



## Grado en Fisioterapia

### Trabajo Fin de Grado

Título:

***Influencia de programa de control motor  
en piscina para mejorar la estabilidad de  
rodilla en futbolistas con rotura de LCA  
operados***

Alumno: Alejandro Aceituno Rodríguez

Tutor: Irene París Zamora

Madrid, mayo de 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a mis padres y mi hermana, por la oportunidad que me brindaron, gracias a su esfuerzo y tesón para que yo pudiera estudiar en esta universidad, permitiéndome estudiar y prepararme para trabajar en aquello que he querido siempre, la fisioterapia. Y gracias por la educación que me habéis aportado, ya que gracias a ella estoy hoy aquí.

A esta universidad, que además de proporcionarme una gran formación académica, me ha aportado unos valores, que sin ellos no sería el profesional en el que estoy a punto de convertirme, tanto a nivel profesional como personal.

A todos mis profesores y tutores, tanto de clases teóricas, como prácticas y de prácticas clínicas, ya que todos me han aportado conocimientos y valores, tanto de las cosas buenas como de las malas. En especial quería hacer un inciso en dos tutores de prácticas, Ángel Hernández y Carlos del Barrio, los cuales me han dado total confianza en lo que hacía, y de los cuales me llevo un gran recuerdo tanto como profesionales, como personas. Por supuesto a Néstor Pérez, Ricardo Blanco, Carlos López, Adela García y María Jesús, los cuales han estado presentes durante toda mi formación y a los cuales se debe la mayor parte de mis conocimientos.

A mi tutora Irene París, la cual es la principal artífice de que este trabajo haya llegado a buen puerto, por sus consejos, por su gran paciencia, dedicación y motivación, por compartir sus conocimientos conmigo y su continuo apoyo.

A todos mis compañeros y en especial a mis amigos Carlos de Miguel, Luis Botija, Javier Gutiérrez e Ignacio Argüello porque sin su apoyo y ayuda no habría llegado hasta aquí, ya que desde el primer día hemos estado juntos, y aunque a veces haya habido rocecillos, siempre he podido contar con ellos, tanto a nivel académico como personal.

A todos ellos Gracias.

# ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>AGRADECIMIENTOS.....</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>TABLA DE ABREVIATURAS.....</b>                      | <b>5</b>  |
| <b>1.RESUMEN.....</b>                                  | <b>6</b>  |
| <b>2. ANTECEDENTES Y ESTUDIO ACTUAL DEL TEMA.....</b>  | <b>8</b>  |
| • 2.1 Anatomía y biomecánica de la rodilla.....        | 8         |
| • 2.2 Epidemiología.....                               | 9         |
| • 2.3 Cirugía reconstructiva.....                      | 12        |
| • 2.4 Tratamiento habitual.....                        | 13        |
| • 2.5 Propiocepción y control motor.....               | 15        |
| • 2.6 Propiedades físicas y fisiológicas del agua..... | 16        |
| • 2.7 Trabajo en piscina en el deporte.....            | 18        |
| • 2.8 Estabilometría.....                              | 20        |
| <b>3. EVALUACIÓN DE LA EVIDENCIA.....</b>              | <b>23</b> |
| • 3.1 ESTRATEGIA DE BUSQUEDA.....                      | 23        |
| • 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO.....                           | 27        |
| <b>4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....</b>                   | <b>28</b> |
| <b>5. HIPÓTESIS.....</b>                               | <b>29</b> |
| <b>6. METODOLOGÍA:.....</b>                            | <b>30</b> |
| • 6.1 Diseño.....                                      | 30        |
| • 6.2 Sujetos.....                                     | 31        |
| 6.2.1 Descripción de la población.....                 | 31        |
| 6.2.2 Criterios de inclusión y exclusión.....          | 31        |
| 6.2.3 Cálculo Muestral.....                            | 32        |
| • 6.3 Variables.....                                   | 33        |
| • 6.4 Hipótesis operativa.....                         | 35        |
| • 6.5 Recogida y análisis de datos.....                | 36        |
| 6.5.1 Recogida de datos.....                           | 36        |
| 6.5.2 Análisis de datos.....                           | 36        |
| • 6.6 limitaciones del estudio.....                    | 38        |
| • 6.7 equipo investigador.....                         | 38        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7. PLAN DE TRABAJO:</b> .....                                   | <b>39</b> |
| • 7.1 Diseño de intervención.....                                  | 39        |
| • 7.2 Etapas de desarrollo .....                                   | 43        |
| • 7.3 Distribución de tareas de todo el equipo investigador .....  | 45        |
| • 7.4 Lugar de realización del proyecto.....                       | 46        |
| <b>8. LISTADO DE REFERENCIAS.</b> .....                            | <b>47</b> |
| <b>ANEXOS</b> .....  | <b>50</b> |
| • ANEXO I: Consentimiento informado. ....                          | 50        |
| • ANEXO II: Hoja de información al paciente.....                   | 52        |
| • ANEXO III: Estrella SEBT. ....                                   | 54        |
| • ANEXO IV: Protocolo de mediciones. ....                          | 55        |
| • ANEXO V: Hoja recogida de datos.....                             | 56        |
| • ANEXO VI: Ubicación del centro donde se realiza el estudio ..... | 57        |
| • ANEXO VII: Calculadora de cálculo muestral GRAMNO. ....          | 58        |

