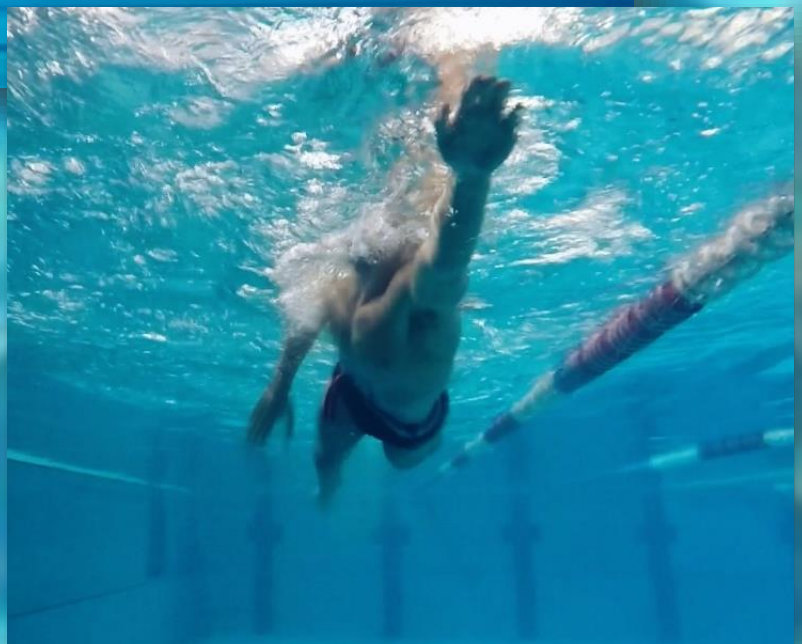


LA BRANCA DA PERFECTA ANÀLISI BIOMECÀNICA



Adrià Prades Calín

Treball de Recerca 2n BAT 2016-2018

Tutor: Jaume Garrabé González

Col·legi La Salle Tarragona

*"No se le puede poner límite a algo, cuanto más sueñes más lejos llegarás."
– Michael Phelps*

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
2. OBJECTIUS DEL TREBALL DE RECERCA	4
3. INTRODUCCIÓ A LA BIOMECÀNICA	5
4. CONCEPTES BIOMECÀNICS BÀSICS	6-16
4.1 FLOTACIÓ	7-9
4.2 FORCES DE RESISTÈNCIA DE L'AIGUA	9-12
4.2.1 resistència a la forma	9-11
4.2.2 resistència a l'oleatge	11-12
4.2.3 resistència per fricció	12
4.3 PROPULSIÓ	13-14
4.4 FASES DE LA BRAÇADA DE CROL	14-15
4.4.1 coordinació entre braços	15
4.4.2 coordinació entre braços i respiració	15
4.5 EXERCICIS D'ASSIMILACIÓ TÈCNICA PER A LA MILLORA DE LA BRAÇADA DE CROL	15-16
5. PART PRÀCTICA	17-47
5.1 CREACIÓ DE LES VARIABLES	17-18
5.2 APLICACIÓ DEL PROTOTIP A LES VARIABLES	19-27
5.3 COMPARACIÓ DEL PROTOTIP AMB NADADORS ...	28-42
5.4 ANÀLISI DE LES DADES OBTINGUDES	43-45
5.4.1 percentatge segons la fase	43
5.4.2 comparacions de braçades entre nois i noies ...	44-45
5.5 EINES EMPRADES EN EL PROCÉS DE FILMACIÓ	46
5.6 INSTAL·LACIONS ON S'HAN DUT A TERME LES GRAVACIONS	47
6. CONCLUSIONS I AGRAÏMENTS	48-51
6.1 CONCLUSIONS DEL TREBALL	48
6.2 CONCLUSIONS PERSONALS	49
6.3 PROPOSTES DE MILLORA I D'AMPLIACIÓ	50
6.4 AGRAÏMENTS	51
7. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	52-53
7.1 BIBLIOGRAFIA	52
7.2 WEBGRAFIA	52-53

1. INTRODUCCIÓ:

Després d'haver passat tota l'etapa a l'institut fent petits treballs que no requerien molt de temps ni esforç, ja que la majoria d'aquests es feien en grups, en dos dies i amb un paper a la mà a l'hora de fer la presentació, arriba el tan desitjat i temut treball de recerca, tot el contrari al punt esmentat anteriorment, un treball al qual dedicarem hores, dies, i fins i tot mesos, un projecte que ens ha de fer treure tot el nostre rendiment, per això és tan important l'elecció del tema i del departament.

A l'hora de fer aquesta elecció, tenint en compte que des de ben petit he viscut el món de l'esport en primera persona, la tria era molt fàcil: que millor que el departament d'EF per mostrar la meva passió cap a l'esport, amb la garantia que amb qualsevol tema relacionat amb aquest em sentiria realment còmode.

El tema del treball, després de canviar d'opinió diverses vegades i amb l'acord del meu tutor, tenia clar que volia investigar sobre la natació, ja que la gran part de les meves hores d'oci són dedicades a aquest esport.

Un cop escollit el tema, abans de començar a redactar, vaig haver de buscar informació teòrica relacionada amb tot el que comportava la biomecànica, el que era, la tècnica en la natació, etc.

A partir d'aquí es va distribuir el treball en dues parts: una primera part teòrica on s'expliquen conceptes bàsics de la biomecànica en l'esport i sobretot en la natació, i una part pràctica on es mostra visualment mitjançant un prototip de nadador creat a l'ordinador i uns nadadors a nivell català i nacional.

Finalment, amb totes les dades obtingudes en la recerca teòrica i pràctica, extrauré les conclusions del treball, esperant que aquest compleixi les expectatives exposades i que serveixi per aprendre a treballar amb autonomia, a moure'm dins del món de l'esport, a conèixer més gent i a aprendre coses noves.

L'objectiu final d'aquest treball de recerca no només és intentar obtenir una bona nota per fer mitja amb el Batxillerat i intentar entrar a la Universitat, també és aprendre el màxim sobre la biomecànica en la natació i poder ajudar amb aquest treball a tècnics i a entrenadors per ensenyar a nadadors seus.

Agrair abans de començar a totes aquelles persones que de ben segur em donaran un cop de mà.

2. OBJECTIUS DEL TREBALL DE RECERCA:

El principal objectiu d'aquest treball de recerca és trobar, tècnicament, com ha de ser la braçada d'un nadador professional.

A partir d'aquest objectiu sorgeixen altres:

- Analitzar una braçada i extreure diferents variables, les quals utilitzarem i aplicarem a la investigació.
- Trobar dades i analitzar mitjançant programes informàtics com és possible una braçada perfecta.
- Comparar la braçada model amb nadadors a nivell català i nivell nacional per corregir i millorar les errades.

La hipòtesi que jo marco és, existeix un model de braçada perfecte. És vàlid per a tothom.

Intentaré amb la recerca corroborar aquesta hipòtesi, aportant informacions reals a partir de l'estudi i investigació.

3. INTRODUCCIÓ A LA BIOMECÀNICA:

La **Biomecànica Esportiva** és la ciència que estudia les aplicacions de les forces tant externes com internes que afecten la tècnica esportiva. El seu objectiu és doble: per una part es vol **millorar el rendiment esportiu** i per l'altra part **prevenir lesions**. Per aconseguir aquest objectiu ens centrarem en l'optimització de la tècnica de l'esportista.

Centrant-nos en la natació, la Biomecànica Esportiva ens aporta coneixements **d'aplicació general** en les activitats aquàtiques (per exemple: el Principi d'Arquimedes, per a explicar la flotació) i coneixements **d'aplicació específica** (per exemple: les velocitats i trajectòries de la mà en l'estil de competició crol). Com en totes les ciències, és necessari uns **instruments de mesura** que ens permetran analitzar i avaluar l'activitat natatòria dels esportistes. Tradicionalment, aquests només es podien trobar en Centres d'Alt Rendiment o facultats universitàries com les de CAFE, però avui dia podem adquirir aquests instruments a un preu més assequible i amb un maneig més fàcil.

En aquest treball estudiarem les **forces bàsiques** que afecten un nadador en el seu desplaçament pel medi aquàtic, encara que es vol donar una visió centralitzada del procés biomecànic de **l'entrada de la mà/braç** dins l'aigua i **la trajectòria** que aquesta fa en el seu recorregut. Per això en la primera part del treball, proporcionarem els coneixements bàsics de la biomecànica que justifiquen l'acompliment dels éssers humans en el medi aquàtic.

4. CONCEPTES BIOMECÀNICS BÀSICS EN LA NATACIÓ:

“El 65% de nosotros es agua, eso dicen, pero cuando el ser humano se introduce en el medio acuático se encuentra en un elemento extraño para el que estamos probablemente diseñados y donde nuestra locomoción es poco eficiente. Los peces y otros animales marinos están equipados con aletas que son relativamente pequeñas en comparación con el tamaño de su cuerpo, los humanos tenemos unos miembros superiores e inferiores largos y delgados que proporcionan muy poca superficie con la que interactuar con el agua.” (Counsilman, 1994).



En el paràgraf anterior podem evidenciar com l'ésser humà no està dissenyat per a la locomoció en el medi aquàtic. No obstant això, la necessitat de travessar rius, endinsar-se en el mar, etc. va obligar a l'ésser humà a introduir-se en aquest medi “estrany”.

Actualment el nombre d'activitats que es realitzen dins l'aigua és immens.

Per a tindre una bona locomoció humana en el medi aquàtic, és necessari conèixer quines forces s'utilitzen quan aquest cos se submergeix en l'interior. La figura 1 mostra les quatre forces que determinen el nado de l'ésser humà: la **força del pes** i la **força de sustentació** determinen la flotabilitat del nedador, mentre que les **forces propulsores** i les **forces de resistència** determinen la velocitat del nado.



Figura 1

A continuació explicarem amb més detall com interactuen aquestes forces mentre nadem.

4.1 FLOTACIÓ

La flotació d'un cos a l'aigua depèn de les forces que s'apliquin en aquell instant. En repòs, la flotació ve determinada pel **Principi d'Arquimedes**, segons el que diu, "tot cos submergit en un fluid experimenta una empenta vertical (direcció) i ascendent (sentit) que és igual al pes del volum desallotjat". Aquesta empenta s'anomena **força de sustentació (E_h)**. Quan una persona s'endinsa en un medi aquàtic, sense fer cap moviment, la seva flotabilitat depèn del seu pes i de la seva força de sustentació: quan el pes és major, el cos s'enfonsa, i si és menor, flota.

Aquí tenim les dues equacions que relacionen les densitats del cos i l'aigua:

$$1: E_h = m_{\text{agua}} g = V_{\text{agua}} \rho_{\text{agua}} g$$

$$2: P = m_{\text{cuerpo}} g = V_{\text{cuerpo}} \rho_{\text{cuerpo}} g$$

$$V_{\text{agua}} = V_{\text{cuerpo}}$$

$$g = g$$

$$\rho_{\text{fluido}} \neq \rho_{\text{cuerpo}}$$

La densitat de l'aigua varia lleugerament depenent de la temperatura, però pot considerar-se propera als 1000 kg/m³. Els cossos amb densitats superiors s'enfonsen i els cossos amb densitats inferiors floten. El cos humà no té una densitat homogènia, hi ha una diferència important segons els teixits que el formen. El teixit ossi és el més pesat (1800 kg/m³), teixits com el muscular, tendinós i lligamentós (oscil·len entre els 1020-1050 kg/m³), únicament hi ha un teixit menys dens que l'aigua, l'adipós (950 kg/m³). Segons aquesta teoria l'humà hauria d'enfonsar-se sempre, però això no passa, per què? Tot depèn de l'aire que hi ha ubicat en els nostres pulmons, sabent que la densitat de l'aire és mil vegades més petita que la de l'aigua (1 kg/m³), els nostres pulmons fan la funció de flotadors. Aleshores, l'habilitat de l'ésser humà de flotar depèn dels nostres pulmons com podem veure en la figura 2.

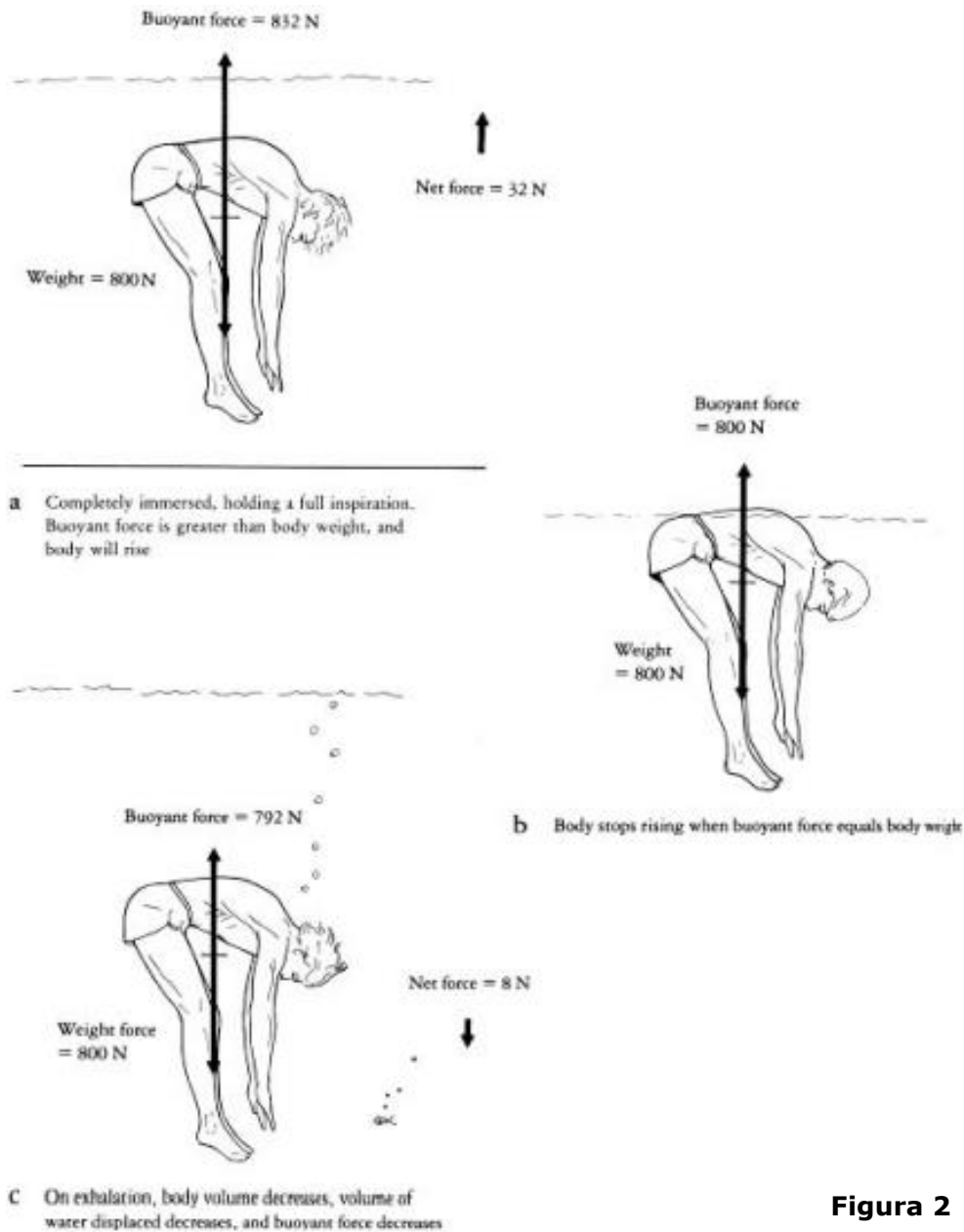


Figura 2

Com podem veure en la Figura 3, el pes i la força de sustentació s'apliquen en punts diferents. El pes està en el **centre de gravetat (CG)**, mentre que la força de sustentació s'aplica en el **centre de flotació (CB)** (pulmons). Això obliga al fet que el cos giri fins a la posició on les forces (de sustentació i el pes) són coincidents, això passa quan el cos queda en posició horitzontal. Sempre el punt de flotació quedarà sobre el centre de gravetat.

