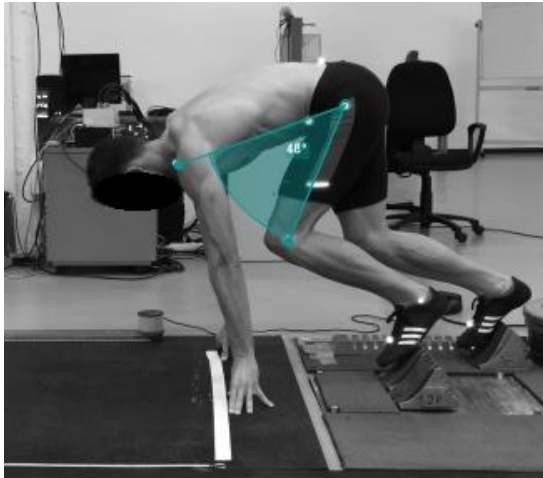


Figura 3a. Angle maluc de l'extremitat inferior frontal.

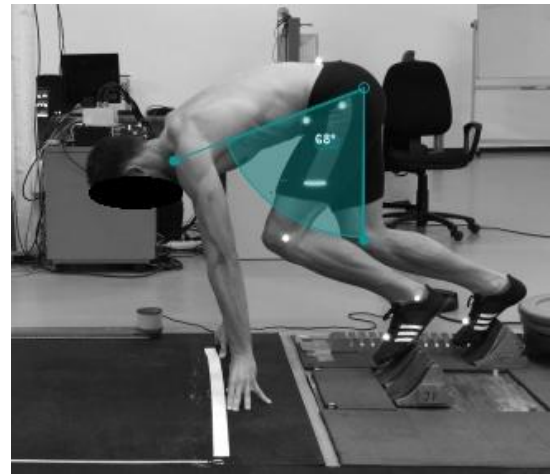


Figura 3b. Angle maluc de l'extremitat inferior posterior.

Posició del centre de gravetat total del cos (TBCG): Es suggeria que la posició del TBCG quan més a prop possible estigués de la línia de sortida era important per crear un bon començament, reduint la distància que l'atleta desplaça el seu TBCG durant la cursa. El tronc s'inclina cap endavant. El menor pes possible ha de caure en les mans. Si el pes corporal es transfereix molt cap endavant, la columna vertebral seria extensa i el braç de càrrega extensor del maluc s'allargaria per fer el començament menys eficient. La distància horitzontal des de la línia de començament i el TBCG incrementa amb el decreixement del nivell de rendiment.

2.4.3. Tècnica de la sortida de tacs

Distància entre blocs: Existeixen tres tipus de distàncies que són distància curta (<30cm), distància mitjana (30-50 cm) i distància separada o allargada (>50cm). La distància mitjana es la que produeix una acceleració més ràpida, la que permet un impuls poderós i una ràpida recuperació de l'extremitat.

En general, la posició més eficaç de col·locar els tacs és:

- Tac davanter: 40-50 (cm) de la línia de sortida, en funció de la talla de l'atleta.
- Tac posterior: 35-40 (cm) darrere el primer peu.

Aquesta col·locació dels tacs permet una posició òptima per utilitzar al màxim la força explosiva. La força explosiva és tracta de fer la major quantitat de força en el menor temps possible.

La separació dels tacs lateralment hauria de ser entre uns 12-15 (cm).

Obliquïtat del bloc: Té un afecte a l'activitat muscular i al començament de l'activitat. S'ha trobat que si és disminueix l'angle de la cara del bloc, altres paràmetres com la velocitat i l'acceleració augmenten significativament.

Tradicionalment, la inclinació dels tacs és 40-45 graus a l'anterior, i 60-85 graus al posterior.

2.5. Estudis previs de l'anàlisi de la sortida de tacs

El mecanisme que es vol implantar per poder calcular les forces horitzontals exercides pels atletes en els blocs de sortida de tacs, entre d'altres paràmetres, és un dispositiu que ja ha sigut implementat en alguns altres casos. Ens basarem en aquests estudis com a referència per el mecanisme de sortida que s'implementarà.

Estudi 1: Contribució de les característiques de passa en atletes d'alt rendiment, tant homes com dones

En aquest estudi van ser utilitzades cel·les de càrrega, muntades a la part posterior de cada bloc de sortida registrant les característiques de força-temps horitzontals de cada peu en el bloc durant tota l'acció d'inici a una freqüència de mostreig de 1000 Hz. Les senyals analògiques es van amplificar i després de la conversió analògic-digital (AD) van ser processats mitjançant un programari especial fet per la mateixa empresa que va fer el muntatge. (Debaere, et al. 2013)

Manera en la que es van extreure les dades/paràmetres que interessaven en aquest exemple:

Els següents paràmetres van ser inclosos per a l'anàlisi addicional :

- a) Hora d'inici (T-inici, segons) que reflecteixen la durada d'enlairament i determinat des de del inici de la generació de la força en un dels blocs fins que la senyal de força cau a zero
- b) Iniciar la velocitat (V-inici) calculada a partir de la suma dels impulsos de tots dos blocs dividits per la massa corporal
- c) Iniciar l'acceleració ($a\text{-inici} = V\text{-inici} / T\text{-inici}$) .

Tots els paràmetres es van corregir per al temps de reacció individual, és a dir, el retard de temps entre l'ordre d'inici i un augment de força superior a un llinzar de sensibilitat fixat en 7,2N. Els coeficients de correlació intraclasse per T-start, V-start, i A-start eren 0.88 , 0.96 , i 0.71, respectivament, el que indica una bona fiabilitat de les dades d'inici.

La velocitat del velocista va ser mesurada durant tota la carrera, amb un làser col·locat darrere la línia de sortida i que apuntava sempre a la zona lumbar de l'esportista ja que és la part que menys es mou durant la carrera. El sensor va ser mostrejat a 4 Hz i mesurant la distància del cos del velocista amb precisió de 0.001 m.

Per últim es va calcular la longitud del pas i la freqüència de gambada amb un sistema de diferents làsers, anomenat Optojump. Aquest sistema és un mesurador òptic de barres de 40 emissors i 40 receptors, els quals fan 1 metre de llargada.

Les barres se situen al llarg dels costats oposats de la pista. Cadascuna de les barres conté 32 infrarojos díodes emissors de llum.

Estudi 2: Efecte de la pretensió muscular en la sortida de tacs

Aquest estudi va ser realitzat amb col·laboracions de les Universitats de València, Granada i Indiana (EEUU), publicat al Journal of Applied Biomechanics a l'any 2006. La captura de dades va ser realitzada a València, al Palau Luis Puig. (Gutiérrez-Dávila, et al. 2006)

El propòsit d'aquest estudi va ser comparar les forces i posicions horitzontals del centre de masses al final de la fase d'acceleració un cop utilitzades les dues tècniques, i veure les avantatges i desavantatges per poder dir que una tècnica serà millor que l'altre. Aquestes dues tècniques són la convencional i la pretensió muscular. La convencional consisteix en exercir una certa força, i la pretensió muscular és realitzar la màxima força possible contra els blocs. Els esportistes practiquen aquests dos tipus de sortida per acostumar-se a la sensació de cadascuna d'elles.

La prova va ser realitzada per 19 velocistes d'alt rendiment, tots ells de sexe masculí. En aquest estudi van ser utilitzades dues plataformes de forces amb una freqüència de mostreig de 250 Hz. Una calculava les forces exercides pels peus sobre els blocs, plataforma de forces A i tenia unes dimensions de 60x37 centímetres; i l'altre calculava les forces de les mans, plataforma de forces B amb unes dimensions de 80x80 centímetres. Les dues plataformes de forces i el sistema d'arrencament estaven sincronitzades a través de la senyal electrònica produïda pel sistema.

A la vegada els subjectes van ser gravats en vídeo des del costat a 250 Hz amb una càmera digital d'alta velocitat.

En aquest estudi van escollir posar un llindar d'1% superior al pes corporal per saber el moment en que és comencen a fer forces. Per tant, el moment que s'anomenarà reacció, l'instant precís en que l'atleta reacciona.

El final del suport de la mà va ser determinat com abans del primer instant en que la força vertical de la plataforma de forces B tenia una valor negatiu, això és degut al soroll aleatori en les dades capturades a la plataforma de forces.

La fase final del suport de l'últim peu, fase enlairament del bloc va ser determinat com el primer valor abans de que la força horitzontal de la plataforma A mostri un valor negatiu.

Van ser assignats valor de zero a la plataforma A després de que els dos peus ja no estiguessin en contacte amb els blocs, i per la plataforma B quan les mans havien deixat de tenir contacte amb ella. D'aquesta manera van ser eliminats els sorolls de baix nivell que poden ser provocats per interferències.

El començament convencional i el de pretensió muscular finalment produeixen similar rendiment per els subjectes en aquest estudi. El increment de la força propulsiva exercida a través de les cames en la primera part de la fase de l'acceleració en la versió de pretensió no presenta un avantatge clar en els resultats perquè va ser contrarestat pel increment de les forces exercides cap enrere per les mans en el mateix període. Els resultats d'aquest estudi no necessàriament impliquen que els dos tipus de començament tenen una efectivitat igual per els atletes. La majoria dels subjectes apliquen només quantitats de força moderades o petites contra els blocs en la posició de llestos en les competicions. Només dos subjectes estaven habituats a aplicar gran quantitat de força. És possible que la insuficiència en l'experiència o habilitat en l'execució del començament de pretensió muscular pugui haver limitat la mitjana de rendiment dels subjectes per aquest tipus de tècnica, i que potser els subjectes amb gran habilitats en ambdues tècniques poden tenir millor rendiment amb la pretensió muscular.

Com a resultats finals d'aquest estudi és conclou que la pretensió muscular no és pitjor que la tècnica convencional, i que els subjectes amb experiència en totes dues tècniques poden tenir possiblement una millor efectivitat amb la tècnica de pretensió muscular que amb la convencional.

Estudi 3: Factors dinàmics i activitats electromiogràfiques a la sortida de tacs

Aquest estudi va ser realitzat per una atleta del sexe femení amb un rècord personal a 100 (m)-tanques de 13.19 (s). (Čoh, et al. 2009)

Per la realització d'aquest estudi l'atleta va fer vuit sortides per analitzar i processar. El sistema consisteix en nou càmeres vídeo CCD Smart-600 amb una

freqüència de 60 Hz i 768 x 576 píxels de resolució que va ser utilitzada per l'anàlisi cinemàtic 3D. Els paràmetres cinemàtics van ser processats pel programa d'anàlisi BTS Smart. En el present estudi van utilitzar 17 marcadors per tal d'aconseguir un bon modelatge del cos. L'anàlisi cinemàtic va determinar la velocitat de sortida i l'acceleració del bloc en les dues primeres passes.

Per altre banda els paràmetres dinàmics van ser determinats amb l'ajuda de dues plataformes dinamomètriques de la casa Kistler, model 9286A, on van ser instal·lats els blocs de sortida. Les direccions de les forces verticals i horitzontals van ser registrades tant pel bloc de davant com pel darrere.

Van ser utilitzats 16 canals electromiogràfics per tal d'obtenir l'anàlisi de les activitats electromiogràfiques. Consisteix en una unitat mòbil que captura totes les senyals EMG i les transmet a una unitat estacionària a través de la connexió Wi-Fi. Van ser monitoritzats per l'anàlisi de les senyals EMG sis músculs de la cama dreta, sis de la cama esquerra i un múscul extensor del tronc. L'activitat muscular electromiogràfica superficial es detecta per mitjà d'electrodes de superfície bipolar (Ag - AgCl) que es fixa a la ubicació específica de la unitat motora dels músculs, arran d'una preparació prèvia de la pell. A continuació les senyals van ser filtrades per la realització de l'anàlisi. Primer va ser utilitzat un filtre passa alt Hamming a una freqüència de 30 (Hz) per eliminar interferències. Seguidament la senyal va ser integrada amb un algorisme RMS amb una base de temps de 20 (ms). Va ser utilitzat un filtre passa baix Hamming a una freqüència de 10 (Hz) per suavitzar la senyal. Finalment, l'anàlisi estadística dels resultats va ser processat pel software estadístic SPSS.

Els resultats de l'estudi revelen clarament la importància de la força produïda pels dos peus sobre els blocs i la durada d'aquesta en l'acció de la sortida. L'electromiografia permet la identificació dels músculs participants i la seqüència en la que generen la força. La producció de força muscular en la sortida depèn de molts factors. Els principals són el nombre màxim d'unitats motores reclutades durant la contracció, l'excitabilitat de les neurones motores i el tipus d'unitats motores reclutades. El rendiment de la sortida implica una acció muscular concèntrica , excèntrica i isomètrica.

Estudi 4: Temps de reacció i activitat electromiogràfica a la sortida de tacs

El propòsit d'aquest estudi va ser separar les temps pre-motor (PMT) del temps motor (MT) de les cames del davant i del darrere en el bloc de sortida i investigar l'activitat EMG al final del primer contacte després del bloc. (Mero and Komi, 1990)

Temps pre-motor (PMT): Temps transcorregut en el dispar de sortida fins al començament de l'activitat EMG del múscul esquelètic.