## TABLA DE ABREVIATURAS

| <b>TABLA DE ABREVIATURAS</b> |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| <b>CCA</b>                   | Cadena cinética abierta     |
| <b>CCC</b>                   | Cadena cinética cerrada     |
| <b>DR</b>                    | Densidad relativa           |
| <b>EH</b>                    | Empuje hidrostático         |
| <b>LCA</b>                   | Ligamento cruzado anterior  |
| <b>LCP</b>                   | Ligamento cruzado posterior |
| <b>LLE</b>                   | Ligamento lateral externo   |
| <b>LLI</b>                   | Ligamento lateral interno   |
| <b>ME</b>                    | Menisco externo             |
| <b>MI</b>                    | Menisco interno             |
| <b>PH</b>                    | Presión hidrostática        |
| <b>RE</b>                    | Rotación externa            |
| <b>RI</b>                    | Rotación interna            |
| <b>ROM</b>                   | Range of movement           |
| <b>SB</b>                    | Superficie Baricéntrica     |
| <b>TTO</b>                   | Tratamiento                 |
| <b>VD</b>                    | Variable dependiente        |
| <b>VI</b>                    | Variable independiente      |
| <b>Xmedia</b>                | Centro de gravedad en eje X |
| <b>Ymedia</b>                | Centro de gravedad en eje Y |

# 1. RESUMEN

**Título del proyecto:** Influencia de programa de control motor en piscina para mejorar la estabilidad de rodilla en futbolistas con rotura de LCA operados.

La rotura del LCA es una de las lesiones más importantes en el mundo del fútbol, a causa de las graves consecuencias que supone al futbolista esta lesión. Sus mecanismos lesionales más usuales son: cuando se realiza un movimiento de rotación excesivo de la tibia respecto al fémur (sobre todo cuando el deportista se encuentra en apoyo monopodal), realizando un valgo excesivo de rodilla, y cuando se realiza una hiperextensión de rodilla que puede estar acompañada, o no, de una rotación interna de tibia.

El objetivo de este estudio es conocer la influencia de un programa de control motor en piscina junto con el tratamiento habitual de fisioterapia para las roturas del LCA en futbolistas.

Se trata de un estudio analítico, experimental, longitudinal, prospectivo, enmascarado a simple ciego modificado. La muestra del estudio son 1318 sujetos masculinos, entre 18 y 25 años. Los sujetos son jugadores de fútbol de la primera plantilla del Real Madrid, jugadores del Real Madrid Castilla y de la cantera, que hayan sufrido una rotura de LCA. Se dividirá de forma aleatoria a los sujetos en 2 grupos: un grupo control, que es tratado con el tratamiento habitual de fisioterapia y un grupo experimental con dicho tratamiento combinando un programa de control motor en piscina junto con el tratamiento habitual de fisioterapia.

Se realizarán dos mediciones, pre y post tratamiento y se determinará la variación en las variables de Xmedia, Ymedia y SB. Estas se medirán mediante el uso de una plataforma de presiones. Las variables resultado se usarán para comparar los resultados de ambos grupos.

**Palabras clave:** *Aquatic Theray, Anterior Cruciate Ligament, Stabilometry Plataform.*

## ABSTRACT

**Project title:** Influence of a motor control program in swimming pool, to improve knee stability, in players who has been operated of ACL rupture

ACL rupture is one of the most important injuries in the football industry, because of the serious consequences that it has on the player. The most common lesions are produced: when it is done an excessive rotation movement of the tibia respect to the femur (especially when the athlete is supporting in only one foot) which cause an excessive knee valgus; and also, when it takes place a hyperextension of the knee that can be accompanied, or not, couple by an internal tibial rotation.

The aim of this study is to know the influence of a motor control program in swimming pool combined with the usual physiotherapy treatment for ACL ruptures in football players.

This is an analytical, experimental, longitudinal, prospective, simple modified blind-masked study. The sample of this study is 1318 male subjects, between 18 and 25 years. These subjects are football players that play in the first team of Real Madrid, the Real Madrid Castilla and players from the quarry, who have suffered ACL rupture. Subjects will be randomly divided into 2 groups: a control group, which is treated with the usual physiotherapy treatment and an experimental group, with the same treatment combining a motor control program in swimming pool.

It will be made two measurements, pre and post treatment, and in addition the shift in the variables of Xmean, Ymean and SB will be determined. These variables will be measured by a pressure platform and used to compare the results of both groups.

**Key words:** *Aquatic Theray, Anterior Cruciate Ligament, Stabilometry Plataform.*

## 2. ANTECEDENTES Y ESTUDIO ACTUAL DEL TEMA.

### 2.1 ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA RODILLA.

Hoy en día no se puede hablar de la rodilla como una única articulación, sino que hay que definirla como un complejo articular formado por dos articulaciones, femoropatelar y femorotibial. La articulación femorotibial está formada por los cóndilos femorales y las mesetas tibiales, y se trata de una articulación de tipo sinovial. La articulación femoropatelar está formada por la rótula y los cóndilos femorales, y se trata de una articulación de tipo sinovial (1).