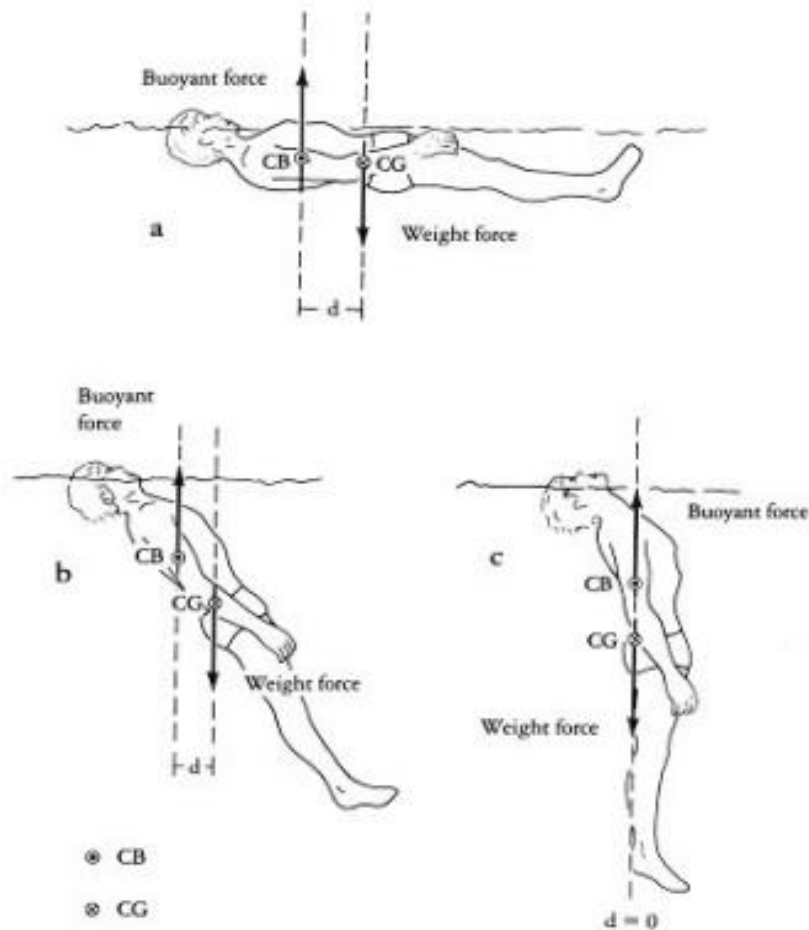


Figura 3

4.2 FORCES DE RESISTÈNCIA DE L'AIGUA:

La resistència és una força amb una mateixa direcció però amb el sentit contrari a l'avanç, de forma que aquesta impedeix l'avanç d'un cos. Quan el nadador es desplaça per l'aigua apareixen tres tipus de resistències: resistència per la forma, resistència per l'oleatge i resistència per fricció.

4.2.1 Resistència per la forma.

És la més important de les tres deguda que mentre es nada es genera una zona d'alta pressió davant el cos i una zona de baixa pressió darrere. Com podem veure en la figura 4, això és degut a que l'aigua deixa de fluir en la seva posició normal donant pas a turbulències.

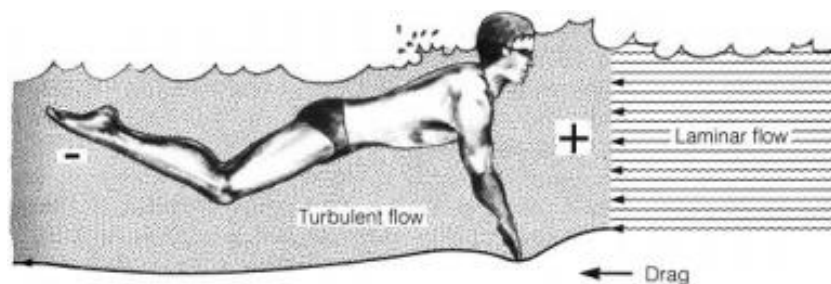


Figura 4

Aquest tipus de resistència està relacionada amb la fórmula de Newton (s. XVIII):

$$\text{Ec. 3: } R_{\text{de forma}} = \frac{1}{2} S C_x V^2 \rho$$

Donde: S = superfície frontal de contacte

C_x = coeficient de forma o penetrabilitat

V^2 = velocitat, elevada al quadrado

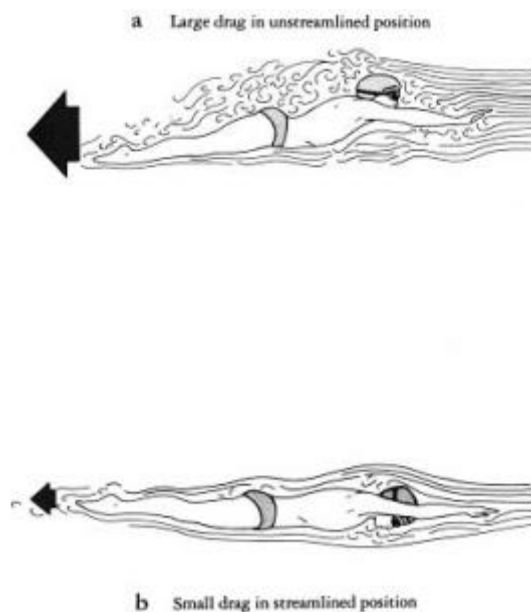
ρ = densitat

Aquesta equació és correcta per mesurar la **resistència passiva**, és a dir, quan el nadador està quiet. Però el problema està en el fet que els nadadors canvien la seva posició i alineació del cos constantment mentre naden. Per això, per mesurar la **resistència activa**, es canvia en l'equació anterior la "S" (superfície frontal de contacte) per la "A" (àrea superficial corporal). Amb això C_x (coeficient de forma) es transforma en C_{DA} (coeficient de la resistència activa), aquest s'anomena com número de Froeud.

$$\text{Ec. 4: } R_{\text{activa}} = \frac{1}{2} S C_{DA} V^2 \rho$$

Vulguen dir que: major sigui el número de Froeud, menor serà la resistència que s'apliqui sobre el nadador en moviment.

Ja que la densitat no es pot modificar i la velocitat no interessa reduir-la, més aviat al contrari, volem trobar una menor resistència per augmentar la velocitat. Això s'aconsegueix amb una bona alineació del cos.

**Figura 5**

Com podem comprovar en la figura 5, en la primera imatge es veu com el nadador es frena per la dolenta posició hidrodinàmica, en tant en quant en la segona, el nadador manté una posició perfecta, això fa que l'aigua no produeixi tanta resistència (Takagi & Sanders, 2000).

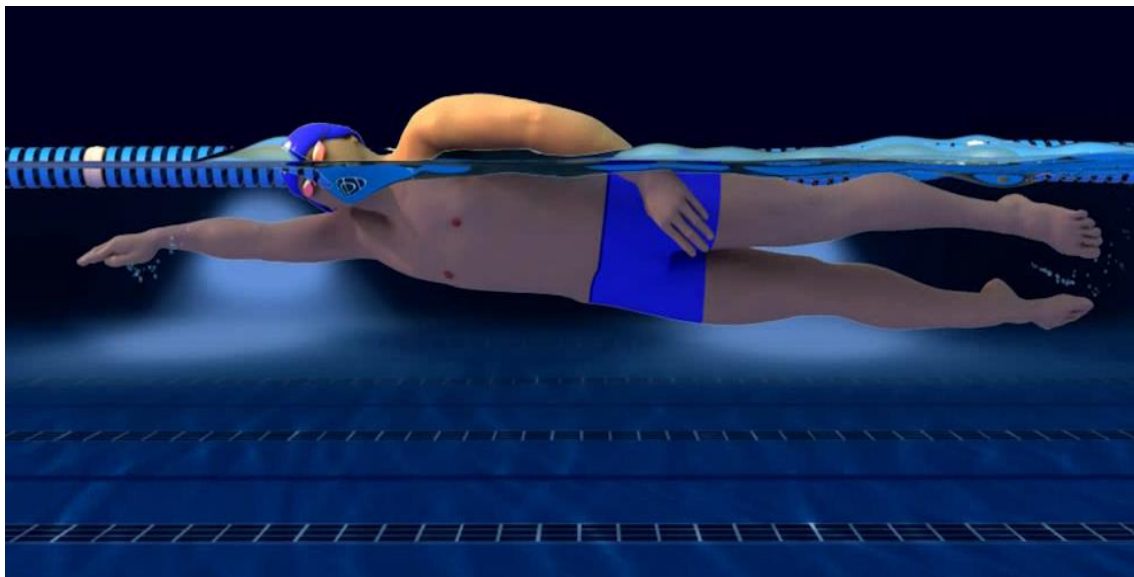
4.2.2 Resistència deguda a l'oleatge.

Aquest tipus de resistència només apareix quan un cos està en moviment. A velocitats baixes és poc important, però a mesura que incrementa la velocitat es pot convertir en una de les resistències més importants (Kreighbaum & Barthels, 1990).

Aquesta resistència és deguda a l'impacte del nadador amb la massa d'aigua i les ones que es formen a conseqüència del seu avanç i, especialment, dels moviments ascendents/descendents del seu cos.

Estudis fets per professionals l'any 2000 indiquen que aquesta resistència a l'avanç durant el nado, fa disminuir la velocitat del nadador quan aquest porta una velocitat superior als 1,9 m/s (Blanksby, 2000).

Paradoxalment, un determinat nivell d'oleatge en l'estil crol pot resultar beneficiari, ja que, aquestes ones al voltant del cap del nadador, a conseqüència de la velocitat, provoquen una bossa d'aire que permet que el nadador pugui respirar sense treure el cap completament fora l'aigua. Contra més elevada és la velocitat més gran es fa aquesta bossa.



En aquesta imatge es pot veure com al nadador no li fa falta treure tot el cap fora de l'aigua gràcies a la bossa d'aire que es produeix.

4.2.3 Resistència per fricció.

Aquesta resistència és la menys important, però alhora, la que més ha revolucionat l'estètica dels nadadors. Avui dia els nadadors es depilen i utilitzen banyadors especialitzats amb un teixit que repèl l'aigua. Aquesta resistència afecta a la fricció amb la pell, banyador, gorro i ulleres.



4.3 PROPULSIÓ:

En la majoria de llibres i webs on he cercat es donen per vàlides dues teories, dues lleis del moviment que justifiquen la propulsió dels nadadors:

La llei d'acció-reacció formulada per Newton: Sempre que un cos exerceix una força sobre un altre, aquest segon cos exerceix una força igual i de sentit contrari sobre el primer.

El teorema de Bernoulli: postula que, per un fluid no viscos, un increment en la velocitat del fluid implica una disminució de la seva pressió o energia potencial; la seva energia es manté constant al llarg del recorregut.

Per parlar de la propulsió mencionem tres fases:

Empenta 1: és la primera meitat de la tracció, on el colze es doblega.

Empenta 2: és la segona meitat de la tracció, on el colze s'estén.

Empenta 3: és l'últim moviment, on el braç surt de l'aigua.

Aquestes vénen donades per una teoria que va ser escrita l'any 1968, avui dia encara no s'ha trobat una teoria millor.

En un principi, es va postular que en la propulsió, la trajectòria de la mà havia de ser rectilínia. Com podem veure en la figura 7.

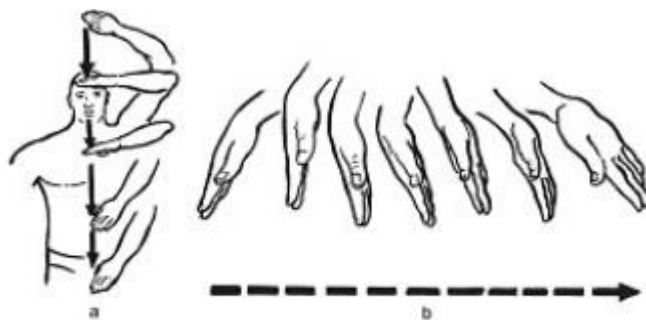


Figura 7.

Però aviat ens vam adonar que cap dels millors nadadors feia aquest moviment rectilini, sinó que el moviment de la seva mà era curvilini. Amb aquest fet ens vam adonar que mitjançant aquest moviment en la trajectòria de la mà el nadador era capaç d'agafar més aigua, per tant, una propulsió més eficaç. (Figura 8.)

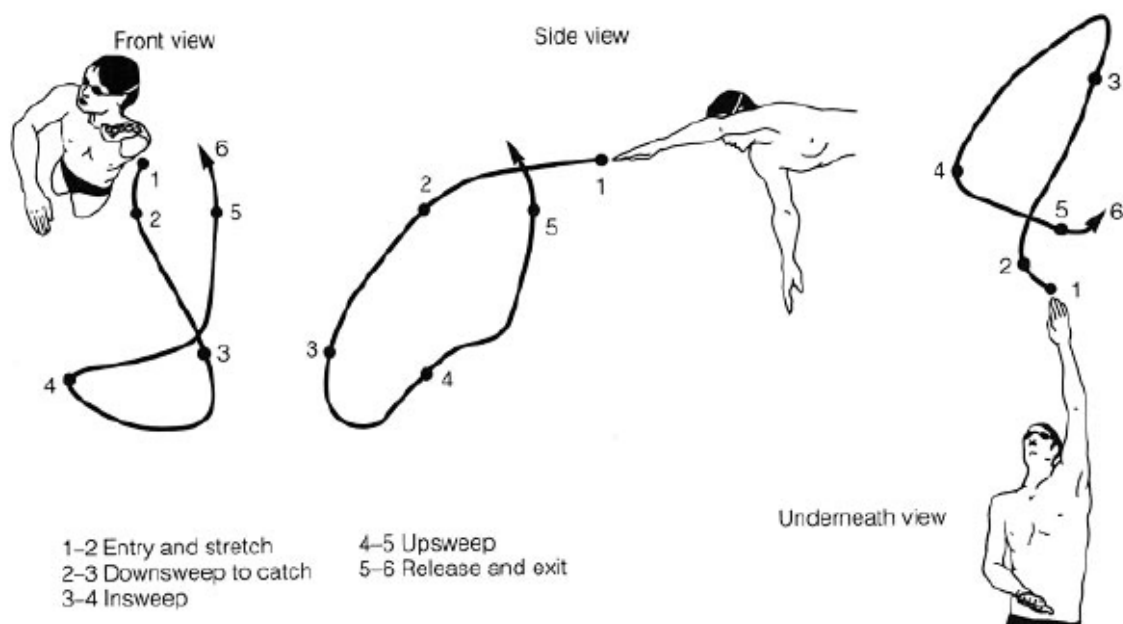


Figura 8.

Per tant, el moviment més eficaç en el moment de la propulsió és el moviment curvilini. Aquest ens proporciona molta més velocitat i força en una sola braçada (Maglischo, 1993)

4.4 FASES DE LA BRAÇADA DE CROL

El crol és un estil alternatiu perquè el moviment dels braços i cames no és simultani a diferència de la braça i la papallona.

Fases de la braçada:

1. Entrada La mà dreta entra a l'aigua directament davant de la seva espatlla. El braç ha d'estar lleugerament flexionat, amb el colze per sobre de la mà. El canell es manté flexionat uns graus des de la línia de l'avantbraç. Els dits entren en primer lloc.

La mà ha de lliscar dins l'aigua amb el palmell cap avall i cap a fora del nostre cos, sent el dit polze el que primer pren contacte amb l'aigua. El braç esquerre està a mitjan camí de la seva fase propulsora.

2. "Agarre" El braç entra gairebé estès a l'aigua, entre el cap i l'espatlla, sent els dits el primer que toca la superfície. La mà es dirigeix lleugerament cap a fora i cap avall.

3. Estirada El colze es flexiona fins a gairebé 90° , es produeix una rotació interna del braç, i la mà va cap a dins i cap amunt, com buscant el maluc contrari.

4. Empenta El colze es va estenent, el braç realitza una rotació externa, i la mà es dirigeix cap amunt i cap a fora.

5. "Recobro" Comencem a treure el braç de l'aigua, flexionant-lo progressivament i portant-ho molt relaxat. En aquesta fase no hem de fer força per tant aprofitarem per descansar la musculatura uns instants. Per culpa de la resistència de l'aire portarem el colze més alt que la mà.