Temps motor (MT): Retard entre el començament de l'activitat elèctrica i la producció de força feta pel múscul.

El mètode utilitzat en aquest projecte va ser agafar vuit velocistes voluntaris experimentats del sexe masculí.

Va ser utilitzada una plataforma de forces recoberta per tartan i posant uns blocs de sortida convencional.

La sortida i la carrera fins els 3 metres van ser gravats en una direcció perpendicular a la de la carrera amb una càmera (Locam 51-0003) que opera a una velocitat de fotogrames de 100 (Hz).

El model mecànic del velocista va ser modelat amb 14 segments del cos. El velocista va ser marcat amb tinta negra sobre la pell.

En l'anàlisi va ser utilitzada una corba polinòmica de nou graus per suavitzar les dades digitalitzades.

El temps total de reacció va ser definit en aquest estudi com el temps transcorregut des de la senyal del dispar fins a un valor de força del 10% superior a la mitjana. El llindar de la força del 10% va ser escollit del valor de la força màxima que va ser seleccionada com el punt d'origen de la producció de força.

La força i la senyal analògica EMG van ser dades enregistrades amb una freqüència de mostreig d'1 (kHz). Les senyals EMG enregistrades van ser amplificades 1000 vegades i rectificada l'ona completa.

L'activitat EMG va ser enregistrada per telemetria. Després de tècniques estàndards de preparació de la pell, elèctrodes de superfície bipolar amb una distància interelectrode de 20 (mm) van ser fixats sobre els ventres musculars del mateix costat del cos. Les senyals EMG van ser amplificades amb preamplificadors (1 Hz-1 kHz) i emmagatzemades simultàniament amb la força en cinta magnètica.

Per realitzar l'anàlisi estadístic es van analitzar les dades utilitzant les mitjanes, desviacions estàndards, proves t de Student dependents i independents, coeficients de correlació lineals i coeficients de variació. Les diferències van ser considerades estadísticament significants a un valor de $P < 0.05$.

En conclusió, el temps de reacció total en la sortida de tacs podria ser separada en PMT i MT, però degut al caràcter multi-articulació del moviment la força de reacció horitzontal del terra es podria registrar abans de l'activació d'alguns

músculs. Això no pot ser desitjable per una producció de força òptima i eficient durant la sortida de tacs. No obstant una gran variació interindividual en el patró de l'activació muscular accentua la complexitat de la sortida.

CAPÍTOL 3:

MATERIAL

En el següent capítol es veuran les diferents eines de les que en pot fer ús un laboratori de biomecànica, com també s'observarà els equips necessaris per poder fer l'adaptació de la plataforma dinamomètrica.

3.1. Laboratori de biomecànica

Un laboratori de biomecànica és una unitat especialitzada en el que s'avalua de manera objectiva l'estat funcional del pacient. Aquest mateix laboratori situat al CAR té com a objectiu realitzar captures i fer els anàlisis pertinents als atletes, per millorar el rendiment o per lesió d'aquest mateix, el qual serà possible gràcies a les tecnologies de les que disposa. A continuació s'enumeren diferents eines que es poden trobar en aquest laboratori:

1. Plataforma dinamomètrica: Sistema d'anàlisi dinàmic que permet capturar les forces fetes sobre aquestes plataformes per el possible anàlisi posterior.
2. Sistema d'anàlisi 3D: El sistema possiblement més complet del que disposa aquest laboratori. És un equip de la marca Qualysis que permet la captura en 3 dimensions per poder realitzar un anàlisi complet a nivell de biomecànica a partir de 8 càmeres. Per dur a terme aquest sistema de captura és necessiten marcadors reflectors.
3. Bicicleta ergomètrica: Aquesta bicicleta és anomenada bicicleta SRM degut a que és de la casa alemanya SRM (Schoberer Rad Meßtechnik). Permet

saber a quina potència pedala el ciclista, el qual pot ser instal·lat en qualsevol bicicleta. El que hi ha en el CAR disposa d'un ergòmetre el que permet també posar una resistència i obligar al ciclista a realitzar una determinada cadència. Permet modificar la potència de la bicicleta observant el patró de pedalada de l'atleta, veient amb quina cama fa més força i la cadència del ciclista. Aquest sistema és bàsicament utilitzat per ciclistes.

4. Sensor òptic Kinect: Equip vinculat a la XBOX 360 de la casa Microsoft. Aquest sistema permet la detecció de píxels a través de sensors òptics i permet també realitzar un model esquelètic detectant algunes de les articulacions del cos. En el CAR només s'utilitza l'opció de calcular les àrees. L'equip disposa també de càmera de vídeo on es podran realitzar captures. Amb aquestes àrees, un cop analitzats els vídeos, és podrà millorar la posició dels ciclistes. Això s'utilitza per ciclistes de competició a l'hora de millorar la seva posició aerodinàmica.
5. Sistema d'infrarojos: Es un sistema de detecció òptica de dades de la casa Microgate anomenat Optogait, composta d'una barra òptica transmissora i una receptora. Aquest equip permet detectar paràmetres important tant en la marxa humana com en la carrera o els salts. Important eina en els àmbits mèdics i de l'esport.
6. Cinta de córrer: Les cintes de córrer poden funcionar bàsicament de dues maneres, propulsades elèctricament o propulsades manualment amb l'objectiu de córrer o caminar mantenint-se en un mateix lloc. Eina utilitzada per analitzar després el patró que l'atleta té caminant, corrent o marxant.

3.2. Plataforma dinamomètrica

Les plataformes dinamomètriques són sistemes d'anàlisi cinètic del moviment que permeten mesurar les forces que el peu exerceix sobre el pla de recolzament durant la marxa, la carrera o el salt.

Les plataformes de forces és poden utilitzar en el camp de la Biomecànica per realitzar estudis de la marxa, i té aplicacions en ortopèdia, com mètode d'ajuda per el disseny i l'adaptació de les pròtesis, així com diverses aplicacions en neurologia, rehabilitació, geriatria, traumatologia, pediatria, medicina esportiva.

El funcionament de les plataformes de forces és basant-se en la tercera llei de Newton (principi d'acció-reacció) que diu que es pot obtenir el valor d'una força externa exercida sobre una superfície al trobar la força que origina, igual en magnitud i direcció, però de sentit contrari. Tota la força aplicada sobre la plataforma dinamomètrica produirà una senyal elèctrica proporcional a la força que es troba aplicada i que es veurà reflectida en els tres eixos de l'espai (x, y, z).

Una plataforma dinamomètrica és una superfície plana en el que el desplaçament, degut a una força, es pot mesurar. La plataforma ha de ser rígida, per a que dit desplaçament resulti imperceptible a la persona que camina, corre o salta sobre dita plataforma.



Figura 4. Plataforma dinamomètrica del laboratori de Biomecànica del CAR.

Per mesurar aquests desplaçaments mínims, les plataformes han d'estar equipades amb uns sensors (galgues extensiomètriques, cristalls piezoelèctrics) connectats a un sistema electrònic d'amplificació i registre.

Existeixen diferents tipus de plataformes, però la plataforma de forces de la que disposa el laboratori i s'ha pogut utilitzar és una de la casa Kistler model 9281C.

El funcionament d'aquestes plataformes de forces Kistler és el següent: la força per ser mesurada és introduïda per la plataforma i distribuïda entre quatre sensors.

Cadascun dels sensors té tres parells de plats de quars, un sensible per la pressió en la direcció z, i els altres dos per tallar en les direccions x i y respectivament. La mesura és virtual sense desplaçaments. Al ser tots els sensors de cristalls de quars és pot determinar que aquesta plataforma de forces consta de sensors piezoelèctrics. Un sensor que permet passar d'uns fenòmens físics (força, pressió, temperatura, so, etcètera) a una senyal mesurable (tensió, corrent).

Aquests sensors realitzen el conegut efecte piezoelèctric. Aquest efecte consisteix en l'aparició d'una polarització elèctrica en el material al deformar-se sota l'acció d'un esforç. És un efecte reversible de manera que a l'aplicar una diferència de potencial elèctric entre les dues cares d'un material piezoelèctric apareix la deformació. Aquest efecte va ser descobert per Jacques i Pierre Curie en 1880 gràcies a aquests cristalls de quars. (Ferrero, 2006)

En aquests quatre sensors de força, la força introduïda és resolta en tres components.

Les càrregues elèctriques produïdes per la plataforma de forces són estrictament proporcionals a les quantitats mesurades. Són convertits per amplificadors de càrrega a voltatges anàlegs i poden ser processats posteriorment.

Càrregues negatives donen voltatges positius a la sortida de l'amplificador de càrrega, i a la inversa. Només són necessaris vuit canals per ser processat.

El software vinculat amb la plataforma de forces és el Bioware, però l'utilitzat serà el Qualysis Track Manager, el sistema d'anàlisi 3D. S'utilitzarà aquest sistema perquè és el que permetrà l'entrada de la senyal acústica i la detecció del pas als 10 metres, tot simultàniament. D'aquesta manera s'aconsegueix tenir totes les dades en un sol sistema.

3.3. Sistema de captació d'imatge

Aquest equip té diferents àrees d'aplicació com es llisten a continuació:

- Anàlisi de la marxa i rehabilitació
- Ciències de l'esport
- Psicologia
- Neurologia
- Industrial

Aquest sistema és el que permetrà adquirir totes les dades en un mateix programa i després analitzar-les. Adquirirà doncs les forces de la plataforma dinamomètrica, el senyal acústic, el pas als 10 metres, gravarà en vídeo per l'anàlisi visual i realitzarà el vídeo en 3 dimensions amb les 8 càmeres de les que disposa. Facilitarà les coses el fet de tenir totes les dades en un mateix software.

Les càmeres que fa servir el sistema de la casa Qualysis són càmeres Oqus 300+. Aquestes càmeres poden realitzar dos tipus de gravacions: gravacions de vídeo a càmera lenta o gravacions seguint uns marcadors. En aquest projecte s'utilitza la segona opció de gravació.

Aquestes càmeres disposen d'un mode de sensor especial en que només s'utilitza una quarta part dels píxels, però mantenint tot el camp de visió. La càmera pot capturar a 1764 (Hz) amb un sensor d'una resolució de 648x512 (VGA). (Qualysis, 2011)



Figura 5. Càmera Oqus 300+.

El primer que s'ha de preparar és el sistema, el programa Qualysis Track Manager. Per tant, s'ha de calibrar. Per dur-ho a terme el que és fa és posar un sistema de referència amb marcadors perquè el sistema el detecti. Amb això posat on es troba la plataforma de forces, és fa passar uns altres dos marcadors amb una espècie de vareta amb la finalitat de que el sistema capti tota la zona que resulta d'interès per aquella prova. En aquest projecte eren capturats 60 segons a cada calibratge. Aquest calibratge també realitza un offset, el que permet que el pes que hi ha sobre la plataforma de forces, que són la placa amb els blocs, els tingui en compte com a pes de la plataforma.

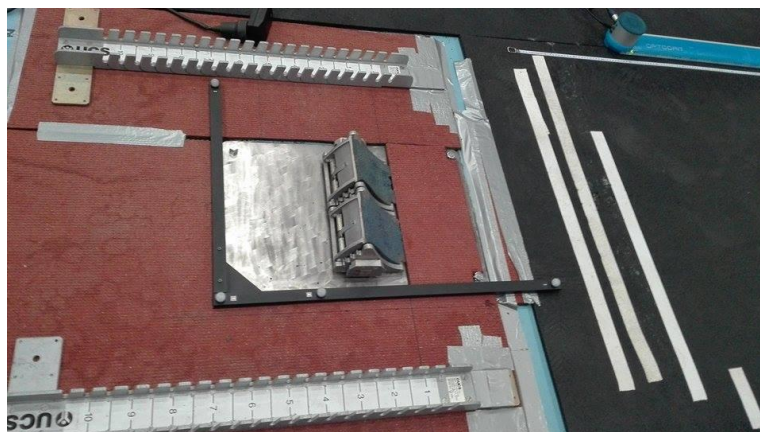


Figura 6. Eina utilitzada pel calibratge del sistema.

A continuació el que s'haurà de fer serà posar marcadors als velocistes per tal de que posteriorment és pugui realitzar un model del cos. S'ha decidit conjuntament amb l'entrenador que es posaran 13 marcadors en total. Tenir menys marcadors facilita la comoditat de l'atleta, ja que quan corren poden perdre alguns d'ells, fa que així és tingui menys risc. D'altre banda, amb més marcadors s'obté un model del cos més complet. Els marcadors han sigut col·locats per determinar els següents segments:

- Segment d'espatlles: 2 marcadors a les articulacions acromio-clavicular.
- Segment de la pelvis: 3 marcadors situats a ambdues espines ilíaques anteriors i el sacre.
- Segment de la cuixa: 2 marcadors situats a trocànter i epicòndil femoral.
- Segment de la cama: El marcador del epicòndil femoral i 1 marcador al mal·lèol lateral.
- Segment del peu: El marcador del mal·lèol lateral i 1 marcador al segon metatars.

A la figura 7 es mostren 12 dels marcadors col·locats, ja que el tretzè es troba a la part del darrera de l'atleta.