En este estudio nos vamos a centrar en la articulación femorotibial, ya que es donde se encuentra la estructura que nos incumbe que es el Ligamento Cruzado Anterior (LCA). En la articulación femorotibial, gracias a la ley cóncavo-convexa y a la acción y forma de los meniscos, se van a realizar los movimientos de Flexo-extensión, y de rotación interna y derecha (RI y RE), movimientos en los que estará muy implicado el LCA. La articulación femoropatelar está compuesta de numerosas estructuras que la protegen y dan estabilidad. Hablamos de estructuras de estabilización pasiva de la articulación (ligamentos, cápsula, plicas y meniscos) y estructuras activas (músculos). A nivel de estructuras pasivas, las más importantes que actúan en la estabilización de rodilla serían los Ligamentos laterales, tanto interno como externo (LLI y LLE), los Ligamentos cruzados, tanto anterior y posterior (LCA Y LCP) y los meniscos, tanto interno como externo, con sus numerosos ligamentos (MI y ME).(2)

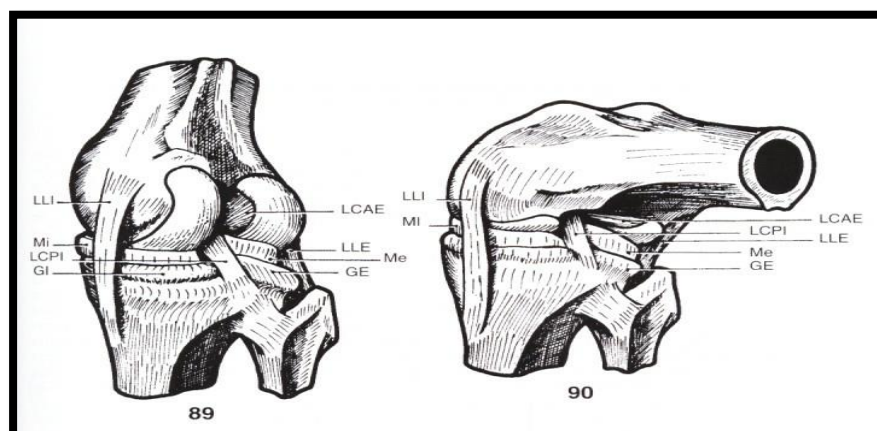


Figura 1. Imagen Ligamentos de la rodilla (2).



A nivel de estructuras activas, las más importantes en la estabilidad de rodilla, son los gemelos (interno, sobre todo), la pata de ganso (recto interno, semitendinoso y sartorio), isquiotibiales (semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral) y el cuádriceps. (3)

Nos centramos principalmente en la función que tiene el LCA que se inserta, distalmente, en la cara superior de la extremidad proximal de la tibia, para terminar, proximalmente en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo, y su función es principalmente, la de limitar la anteriorización de la tibia, pero actúa también en la limitación del varo y valgo de la rodilla, y en las rotaciones.(4)

## **2.2 EPIDEMIOLOGÍA.**

La lesión de ruptura del ligamento cruzado anterior LCA es una de las lesiones con mayor índice de lesión en fútbol, y es de las lesiones que más puede llegar a perjudicar al futbolista en su carrera deportiva, pudiendo llegar a provocar un descenso en su nivel competitivo (solo el 63% vuelve a su mismo nivel de competición antes de cuando ocurrió la lesión)(5), incluso pudiendo terminar su carrera profesional, si no se trata de forma correcta(6).

A nivel de porcentaje de lesiones de rodilla, el LCA representa el 50% en personas sedentarias y el 75% en personas que realizan actividad deportiva y siendo más frecuente en deportistas femeninas que en deportistas masculinos. Un estudio realizado en Suecia, realizó una investigación donde comparaba el índice de lesiones entre futbolistas masculinos y féminas, y llegó a la conclusión que el índice de lesión era más del doble, y no solo eso sino que también determinó, que cuanto más jóvenes son las féminas, mayor es el índice de lesión (7)(8) .

La rotura del LCA, puede llevar también a daños a otras estructuras, y producir problemas a nivel de menisco (roturas), defectos de cartílago y osteoartritis.

Sus mecanismos lesionales más frecuentes son: se dan cuando se realiza un movimiento de rotación excesivo de la tibia respecto al fémur, sobre todo cuando el deportista se encuentra en apoyo monopodal, realizando un valgo excesivo de rodilla, y cuando se realiza una hiperextensión de rodilla que puede estar acompañada o no, de una rotación interna de tibia. En los últimos estudios se habla de un tercer mecanismo lesional que se produce al realizar una flexión forzada(9) (10) . Estos factores conocidos en la bibliografía como fuerzas internas, pueden estar complementados con fuerzas externas, como es el césped o el tipo de tacos que se usa en las botas.(11)