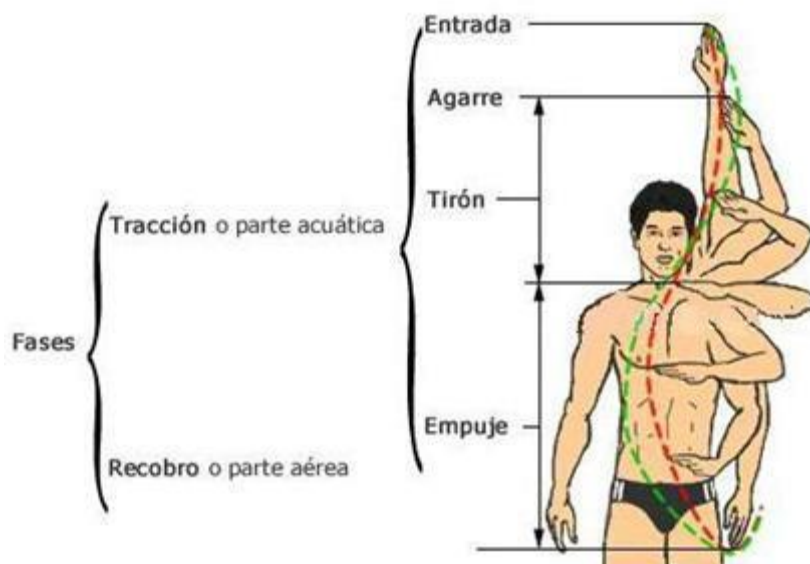


Figura 9.

En la (figura 9) podem veure reflectides les fases de la braçada de crol.

4.4.1 Coordinació entre braços

Quan un braç entra l'altre es pot trobar en diferents parts de la braçada, depenent de l'especialitat del nedador, encara que normalment sol estar començant l'empenta. En distàncies més curtes hi ha una major coincidència del moviment de braços, per proporcionar una major impulsió.

4.4.2 Coordinació entre braços i respiració

S'inicia el gir del cap quan entra a l'aigua el braç contrari. Aquest ha de tornar a estar dins per veure l'entrada a l'aigua del braç del seu costat.

Per "rolido" entenem el gir del cos sobre l'eix longitudinal que es fa en l'estil de crol cap al costat del braç que tracciona cada vegada. Amb cada cycle complet es realitza un gir a cada costat i té tres grans avantatges:

- Augmenta l'eficàcia de l'empenta del braç que es troba tirant per sota l'aigua.
- Afavoreix el "recobro", facilitant-lo.
- Disminueix el risc de lesions d'espatlla en permetre que no es forci tant el moviment per treure'l de l'aigua.

4.5 EXERCICIS D'ASSIMILACIÓ TÈCNICA PER A LA MILLORA DE LA BRAÇADA DE CROL

La natació és un esport de sensacions i aquí és on anem a posar el nostre esforç, buscant exercicis que ofereixen bons i dolentes sensacions per conèixer i sobretot sentir com s'hauria de fer per fer-ho bé.

Té importància la formació en sec, guanyar força, resistència i sobretot evitar al màxim qualsevol risc de lesió. Però té més importància en els inicis, saber com perfeccionar la tècnica del "crol" amb sis exercicis simples que podem fer a les nostres sessions a l'aigua.

- **Punt mort:** consisteix a deixar sempre un braç estirat a la part davantera, mentre l'altre acaba fent la braçada completa, seguim amb l'altre i així successivament. Busquem amb aquest exercici la coordinació dels dos braços per treballar-los per separat i ampliar les nostres sensacions. A més si afegim el no parar l'exercici fins que arribi el segon braç, i fem que hi hagi un canvi de braç quan els braços arriben a la "posició d'arc de fletxes", la coordinació i el nado serà quasi perfecte i no hi haurà un "paron" en el moviment, i si un lliscament.

-**Tocar les espatlles:** consisteix a nedar amb estil normal, però durant la

fase aèria en cada pinzellada, toquem l'espatlla abans de fer la braçada normal. Molts són els que no aixequen prou els braços provocant un augment de la resistència per avançar i amb aquest exercici podem garantir una bona fase aèria.

-Tocar les cuixes: anem a cuixes en cada pinzellada per garantir que podem aprofitar al màxim les extremitats superiors en la fase d'impuls, ja que en molts casos no es fa prou la longitud de la nostra "remada".

-Nado amb puny o mà oberta: consta de nedar amb els punys, duent a terme un cop normal i l'altra amb la mà oberta a tota la seva amplitud (separar els dits). Aquest exercici pretén aprofitar els nostres avantbraços i fa prendre aigua amb el puny tancat en "l'agarre", o deixa escapar bona part de l'aigua que agafem. Així doncs, busquem involuntàriament prendre aigua amb els avantbraços de la millor manera possible.

-Reduir braçades: farem 25 m sèrie comptant els traços i intentar reduir-les en les següents sèries, és a dir, si hem de fer 18 cops per fer un llarg, la piscina següent haurem de fer amb 16. Amb aquest exercici, busquem a l'eficiència, intentem reduir braçades.

-Recuperació interna: consta d'eliminació de la fase aèria de la cursa, massa creixent resistència a l'avenç, nedaran normal però sense treure els braços d'aigua. Ho podem fer per l'alternança de braços (esquerra té aire-recuperació i dret no i viceversa) o fer la recuperació interna.

5 PART PRÀCTICA

A continuació explicaré sobre que tracta la part pràctica d'aquest treball de recerca.

Com a objectiu tinc, estudiar quina és la posició del braç a l'hora de fer la braçada.

Analitzaré la posició del braç en les seves diferents fases per trobar la braçada perfecta, ja que aquest és l'objectiu del treball.

L'empenta en la braçada de l'estil de crol és on un nedador desenvolupa entre 85% i 90% de la seva propulsió. La clau d'una gran empenta sota l'aigua és la posició i la trajectòria dels braços. Empenyent l'aigua enrere produïm una força oposada que propulsa l'aigua i és on aconseguim el moviment.

5.1 CREACIÓ DE LA TAULA DE VARIABLES

Examinem els moviments d'una bona braçada pas a pas i els explicarem.

Per això treballaré amb 9 variables diferents.

Variable 1	Posició de l'entrada de la mà a l'aigua
Variable 2	Llargada (o extensió) del braç
Variable 3	Primera propulsió del braç (moment en què comença a doblegar-se)
Variable 4	Segona propulsió del braç (la més important, on s'aplica la màxima força)
Variable 5	Tercera i última propulsió (última empenta del braç per sortir a la superfície)

Variable 6	Part del darrere de la propulsió (primer pas)
Variable 7	Mà al costat del cos en la propulsió (segon pas)
Variable 8	Sortida de la mà

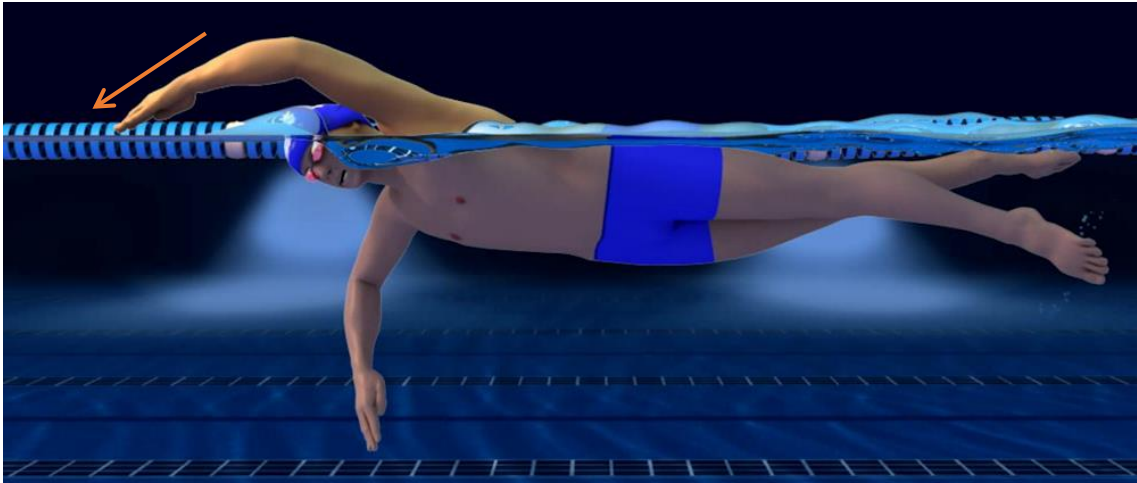
Vaig contactar amb un professor de la Universitat Rovira i Virgili, Toni Pérez-Portabella, qui em va recomanar llegir-me el llibre de Swim Smooth, a partir del qual vaig trobar la seva aplicació.

A partir d'aquesta aplicació faré el que en realitat consisteix aquest treball de recerca, trobar la posició perfecta de la braçada d'un nadador i comparar-la amb nadadors de competició a nivell català.

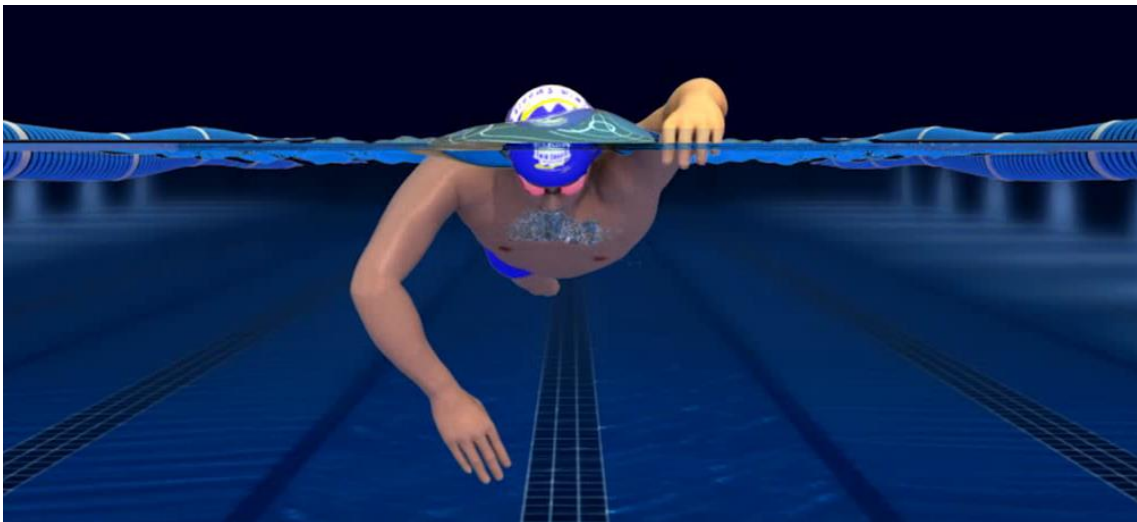
Ara ensenyaré les 9 variables que he esmentat anteriorment vistes des de el model de la braçada perfecta.

5.2 APLICACIÓ DEL PROTOTIP A LES VARIABLES

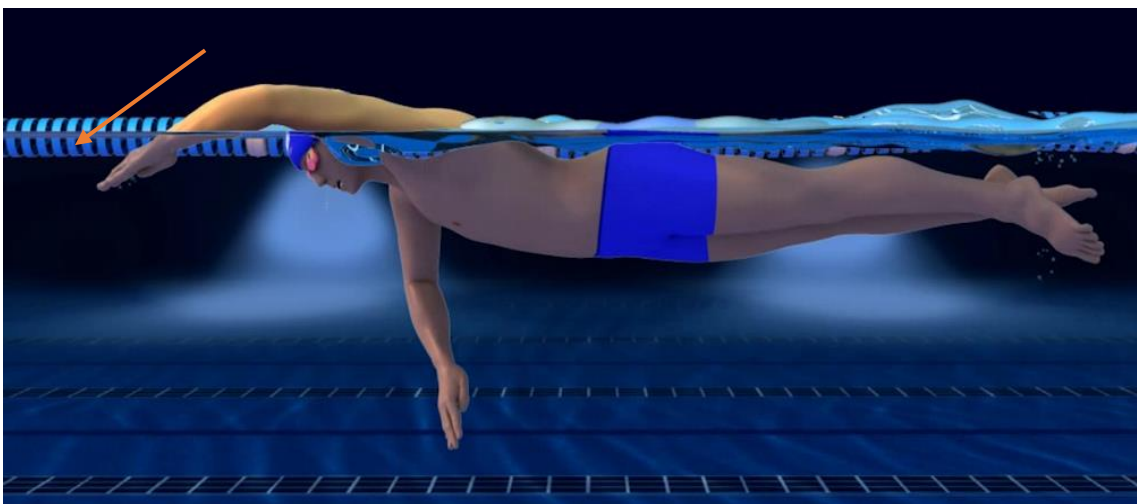
Entrada de la mà a l'aigua (variable 1)



Pla Lateral



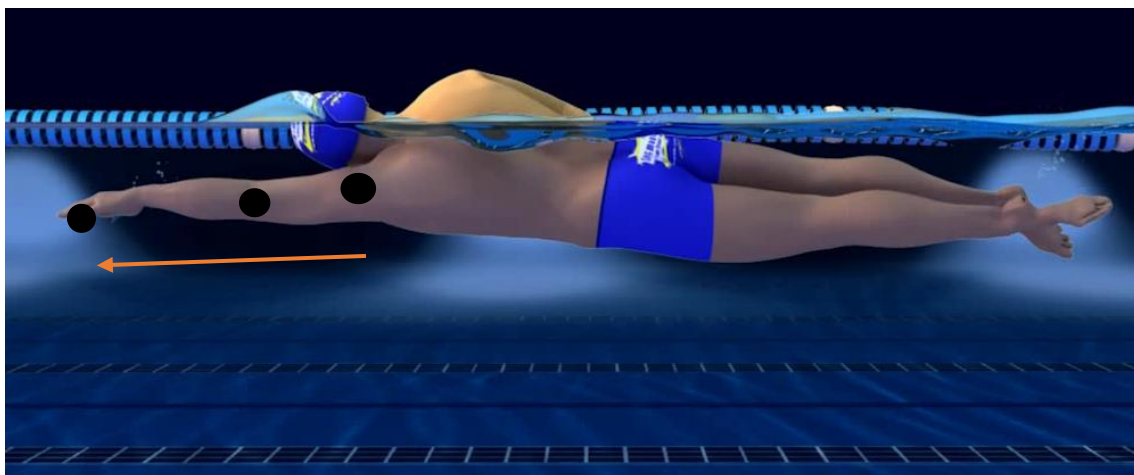
Pla Frontal



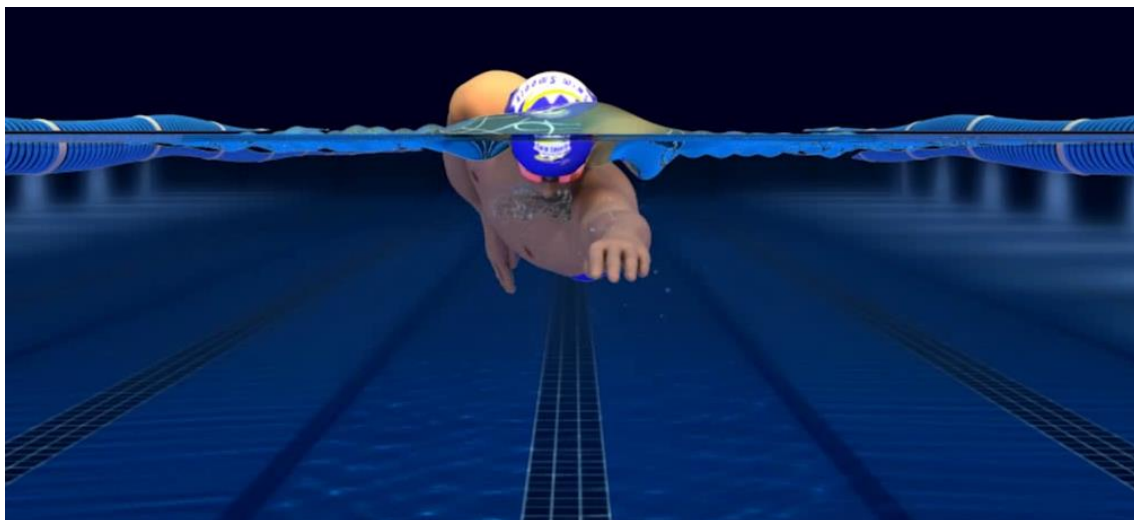
Pla Lateral

La mà entra a l'aigua sense esquitxar amb els dits tancats i el palmell de la mà mirant l'aigua.