Figura 7. 12 dels marcadors col·locats.

Normalment el sistema ja detecta el model del cos ja que per altres proves que és realitzen aquest model ja estava implementat, tot i així a vegades no detecta bé alguns marcadors o detecta alguns reflectants que pugui tenir l'atleta als seus pantalons o sabates. Per tant, s'ha d'acabar de dir al programa quins són els punts que no s'han detectat i posar-los manualment.

Un cop preparat l'atleta i calibrat el sistema ja és pot començar l'adquisició.

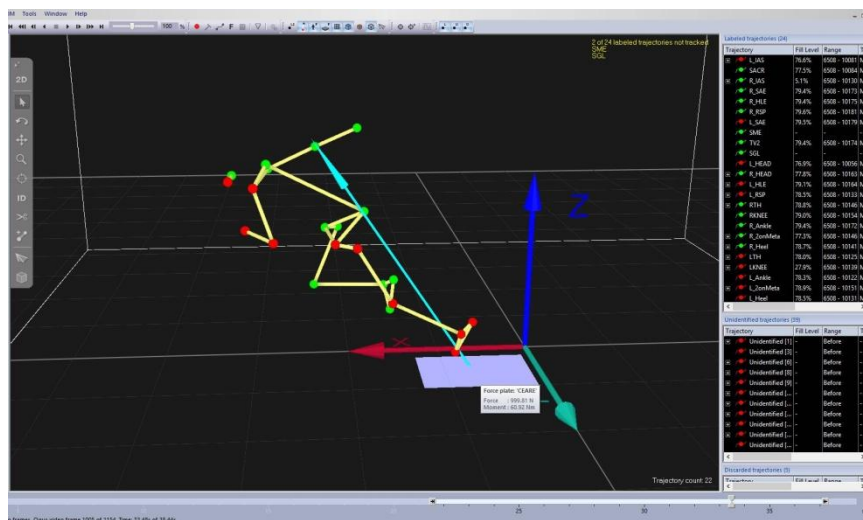


Figura 8. Captació de la força conjuntament amb el modelatge del cos de l'esportista.

3.4. Anàlisi de dades

L'anàlisi de dades s'ha realitzat amb el Visual3D v5 Professional, programa de la casa C-Motion Research Biomechanics. El Visual3D és l'eina d'anàlisi de la biomecànica de primer nivell per al mesurament de les dades de moviment i de la força que es recullen en gairebé qualsevol tipus de sistema de captura de moviment 3D. Es tracta d'una aplicació de Microsoft Windows que proporciona els càlculs necessaris per a la cinemàtica i la cinètica - incloent suport per a cintes de córrer instrumentats. Inclou les últimes tècniques matemàtiques per optimitzacions, processament de senyals i filtrat, cinemàtica inversa, modelat de biomecànica complexa, les forces i estructures de força, entre d'altres.

Aquest programari pot ser útil en diferents àmbits com: universitats, comercial i investigadors que estudien la rehabilitació del govern, la neurociència, enginyeria, robòtica, esports (seguiment del rendiment, la prevenció de lesions, la fabricació d'equips, estudis d'exercici), ortopèdia, pròtesi, estudis amb animals, les avaluacions de la discapacitat, etcètera.

Visual 3D elimina la necessitat de software a mida i manteniment local. Gestiona les dades, la creació d'índexs per a la consulta, inclou suport expressions matemàtiques complexes, i proporciona la implementació d'algoritmes i processos publicats.

El software Qualysis és pot connectar directament amb el Visual 3D, el que facilita moltíssim les coses. Això va fer possible que quan s'acabés cada prova, abans de que l'atleta tornés a fer una altre sortida, es poguessin veure els resultats i anar-li dient perquè s'anés assabentant del que feia. Els paràmetres

que se li donaven a l'atleta eren entre d'altres: temps de reacció, força feta sobre el bloc, temps de contacte empenyent el bloc, etcètera.

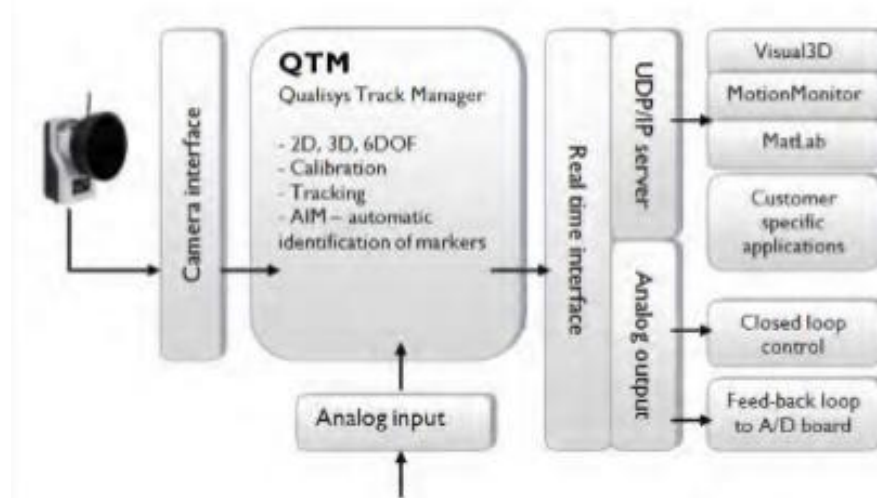


Figura 9. Diagrama de blocs Qualysis. (Qualysis, 2010)

El procés d'anàlisi de les dades seran explicats posteriorment pas a pas. S'analitzarà l'algorisme realitzat amb aquest nou programari.

3.5. Anàlisi paràmetres de la carrera

Per determinar els paràmetres de la carrera s'ha utilitzat un sistema d'infrarojos de la casa Microgate anomenat Optogait. Aquest sistema és molt útil tant en l'àmbit de l'esport com en l'àmbit clínic, per exemple la marxa humana.

És un sistema d'obtenció òptica de dades que consta de 96 leds infrarojos (1,04 cm de resolució) disposats en una barra d'un metre de longitud. Aquests leds estan ubicats sobre la barra transmissora i es comuniquen de manera contínua amb els fototransistors ubicats en la barra receptora. Aquests leds estan ubicats a 3 (cm) per sobre del terra. El sistema detecta eventuais interrupcions i la seva duració. Això permet la medició dels temps de vol i de contacte durant l'execució d'una sèrie de salts, amb una precisió de 1/1000 de segon. Partint d'aquesta base de dades fonamentals, el software particularment dissenyat, permet l'obtenció, amb la màxima precisió i en temps real d'una sèrie de paràmetres lligats al rendiment de l'atleta.

Les barres transmissores i receptores permeten una distància màxima entre elles de 6 metres. Cada barra d'un metre té unes dimensions de 100 x 4 x 3 (cm) i un pes de 2,1 (Kg). El CAR disposa de quatre metres d'Optogait, els quals gràcies a uns cables específics pots separar les barres i aconseguir més metres.

Aquest sistema va connectat a través d'un USB a un ordinador on s'obtinran les dades. La gran avantatge d'aquest dispositiu és que els paràmetres s'obtenen directament sense cap pas previ i a l'instant de que el velocista travessa les barres pel mig. Pot ser alimentat amb bateria (autonomia aproximada de 8 hores), o per xarxa elèctrica.

El software d'aquest sistema queda dividit en tres seccions: registre de dades, test i resultats.

- Registre de dades: Fase en la que s'introdueixen els pacients al software per fer seguidament els test que es vulguin. En el registre de dades es poden introduir dades personals com paràmetres importants.
- Test: Aquesta secció és on es poden trobar tant test predeterminats com tests que el mateix usuari pot configurar depenent del que l'interessi fer i saber. Durant l'execució del test l'usuari rep tres tipus de resposta a destacar a temps real: numèric, gràfic i vídeo (des d'una o dos webcams).
- Resultats: Existeix la possibilitat de consultar aquest apartat sempre que és desitgi. El vídeo està sincronitzat amb els resultats, cosa que a l'hora de valorar-los resulta de gran interès poder anar veient les imatges al mateix temps.

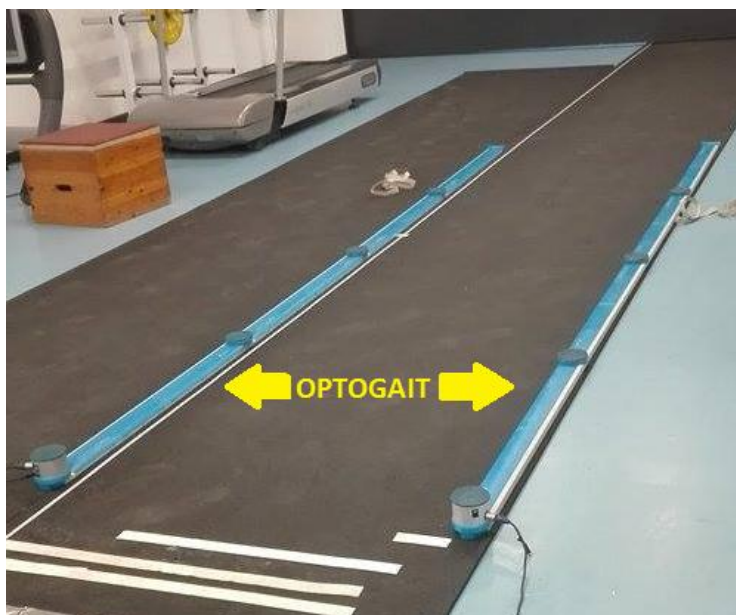


Figura 10. Sistema d'infrarojos: Optogait.

CAPÍTOL 4:

SUBJECTES I

METODOLOGIA

En aquest cinquè capítol hi trobem explicada la metodologia emprada per realitzar aquest projecte. També s'introdueixen els subjectes indicant en quines proves atlètiques competeixen. Ressaltar que al laboratori és disposa de 30 metres perquè els atletes puguin realitzar les sortides amb suficient espai per frenar a continuació.

4.1. Subjectes

Dels atletes analitzats s'han escollit 3 atletes d'alt rendiment els quals els hi realitzarem les proves. Aquests esportistes firmen un consentiment informat al entrar al centre en el que permeten que se'ls hi facin aquest tipus de proves. (Annex)

Taula 1. *Subjectes i competicions atlètiques a les que participen.*

Subjecte 1	100 m / 200 m
Subjecte 2	100 m / 200 m
Subjecte 3	100 m

4.2. Metodologia emprada

En aquest apartat s'aniran explicant els passos seguits per obtenir l'adaptació de la plataforma dinamomètrica i els elements utilitzats com són: la placa i els blocs de sortida. També s'exposaran totes les eines emprades per determinar paràmetres com el temps de reacció i s'analitzarà l'algorisme creat.

4.2.1. *Adaptació de la plataforma dinamomètrica*

4.2.1.1. Placa

Per tal de fer una estructura rígida entre els tacs de sortida i la plataforma de forces, sense malmetre aquesta última, és va fer una adaptació. Primer és van collar els tacs de sortida a una placa d'acer inoxidable de les mateixes dimensions que la plataforma de forces (40x60 cm). En aquesta placa s'han fet quatre forats a cadascuna de les cantonades, coincidents amb els que ja disposa la plataforma dinamomètrica i que s'han aprofitat per collar la placa. Aquests forats de la plataforma és on es posaran els cargols per collar la placa, són de mètrica 12. D'aquesta manera s'ha obtingut una estructura rígida de forma que la força aplicada sobre els tacs es transmet a la plataforma de forces sense cap tipus de moviment o deformació. Aquest procés ha tingut una durada de 2 setmanes i s'ha fet conjuntament amb l'equip de manteniment del CAR.

Cal tenir en compte que abans de qualsevol captura és realitzarà un offset, el que permetrà que la plataforma de forces no tingui en compte ni el pes de la placa ni el pes dels blocs.

Es rodejarà la plataforma de forces amb la placa acoblada de tartan per simular millor una pista d'atletisme. El tartan utilitzat per rodejar-ho serà de 10 (mm) de gruix.

En un principi es va pensar de posar volanderes entre la placa i la plataforma per la diferència de gruix entre tartan i placa. El tartan fa 10 (mm), i la placa serà de 5 (mm). Al ser amb aquestes dimensions era necessari augmentar uns 3 (mm) el gruix de la placa i així intentar assimilar-se, encara que es preferible que la placa quedi directament solapada a la plataforma i no volada. Per aquest motiu al final es va optar per un altre mètode explicat al següent pas ja que és va solucionar amb els blocs de sortida.



Figura 11. Placa acoblada a la plataforma de forces.

4.2.1.2. Blocs de sortida

Els blocs de sortida d'alta competició són fets de fosa d'alumini, recolzaments regulables amb diferents inclinacions, una superfície de recolzament de 10x22 (cm), revestit amb paviment sintètic. Corredissa de 87 (cm), ranurada aproximadament cada 3 (cm). La corredissa es complementa en la seva part inferior amb una plaques metàl·liques que porten uns claus, sent les mesures segons el tipus de paviment.