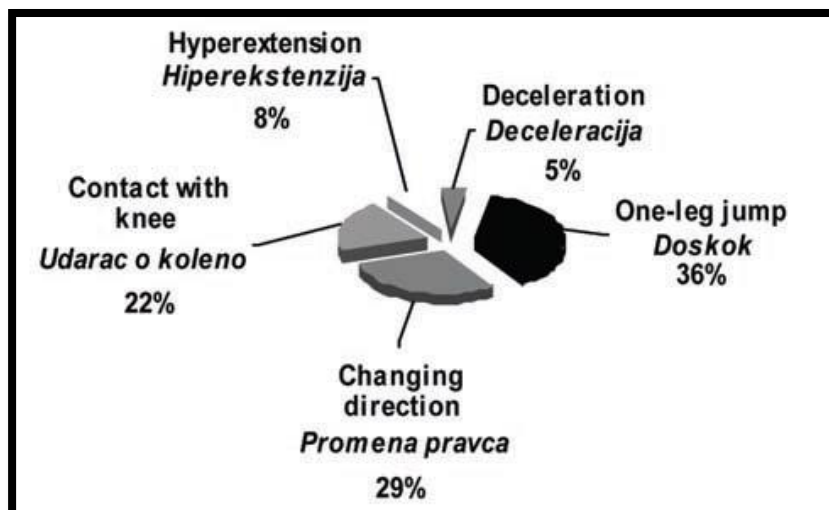


**Figura 2.** Mecanismo lesional LCA

El alto porcentaje de lesiones que se produce de LCA en el deporte, la cual provoca en el deportista un periodo de baja competitiva de unos 9 meses después de la reconstrucción (12) (13). Todavía más significativo en el fútbol (en EE.UU cada año ocurren unas 100.00 lesiones del LCA, donde el 78% de ellas se sufren en deportistas que practican deportes como el fútbol, esquí, béisbol y baloncesto (10)). Es un tema que provoca la necesidad de investigar no solo como tratar esta lesión, si no como prevenir su causa y su posible recidiva.

La lesión puede venir provocada de diferentes formas:

- Desde el punto de vista biomecánico: después de caer sobre una pierna en un salto (36%), un cambio de dirección (29%), un contacto directo (22%), una frenada (5%) y los mecanismos biomecánicos nombrados anteriormente (un movimiento de rotación excesivo de la tibia respecto al fémur, sobre todo cuando el deportista se encuentra en apoyo monopodal, un valgo excesivo de rodilla, y cuando se realiza una hiperextensión de rodilla que puede estar acompañada o no, de una rotación interna de tibia) (8%) (14).
- Desde el punto de vista ambiental: donde el terreno de juego, el calzado son los factores con más incidencia y condiciones meteorológicas.
- Desde el punto de vista anatómico: aunque no es el más frecuente, un estudio en Estados Unidos realizado en futbolistas universitarios, llegó a la conclusión de que un posible aumento de la pendiente de la meseta tibial, aumentaba el incremento de sufrir una lesión de LCA.(15). También influyen factores como tamaño del LCA, laxitud, fuerza muscular y alineación de los miembros inferiores.
- Desde el punto de vista hormonal: se ha demostrado que el aumento de estrógenos durante la fase preovulatoria del periodo, aumenta el índice de lesión (10).



**Figura 3.** Gráfica de porcentaje mecanismos lesionales de LCA (14)

Un artículo muy característico que encontré durante la búsqueda fué un estudio de la influencia de la ruptura del LCA en fútbol, donde se explica que el mayor número de lesiones de este ligamento se produce siempre en los treinta primeros minutos de partido, cuando se produce una maniobra de torsión de la tibia, ya sea durante la carrera o en un salto. (11)

Una vez producida la lesión saber identificarla pronto es fundamental, ya que permitirá al futbolista, poder empezar a trabajar lo antes posible. Se realizará un examen físico para intuir la lesión, pero deberá ser confirmada por pruebas de imagen.

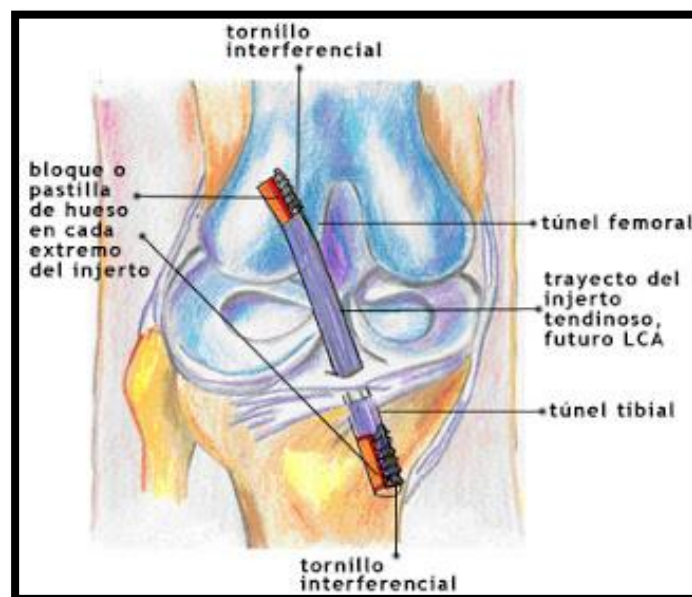
- Examen físico: la prueba más utilizada es el cajón anterior en la cual colocamos al paciente en una flexión de 90° de rodilla y realizamos un desplazamiento de la tibia hacia anterior para valorar la laxitud, si se visualiza una gran diferencia de desplazamiento entre la rodilla afecta y la sana, se puede intuir una rotura del LCA. Otras pruebas significativas para valorar esta lesión serían las siguientes: test de Lachman (mejor valor predictivo negativo), Pivot Shift (mejor valor predictivo positivo)(16), test de Slocum y test de Losse. Durante el examen físico se deberá valorar también el valgo y el varo para descartar problemas en los ligamentos laterales y pruebas meniscales como Appley y McMurray para descartar roturas o pinzamientos de menisco.
- Pruebas de imagen: se realizan radiografía y resonancias magnéticas para confirmar el diagnóstico que se intuyó después del examen físico.