Extensió del braç (variable 2)



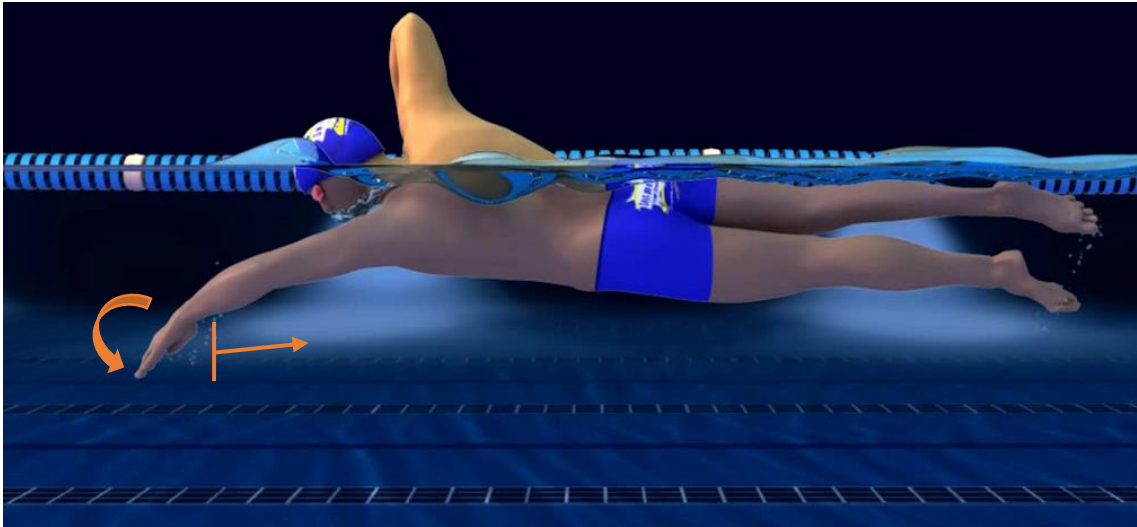
Pla Lateral



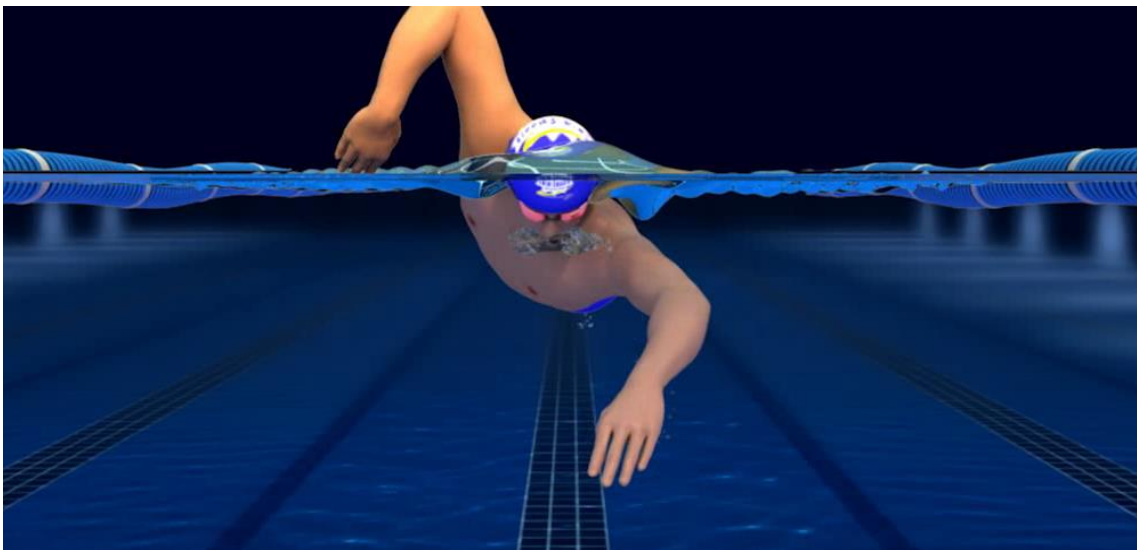
Pla Frontal

El braç ha d'estar extens i alineat amb l'espatlla. Durant aquesta extensió els dits han d'estar una mica per sota del colze i el colze per sota de l'espatlla.

Primera propulsió del braç (variable 3)

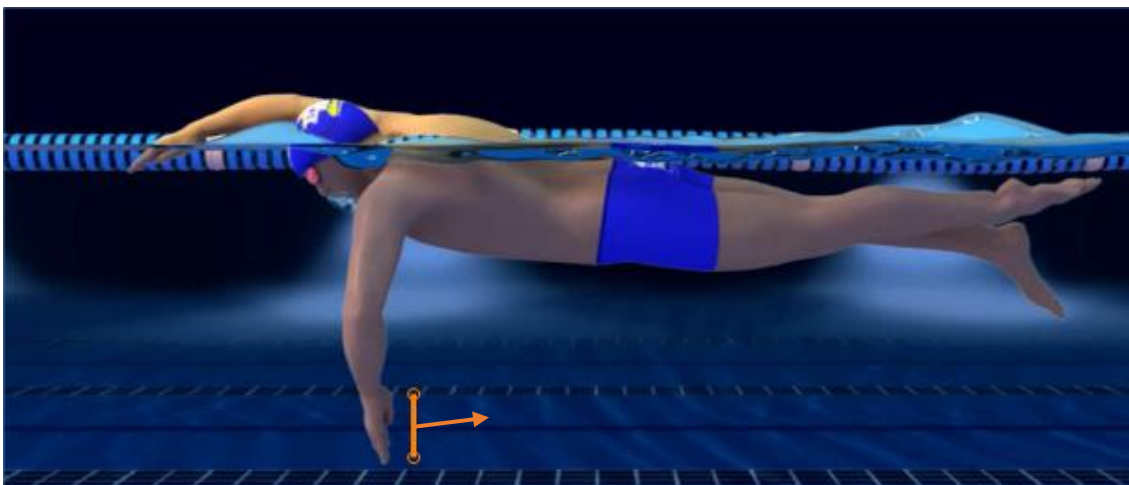


Pla Lateral



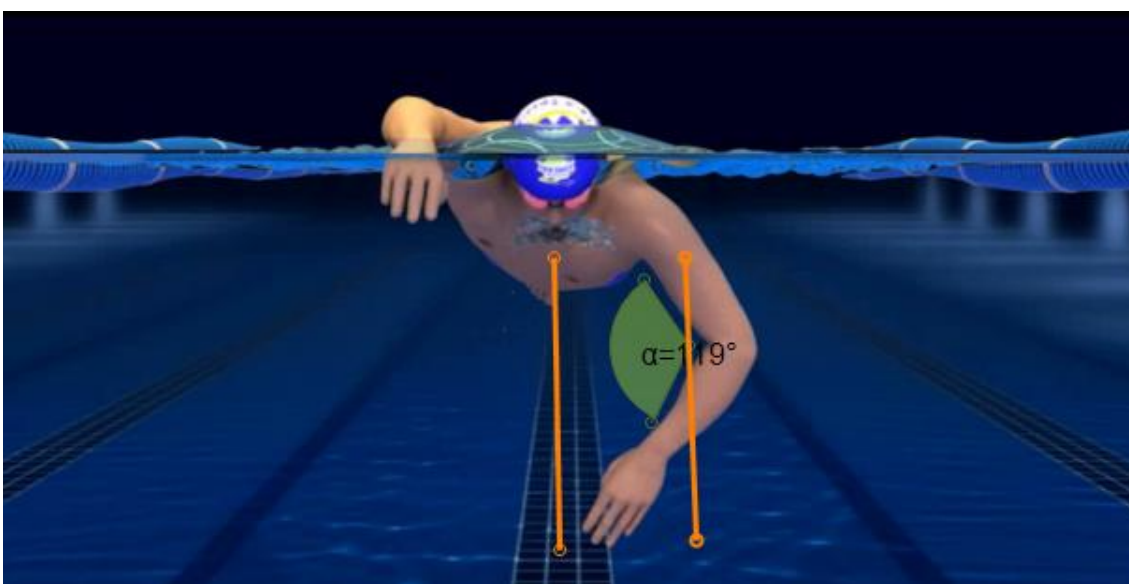
Pla Frontal

El colze es dobla i l'avantbraç es torna més vertical a l'aigua.

Segona propulsió del braç (variable 4)

Pla Lateral

Quan la mà està perpendicular al cap la fase de propulsió és la més important perquè és en el moment que s'aplica la màxima força.



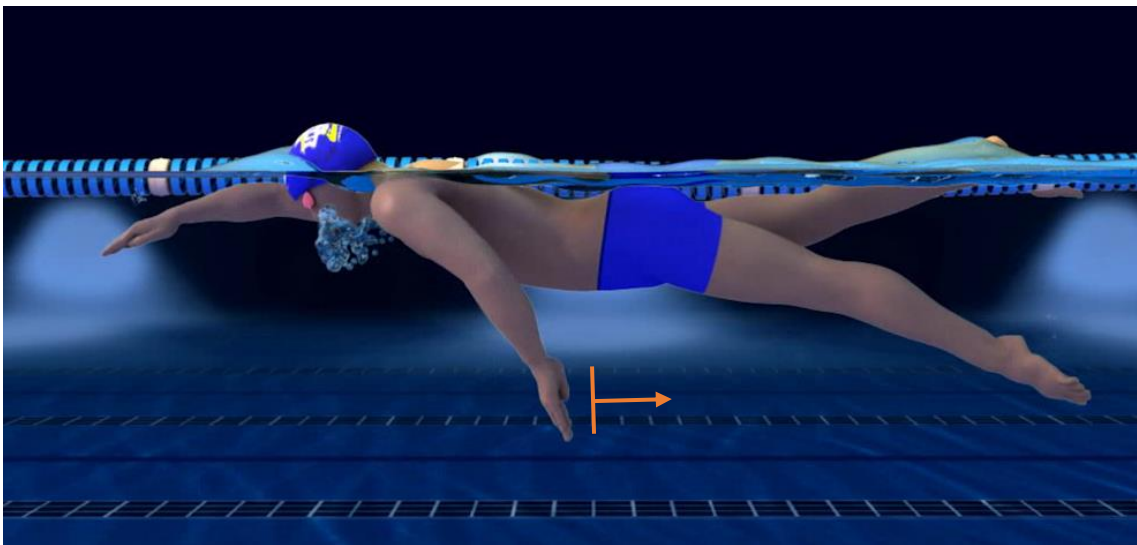
Pla Frontal

En aquesta fase de propulsió la mà no pot passar la línia perpendicular al cap ni sobrepassar la línia perpendicular, el colze ha d'estar en un angle entre 100° i 120° .



Pla Frontal (punt de vista: part posterior)

Tercera propulsió del braç (variable 5)



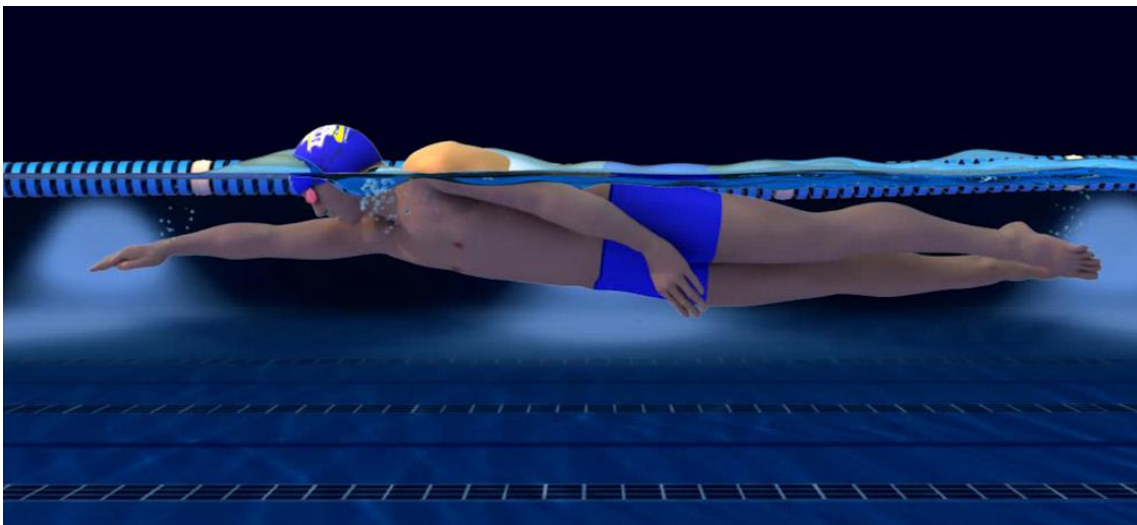
Pla Lateral

Mentre que el braç està en la fase de la tercera propulsió, la mà segueix estant en perpendicular amb el cos, el que produeix una major resistència amb l'aigua i, com a conseqüència, una major propulsió.



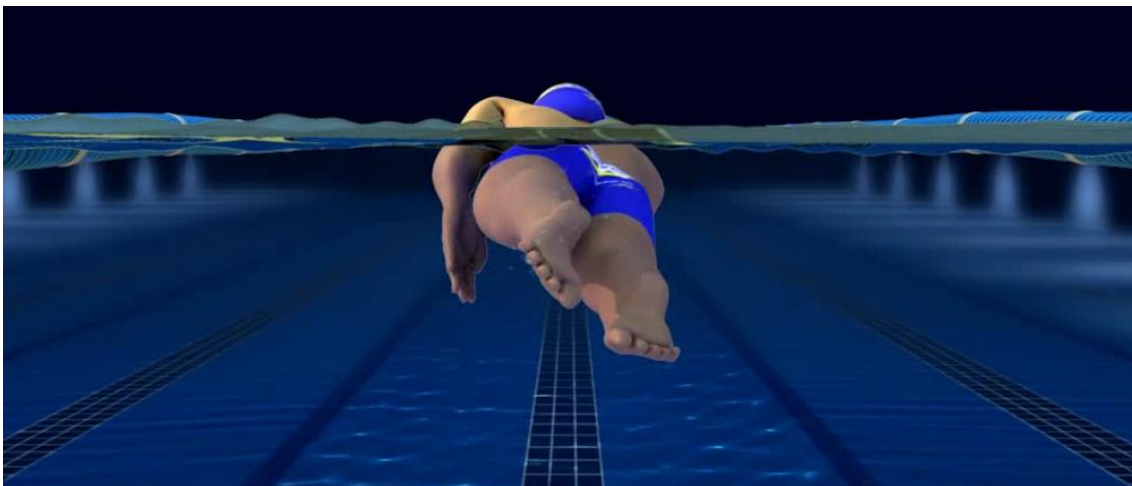
Pla Frontal

Part del darrere de la propulsió. Primer pas (Variable 6)

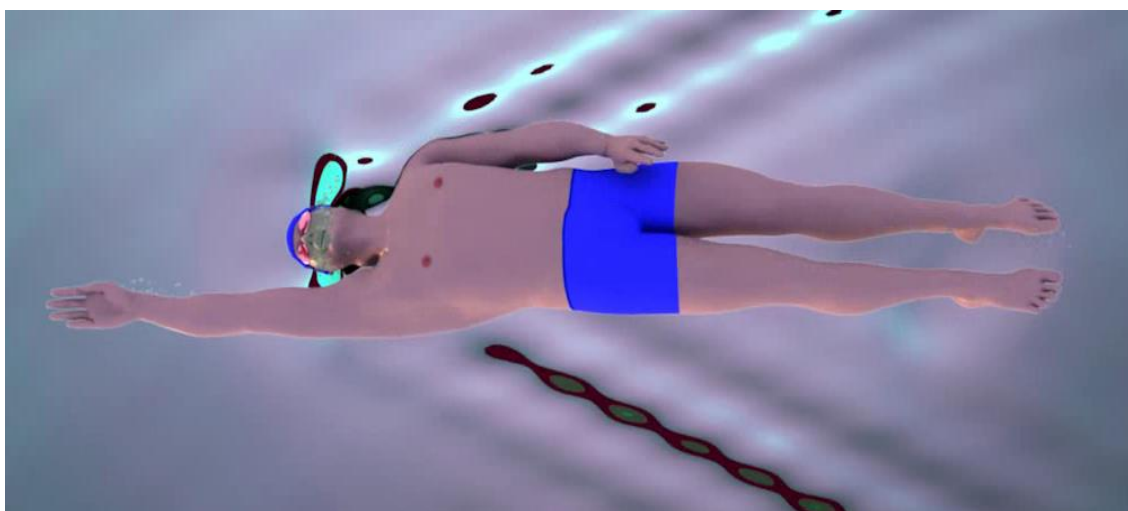


Pla Lateral

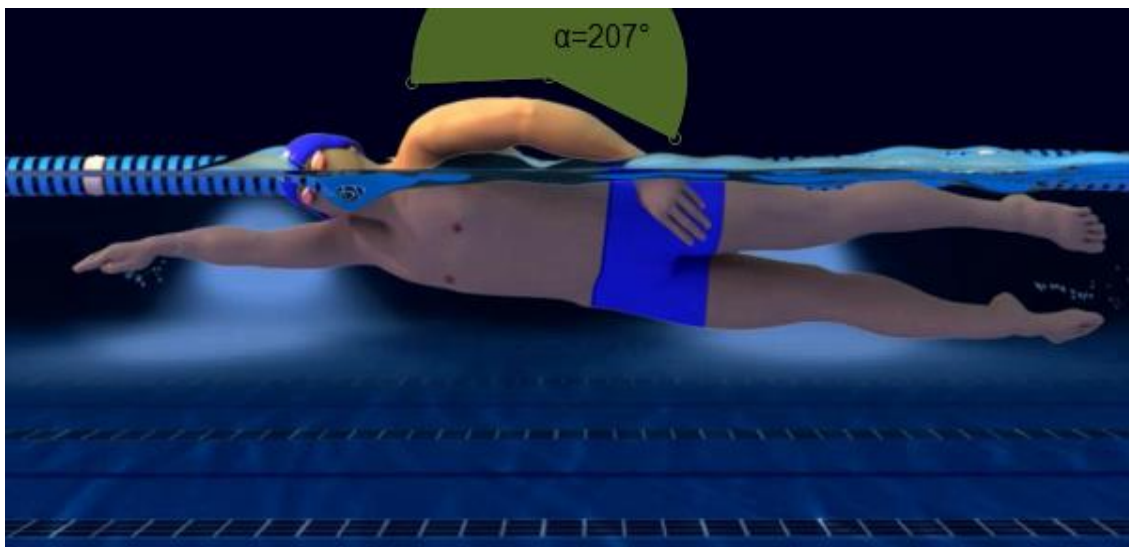
A la part posterior de l'empenta, la mà es gira cap a l'interior cap a la cuixa per acabar l'acció mentre el maluc sobre aquest costat gira cap a dalt.