La placa està unida als blocs de sortida. Finalment es van col·locar dos plaquetes petites entre els blocs i la placa d'acer inoxidable per donar-li una mica més d'alçada als blocs i que no hi hagi tanta diferència entre el tartan i la plataforma dinamomètrica, també serviran perquè els cargols que collen els blocs a la placa tinguin més superfície per travessar i quedin més solidaris. Per tant, d'aquesta manera, és soluciona el problema plantejat al punt anterior de diferència d'alçades entre la placa sobre la plataforma de forces i el tartan que rodeja la plataforma.

La distància lateral entre blocs acostuma a ser d'uns 12-15 centímetres si no van units. Amb la T, per exemple, la distància lateral és de 8 centímetres. Com que en aquest cas no estaran els dos blocs junts en una T el que es farà és utilitzar aquesta distància de 12-15 centímetres perquè resulti més fàcil. Si la distància havia de ser de 8 centímetres hagués sigut impossible poder-ho fer. Amb una distància de 12-15 centímetres va millor ja que així probablement es puguin posar doncs els blocs una mica més centrats al que la plataforma és refereix.

Existeix diferència d'alçada entre els dos tartans que s'utilitzaran. El que estarà rodejant a la plataforma de forces fa 14 centímetres, i el que estarà per córrer

metres farà 10 centímetres. L'entrenador dels velocistes va comentar que en principi això no era un impediment ja que els atletes no notarien la diferència, per tant, no es va prestar més atenció a aquest tema.

Tenir en compte que només és realitzarà l'estudi del peu davanter, ja que la plataforma no era lo suficientment gran com per poder col·locar el dos blocs amb la distància que necessiten els atletes sobre la plataforma de forces. Així també tenen la possibilitat, els velocistes, de canviar la distància entre peus. La raó de que hi hagi dos blocs situats sobre la placa, un al costat de l'altre, no és cap altre que la de poder estudiar els dos peus. Depenent del velocista comencen amb l'extremitat dreta o esquerra avançada i per aquesta raó es va pensar que aquesta seria la millor manera de fer-ho possible. Només canviant el bloc del darrere, per tant la T, poden canviar la posició dels peus.

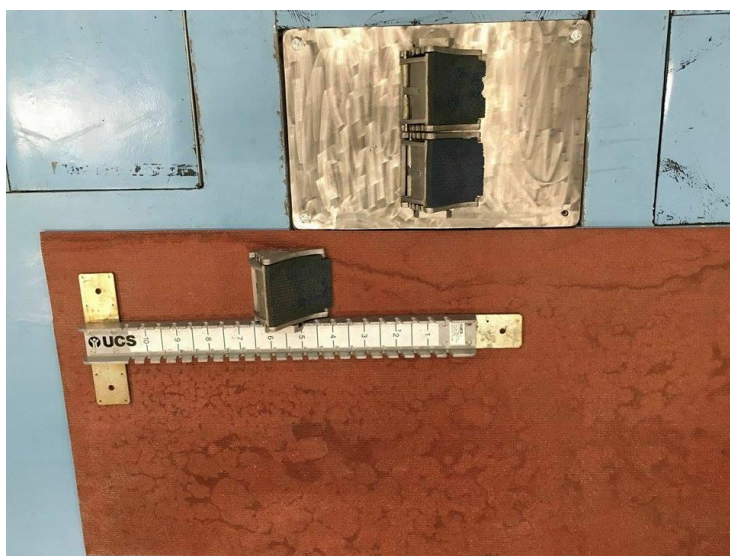


Figura 12. Blocs de sortida acoblats a la placa d'acer.

4.2.2. Primeres comprovacions del sistema

Aquest apartat consta en la comprovació de que tot el sistema muntat fins aleshores funciona correctament, per tant que les forces estan ben calculades.

Les primeres comprovacions no sortien tal i com s'esperaven. Aquest fenomen va ser degut a que en les primeres mesures presses una petita part de la gràfica tenia valors negatius per la força anteroposterior. Aquests valors negatius a la força anteroposterior venien donats a que la força no estava ben aplicada i es tocava el terra abans de deixar totalment la plataforma, sense intenció. Un cop sabuda la causa, és van intentar no donar cops per millorar aquesta problemàtica.

Un altre dels inconvenients que es van trobar al realitzar les primeres proves era que la força no estava ben detectada i això es podia observar amb el sistema de

les 8 càmeres, i amb el software Qualysis. Aquesta comprovació és va realitzar aplicant força amb un pal amb marcadors sobre els blocs de sortida. En aquestes primeres proves s'ha pogut observar que el punt d'aplicació de la força el marca sobre la plataforma de forces, és a dir, s'aplica una força a la part més alta del bloc i el sistema traça una línia amb la mateixa trajectòria fins que arriba a la plataforma i allà és on marca el punt d'aplicació de la força esmentada. El sistema no es capaç de detectar l'alçada a la qual és troba el bloc. S'han canviat alguns paràmetres del calibratge de la plataforma dinamomètrica però no s'ha millorat la detecció de les forces. Per altre banda, calculava bé les forces verticals i horitzontals en quant a magnitud i direcció.

Finalment és va comprendre que l'únic que el sistema variava era el punt d'aplicació de la força, cosa que per aquest projecte no tenia importància. L'únic rellevant en aquest aspecte per aquest projecte era que el valor de la força fos real.



Figura 13a. Aplicació de la força sobre el blocs amb marcadors reflectants.

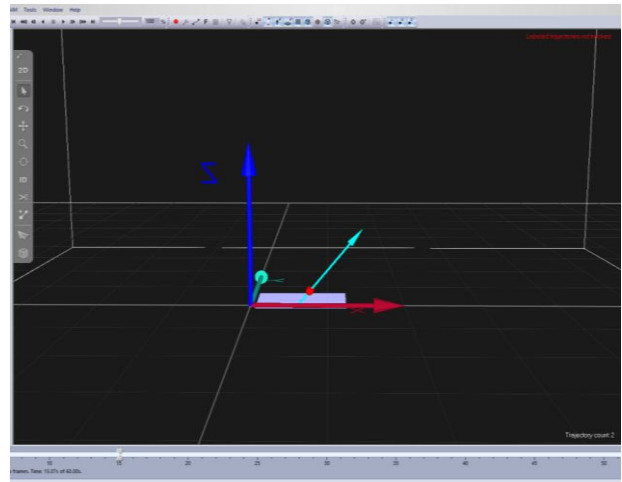


Figura 13b. Captura de la força aplicada.

Aquestes forces són representades pel software de Qualysis en un gràfic. Al mateix gràfic és poden observar les 3 components de les forces: vertical, miglateral i anteroposterior.

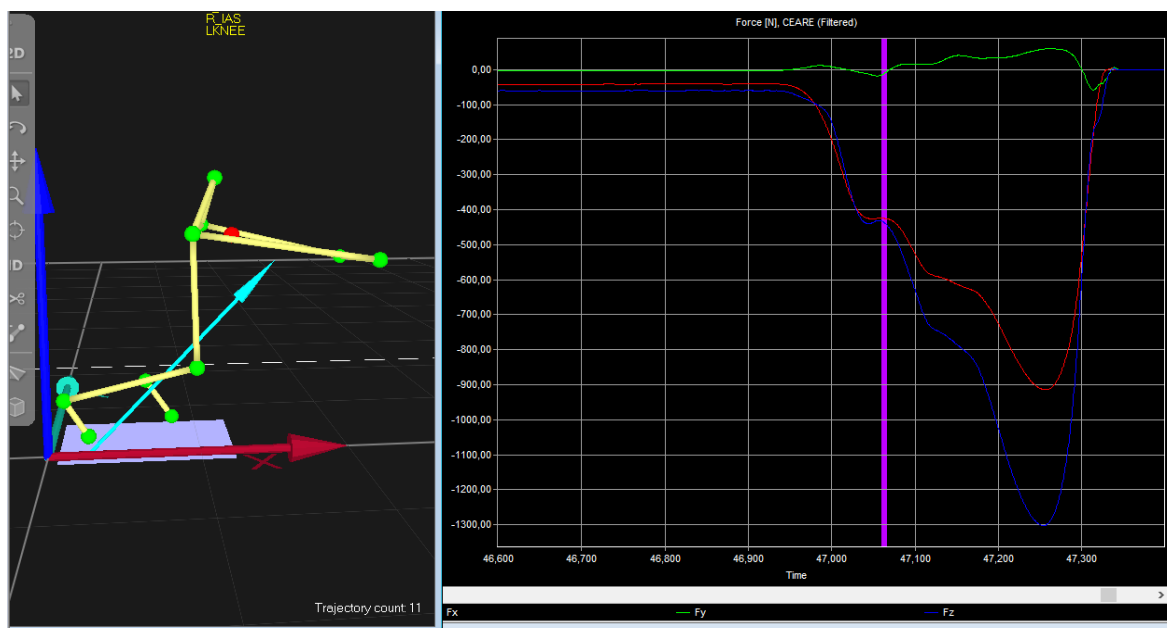


Figura 14. Gràfic de forces en comparació en el moment de fer-la.

La component vertical sempre resulta la de major magnitud i està relacionada amb la gravetat (pes del cos actuant sobre el peu). A l'estudiar aquesta component de la força resulta normal observar dos pics: un referent al contacte del taló i un altre que fa referència al impuls quan és tracta de la carrera.

Les altres dues components: miglateral i anteroposterior són originades per les forces provocades per la fricció entre el peu i el terra i són, per tant, les de menor magnitud.

La component anteroposterior és troba representada per una corba que en el seu inici indica la desacceleració o frenada que es produeix en el contacte del taló amb el terra. A continuació la força disminueix fins arribar a zero en el moment del recolzament unipodal, que resulta ser quan el centre de gravetat es troba sobre el peu que suporta tota la càrrega.

La component miglateral indica les desviacions laterals del peu. La seva amplitud es major al augmentar la inestabilitat del subjecte.

4.2.3. Desenvolupament de l'eina per calcular el temps de reacció

El temps de reacció és el temps transcorregut entre el senyal acústic extern que dóna un cert voltatge i el moment el que és fa una certa força per part dels atletes a la plataforma de forces. S'ha determinat com a llindar de la força que s'haurà de tenir compte 10 N per sobre de la força mitjana. Aquest llindar ha sigut determinat basant-se en la literatura que s'ha cercat d'estudis relacionats.

S'ha de trobar la manera de donar una senyal externa, un so pels atletes que simuli el tret de les sortides de competició, i que al mateix temps en aquell moment s'introdueixi un voltatge de 5 Volts a la caixa de conversió analògica-digital (AD) per saber quin és el moment exacte del so.

Per reproduir el so del tret, com a les competicions, el que s'ha fet és el següent: és va utilitzar la plataforma LittleBits Electronics (Estats Units). És una plataforma per a nens que permet fer construccions electròniques a través de la unió de blocs, per tant, amb molta facilitat. Són blocs que s'uneixen amb imans entre ells.

Aquest sistema que s'ha implementat consta de diferents elements explicats a continuació:

1. El voltatge és donat amb una pila de 9 Volts. Això permetrà que el sistema disposi d'una font d'alimentació permanent.
2. Aquesta pila ja va connectada al primer bloc del sistema. Aquest primer bloc és la representació de la font d'alimentació, diu quans Volts s'estan entregant, i on es situa el positiu i el negatiu, s'encén un led que permet veure que arriba l'alimentació al sistema, i per tant el bon funcionament. Aquest mòdul supleix la necessitat de l'electricitat.

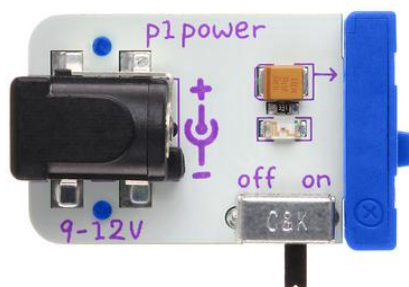


Figura 15. Mòdul LittleBits que representa la font d'alimentació

3. El segon bloc és el micròfon, el mòdul de la detecció del so. Aquest bloc és el més important ja que és el que permetrà que és detecti el so, i així poder-lo passar al sistema perquè ens mostri un voltatge determinat en aquell precís moment. Tenir en compte que aquest micròfon disposa d'un cargol, que afluixant-lo i cargolant-lo és podrà determinar la sensibilitat d'aquest. És col·locarà doncs un altaveu, extern al sistema, però al costat d'aquest bloc perquè el detecti amb més rapidesa i eficiència. Per reproduir el so del dispar és va buscar una aplicació mòbil que reproduís aquest so. Gràcies al micròfon del que disposa el sistema de LittleBits és reproduceix fàcilment.



Figura 16. Mòdul LittleBits que detecta uns certs nivells de sorolls.

4. El tercer bloc és simplement perquè l'ull humà pugui observar que el sistema funciona. Consta d'uns leds que el que fan és il·luminar-se quan un so entra al sistema, per tant, quan el bloc anterior detecta un so. D'aquesta manera tenim la certesa de que el so entra al sistema veient que uns certs leds s'il·luminen.



Figura 17. Mòdul LittleBits que s'il·lumina quan el mòdul anterior detecta so.