## 2.3 CIRUGÍA RECONSTRUCTIVA.

Después de la rotura del LCA anterior, el futbolista tiene dos opciones, o realizar un programa de musculación muy extenso y fuerte, que le permita tener una musculatura preparada para poder soportar y remplazar la función del ligamento (método que utilizaron grandes estrellas como Raúl González y Xavier Hernández), o la de ser operados.

El método más habitual de operación, y el más elegido por los pacientes jóvenes a día de hoy, es la artroscopia y la sustitución del ligamento por una plastia, ya que es el tratamiento quirúrgico que más éxito suele tener a la hora de querer evitar una recidiva. Normalmente la plastia se forma a partir del tendón del semitendinoso, del grácil o del tendón rotuliano y se estima un tiempo de aceptación total del tejido de 12 semanas(10) (17). En estudios se ha demostrado que a la hora de elegir una de las dos técnicas es preferible a largo plazo el uso de una plastia derivada del semitendinoso o grácil, en lugar de una plastia derivada del tendón rotuliano, ya que a corto plazo no se encuentra diferencias significativas, pero a largo plazo (7 años), se estima una reducción de estabilidad y aparición de dolor en los casos que se ha utilizado una plastia procedente del tendón rotuliano.

A nivel de consecuencias de esta operación la que más aparece en la bibliografía es la aparición de osteoartritis a largo plazo, lo que para un deportista no es una buena noticia.



**Figura 4.** Plastia tendinosa LCA.

## 2.4 TRATAMIENTO HABITUAL.

A día de hoy es complicado encontrar en la bibliografía un protocolo de referencia de rehabilitación del LCA que te dé un grado de recuperación del 100% y que te pueda casi asegurar que no haya un problema de recidiva, o que el futbolista pueda mantener el nivel competitivo que tenía antes de la lesión.

Se ha realizado una revisión bibliográfica, donde se intenta unificar y buscar un protocolo, el cual todos los fisioterapeutas y médicos deberían seguir para realizar una adecuada rehabilitación de LCA, después de la operación, permitiendo así que el futbolista pueda regresar lo antes posible al terreno de juego sin riesgo de recidiva e intentando que físicamente pueda recuperar el nivel de competición que tenía antes de sufrir la lesión, ya que estos factores son los que acabarían marcando la carrera del jugador (13) (18) .

Esta revisión nos habla de un proceso que durará unas 22 semanas aproximadamente, y la divide la rehabilitación en 4 fases:

- Fase 1 (semana 1): se realizará trabajo para el aumento de rango articular de movimiento (ROM) tanto activos como pasivos, uso de crioterapia para reducir los procesos inflamatorios y la aparición de dolor postquirúrgico, y recuperación del control neuromuscular mediante trabajo suave, sin peso adicional en cadena cinética abierta (CCA) trabajando en rangos seguros entre 0-60 grados de ROM y cadena cinética cerrada (CCC) en rangos seguros 90-40 grados de ROM.
- Fase 2 (semana 2 a semana 9): se realizará trabajo de aumento de ROM (conseguir ROM de flexión completa), continuar con la crioterapia, para evitar cualquier proceso inflamatorio. Durante esta fase empezaremos a trabajar la fuerza mediante ejercicios isotónicos, isocinéticos e isométricos, sin poner en peligro el injerto ( la fuerza del injerto no es óptima), y continuar con ejercicios de recuperación de control neuromuscular suave, aumentando la carga de trabajo (pliometría, ejercicios de equilibrio y ejercicios de deporte específicos). Trabajar reducción de la marcha y empezar a realizar trabajo aeróbico.
- Fase 3 (semana 9 a semana 16): seguir trabajando ROM, para no perder lo ganado en fases anteriores, realizar trabajo de potenciación muscular en CCA y CCC trabajando resistencia y fuerza, continuar con el trabajo de control neuromuscular, aumentando la carga y realizando ejercicios más dinámicos, trabajando la agilidad y el equilibrio.

- Fase 4 (semana 16 a semana 22): maximizar la fuerza y la resistencia, aumentar la carga en los ejercicios de propiocepción (ejercicios de deporte específico) e introducción al entrenamiento deportivo.

También encontramos un artículo donde se realizó una propuesta de readaptación (jugadores de 2º división española de 21 a 26 años), donde dividía también el proceso de rehabilitación en 4 fases, donde solo en la primera fase encontramos diferencias respecto al estudio anterior, ya que en este protocolo se ve más la primera fase como una etapa de planificación y de evaluación de las funciones (fuerza y ROM) (19) .