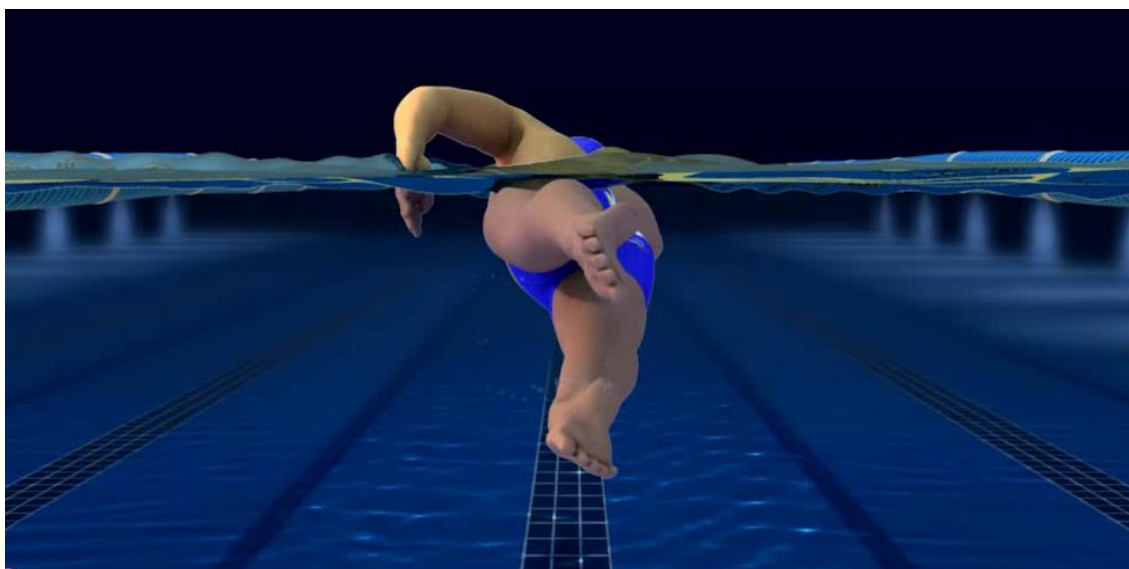
Pla Frontal (punt de vista: posterior)



Pla Nadir

Part del darrere de la propulsió. Segon pas (Variable 7)

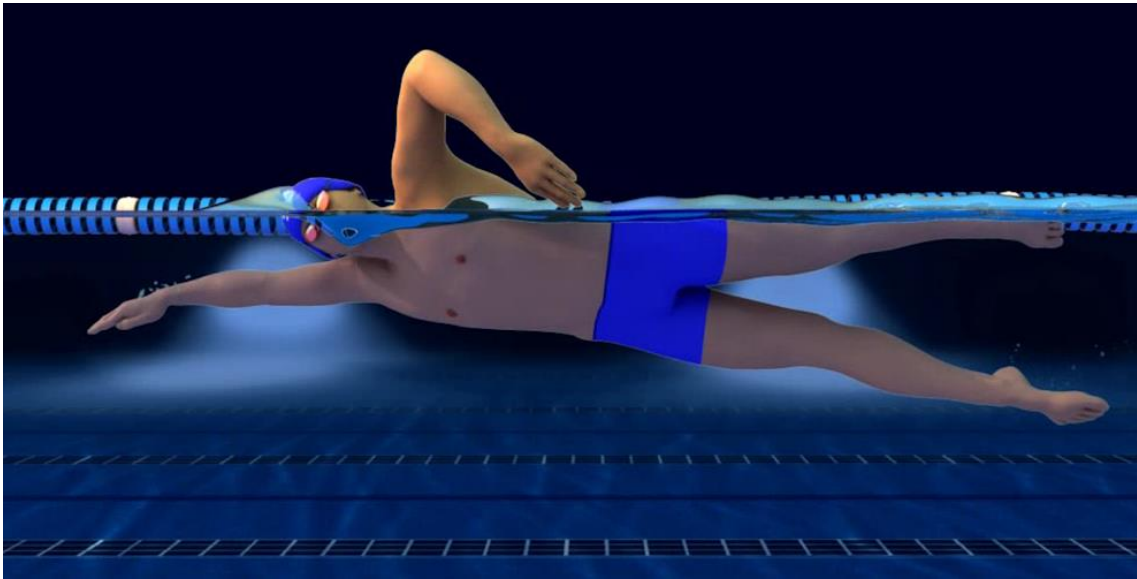
Pla Lateral



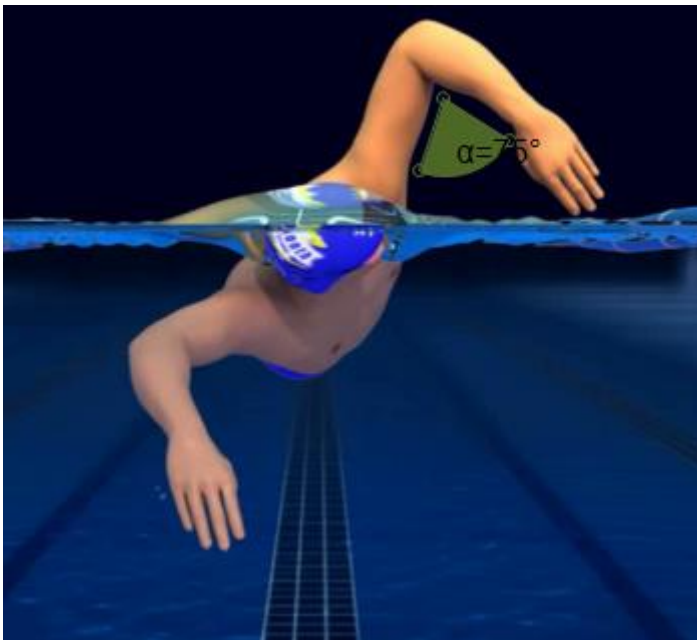
Pla Frontal (punt de vista: posterior)

El braç surt una vegada que s'ha estès, el colze fa un angle d'uns 200° aproximadament. Tenint en compte que el braç no està totalment estès amb el colze tancat.

Sortida de la mà (Variable 8)



Pla Lateral



Pla Frontal

En la última fase, el braç surt fora de l'aigua fent un angle de 75° el que produeix una menor resistència i màxima velocitat.

5.3 COMPARACIÓ DEL PROTOTIP AMB ELS NADADORS

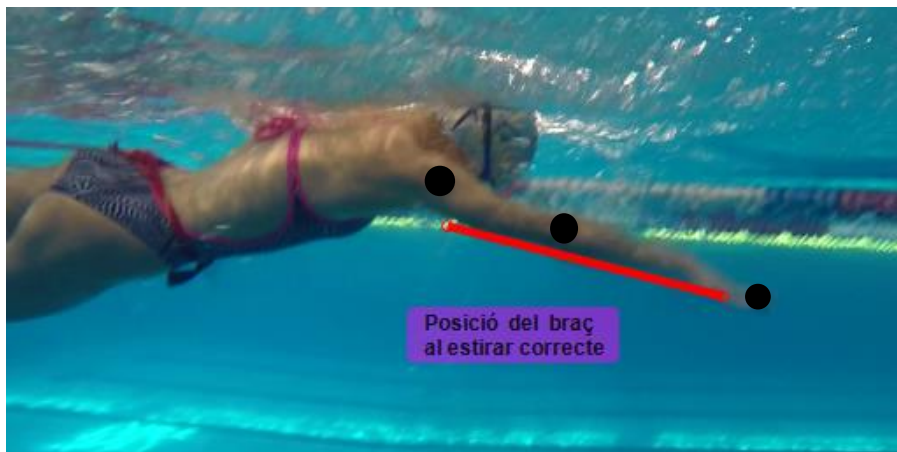
Ara compararem la braçada de cinc nadadors i nadadores del Club Natació Tàrraco amb la del prototip per veure quins són els seus errors i com es podrien millorar o corregir.

No utilitzarem totes les variables, únicament les més importants i visuals.

Els nadadors que utilitzarem de mostra (5 nadadors) seran els següents:

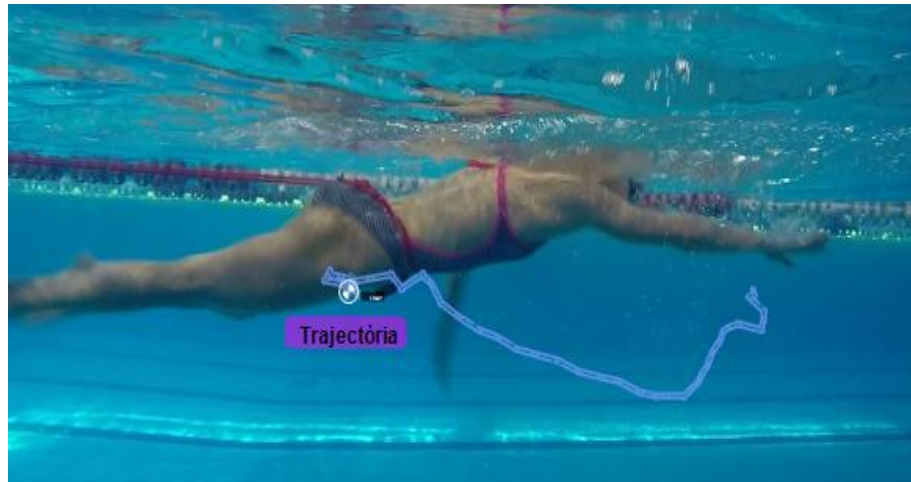
- Kayley Pacareu
- Pol San Gregorio
- Marc Martos
- Anna Claver
- Adrià Prades

1. La primera nadadora que analitzarem serà la **Kayley Pacareu**, nadadora a nivell nacional de 14 anys:



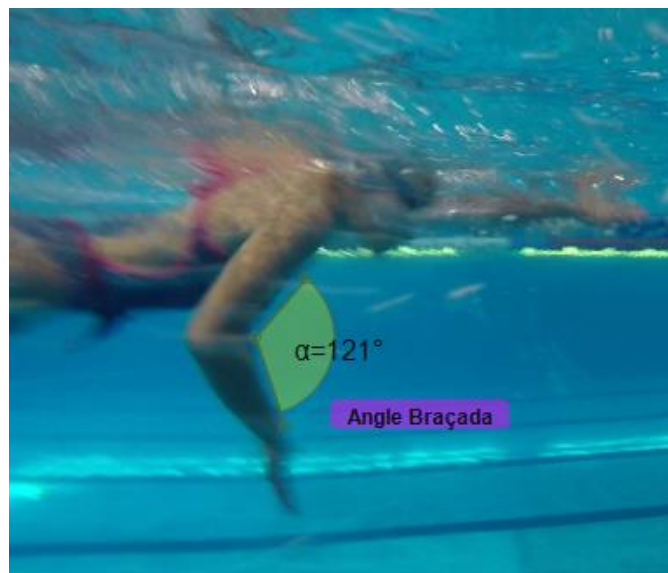
Pla Lateral

En aquesta imatge podem observar com la nadadora Kayley, comparada amb el prototip, la posició del braç a l'estirar és correcte encara que es podria millorar, la nadadora hauria de mantenir la posició del braç una mica més amunt.



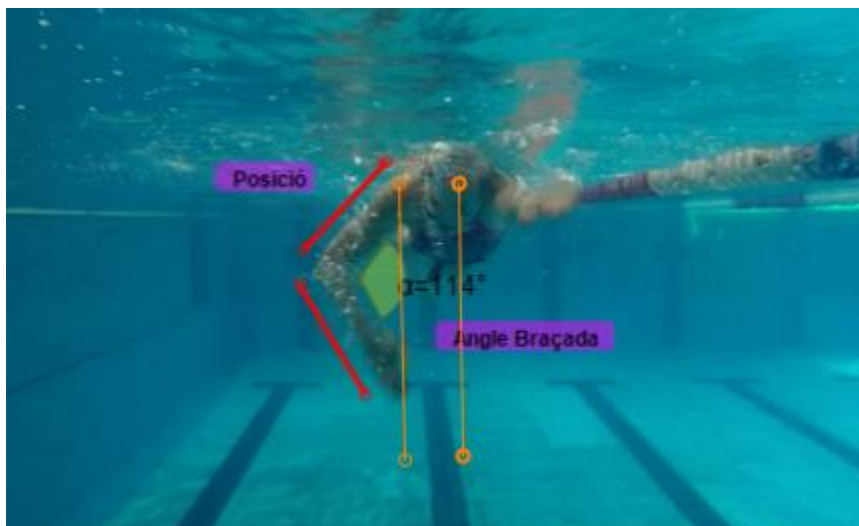
Pla Lateral

Aquesta és la trajectòria de la seva braçada.



Pla Lateral

En aquesta imatge podem observar com l'angle del braç en la fase d'empenta és molt bo, un angle entre 110° i 120° és el correcte i ella ho fa bé.



Pla Frontal

Podem observar com l'angle de la Kayley és molt bo, ja que en el prototip marquem que hauria de rondar entre els 100° i 120° , ella ho fa perfecte.

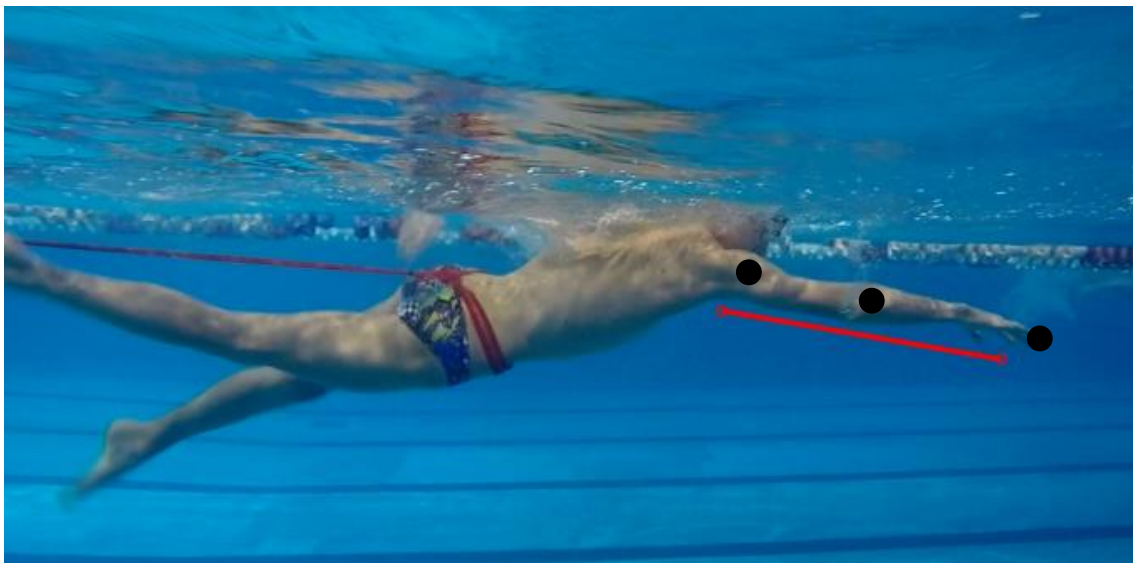
El problema d'aquesta braçada és que, quan dibuixem les línies que no s'haurien de sobrepassar, la mà de la nadadora està al límit entre la línia de l'espatlla.