5. Per últim aquest sistema és connectat al sistema de canals als que van connectats les càmeres els quals passen de senyals analògiques a digitals, a través d'un cable. És va connectar aquest sistema a un dels canals que queden lliures i d'aquesta manera es va aconseguir la senyal acústica sincronitzada amb el programa del Qualysis. Aquest cable és connectarà en un dels canals que estan buits, i d'aquesta manera s'obtindrà el pic a la gràfica dels voltatges. En aquest últim mòdul s'ha modificat la part de la connexió, ja que s'ha unit el cable pertinent per poder connectar amb la caixa de les senyals analògiques.

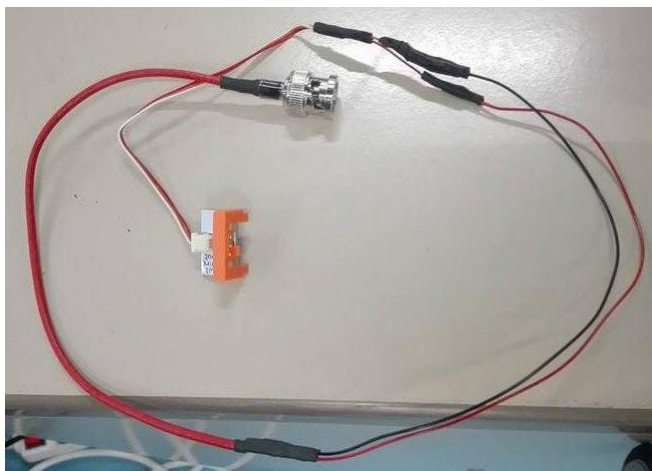


Figura 18. *Mòdul LittleBits que connecta a la caixa de senyals analògiques.*

4.2.4. Cèl·lula fotoelèctrica que detecta el pas als 10 metres

És un cèl·lula fotoelèctrica de la marca TAG Heuer, una casa alemanya el qual està compost per un receptor i un transmissor inalàmbrics (per ràdio). El receptor estarà col·locat als 10 metres de la línia de sortida, el transmissor estarà connectat a un dels canals perquè entri com un voltatge al sistema. D'aquesta manera es podrà observar un pic a la gràfica de voltatge quan l'atleta és trobi als 10 metres.

Per saber aquesta dada s'agafa el temps transcorregut entre que sona el tret i el pas als 10 metres. Aquesta dada resulta important pels velocistes.

4.2.5. Anàlisi de dades – Algorisme

La freqüència de mostreig amb la que s'han capturat les dades és de 1500 (Hz). Les senyals analògiques s'amplifiquen i a continuació es realitza la conversió i de sincronització de dades AD perquè les dades arribin al Qualysis, i des d'aquí es puguin introduir al programari Visual3D v5 Professional.

Per realitzar l'anàlisi de les dades el primer que s'ha de realitzar és escurçar la captura perquè només tinguem el moment que interessa. El moment de la captura comença a la posició de llestos, creant un esdeveniment en el Qualysis al qual anomenarem "Set". És necessita determinar la posició de llestos degut a que la programació de l'anàlisi de les dades està fet a partir de saber quin és aquest moment. Aquest és l'únic instant que s'indica a mà. S'escurça també la captura pel final, és talla en el moment en que l'atleta ha sortit completament dels blocs i ha realitzat més de tres recolzaments.

Per l'anàlisi de dades s'utilitza el software Visual3D v5 Professional. Per explicar la rutina creada, s'anirà pas per pas descrivint-la. (Present a l'Annex)

1. Filtratge de les forces: El primer que és realitza és el filtratge de les forces.

En aquest cas interessa un filtre passa baix perquè deixi passar les freqüències de baixa magnitud i talli les freqüències més altes. Ens interessa aquest fet ja que el sensor de la plataforma dinamomètrica mesura a freqüències baixes.

Filtres analògics més utilitzats atenent al mètode del disseny: Butterworth, Chebyshev I, Chebyshev II, elíptic i Bessel.

S'ha escollit un filtre de segon ordre Butterworth amb una freqüència de tall de 16 Hz. És un filtre passa baix, ja que és l'únic que ens permet una millor resposta un cop filtrada la senyal. Els altres filtres estan més destinats a filtrar banda i són rissats i no interessaven.

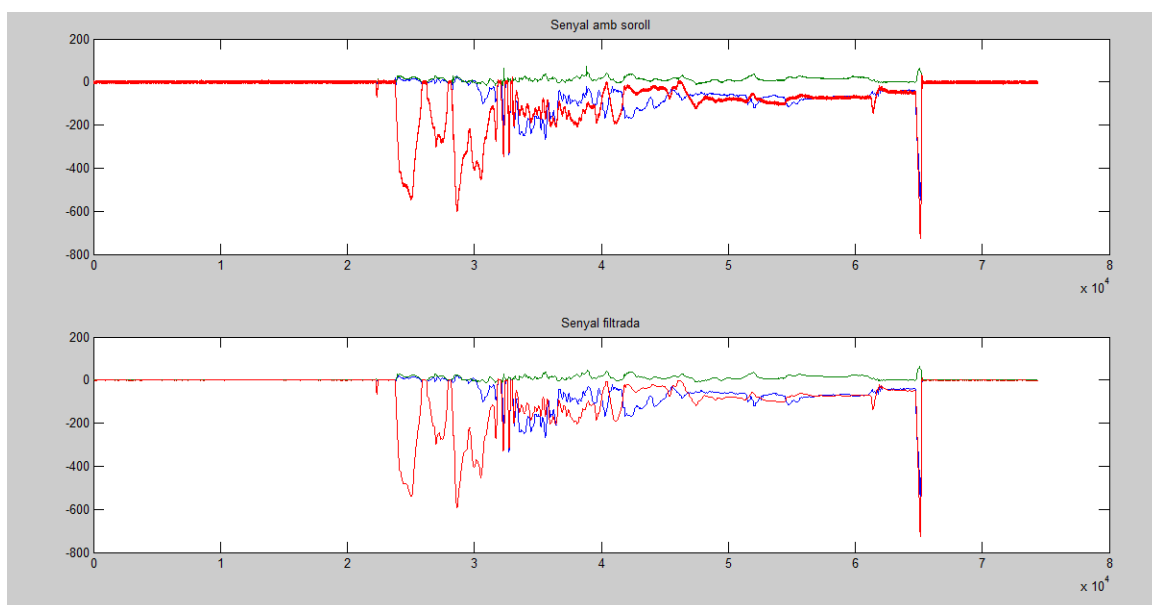


Figura 19. Senyal sense filtrar vs senyal filtrada.

2. Detectar instant del tret: El següent pas tracta de detectar just l'instant en el que s'ha produït el tret. El que és fa en aquest pas és dir al programa que detecti aquell punt on el voltatge passa a ser major de -4.5 Volts. El sistema en realitat ha d'entregar un voltatge de -5 Volts, però a vegades no arriba, el que se sap segur és que sempre arriba a -4.5 Volts, per això s'utilitza aquest llindar. Aquest punt el marcarà com a esdeveniment del tret (Event Shoot).

3. Resultant de forces: En aquest pas és realitza la força resultant amb les tres components amb les que disposa el programa: força vertical, força anteroposterior i força miglateral. Aquest càlcul serà emprat més endavant.

4. Càlcul de la mitjana: És calcula la mitjana de la forces resultants durant la posició de llestos, servirà pel següent pas.
5. Instant d'inici de forces: El que és realitza és la detecció del moment en què és comencen a fer forces al bloc per part de l'atleta. Amb la mitjana calculada, el que es fa és detectar el punt en que la resultant té el mateix valor que la mitjana sumant-li un llindar de 10 Newtons. S'ha escollit el llindar de 10 Newtons ja que era un valor que és trobava més o menys entre els diferents llindars que hem anat trobant a la literatura relacionada. Es pot veure una comparativa dels valors escollits com a llindars en el capítol 7.
6. Reacció: Es crea un esdeveniment per anomenar l'instant de reacció, l'instant just en què l'atleta reacciona. S'utilitza com a llindar el que s'ha anomenat anteriorment com a Thresh (Thresh = mitjana + 10N).
7. Instant d'enlairament: Es crea un esdeveniment (Event_Threshold) que detectarà just l'instant en què l'atleta deixa de fer força contra el bloc que s'està estudiant. S'ha posat un llindar de 12 Newtons. Quan el programa detecti que la gràfica de la resultant de les forces disminueix cap al llindar indicat, és on ens situarà aquest esdeveniment. S'ha escollit un llindar de 12 Newtons perquè és té en compte que encara que el peu hagi abandonat el bloc, potser amb el cop queden alguns moviments que poden produir algunes petites forces. Deixem a 12 Newtons doncs perquè el programa indiqui l'esdeveniment lo abans possible.
8. Força mitjana: És realitza el càlcul de la força mitjana altre cop però entre dos esdeveniments diferents: reacció i enlairament.
9. Força màxima: Càlcul de la força màxima entre els dos esdeveniments de reacció i enlairament.
10. Temps de reacció: Càlcul del temps de reacció, realitzant la resta de dos esdeveniments creats amb anterioritat: l'instant de reacció i l'instant del dispar.
11. Temps de contacte amb el bloc: Aquest càlcul és realitza fent la resta de l'instant de l'enlairament amb l'instant de reacció.
12. Angle del vector força: Càlcul de l'angle que té l'atleta en l'instant en què va a enlairar-se del bloc. Aquest angle es calcula amb el vector de la força mitjana calculada al punt 8. Per passar el valor que el sistema ens dona d'angle en radians a graus s'utilitza la conversió (1), per tant el càlcul mostrat (2).

$$57.294 * \alpha \text{ (rad)} = \alpha \text{ (}^\circ\text{)} \quad (1)$$

$$57.294 = 360/2\pi \quad (2)$$

CAPÍTOL 5: RESULTATS

Observarem els resultats obtinguts i és realitzarà una comparativa d'aquests amb altres resultats per determinar si aquesta adaptació resulta fiable. La prova va ser realitzada a atletes dels dos sexes, però aquí només s'exposen subjectes del sexe masculí ja que en la majoria de la literatura trobada realitzen les proves al sexe masculí i d'aquesta manera es podrà realitzar una comparativa més realista. Tots els paràmetres són extrets de l'algorisme explicat al capítol anterior i present a al primer apartat de l'annex, menys l'angle del genoll. Ressaltar que els esportistes només disposen d'aquests paràmetres en competicions en concret, per tant resulta una assistència important per ells. Al disposar només de dades de 3 esportistes no és pot fer una comparativa molt exhaustiva.

5.1. Resultats

En aquest apartat s'observaran els resultats obtinguts en tot el procediment. Hi haurà 3 subjectes del sexe masculí. Els esportistes que van realitzar les proves van fer tots almenys 4 sortides, de les quals se n'obtiniran les mitjanes per analitzar a continuació.

Taula 2. Resultats obtinguts en el projecte.

	Temps de reacció (ms)	Força resultant aplicada (N)	Angle força resultant (°)	Temps de contacte amb el bloc (ms)	Angle genoll davanter (°)
Subjecte 1	148,6	748	54,21	342	93,5

Subjecte 2	131,75	795	52,16	367,25	105
Subjecte 3	109,67	811	52,09	388,17	83,17

5.2. Comparativa de resultats

Resultats extrets per literatura per poder realitzar una comparativa amb els resultats donats en el nostre projecte.

Taula 3. Resultats extrets de la literatura.

	Temps de reacció (ms)	Força resultant aplicada (N)	Angle força resultant (°)	Temps de contacte amb el bloc (ms)	Angle genoll davanter (°)
Subjecte A	121	913	42,3	340	101
Subjecte B	139	718	38	375	90
Subjecte C	133	822	39,4	344	110,7

Pel que és pot observar amb les dues taules el projecte resulta bastant fiable. Aquesta comparativa es per demostrar la validesa del projecte fent una comparativa amb resultats extrets de la literatura.

5.2.1. Temps de reacció

S'observa en la primera columna de les dues taules els temps de reacció per a diferents esportistes. Abans de comparar aquestes dades cal dir que un temps de reacció per sota dels 100 (ms) és considerada sortida nul·la.

Els valors obtinguts amb els atletes tenien un rang entre 100 i 150 (ms) de temps de reacció, una reacció que podríem considerar com a bona (no nul·la) i molt ràpida.

A l'hora de comparar els valors obtinguts amb els cercats a la literatura es percep una gran similitud entre ells. A la literatura s'han trobat valors entre uns 100 i 150 (ms) de rang de temps de reacció també.

S'obtenen doncs unes dades vàlides en aquest aspecte, per tant, el sistema implementat per detectar aquests temps de reacció resulta tenir una bona resposta.

5.2.2. Força resultant aplicada

En aquesta dada extreta del sistema també es contempla una gran semblança.

Recalcar que el que interessava en aquest projecte és calcular el valor de la magnitud de la força. Com que des d'un principi ja es va veure que el punt d'aplicació de la força va variant depenent del peu de l'atleta, és va comprendre que els moments no podrien ser calculats, però que aquesta raó no implicava que el valor de la força estigués errat.

5.2.3. Angle força resultant

Paràmetre important per l'esportista ja que quan més horitzontal surti dels blocs millor sortida tindrà.