**Tabla 1.** Programa de readaptación rotura LCA (19)

| RECUPERACIÓN DE LA ROTURA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR |  |  |   |                             |   |                 |
|---|--|--|---|-----------------------------|---|-----------------|
| MOMENTO DE LA LESIÓN<br>LIGAMENTOPLASTIA                | FASE I   | FASE II  |   | FASE III                    |   | FASE IV         |
|   | TRATAMIENTO MEDICO                                 | REHABILITACIÓN + READAPTACIÓN                      |   | READAPTACIÓN                |   | VUELTA AL GRUPO |
|   | NIVEL 1  | NIVEL 2  | NIVEL 3                                   | NIVEL 4                     | NIVEL 5   | NIVEL 6         |
|   | FISIOTERAPIA                                       |  |   |                             |   |                 |
|   | FUERZA<br>Isométricos                              | FUERZA<br>Isométricos + Concéntricos + Excéntricos |   |                             |   |                 |
|   | PROPIOCEPCIÓN                                      |  |   |                             |   |                 |
|   | FLEXIBILIDAD<br>Extensores + Flexores              |  |   |                             |   |                 |
|   | MEDIO ACUÁTICO<br>Mov. articular + Desplazamientos |  |   |                             |   |                 |
|   |  |  | CARRERA<br>Técnica de carrera             | CARRERA<br>Cambios de ritmo | MOVIMIENTOS<br>TÁCTICOS Y<br>TÉCNICA<br>COLECTIVA |                 |
|   |  |  | GESTO DEPORTIVO<br>Habilidad + Conducción | GESTO DEPORTIVO<br>Golpeos  |   |                 |
|   |  |  | SQUAT                                     |                             |   |                 |
|   | EQUILIBRIO PÉLVICO                                 |  |   |                             |   |                 |
|   | VUELTA A LA COMPETICIÓN                            |  |   |                             |   |                 |

En los últimos estudios se ha demostrado que es tan beneficioso un tratamiento post-operatorio como pre-operatorio, y no solo desde el punto de vista a una mejor recuperación sino también a una reducción de plazos, que ayudaran al deportista a estar en menos tiempo realizando su actividad deportiva, en este caso el fútbol (18).

## 2.5 PROPIOCEPCIÓN Y CONTROL MOTOR.

Mientras en muchos estudios se maneja siempre la evaluación de la fuerza y el ROM como principales variables para la recuperación total de la rotura del LCA, en este estudio intentaremos llegar a la conclusión de que en la propiocepción está la clave de una recuperación eficaz, el 88% de lesiones en rodillas en fútbol son evitadas cuando se tiene un buen control motor de la propiocepción (19) .

Se ha descubierto en los últimos estudios que la lesión del LCA con su correspondiente operación, produce un descenso de la capacidad propioceptiva de la rodilla, por pérdidas de aferencias del ligamento y de los mecanismos mecanorreceptores, lo que produce una pérdida de control motor (20) (21) (22). Por esta razón aumenta la importancia del trabajo de propiocepción y control motor durante la rehabilitación.

La propiocepción esta descrita por la capacidad que tiene el cuerpo mediante receptores sensoriales de saber dónde y cómo se mueve una parte de nuestro cuerpo, lo que es fundamental para el buen funcionamiento de una articulación a la hora de trabajar, y por consecuencia permitirá prevenir mecanismos lesionales (23) .

Se ha demostrado en estudios que el uso de un programa de propiocepción de rodilla en el que no solo se trabaja la estabilidad, si no que se trabaja las reacciones que debe tener un individuo, cuando durante la competición deportiva se produce uno de los mecanismos lesionales, da como consecuencia un descenso significativo del índice de lesiones de LCA (11) (21).

Los autores Tiago Lazzaretti Fernandes, Ellen Cristina Rodrigues Felix, Felipe Bessa, Natalía MS Luna, Dai Sugimoto, Julía Maria D'Andrea Greve y Arnaldo José Hernández en el artículo "*Evaluation of static and dynamic balance in athletes with anterior cruciate ligament injury*" se demostró que después de la rotura del LCA, los atletas sufrían mecanismos de compensación en su control postural, llevando su centro de gravedad más hacia medial durante un apoyo monopodal con los ojos cerrados (momento donde más se necesita de los mecanismos propioceptores, respecto con atletas que no habían sufrido esta lesión (24).

En la revisión bibliográfica realizada por los autores Jessica L Owen, BSc, Sean Campbell, MSc, Sara J Falkner, BKin, Christine Bialkowski, BSc, y Alex T Ward “*Is there evidence that proprioception or balance training can prevent anterior cruciate ligament (ACL) injuries in athletes without previous ACL injury?*” se pudo evidenciar que el uso de un entrenamiento propioceptivo y neuromuscular producía resultados significativos en la prevención de lesiones del LCA. Mediante trabajos de pliometría, y mediciones biomecánicas para recopilar datos, se llegó a la conclusión, al igual que en el artículo que hablamos antes, que trabajar la estabilidad postural y las reacciones posturales adecuadas cuando se produce un mecanismo lesional, le dan al futbolista mayores recursos para evitar caer en una lesión que podría acabar con su carrera deportiva (25) .