Pla Zenital

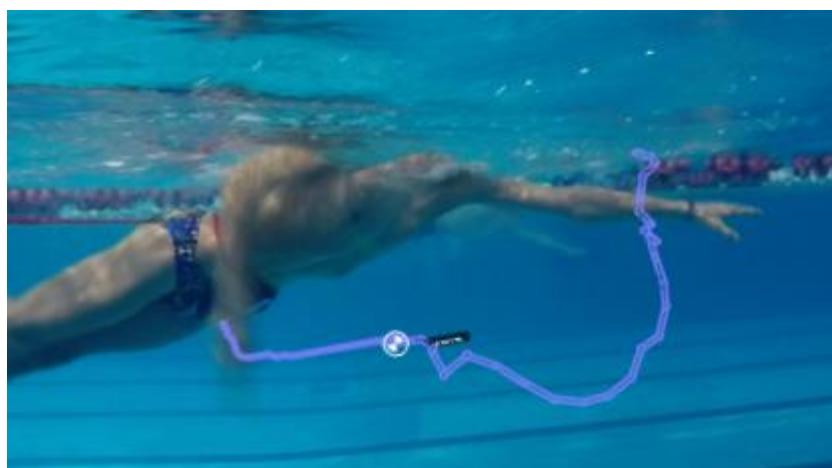
Aquí podem observar com la llargada del braç és molt correcta, encara que la posició de la mà està una mica desviada cap a la seva dreta, hauria de mantenir-se recte a l'alçada de l'espatlla.

2. El següent nadador el qual analitzarem serà el **Pol San Gregorio** nadador a nivell nacional de 17 anys:



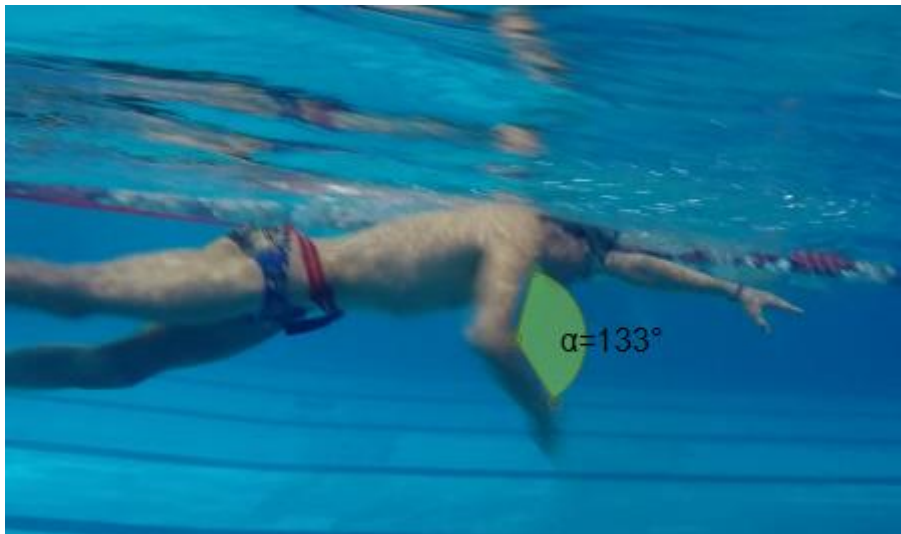
Pla Lateral

Observem com aquest nadador té una bona posició en l'allargament de braços, en aquest cas l'error està en el fet que té els dits de la mà oberts, la qual cosa el perjudica a l'hora de l'agarre".



Pla Lateral

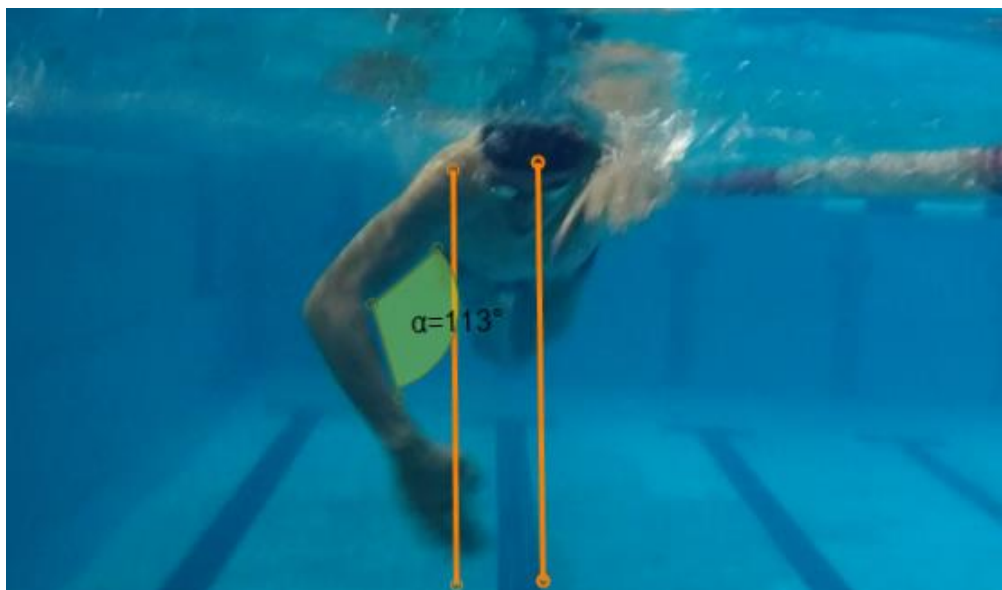
Aquesta és la trajectòria de la seva braçada.



Pla Lateral

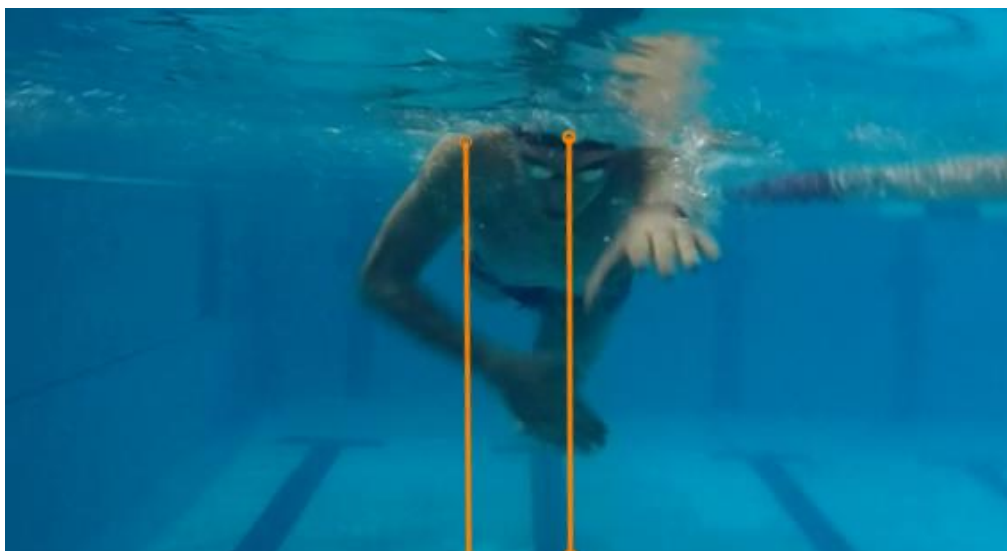
Podem observar com l'angle que fa el braç del Pol a l'hora de l'empenta és massa gran, ja que hauria d'estar comprès entre els 100° i 120°.

Si allargués una mica el colze, milloraria aquesta posició.

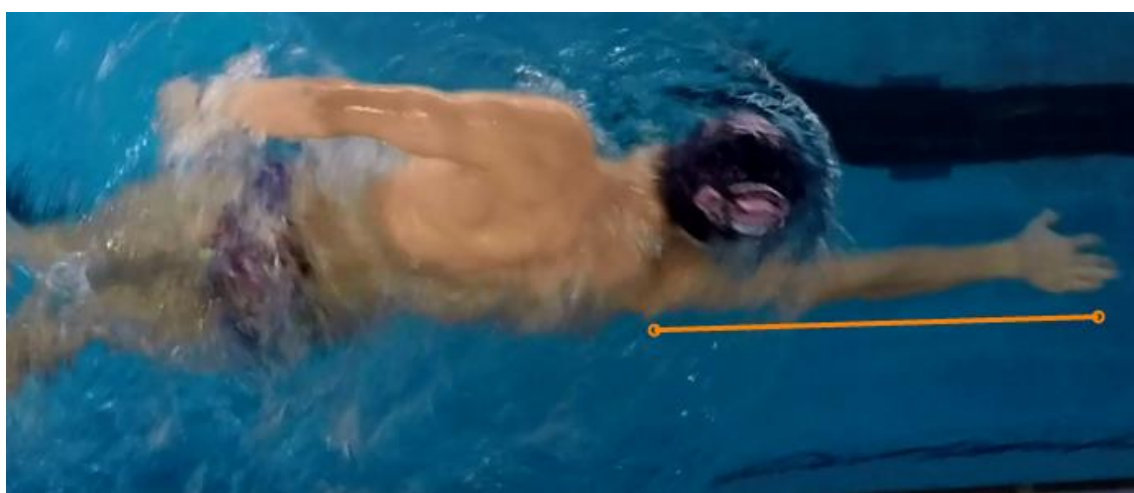


Pla Frontal

Aquí podem veure com l'angle de la braçada del nadador és molt correcte. La posició de la mà també és correcte encara que milloraria la braçada si la mà esdevingués més cap al centre.



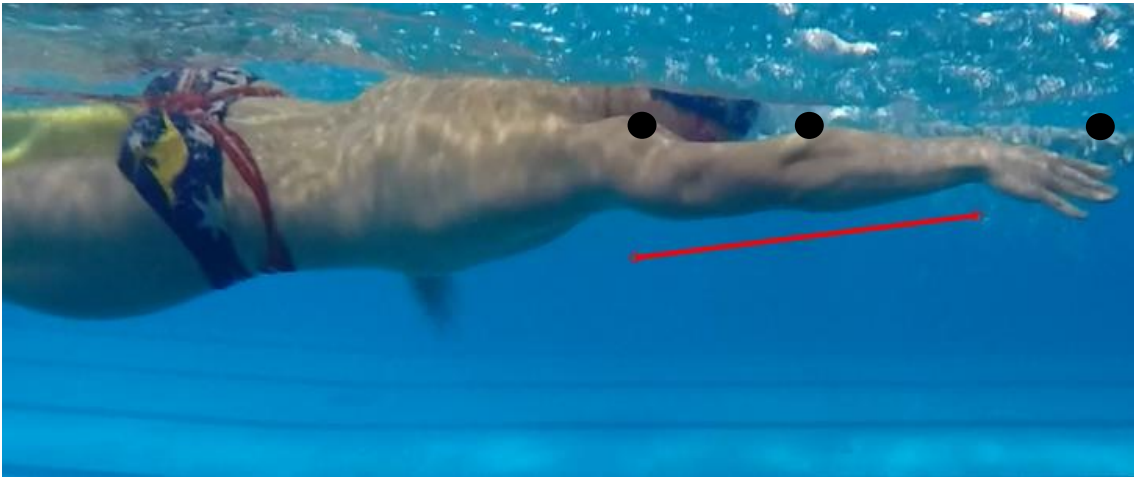
És en la segona part de l'empenta on la mà del Pol sobrepassa bastant el límit de la línia del cap.



Pla zenital

L'allargament del braç del nadador és molt bo, l'única errada visible per corregir són els dits oberts de la mà, els quals s'haurien de tancar per una major empenta.

3. El següent nadador al qual analitzarem serà en **Marc Martos**, nadador a nivell català de 18 anys:

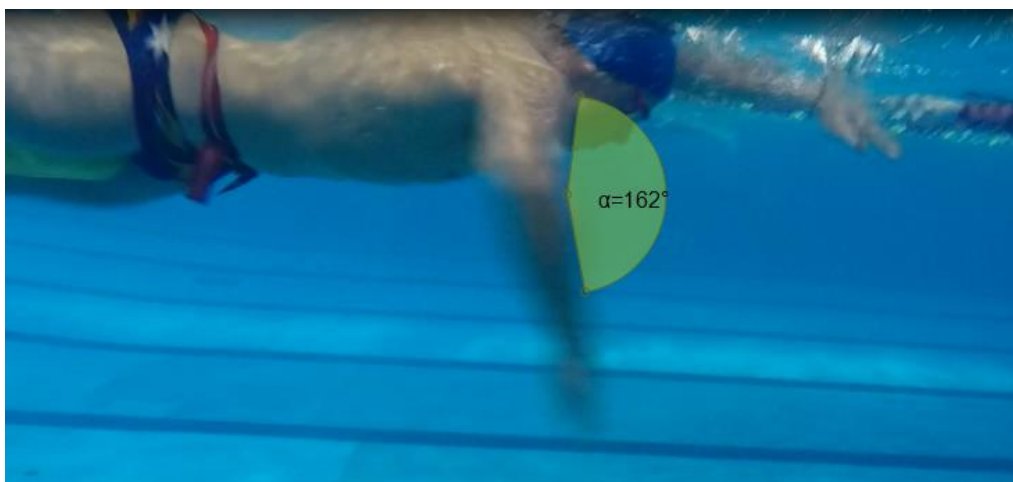


Com podem observar la posició del braç del nadador és prou bona, encara que el braç el porta massa cap amunt, hauria d'estar més alineat amb l'espatlla per un allargament perfecte.



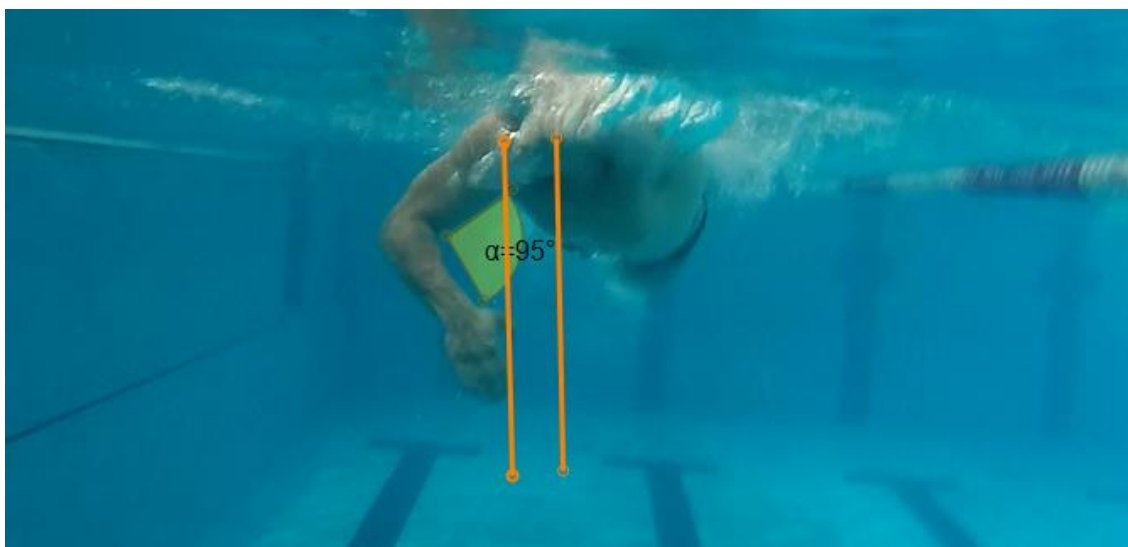
Pla Lateral

Aquesta és la trajectòria de la seva braçada.



Pla Lateral

Podem veure com l'angle que es forma quan es produeix la fase de l'empenta és massa gran perquè el nadador allarga més del compte el braç, hauria de doblegar més el colze per una millora significativa.