Si és realitza una comparativa dels angles s'observa una variabilitat d'uns 5-10 graus. Tot i tenint en compte aquesta diferència, s'ha de recalcar que aquest paràmetre és molt relatiu a l'esportista en qüestió, depèn sobretot de la tècnica de l'atleta.

5.2.4. Temps de contacte amb el bloc

Aquesta dada resulta rellevant pels esportistes per saber quan temps destinen a aquesta etapa de la sortida. En la literatura s'ha trobat que aquests valors poden variar entre 350 i 390 (ms).

Els valors d'aquest paràmetre de les dues taules (Taula 2 i Taula 3) resulta bastant semblant, però s'obtenen uns valors una mica més alts en el sistema implantat.

Aquesta disconformitat en els resultats obtinguts pot ser degut al llinzar escollit de 12 Newtons. S'ha cercat en la literatura relacionada i s'ha trobat que existeixen diferents llinzars o valors per determinar aquest instant. En alguns casos esperen a que el valor de la força sigui zero per determinar aquest instant. (Slawinski, et al. 2009)

En aquest projecte s'ha escollit un llinzar de 12 Newtons perquè es considera que un cop l'atleta s'enlaira del bloc pot donar algun petit cop que fa que la plataforma mesuri forces durant una mica més de temps. S'ha cregut que un llinzar de 12 Newtons estaria bé ja que segur que l'atleta no es troba sobre els blocs, per tant, sobre la plataforma de forces al tractar-se d'una força tant petita. D'aquesta manera es redueix el temps destinat a fer força contra el bloc amb la intenció de que sigui el més real possible. Tot i així dir que els valors es troben dins dels rangs trobats, i que per tant es poden considerar vàlids.

5.2.5. Angle genoll davanter

Aquesta dada té una semblança bastant clara en els dos casos. Aquesta dada ha sigut també analitzada amb captura de vídeo i els resultants donaven semblants.

Es pot resumir que aquest apartat és el que menys problemes podia donar, ja que és una dada extreta directament del programa al passar les dades del Qualysis Track Manager al Visual 3D v5 professional. Al realitzar la captura en mode de marcadors, el que es fa és marcar quins punts són dels quals es volen obtenir els angles. Dir amb això que aquest paràmetre no està associat amb l'algorisme, i que per tant depèn completament de que els marcadors estiguin ben col·locats.

CAPÍTOL 6: COMPARATIVA DEL DISSENY IMPLANTAT

En el present capítol es mostrarà una taula comparativa entre els estudis mostrats al capítol 2 i el projecte que ha resultat. S'explicaran les diferències observables.

6.1. Mètodes de determinació dels paràmetres dinàmics

Taula 4. Mètodes de determinació dels paràmetres dinàmics.

	Projecte	Estudi 1	Estudi 2	Estudi 3	Estudi 4
Plataforma de forces	Si	No	Si	Si	Si
Celes de càrrega	No	Si	No	No	No

En aquesta taula és pot observar com el mètode de les plataformes de forces són les més utilitzades per regla general. Cal dir que les cel·les de càrrega resulten més còmodes pel que a l'esportista és refereix. Les cel·les de càrrega és col·loquen directament als blocs de sortida i per tant només necessiten una

connexió USB per anar a l'ordinador i obtenir les dades. Això facilita que el sistema pugui ser traslladat a la pista d'atletisme exterior, i no haver-ho de fer obligatòriament dintre d'un laboratori de biomecànica.

Tot i sabent que les cel·les de càrrega col·locades darrere els blocs de sortida poden resultar més còmodes, s'utilitza més el fet d'utilitzar les plataformes de forces en quant a estudis. Això és degut a que els estudis potser no són per una temporada llarga de temps, potser només duren uns mesos o uns anys, i per això s'adopta per aprofitar al màxim del material del que es disposa en comptes de comprar material nou.

Si no es compren aquests blocs amb les cel·les de càrrega adherides, igualment si s'ha de realitzar resulta més complicat ja que al disminuir l'espai on s'han de col·locar el que es fa és augmentar la dificultat de poder-ho realitzar.

Les cel·les de càrrega són uniaxials. En aquest estudi 1 només és calculen les forces horitzontals, per tant, un punt a favor d'utilitzar les plataformes de forces és que permeten captar totes les components de les forces, per tant, disposar d'informació dinàmica més completa.

Per tant, és conclou aquest apartat dient que les cel·les de càrrega són més manejables i de major comoditat pels esportistes, però no s'obtenen totes les components de la força i per això s'opta pel mètode de les plataformes de forces en la majoria dels casos.

6.2. Mètodes de determinació dels instants de reacció

A continuació es mostren els diferents l·lindars utilitzats per determinar l' instant de reacció:

- Valors absoluts: aquells estudis que utilitzen un valor absolut o un tant per cent de la força mitjana per determinar-ho.
- Valors relatius al pes corporal: estudis que utilitzen el pes corporal per establir el l·lindar.

Taula 5. Mètodes determinació dels instants de reacció.

	Projecte	Estudi 1	Estudi 2	Estudi 3	Estudi 4
Valors absoluts	Si	Si	No	No	Si

Valors relatius al pes corporal	No	No	Si	No	No
---------------------------------	----	----	----	----	----

Cal destacar que quasi tots els estudis presents determinen el moment d'inici de forces com l'instant en què s'hauria de tenir en compte com a instant de reacció de l'atleta.

L'hora de determinar quin és l'instant exacte en què és comencen a fer forces és complicat. Per aquesta raó es poden observar variacions a l'hora de determinar-ho.

En aquest projecte s'ha escollit un llindar de 10 (N) per sobre de la mitjana de la força durant la posició de llestos ja que resultava un llindar que s'aproximava a tots els valors observats en els estudis.

En l'estudi 1 utilitzen un llindar de 7.2 (N) superior a la força per determinar aquest instant, que al contrari que en aquest projecte s'ha utilitzat un llindar de 10 (N). Són valors molt similars, el que aquests 2.5 (N) de diferència no representa un gran variabilitat.

En l'estudi 2 van optar per escollir el valor de la força que és superior al 1% del pes corporal. Aquest estudi és en el que no escollen un llindar preestablert sinó que dependrà del pes de l'atleta. Tot i així es contempla que aquesta idea dona resultats similars als escollits en els altres estudis.

A l'estudi 3 no indiquen com extreuen aquest valor de l'estudi, el qual ens obliga a no tenir informació sobre aquest aspecte en aquest tercer exemple.

Per últim l'estudi 4 contempla aquest instant com al 10% de la mitjana de la força. És una altra manera de determinar aquest moment.

És conclou dient que hi ha diferents mètodes de determinar l'instant exacte en què l'esportista reacciona però que al cap i a la fi tots ells donen uns resultats similars i congruents. Puntualitzar que això donarà els instants exactes de reacció, però que per calcular els respectius temps de reacció s'hauran de restar aquests instants als instants exactes en què es produeix el tret de sortida.

6.3. Mètodes de determinació de la senyal de so

La senyal acústica ha sigut enregistrada amb la plataforma LittleBits en aquest projecte. Una plataforma novadora i que no s'ha vist utilitzar en cap dels estudis

cercats en relació. Aquest mètode no pot ser comparat amb altres estudis perquè no s'ha trobat altres mètodes per determinar l'instant del dispar en la literatura relacionada.

S'ha descobert un nou sistema d'emmagatzemar aquesta dada i que ha donat un bon resultat. Això es pot comprovar al comparar els temps de reacció.

El temps de reacció resulta de la resta del instant en què es produeix el tret amb l'instant en què es comencen a fer forces en la plataforma dinamomètrica. Per tant, aquesta dada permet comprovar tant que els instants de reacció, en què l'atleta comença a fer força, són bons i estan ben detectats, com saber que els instants dels trets també estan ben calculats i enregistrats.

Aquesta plataforma LittleBits permet rebre un voltatge que s'analitza amb el programa d'anàlisi de dades, Visual 3D v5 professional, per determinar just l'instant en què s'ha produït el tret.

Normalment en competició es posa darrera la pistola i va amb cable. Tenir en compte que la senyal no arriba igual a tots i existeix un retard. En aquest projecte només es disposa amb un velocista que estigui fent la prova per tant no disposa d'aquesta problemàtica.

6.4. Electromiogrames (EMG)

Taula 6. Enregistrament de la senyal EMG.

	Projecte	Estudi 1	Estudi 2	Estudi 3	Estudi 4
EMG	No	No	No	Si	Si

Fer un electromiograma permet saber quan el múscul s'activa i quin múscul és el que ho fa. Dóna una informació molt valuosa per aquest projecte.

En el present projecte no s'ha estudiat l'EMG, cosa que quedarà com a futura aplicació en l'anàlisi de la sortida de tacs en l'atletisme.

Tot i així és pot observar que hi ha literatura relacionada on es pot veure que la informació donada és molt interessant. En aquest apartat doncs veurem la informació que pot aportar aquesta prova.

A l'estudi 3 van utilitzar 16 canals electromiogràfics per poder adquirir les senyals que després permetran saber d'on prové la producció de força muscular.

En aquest estudi van ser emprats diferents filtratges per poder analitzar la senyal posteriorment.

Els resultats d'aquests van revelar clarament la importància de la força produïda pels dos peus sobre els blocs i la durada d'aquesta en l'acció de sortida.

Les senyals EMG de l'estudi 4 van ser enregistrades per telemetria i van ser amplificades per el seu anàlisi posterior. Els resultats els van extreure fent un anàlisi estadístic de les dades obtingudes.

CAPÍTOL 7: CONCLUSIONS

Els objectius inicials d'aquest projecte han sigut assolits tal i com es pretenia. S'han adquirit els coneixements teòrics que aquest projecte implicava referents a l'estudi de la primera fase de la carrera, la sortida de tacs. S'ha fet una recerca a fons en aquest aspecte per entendre aquest esport des del principi.

S'ha fet un gran ús dels sistemes utilitzats, tant del de captació d'imatges com del d'anàlisi de dades. Ha resultat molt enriquidor aquest aprenentatge ja que s'ha pogut estudiar i manejar nous programaris que seran útils per un futur. Amb aquests s'ha pogut programar i per tant aprendre noves maneres i mètodes de fer-ho dels que eren coneguts.

S'ha entès el funcionament de cada un dels equips utilitzats. Equips que s'han utilitzat amb la finalitat de millorar el rendiment dels esportistes, però que per altre banda tenen una gran importància en el món clínic.

Aquest projecte tenia una limitació important que era el temps. Els esportistes els quals s'han avaluat són esportistes que s'estan preparant per fer unes marques mínimes als Europeus i per poder anar als Jocs Olímpics de Rio de 2016. Dir amb això que el sistema havia d'estar acabat per començaments d'abril per poder analitzar als mesos d'abril i maig.

El temps de reacció és una dada de la qual els esportistes no disposen sempre. Aquesta dada només l'obtenen en competicions importants, en competicions que no són rellevants no es disposa d'aquesta estructura per calcular-ho. Recalcar que s'ha implementat una estructura electrònica que permet obtenir aquest

paràmetre i que per tant dóna una assistència als velocistes de la que no disposaven.

Cal ressaltar que aquest projecte ha mostrat tenir gran aplicació pràctica en els resultats obtinguts i per tant útil pels esportistes que vulguin treure'n profit d'aquest. Aquest sistema ha sigut utilitzat tant per saber les pròpies marques que té cada esportista individualment com per entrenar.

ESTUDIS FUTURS:

Com a tasques per a estudis futurs, s'haurien de fer nous càlculs amb la finalitat de poder esbrinar nous paràmetres. Estaria bé programar la part dels 10 metres, en que hi ha una cèl·lula fotoelèctrica que ho detecta. Amb això és podria saber quan triga l'atleta en fer 10 metres i així ser conscient de les seves marques. No s'ha realitzat la rutina pertinent per falta de temps.

Disposar d'una plataforma dinamomètrica més gran o tenir-ne dues per així poder calcular les dues extremitats d'una sola vegada. Resultaria bastant més interessant i profitós el projecte en si, ja que solament amb una vegada s'aconseguirien totes les dades i no s'hauria de tornar un altre dia, evitant pèrdues de temps d'entrament als esportistes.

Per altre banda comentar que un cop s'han analitzat tots peus situats en una posició davantera dels velocistes interessats en aquesta prova, s'hauria de realitzar el mateix procediment però per les extremitats situades darrera. Així doncs és coneixerien també les dades de l'altre extremitat. En aquest projecte només és podia realitzar la prova detectant els paràmetres per una sola extremitat i es va decidir que fos la del davant ja que és l'extremitat que més força mitjana realitza. L'extremitat del davant és la que realitza un impuls ($\text{Impuls} = \text{força} \times \text{temps}$) més alt, al contrari que l'extremitat del darrere que realitza un pic de força màxima més alt.

Un aspecte a tenir en compte com a futura idea seria el de realitzar l'anàlisi electromiogràfic com s'han fet en altres estudis que s'han pogut observar amb anterioritat. Això resultaria de gran interès pels atletes ja que seria una manera de saber quins músculs actuen més que els altres i poder millorar aquests aspectes si al final poden millorar el rendiment final de la sortida i per tant arribar abans a la meta.