## **2.6 PROPIEDADES FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS DEL AGUA.**

El uso de la terapia acuática o hidroterapia comenzó en la época de los griegos y de los romanos, ya que veían el agua como un elemento de purificación y de vida.

El agua es uno de los recursos más beneficiosos en una recuperación de una lesión, y a veces es el gran olvidado en la fisioterapia, ya que gracias a muchas de sus cualidades y propiedades físicas y fisiológicas, ayudan no solo a la rehabilitación de un paciente, si no a acortar plazos.

Las propiedades físicas del agua son las siguiente (22) (26):

- Presión Hidrostática (PH): es la presión que ejerce un fluido sobre un objeto inmerso en reposo
- Densidad Relativa (DR): es la densidad que se establece entre el agua y la sustancia en inmersión.
- Empuje Hidrostático (EH): es el empuje hacia arriba directamente proporcional con el volumen del objeto que está inmerso.
- Efectos metacéntricos: es el equilibrio que se encuentra cuando, EH y la fuerza de la gravedad son iguales.
- Concepto de peso aparente: es la diferencia de peso real y la que percibimos dentro del agua.



- Refracción: es la entrada de los rayos de luz en el agua que producen un efecto óptico diferente.
- Flotabilidad: es cuando el EH es superior a la fuerza de la gravedad.
- Propiedades térmicas: las diferentes temperaturas del agua permiten trabajar en diversos campos, ya que cuando hablamos de agua fría (10-15 °C) trabajamos en la recuperación post ejercicio, templada (26-30 °C) acondicionamiento cardiaco, ejercicio intenso, esclerosis múltiple, esclerosis lateral y amiotrofia, indiferente (32-35 °C) terapia acuática y relajación, y caliente (36-41 °C) relajación. El uso de baño de contrastes (fría y caliente) favorece la relajación muscular post ejercicio.

A parte tiene efectos fisiológicos que afectan a la PH y el EH, que producen cambios a nivel del sistema respiratorio, sistema cardiovascular, sistema renal, sistema neuromuscular y sistema músculo-esquelético. En estas dos últimas profundizaremos más, ya que es parte de la base de este estudio.

- Sistema musculo esquelético: en la inmersión por las propiedades del agua aumenta la oxigenación y el riego sanguíneo provocando la eliminación de desechos.  
Ayuda al trabajo en carga y la movilidad articular, gracias al EH, que produce un descenso del peso corporal respecto al medio terrestre. Por ejemplo, con el 75% de inmersión, produce una reducción de 75% de la carga que realiza el paciente, lo que ayuda en una rehabilitación a poder ir metiendo ejercicios de carga sin que sea lesivo para el paciente.
- Sistema neuromuscular: dentro del agua los receptores cutáneos, propioceptivos y barorreceptores están constantemente activados por consecuencia de la PH y los factores hidrodinámicos e hidrocinéticos.  
La PH favorece no solo al sistema propioceptivo fundamental para este estudio, si no que ayuda también a la normalización del tono.

La terapia acuática en general no tiene complicaciones, y es apta para casi todo el mundo, pero hay que tener en cuenta algunos factores. Es el caso de pacientes con problemas que pudieran provocar una contaminación del ambiente de tratamiento, pacientes con: incontinencia urinaria o fecal, pacientes medicamente frágiles (ventilación mecánica, traqueotomía, oxigenoterapia o paliativos), epilepsias farmacorresistentes, colostomías, gastrostomías y sondas vesicales. Luego hay que tener en cuenta factores psicológicos como la hidrofobia, factores alérgicos o problemas de escucha o visuales (22) (26) .

Estas propiedades ayudan a poder realizar una buena rehabilitación, ya que factores como la temperatura del agua ayudan (dependiendo de los grados) en procesos como la vasodilatación o vasoconstricción, los cuales intervienen en procesos inflamatorios o de déficit de riego sanguíneo. La PH y EH ayudan a los pacientes a poder realizar trabajo en carga, ya que gracias a estas propiedades el peso de un cuerpo inmerso disminuye (acelerando procesos de rehabilitación), que en muchos casos los deportistas agradecen y les ayuda a estar más motivados. Las inmersiones y desplazamientos en agua profunda aceleran los procesos de regeneración tisular.

También se han demostrado factores beneficiosos que aporta la terapia en el agua en pacientes con problemas de artritis reumatoides, donde se ha visto una reducción del dolor y un aumento de fuerza y ROM (27) (28).

Por lo tanto, sí se ha demostrado que el tratamiento en agua ayuda a la reducción del dolor, a la reducción de la inflamación, aumento del ROM y aumento de la fuerza; mientras que la PH ayuda a la estimulación del sistema propioceptivo. Es por esto que se constata que el trabajo en el agua en una lesión como la rotura del LCA es preferible combinarlo con tratamiento en sala, ya que no solo ayudará a que la rehabilitación avance más rápido (se podrá mandar al paciente trabajos de mayor carga que en una fase en tierra no se podría hacer) si no porque mejorarán también procesos como dolor, inflamación y fuerza.