Pla Frontal

Com podem observar en aquest exemple, l'angle de la braçada és molt petit, s'hauria d'allargar el braç. També podem veure com la posició de la mà queda fora del rang correcte, per la qual cosa hi ha un altre error a corregir.

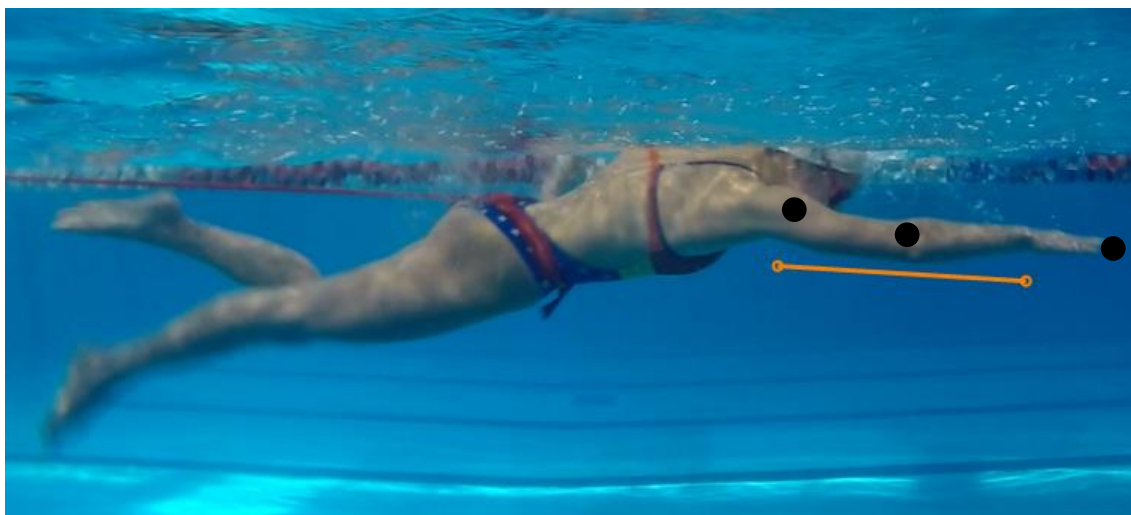
Un altre error que no s'havia comentat anteriorment és el fet que la mà esquerra del nadador no està alineada amb la seva espatlla sinó que està a l'altura del cap.



Pla Zenital

És una bona posició en l'allargament, no hi ha pràcticament cap error.

4. La següent nadadora que analitzarem serà l'**Anna Claver**, nadadora a nivell nacional de 16 anys:



Pla Lateral

Com podem observar, la posició del braç de la nadadora és brillant. No hi ha cap error a comentar.



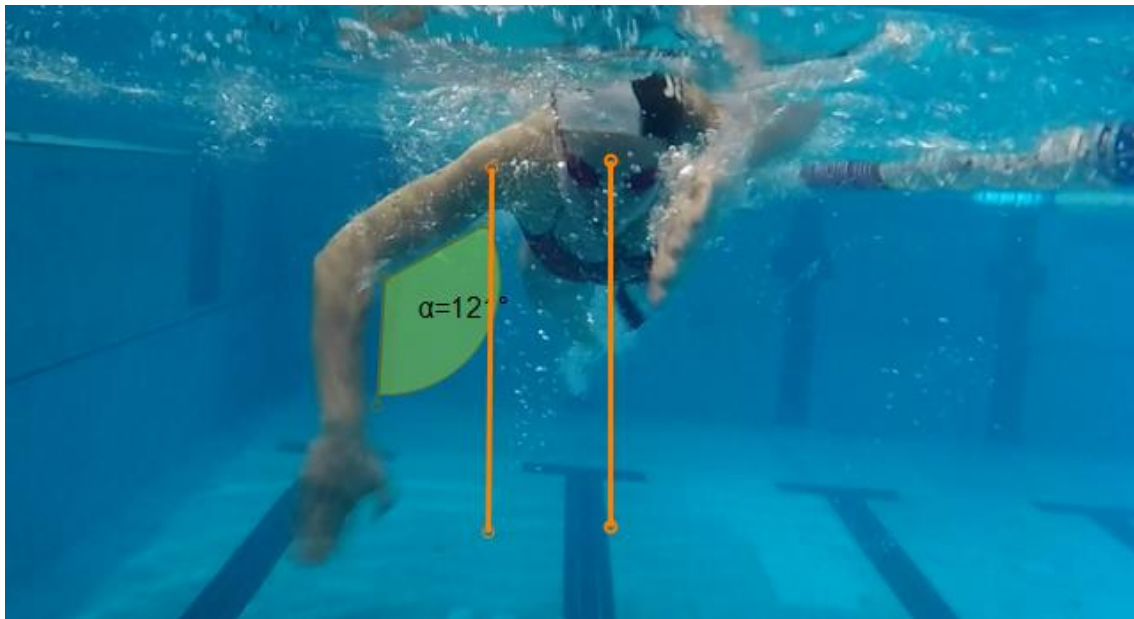
Pla Lateral

Aquesta és la trajectòria de la seva braçada.



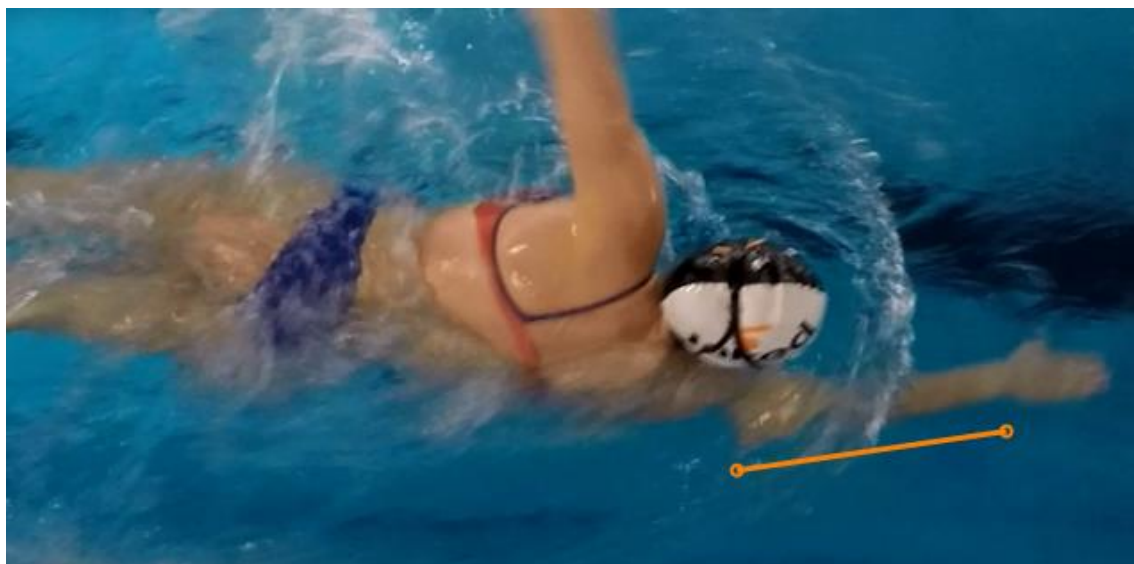
Pla Lateral

L'angle que es forma quan l'Anna fa la braçada és de 122° , entraria dins del rang correcte.



Pla Frontal

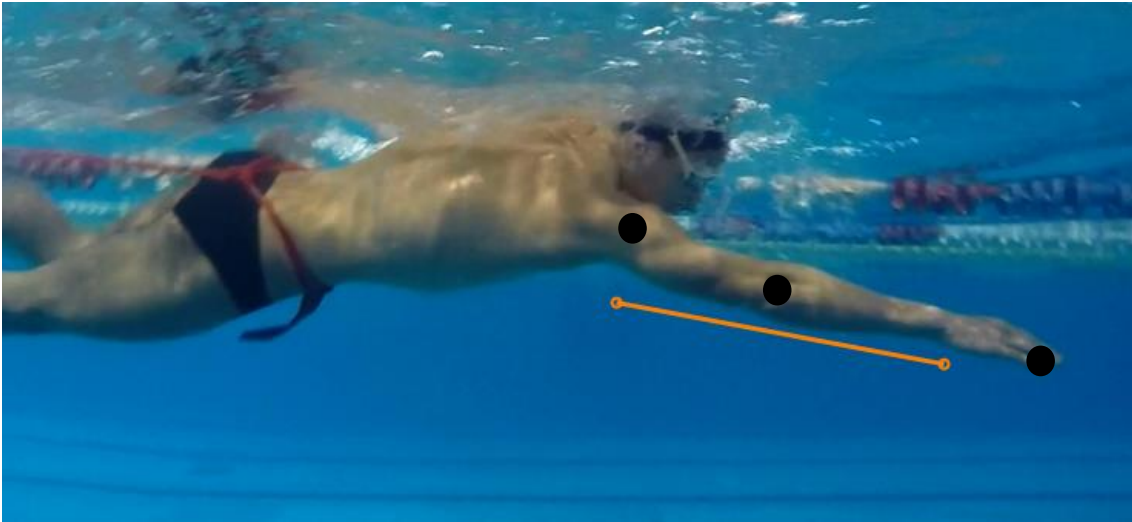
L'angle que es forma quan està en la fase d'empenta és de 121° . Com podem observar la mà queda completament fora del límit, la mà hauria d'estar dins de la franja perquè no hi hagués error.



Pla Zenital

És una bona posició en l'allargament, no hi ha pràcticament cap error.

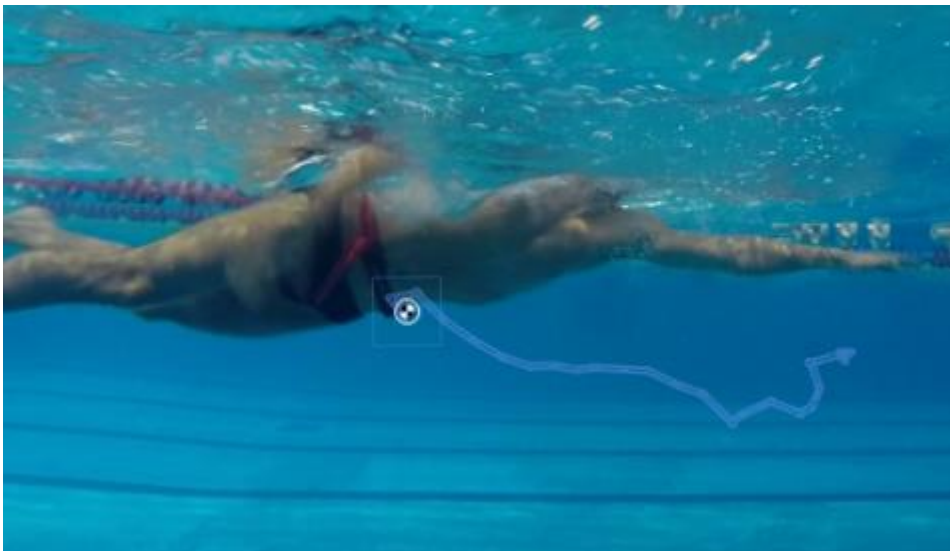
5. El següent nadador que analitzarem serà l'**Adrià Prades**, nadador a nivell nacional de 18 anys:



Pla Lateral

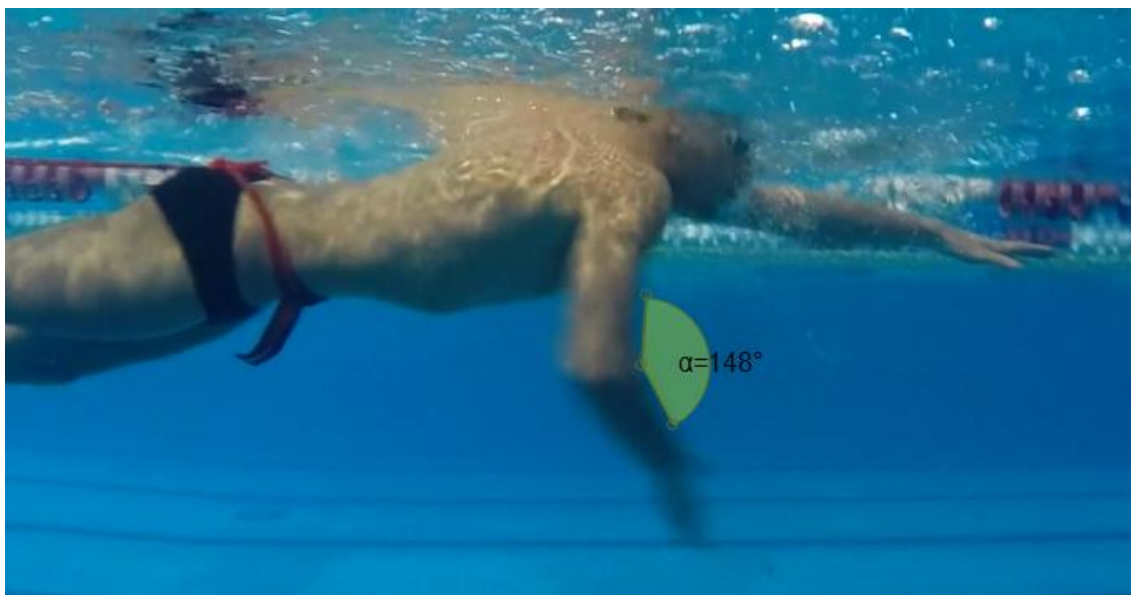
Com podem observar la posició del braç del nadador no és dolenta, sí que podria millorar si la mà estigués a l'altura de l'espatlla, guanyaria més força en l'empenta.

Cal esmentar que el cap del nadador hauria de mirar més cap a terra.



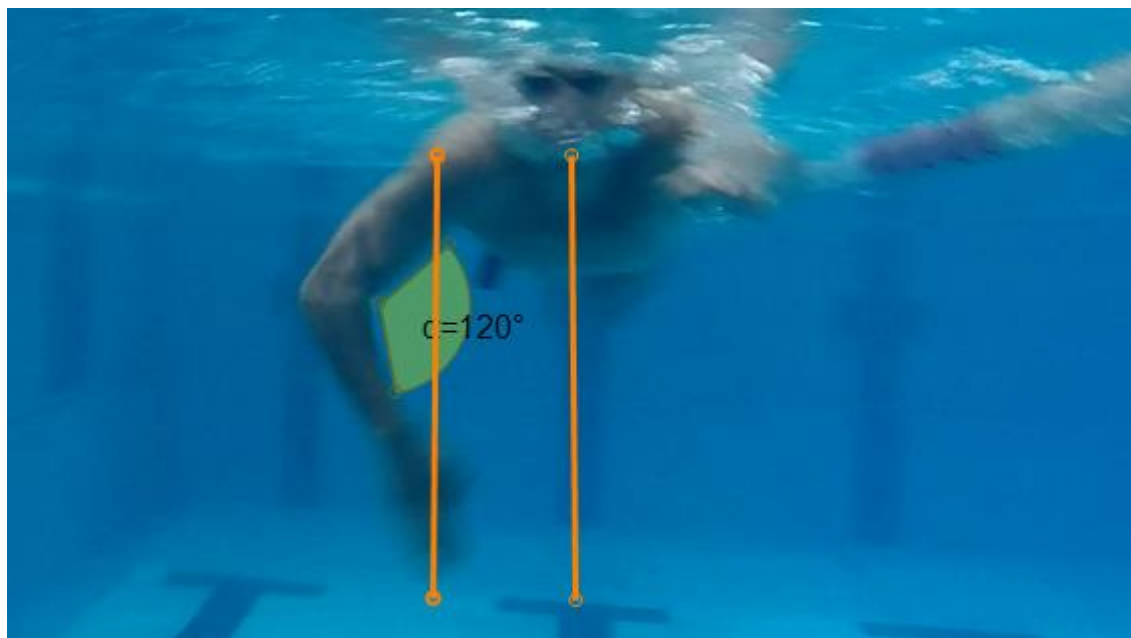
Pla Lateral

Aquesta és la trajectòria de la seva braçada.