Un altre aspecte que resultaria interessant seria el d'obtenir més metres d'Optogait per poder analitzar més distància de cursa. L'inconvenient de tenir només 4 metres és que només es poden capturar tres passes, i depenent de l'esportista només dues. Aquest aspecte no és molt rellevant per aquest projecte, ja que el projecte està centrat en la idea de l'adaptació de la plataforma de forces, però és important comentar que com a idea general d'analitzar la sortida i la cursa simultàniament seria interessant prestar atenció també en aquest àmbit.

CAPÍTOL 8: BIBLIOGRAFIA

En aquest últim capítol es mostra tota la bibliografia consultada per aquest projecte i les referències citades durant la memòria.

8.1. Referències bibliogràfiques

Antti Mero, and Paavo V. Komi. "Reaction time and electromyographic activity during a sprint start". *European Journal of Applied Physiology* (January 1990): 73-80.

F.J. Ferrero. "Lección 9. Medida de magnitudes mecánicas". (2006).

Jean Slawinski, Alice Bonnefoy, Jean-Michel Levêque, Guy Ontanon, Annie Riquet, Raphaël Dumas, and Laurence Chèze. "Kinematic and Kinetic Comparisons of Elite and Well-Trained Sprinters During Sprint Start". *The Journal of Strength and Conditioning Research* (November 2009).

M. Čoh, S. Peharec, P. Bačić, and T. Kampmille. "Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start". *Biology of Sport*, Vol. 26, No. 2 (2009).

Marcos Gutiérrez-Dávila, Jesús Dapena, and José Campos. "The Effect of Muscular Pre-Testing on the Sprint Start". *Journal of Applied Biomechanics* (September 2006).

Sofie Debaere, Ilse Jonkers, and Christophe Delecluse. "The Contribution of Step Characteristics to Sprint Running Performance in High-Level Male and Female Athletes". *The Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 27, No. 1 (2013).

Qualysis. "Cameras Oqus. 100, 300+, 400 and 500 series". (April, 2011).

Qualysis. "Qualysis Motion Capture Systems. Qualysis Track Manager – QTM. Motion Capture Software for tracking all kind of movements". (June, 2010).

8.2. Bibliografía de consulta

- Aguado Jódar X., Grande Rodríguez I., and López Elvira J.L. "Biomecánica de la fuerza muscular y su valoración". Consejo Superior de Deportes, Serie ICd, No. 21 (1999).
- Amelia Ferro Sánchez. "La carrera de velocidad: Metodología de análisis biomecánico". Editorial y librerías deportivas Esteban Sanz, S.L. (2001).
- Antti Mero, and Paavo V. Komi. "EMG, Force, and Power Analysis of Sprint-Specific Strength Exercises". *Journal of Applied Biomechanics* (1994): 1-13.
- Ariel Tejera. "La partida baja. Tacos de partida. La llegada. Aspectos reglamentarios". <http://www.monografias.com/trabajos21/carreras-velocidad/carreras-velocidad.shtml> (accessed March 17, 2016).
- Choukou M.A., Laffaye G., and Taiar R. "Reability and validity of an accelerometric system for assessing vertical jumping performance". *Biol. Sport* (2014): 55-62.
- Darragh Graham, and Andrew J. Harrison. "An investigation of schema theory applied to the biomechanics of the sprint start in athletics". Conference Paper (July 2006).
- David A. Winter. "Moments of force and mechanical power in jogging." *J. Biomechanics*, Vol. 16, No. 1 (1983): 91-97.
- Elena Bergamini. "Biomechanics of sprint running: a methodological contribution". Arts et Métiers ParisTech (2011).
- H. Kunz, and D. A. Kaufmann. "Biomechanical analysis of sprinting: Decathletes versus champions." *J. Sports Med.*, Vol. 15, No. 3 (September 1981): 177-181.
- Jean-Benoît Morin, Pascal Edouard, and Pierre Samozino. "Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance". *Medicine & Science in Sports & Exercise* (February 2011).
- Joseph P. Hunter, Robert N. Marshall, and Peter J. Mcnair. "Interaction of Step Length and Step Rate during Sprint Running". *Medicine & Science in Sports & Exercise* (March 2004).
- Juan Arenillas. "Velocidad Parte 5: Fuerzas Para La Velocidad". (December 2015). <http://entrenamiento-total.com/velocidad-parte-5-fuerzas-para-la-velocidad/> (accessed April 13, 2016).
- Juan P Fernández Abuín (2004). Evolución y Análisis de la Salida Agrupada en la Carrera Atlética de Velocidad. PubliCE Standard. <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-atletismo/articulos/evolucion-y-analisis-de-la->

- [salida-agrupada-en-la-carrera-atletica-de-velocidad-445](#) (accessed March 20, 2016).
- M.J. Harland, and J.R. Steele. "Biomechanics of Sprint Start". Sports Medicine (January 1997): 11-20.
- M.R. Yeadon, T. Kato, and D.G. Kerwin. "Measuring running speed using photocells". Journal of Sports Sciences (1999): 249-257.
- Mero A., Komi P. V., and Gregor R. J. "Biomechanics of Sprint Running". Sports Medicine (July 1992).
- Milan Čoh, and Katja Tomazin. "Kinematic analysis of the sprint start and the acceleration from the blocks". IAAF, Vol. 21, No. 3 (2006): 23-33.
- Milan Čoh, Katja Tomazin , and Stanko Stuhec. "The biomechanical model of the sprint start and block acceleration". Physical Education and Sport, Vol. 4, No. 2 (2006): 103-114
- Neil Edward Bezodis. "Biomechanical investigations of sprint start technique and performance". University of Bath, School of Health (April 2009).
- Pedro E. Alcaraz, José Manuel Palao, José L. L. Elvira, and Nicholas P. Linthorne. "Effects of Three Types of Resisted Sprint Training Devices on the Kinematics of Sprinting at Maximum Velocity". The Journal of Strength and Conditioning Research (June 2008).
- Sanchez-Lacuesta J., Comin M., Prat J., Soler C., Dejoz R., Peris J.L., Hoyos J.V., and Vera P. "Nueva plataforma dinamométrica para el análisis y valoración del rendimiento deportivo". Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Vidal Palacios Calderón, Plinio Gonçalves de Azevedo, and Alain Palacios Hernández. Revista Digital. Buenos Aires, volumen 15, número 147 (Agosto de 2010). <http://www.efdeportes.com/efd147/el-tiempo-de-reaccion-en-la-salida-en-velocistas.htm> (accessed April 19, 2016).
- Werlayne Stuart Soares Leite. Revista Digital. Buenos Aires, volumen 17, número 170 (Julio de 2012). <http://www.efdeportes.com/efd170/biomecanica-aplicada-al-deporte.htm> (accessed May 5, 2016).



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Annexes



**“ADAPTACIÓ DE LA
PLATAFORMA
DINAMOMÈTRICA PER
L’ANÀLISI DE LA
SORTIDA DE TACS EN
L’ATLESTISME”**

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA BIOMÈDICA
per **Laura Pellitero Cornet**

Barcelona, 8 de Juny de 2016

Director: Daniel Rodríguez i Rius
Departament CMEM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX ANNEXES

Índex ANNEXES.....	61
Capítol 1: ANNEXES	63
1.1. Algorisme	63
1.2. Consentiment informat	68

CAPÍTOL 1:

ANNEXES

1.1. Algorisme

1. Filtratge de les forces

```
Lowpass_Filter  
/SIGNAL_TYPES=FORCE  
/SIGNAL_FOLDER=ORIGINAL  
/SIGNAL_NAMES=FP1  
/RESULT_FOLDER=PROCESSED  
/RESULT_SUFFIX=  
/FILTER_CLASS=BUTTERWORTH  
/FREQUENCY_CUTOFF=16  
/NUM_REFLECTED=6  
/NUM_EXTRAPOLATED=0  
/TOTAL_BUFFER_SIZE=6  
/NUM_BIDIRECTIONAL_PASSES=1
```

2. Detectar instant del dispar

```
Event_Onset  
/SIGNAL_TYPES=ANALOG  
/SIGNAL_FOLDER=ORIGINAL  
/SIGNAL_NAMES=Sound Trigger  
/EVENT_NAME=Event Shoot  
/SELECT_X=TRUE  
/SELECT_Y=FALSE  
/SELECT_Z=FALSE  
/THRESHOLD=-4.5  
/THRESHOLD_INSTANCE=0  
/BASELINE=0
```



```
/FRAME_OFFSET=0  
/FRAME_WINDOW=1  
/ASCENDING=FALSE  
/DESCENDING=TRUE  
/START_AT_EVENT=SET  
/END_AT_EVENT=TAKE OFF EVENT;
```

3. Resultant de les forces

```
Signal_Magnitude  
/SIGNAL_TYPES=FORCE  
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED  
/SIGNAL_NAMES=FP1  
/RESULT_FOLDERS=PROCESSED  
/RESULT_NAME=Resultant GRF  
/APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE;
```

4. Càlcul de la mitjana

```
Metric_Mean  
/RESULT_METRIC_FOLDER=PROCESSED  
/RESULT_METRIC_NAME=Mean Set Resultant Force  
/APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE  
/SIGNAL_TYPES=DERIVED  
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED  
/SIGNAL_NAMES=Resultant GRF  
/COMPONENT_SEQUENCE=ALL  
/EVENT_SEQUENCE=Set+Event Shoot  
/EXCLUDE_EVENTS=  
/SEQUENCE_PERCENT_START=  
/SEQUENCE_PERCENT_END=  
/GENERATE_MEAN_AND_STDDEV=FALSE  
/APPEND_TO_EXISTING_VALUES=FALSE;
```

5. Instant d'inici de forces

```
Add_Constant_To_Signals  
/SIGNAL_TYPES=METRIC  
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED  
/SIGNAL_NAMES=Mean Set Resultant Force  
! /SIGNAL_COMPONENTS=  
! /RESULT_TYPES=  
! /RESULT_FOLDERS=PROCESSED  
/RESULT_NAME=Thresh  
/APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE
```

/CONSTANT=10;

6. Reacció

```
Event_Threshold
/RESULT_EVENT_NAME=REACTION
/SIGNAL_TYPES=DERIVED
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED
/SIGNAL_NAMES=Resultant GRF
/SIGNAL_COMPONENTS=ALL
! /FRAME_OFFSET=0
! /TIME_OFFSET=
/EVENT_SEQUENCE=Set
/EXCLUDE_EVENTS=
/EVENT_SEQUENCE_INSTANCE=0
/EVENT_SUBSEQUENCE=
/SUBSEQUENCE_EXCLUDE_EVENTS=
! /EVENT_SUBSEQUENCE_INSTANCE=0
! /EVENT_INSTANCE=0
/THRESHOLD=Thresh
/ON_ASCENT=TRUE
/ON_DESCENT=FALSE
/FRAME_WINDOW=1
! /ENSURE_FRAMES_BEFORE=FALSE
! /ENSURE_FRAMES_AFTER=FALSE;
```

7. Instant d'enlairament

```
Event_Threshold
/RESULT_EVENT_NAME=Take Off Event
/SIGNAL_TYPES=DERIVED
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED
/SIGNAL_NAMES=Resultant GRF
/SIGNAL_COMPONENTS=ALL
! /FRAME_OFFSET=0
! /TIME_OFFSET=
/EVENT_SEQUENCE=Set
! /EXCLUDE_EVENTS=
! /EVENT_SEQUENCE_INSTANCE=0
! /EVENT_SUBSEQUENCE=
! /SUBSEQUENCE_EXCLUDE_EVENTS=
! /EVENT_SUBSEQUENCE_INSTANCE=0
! /EVENT_INSTANCE=0
/THRESHOLD=12
/ON_ASCENT=FALSE
/ON_DESCENT=TRUE
```

```
/FRAME_WINDOW=2  
! /ENSURE_FRAMES_BEFORE=FALSE  
! /ENSURE_FRAMES_AFTER=FALSE;
```

8. Força mitjana

```
Metric_Mean  
! /RESULT_METRIC_FOLDER=PROCESSED  
/RESULT_METRIC_NAME=Mean Force  
! /APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE  
/SIGNAL_TYPES=FORCE  
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED  
/SIGNAL_NAMES=FP1  
/COMPONENT_SEQUENCE=ALL  
/EVENT_SEQUENCE=Reaction+Take Off Event  
/EXCLUDE_EVENTS=  
/SEQUENCE_PERCENT_START=  
/SEQUENCE_PERCENT_END=  
/GENERATE_MEAN_AND_STDDEV=FALSE  
! /APPEND_TO_EXISTING_VALUES=FALSE;
```

9. Força màxima

```
Metric_Maximum  
! /RESULT_METRIC_FOLDER=PROCESSED  
/RESULT_METRIC_NAME=Maximum Force  
! /APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE  
/SIGNAL_TYPES=FORCE  
/SIGNAL_FOLDER=PROCESSED  
/SIGNAL_NAMES=FP1  
/COMPONENT_SEQUENCE=ALL  
/EVENT_SEQUENCE=Reaction+Take Off Event  
/EXCLUDE_EVENTS=  
/SEQUENCE_PERCENT_START=  
/SEQUENCE_PERCENT_END=  
! /GENERATE_MEAN_AND_STDDEV=TRUE  
! /APPEND_TO_EXISTING_VALUES=FALSE  
! /CREATE_GLOBAL_MAXIMUM=FALSE;
```

10. Temps de reacció

```
Metric_Time_Between_Events  
/RESULT_METRIC_NAME=Reaction Time  
! /RESULT_METRIC_FOLDER=PROCESSED  
/EVENT_SEQUENCE=Event Shoot+REACTION  
/EXCLUDE_EVENTS=  
/GENERATE_MEAN_AND_STDDEV=FALSE
```

```
! /APPEND_TO_EXISTING_VALUES=FALSE;
```

11. Temps de contacte amb el bloc

```
Metric_Time_Between_Events  
/RESULT_METRIC_NAME=Contact Time Block  
! /RESULT_METRIC_FOLDER=PROCESSED  
/EVENT_SEQUENCE=REACTION+Take Off Event  
/EXCLUDE_EVENTS=  
/GENERATE_MEAN_AND_STDDEV=FALSE  
! /APPEND_TO_EXISTING_VALUES=FALSE;
```

12. Angle del vector força

```
Evaluate_Expression  
/EXPRESSION=57.294*(atan(METRIC::PROCESSED::Mean  
Force::Z/METRIC::PROCESSED::Mean Force::X))  
/RESULT_TYPES=DERIVED  
/RESULT_FOLDERS=PROCESSED  
/RESULT_NAME= Force Vector Angle  
/APPLY_AS_SUFFIX_TO_SIGNAL_NAME=FALSE;
```

1.2. Consentiment informat



Model de consentiment per a proves o procediments rutinaris i per a la cessió i utilització de les dades personals.