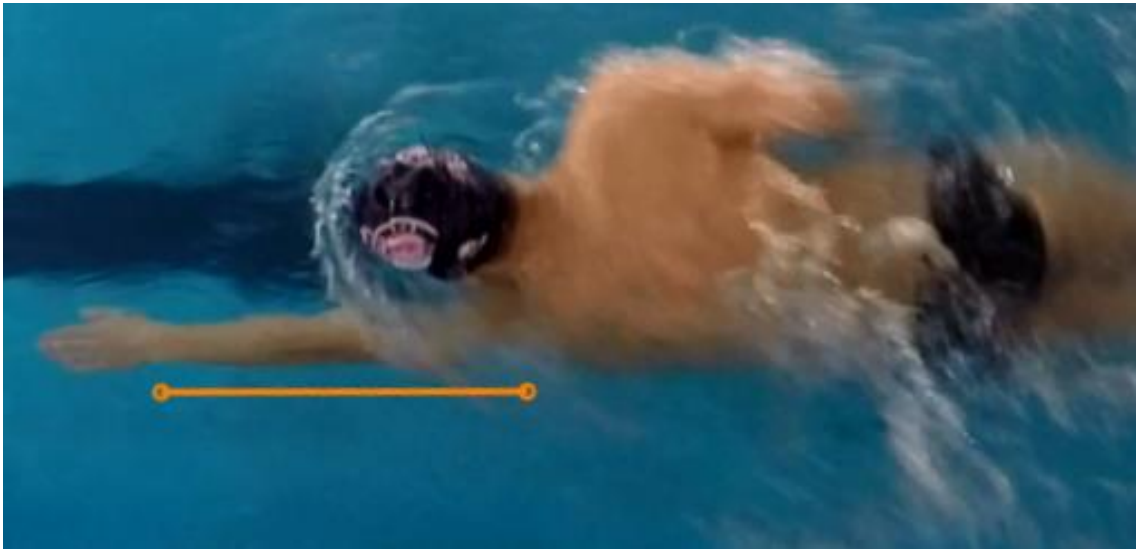
Pla Lateral

L'angle que es forma quan fa la braçada és de 148° , sobrepassa els límits marcats, per millorar aquest punt el nadador hauria de doblegar una mica més el colze.



Pla Frontal

L'angle que es forma quan el nadador està en la fase d'empenta és de 120° . Com podem observar l'angle és completament correcte i la posició de la mà està dins dels límits esmentats.













Pla zenital

Com podem observar l'allargament del braç, com la posició de la mà i dels dits són perfectes.

5.4 ANÀLISI DE LES DADES OBTINGUDES

Després d'haver analitzat i comentat totes les imatges dels 5 nadadors amb els quals estem treballant, passem a construir una taula per identificar més fàcilment els errors i les posicions que fan correctament aquests nadadors.

	Posició del braç a l'entrada	Angle en l'empenta (lateral)	Angle en l'empenta (frontal)	Longitud de la braçada
Kayley				
Pol				
Marc				
Anna				
Adrià				

5.4.1 Percentatge segons la fase

Calculem el percentatge d'encert de tots 5 nadadors segons la fase:

Posició del braç a l'entrada (pla lateral) – 80%

Angle en l'empenta (pla lateral) – 40%

Angle en l'empenta (pla frontal) – 60%

Longitud i posició de la braçada (pla zenital) – 80%

5.4.2 Comparacions de braçades entre nois i noies

Mai és fàcil parlar sobre la diferència entre els nivells de rendiment dels homes i les dones. Podríem, per exemple, donar una ullada a la diferència entre els dos rècords mundials dels 100 metres lliures en una piscina olímpica, que correspon aproximadament a un 10% o, alternativament, fer la mitjana dels màxims rendiments mundials de tots els temps aconseguits pels homes i les dones.

Per tant, per què hi ha diferències tan clares en els rendiments de natació entre homes i dones? La resposta rau en certs paràmetres clau:

Antropometria: la primera diferència entre homes i dones a l'hora de nedar es troba en l'antropometria. Les dones estan en desavantatge comparades amb els homes, degut tant a l'alçada (més baixes de mitjana) i les proporcions entre les diferents parts del cos. Això vol dir que les dones no poden generar la mateixa potència que els homes, el seu rendiment de treball és menor.

D'altra banda, però, a mesura que les dones creixen, desenvolupen un centre de gravetat menor, cosa que els proporciona un sentit de l'equilibri millor i estabilitat; dos factors que són claus per mantenir el cos estable en l'aigua.

Pes i composició del cos: com tots sabem, en general, les dones pesen menys que els homes, tot i que també estan afectades per la diferència en la composició del cos: les dones posseeixen aproximadament un 25% de greix corporal comparat amb el 15% dels homes.

Encara que un percentatge més alt de greix té un efecte negatiu en el rendiment dins de la piscina, els permet surar més fàcilment. Això vol dir que poden estalviar energia i mantenir les seves cames més properes a la superfície de l'aigua, donant com a resultat una braçada més hidrodinàmica.

L'aparell cardiocirculatori: El cor de les dones és més petit que el dels homes (650 cc comparats amb 800 cc) i el seu rendiment cardíac és de mitjana un 25% menor que el dels homes. Això limita la capacitat de transport d'oxigen a la sang en el cas femení, el que significa que estan en desavantatge a l'hora de realitzar disciplines aeròbiques en particular.

Després de mencionar les diferències entre homes i dones a l'hora de nadar, passem a comparar la braçada entre tots dos:

En la taula esmentada anteriorment, es veu clarament com les noies són les úniques que fan bé la variable de l'angle d'empenta (lateral), quin és el motiu del seu èxit?

Degut que, com podem observar en les imatges, les noies mantenen el maluc més amunt en comparació amb els nois, l'energia i la força que utilitzen és menor. Els nois, al contrari, en tenir el maluc més abaix, gasten molta més energia innecessària i han de fer més força perquè es produeixi l'empenta, aquest és el causant que l'angle d'empenta sigui incorrecte.

5.5 EINES EMPRADES EN EL PROCÉS DE FILMACIÓ

Es van utilitzar tres eines en el procés de filmació per obtenir les imatges i vídeos.

- Una goma elàstica per fer exercici, aquesta, mantenia al nadador en la mateixa posició tota l'estona per facilitar el procés de filmació.



- Una càmera GoPro subaquàtica per poder gravar per sota de l'aigua en alta definició.



- Un estabilitzador Dome perquè la imatge es pogués veure el millor possible.



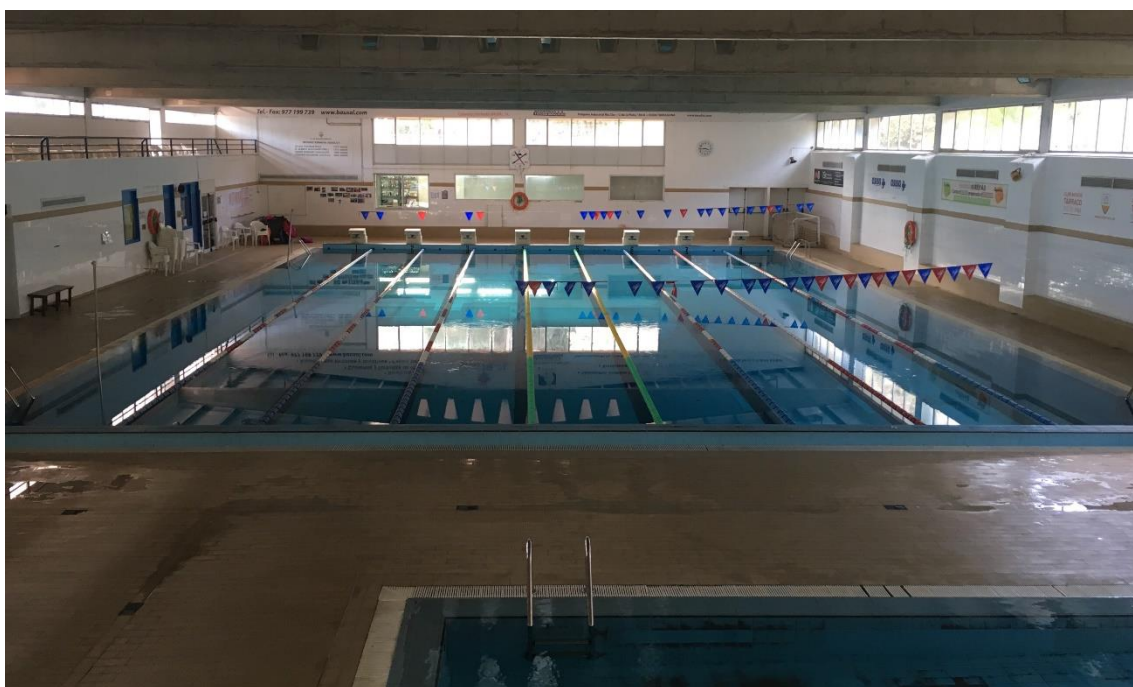
5.6 INSTAL·LACIONS ON S'HAN DUT A TERME LES GRAVACIONS

El Club Natació Tàrraco va donar permís per utilitzar les seves instal·lacions per dur a terme el procés de gravació als diferents nadadors.

Les gravacions es van fer a la piscina de competició d'aquest club.



Entrada del Club Natació Tàrraco



Piscina de competició del Club Natació Tàrraco

6 CONCLUSIONS I AGRAÏMENTS

6.1 CONCLUSIONS DEL TREBALL

Vaig començar aquest treball d'investigació amb una única hipòtesi que deia: "existeix una braçada perfecta i és vàlida per a tothom".

Després d'haver estat estudiant, filmant i investigant a fons sobre aquest tema de la biomecànica de la braçada de crol, m'he adonat que no hi ha una braçada perfecta per a tothom. Depenent de les proves que estiguis preparant, depenent si nades a la piscina o al mar, depenent de la teva velocitat... Hi ha molts factors que fan que la braçada perfecta, que jo buscava en un principi, no fos vàlida per a tothom.

El prototip que vam utilitzar el vam dissenyar perquè nadés en una piscina i a una velocitat d'uns 1500 metres (1.15 segons cada 100 metres). Per tant, en les gravacions, i més tard en la comparació dels nadadors amb el prototip, es veu reflectit l'estil de cada un, hi ha a qui se li donen millor les distàncies llargues i a altres a qui se li dona millor les proves de velocitat, on s'utilitza més la força que la tècnica.

Aquest treball m'ha servit per esbrinar més sobre la tècnica de la natació, més sobre l'estil de crol i principalment més sobre la braçada de crol. D'aquesta investigació en trauré en un futur molt de profit a cada entrenament, perquè a partir d'ara, a partir que sé quins són els meus errors, i sé com corregir-los i treballar-los, puc millorar com a nadador i facilitar els meus objectius en aquest món de la natació de competició.

6.2 CONCLUSIONS PERSONALS

Realitzar un treball de recerca, de tal durada, un any ni més ni menys, ja era tot un repte per a mi. Des d'un principi el vaig afrontar com alguna cosa més que un treball d'institut, el vaig afrontar amb molta il·lusió i ganes, amb una motivació similar a la que tinc abans de tirar-me a la piscina per competir.

Amb el tema d'aquest treball em serviria per perfeccionar la meva tècnica i la dels demés. Aquest treball no vull que sigui un treball el qual s'emmagatzemi com qualsevol altre, aquest treball el vull utilitzar per ensenyar als nens que estan començant a nadar, als qui són joves promeses, als qui tenen un nivell de competició autonòmic, nacional, internacional, fins i tot als màsters, que encara sent d'avançada edat poden seguir aprenent i millorant coses noves.

M'agradaria en un futur fer alguna xarrada ensenyant, visualment, com millorar la tècnica i els conceptes bàsics per assolir la braçada perfecta.

Segurament si ara comences de nou aquest treball, el plantejaria de manera diferent, tenint les coses clares des d'un primer moment i amb una millor organització. Però crec que és el que de veritat consisteix fer un treball de recerca, que en acabar, hakis après ha organitzar-te millor i a cercar informació pel teu compte.

Estic satisfet d'haver escollit aquest tema per investigar, ja que a partir d'ara en els meus entrenaments aplicaré la teoria que he après i podré ajudar als demés i corregir-los.

6.3 PROPOSTES DE MILLORA I D'AMPLIACIÓ

No sóc pas un expert ni de la biomecànica ni de la filmació/editió de vídeos, ja que aquest tema que he escollit és nou per mi, encara que si haguéssim tingut altres oportunitats el treball hauria millorat.

Aquestes són les meves propostes per una millora del treball:

- La piscina hauria d'haver tingut més il·luminació perquè les imatges es visualitzessin més clares.
- Si la piscina hagués tingut un vidre subaquàtic al lateral o un rail al costat de l'aigua les imatges haguessin estat més estabilitzades i alhora millors.
- Si hi hagués hagut menys onades les imatges serien millors.

Aquestes són les meves propostes per una ampliació del treball en un futur:

- Es podrien fer gravacions a nadadors que estan començant, i després d'analitzar-les, ensenyar-los els vídeos editats i comentar els errors tots junts.
- Fer un entrenament i tindre com a objectiu principal la millora de la tècnica de la braçada de crol com la d'altres estils (papallona, esquena i braça).
- Ampliar el treball i analitzar a fons: la batuda de peus, la coordinació de la braçada amb la respiració i les braçades dels altres estils.

Crec que per haver començat en aquest camp d'investigació recentment, l'anàlisi efectuat ha esdevingut un bon inici així com un bon i efectiu aprenentatge.

6.4 AGRAÏMENTS

No podria, ni voldria concloure aquest treball sense agrair l'ajuda de totes les persones que han fet possible la realització del meu treball de recerca.

Començant agraint l'ajuda del Club Natació Tàrraco qui ha permès i m'ha donat facilitats perquè el treball pràctic fos possible, sobretot a la meua entrenadora, Sílvia Díez, que m'ha ofert sempre tota l'ajuda possible, sense ella aquest treball no hagués estat possible.

A tots els meus companys del club que han fet possible que les gravacions fossin viables.

Al professor de cultura audiovisual a la URV i entrenador de l'equip màster del Club Natació Tàrraco, Toni Pérez-Portabella, qui s'ha ofert a ajudar-me en tot moment i qui em va recomanar ús de l'aplicació Swim Smooth.

Als meus companys de classe, que entre tots ens hem ajudat que el treball fos una mica més fàcil.

A la meua família i amics que m'han ajudat en tot moment que ho he necessitat.

I a l'ajuda més important, el meu tutor, Jaume Garrabé, que ha estat amb mi en tot moment, guiant-me en cada pas que donava.

A tots, una vegada més, moltes gràcies!

7 REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

7.1 Bibliografia

Reischle, Klaus (1993). Biomecánica de la Natación. S.L. EDITORIAL GYMNOS

McLeod, Ian (2010). Anatomía del Nadador. Editorial Tutor.

Newsome, Paul / Young, Adam (2012). Swim Smooth. Fernhurst Books Limited.

Starykowicz, Andrew (2012). For swimmers 365 main sets. Paperback.

7.2 Webgrafia

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/arquimedes/arquimedes.htm> 20/06/2017

http://www.notinat.com.es/docs/analisi_biomecanico_en_natacion.pdf
20/06/2017

<https://www.technogym.com/es/wellness/biomechanics-understanding-the-terms-that-make-our-bodies-move-5/> 01/07/2017

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6636/Article10.pdf?sequence=1> 03/07/2017

https://ca.wikipedia.org/wiki/Principi_de_Bernoulli 18/07/2017

http://www.iesjuangris.com/index.php?option=com_attachments&task=download&id=7 06/09/2017

http://www.todonatacion.com/Gran_tecnica/biomecanica.php 06/09/2017

<http://estudiobiomecanico.es/analisis-biomecanico-natacion/> 06/09/2017

<https://natacioeduasoler.wordpress.com/2016/05/01/6-exercicis-de-tecnica-de-crol/> 28/09/2017

https://www.youtube.com/watch?v=2nuUXbU_9jU 04/10/2017

<http://www.i-natacion.com/articulos/tecnica/crol/brazos.html> 04/10/2017

<http://www.cnnassica.com/wp-content/uploads/2011/06/TECNICA-CROL.pdf> 16/07/2017

<http://www.swimsmooth.com/> 09/12/2017

<https://www.youtube.com/watch?v=L8SEJpvZSOY> 09/12/2017

<https://es.wikipedia.org/wiki/Nataci%C3%B3n> 27/12/2017

<http://www.speedo.es/noticias-consejos-tecnicas/15-razones-para-amar-la-natacion> 29/12/2017

<http://www.i-natacion.com/> 02/01/2018

<http://www.i-natacion.com/articulos/tecnica/crol/errores.html> 02/01/2018

<https://guiafitness.com/deportes/natacion> 04/01/2018

<http://www.rfen.es/publicacion/principal.asp> 05/01/2018

<http://www.elmundo.es/vida-sana/cuerpo/2017/03/01/58af123ce2704e2b118b45ef.html> 07/01/2018