Jo, en/na..... amb DNI.....

En qualitat de (*marqueu l'opció exacta*):

- L'interessat
- Responsable (per minoria d'edat o incapacitació) de l'interessat.

Manifesto voluntàriament que dono el meu CONSENTIMENT per tal que em siguin realitzades al Centre d'Alt Rendiment Esportiu (CAR), les proves o procediments de rutina que siguin necessaris per al seguiment i control de la meua salut o estat de forma física, durant tota la meua relació amb el CAR.

Proves o procediments rutinaris de suport a l'entrenament

- Proves per avaluar l'adaptació a l'esforç.
- Estudis nutricionals.
- Proves antropomètriques.
- Estudis biomecànics.
- Seguiment psicològic.
- Assessorament en la planificació de l'entrenament
- Proves per avaluar la condició física

Manifesto voluntàriament que dono el meu CONSENTIMENT per tal que les dades obtingudes dels resultats d'aquestes proves o procediments rutinaris siguin introduïdes a les bases de dades del CAR i puguin ser comunicades al meu entrenador, a la meua família, a la Federació, Organismes oficials i a qualsevol altra entitat, quan sigui necessari per al correcte control de la meua preparació i rendiment, i per ser utilitzades en estudis epidemiològics o estadístics sense que es pugui identificar la meua identitat .

Proves o procediments rutinaris d'atenció a la salut

- Visites mèdiques.
- Revisions de salut.
- Analítiques de sang i d'orina.
- Vacunacions.
- Administració de medicació.
- Ecografies.
- Radiografies.
- Seguiment psicològic
- TAC sense contrast.
- Ressonància Nuclear Magnètica sense contrast.
- Holter.
- Valoració funcional i diagnòstica per a l'esforç
- Proves de broncoreactivitat
- Proves d' intradermoreacció
- Valoració funcional de la força.
- Tractaments de fisioteràpia.

Manifesto voluntàriament que dono el meu CONSENTIMENT per tal que les dades obtingudes dels resultats d'aquestes proves o procediments rutinaris siguin introduïdes a les bases de dades del CAR i puguin ser comunicades al meu entrenador, a la meua família i al responsable mèdic de la Federació, quan sigui necessari per al control i seguiment de la meua salut o puguin afectar al meu rendiment esportiu i per ser utilitzades en estudis epidemiològics o estadístics sense que es pugui identificar la meua identitat.

Entenc que, aquest consentiment no s'aplica en el cas de proves fora de la rutina o en treballs d'investigació experimental. En aquests casos se m'informarà i sol·licitarà la meua conformitat expressament.

Entenc, igualment, que en qualsevol moment puc canviar aquest consentiment i modificar-lo, revocar-lo o denegar-lo. Per a això caldrà que així ho comunicui al CAR per qualsevol mitjà escrit.

Sant Cugat del Vallès, a..... de..... de 20.....

Signatura de l'interessat o del responsable (menors d'edat).

La base de dades del CAR de Catalunya s'inscriu a l'Agència de Protecció de Dades (APD). Les dades que vostè ens faciliti es poden utilitzar per a les trameses del CAR i estan a la seva disposició per a exercir el dret d'accés, rectificació i/o cancel·lació al Centre d'Alt Rendiment Esportiu, amb domicili a Avinguda Alcalde Barnils, 3-5, de Sant Cugat del Vallès, 08174, enviant una sol·licitud escrita i signada a tal efecte, que inclogui el seu número de telèfon, adreça, nom i cognoms. (Llei Orgànica 15/1999 de 13 de desembre de Protecció de Dades de Caràcter Personal)



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Pressupost



**“ADAPTACIÓ DE LA
PLATAFORMA
DINAMOMÈTRICA PER
L’ANÀLISI DE LA
SORTIDA DE TACS EN
L’ATLESTISME”**

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA BIOMÈDICA
per **Laura Pellitero Cornet**

Barcelona, 8 de Juny de 2016

Director: Daniel Rodríguez i Rius
Departament CMEM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDIX PRESSUPOST

Índex PRESSUPOST	71
Capítol 1: PRESSUPOST	73
1.1. Pressupost del personal	73
1.2. Pressupost d'ofimàtica	74
1.3. Pressupost del material	75
1.3.1. Pressupost material 1	75
1.3.2. Pressupost material 2	75
1.3.3. Pressupost total del material.....	77
1.4. Pressupost total.....	77

CAPÍTOL 1:

PRESSUPOST

En aquest capítol estarà detallat el pressupost final econòmic, l'objectiu del qual és adaptar una plataforma dinamomètrica per realitzar un anàlisi de biomecànica de la sortida de tacs en l'atletisme. S'especifiquen totes les despeses econòmiques que això suposa.

El pressupost s'ha desglossat en cinc apartats. El primer apartat farà referència al pressupost dedicat al personal que ha fet possible el projecte. El segon apartat fa referència al pressupost d'ofimàtica. El tercer i el quart són els pressupostos associats al material. Per últim, el cinquè apartat és el pressupost total, suma de tots els anteriors.

1.1. Pressupost del personal

El treball fi de grau suposa un total de 24 ECTS el que equival a 600 hores de feina. Les hores s'han repartit tenint en compte els següents conceptes definits i mostrats a la taula següent (Taula 1).

- Personal de manteniment: Se li han assignat un total de 20 hores treballades ja que va ser un equip molt important durant les primeres setmanes, a l'hora de fer la placa d'acer i acoblar els blocs de sortida d'atletisme en ella.
- Recerca bibliogràfica: Etapa en la que és procura obtenir el màxim d'informació per l'elaboració d'aquest projecte.
- Enginyera júnior: Fa referència a totes les tasques de càlculs, programació i anàlisi de dades que s'han dut a terme en aquest projecte. Gran part del temps és dedicada a aquestes tasques.
- Redacció memòria: Etapa important ja que expressa tot el projecte plantejat i elaborat en una memòria escrita. Tasques d'escriptura i anàlisi dels resultats obtinguts.

Taula 1. Pressupost del personal.

Concepte	Temps (hores)	Cost (€/h)	Cost total (€)
Personal manteniment	20	15	300
Biomecànic	150	35	5.250
Recerca bibliogràfica	120	20	2.400
Enginyera júnior	280	20	5.600
Redacció memòria	200	20	4.000
SUBTOTAL			17.550 €

1.2. Pressupost d'ofimàtica

En aquest apartat es mostraran els costos econòmics que la ofimàtica utilitzada requereix. Aquest apartat farà referència doncs a llicències utilitzades, aquestes seran de programes específics. S'ha de tenir en compte que la utilització de tots aquests equips en aquest projecte ha tingut una durada de 6 mesos. Els preus doncs que constaran a la taula seran relatius al temps d'ús. Les llicències que es tindran en compte en aquest apartat seran les que es llisten a continuació:

- Llicència *Microsoft Office 2007*
- Llicència *Optogait* - (Inclusa en el preu total de la compra, i no queda desglossat)
- Llicència *Qualysis* - (El preu de software del Qualysis és de 2.500 €. Amb una utilització de 6 mesos i una amortització suposada de 10 anys el preu és de 125 €.)
- Llicència *Visual 3D v5 professional* - (El preu és de 8.000 €. Amb una utilització de 6 mesos i una amortització suposada de 10 anys el cost econòmic és de 400 €.)

Taula 2. Pressupost d'ofimàtica.

Concepte	Unitats	Cost (€/Un.)	Cost total (€)
Llicència Microsoft Office 2007	1	90	90

Llicència Qualysis	1	125	125
Llicència Visual 3D	1	400	400
SUBTOTAL			615 €

1.3. Pressupost del material

1.3.1. Pressupost material 1

En el present apartat mostrarem els costos econòmics que requereix tot el material utilitzat per dur a terme aquest projecte. Primer de tot es presentaran els costos que ha representat el muntatge de LittleBits (Taula 3). Aquest material ha sigut comprat expressament pel projecte, per tant, es mostraran els preus totals d'aquests.

En la següent taula es veurà el cost generat per cada mòdul separatament de LittleBits que compona el muntatge final. Aquests són els mòduls utilitzats:

- LittleBits *Power* – (5,95 USD = 5,34 €)
- LittleBits *Sound Trigger* – (11,95 USD = 10,73 €)
- LittleBits *Bargraph* - (11,95 USD = 10,73 €)
- LittleBits *Wire out* – (7,95 USD = 7,14 €)
- *Costos d'enviament* – (El cost va ser de 40€)

Taula 3. *Pressupost material 1.*

Concepte	Unitats	Cost (€/Un.)	Cost total (€)
Power	1	5,34	5,34
Sound Trigger	1	10,73	10,73
Bargraph	1	10,73	10,73
Wire out	1	7,14	7,14
Costos enviament	1	40	40
SUBTOTAL			73.94 €

1.3.2. Pressupost material 2

En la següent taula fa referència al pressupost relacionat amb tot el material (Taula 4). Es mostraran els costos llistats a continuació:

- *Optogait* – (El cost que suposen 4 metres d’Optogait és 6.300 €. Amb una utilització de 6 mesos i una amortització suposada de 10 anys el preu és de 315 €).
- *Qualysis* – (El preu de tot el conjunt del Qualysis que són: marcadors, càmeres, trípodos, cablejat, caixa de canals i el software és de 90.000 €. Amb una utilització de 6 mesos i una amortització suposada de 10 anys el preu és de 4500 €).
- *Plataforma dinamomètrica* – (El preu base és de 17.985 €. Amb una utilització de 6 mesos i una amortització suposada de 25 anys el preu és de 359,7 €).
- *Placa d’acer* – (Dimensions: 400x600x5 mm. Aquesta placa ha sigut adquirida expressament pel projecte.)
- *Blocs de sortida* – (Els blocs venen amb la T incorporada en el preu que suma uns 91,17 €. Aquests blocs s’han utilitzat durant 6 mesos i la seva amortització se suposa de 30 anys. El preu adequat a aquest projecte és de 1,52 €)
- *Ordinador portàtil HP elitebook 8760w* – (Aquest portàtil té un cost de 3.500 €. Suposant una amortització de 7 anys i una utilització per aquest projecte de 6 mesos el preu queda en 250 €).
- *Ordinador portàtil Alienware* – (Aquest portàtil té un cost de 1.749 €. Suposant una amortització de 7 anys i una utilització per aquest projecte de 6 mesos el preu queda en 124,92 €).

Taula 4. Pressupost material 2.

Concepte	Unitats	Cost (€/Un.)	Cost total (€)
Optogait	1	315	315
Qualysis	1	4.500	4.500
Plataforma dinamomètrica Kistler	1	359,7	359,7
Placa d’acer	1	91,17	91,17
Blocs de sortida	1	1,52	1,52
Portàtil HP	1	250	250
Portàtil Alienware	1	124,92	124,92

SUBTOTAL

5.642,31 €

1.3.3. Pressupost total del material

A continuació realitzarem una taula amb el pressupost total de material que suposa aquest projecte. (Taula 5).

Taula 5. Pressupost total del material.

Concepte	Cost total (€)
Material 1	73,94
Material 2	5.642,31
TOTAL	5.716,25 €

1.4. Pressupost total

Per últim el pressupost total el qual fa referència a la suma de tots els pressupostos mostrats amb anterioritat, aplicant el corresponent IVA (Taula 6).

Taula 6. Pressupost total.

Concepte	Cost total (€)
Personal	17.550
Ofimàtica	615
Material	5.716,25
Subtotal	23.881,25
+21% IVA	5.015,06
TOTAL	28.896,31 €