## **2.7 TRABAJO EN PISCINA EN EL DEPORTE.**

Una vez se conocen las propiedades del agua, hay que saber cómo utilizarlas correctamente para ayudar a conseguir una mejor rehabilitación.

En nuestro proyecto queremos deliberar si el uso de la piscina ayudaría a una mejora de la propiocepción. El estudio redactado por Andresa R. Marinho-Buzellia, Hossein Rouhanic, Kei Masanib, Mary C. Verriera y Milos R. Popovic "*The influence of the aquatic environment on the control of postural sway*" habla del trabajo de equilibrio en el agua para poder mejorarlo posteriormente en tierra. En éste, se llega a la conclusión de que cuando el paciente está en el agua desarrolla unos parámetros de mayor inestabilidad, ya que los constantes estímulos del agua y sus propiedades producen que sea más complicado mantener una postura estable, lo que provoca que posteriormente cuando salga a tierra tenga más estabilidad.(29)

Los autores Kyoung Kim, Dong-Kyu Lee y Eun-Kyung Kim en su estudio "*Effect of aquatic dual-task training on balance and gait in stroke patients*" realizado en pacientes que habían sufrido un ICTUS, determinaron que la realización de ejercicios en el agua producía resultados significativos en el equilibrio y en la reeducación de la marcha a la hora de realizar trabajo en tierra (30). Esto se relaciona con la posibilidad de realizar un trabajo de control motor en lesiones de LCA que nos ayuda a ver que podría ser muy beneficioso.

A nivel de rodilla, no se ha encontrado mucha bibliografía a la hora de planificar un programa de control motor. Sin embargo, en lo referente al tobillo sí se ha demostrado que el uso de la terapia acuática en esguinces es muy beneficioso a la hora de mejorar propiocepción y estabilidad tanto de la articulación como del tronco (31), por lo que podemos intuir que llevado a cabo a nivel de rodilla podría tener unos resultados similares.

La revisión bibliográfica, en la cual hablamos en el apartado del tratamiento habitual, no refiere ningún protocolo específico para trabajo en el agua. Por otra parte, el escrito de María Alonso "*Terapia Acuática*" nos habla de un protocolo de trabajo en piscina orientado al tratamiento de cualquier lesión deportiva. Este libro divide el tratamiento en 3 fases donde se combina el trabajo en sala con el trabajo en el agua (22) :

- Fase 1: trabajo de tratamiento de síntomas (dolor, inflamación y restricción) y trabajo aeróbico para no perder el ritmo (el coste de energía en el trabajo en el agua es directamente proporcional a la velocidad, todo lo contrario que en tierra, lo que nos permite trabajar a mayores intensidades, lo que en el caso de LCA permitiría trabajar en descarga total y con un rango de movilidad a articular de forma natural y funcional).
- Fase 2:
  - ✓ Subfase de funcionalidad: una vez desaparecidos los signos agudos, se proponen realizar sesiones de estiramientos para no caer en un déficit de flexibilidad (el agua caliente ayuda al estiramiento del vientre muscular, en cambio el agua fría ayuda al estiramiento del tendón). También tiene lugar el comienzo del trabajo propioceptivo (el cual será de mayor calidad que en tierra, gracias a propiedades del agua como son la PH y los factores hidrocinéticos, ya que al estar sumergido los termorreceptores y los barorreceptores estarán activados también), el trabajo acíclico y el trabajo de fuerza.

- ✓ Subfase de especificidad: tras haber alcanzado la funcionalidad, ahora se buscará envolver al deportista en su entorno de entrenamiento habitual. En esta fase se deberá trabajar en el agua al mismo nivel que trabajaría en un entrenamiento.
- Fase 3: comprende la reincorporación a la actividad deportiva y trabajo de recuperación en el agua (inmersión en agua fría) (32) para evitar riesgo de recidiva.



**Figura 5.** Piscina de rehabilitación Ciudad deportiva Valdebebas.

## **2.8 ESTABILOMETRÍA.**

La estabilometría es uno de los recursos más utilizados para la medición de un trabajo propioceptivo ya que te permite ver de forma analítica y cuantificada, cuanto ha aumentado o descendido el control motor y el equilibrio de un paciente de una forma objetiva. Los parámetros que más suelen medir en este tipo de estudios son: la desviación del punto de gravedad en el eje X e Y, el área completa, la velocidad y el tiempo. Esta prueba se puede realizar de diversas maneras: en apoyo monopodal o bipodal y con los ojos cerrados o abiertos (33).

Para realizar esta prueba es necesario el uso de una plataforma de presiones que nos permita conocer la distribución de las distintas presiones en las diferentes zonas de la planta del pie y evaluar la influencia de fuerzas directas aplicadas tanto en estática como en movimiento a través de un programa electrónico que registre todos los datos obtenidos de la plataforma en el ordenador. Este sistema registra la fuerza vertical generada y la fuerza de reacción del suelo. La relación entre fuerza y superficie de apoyo, permite el cálculo de la presión del pie.

La aplicación nos permite generar diferentes datos para poder realizar un estudio completo que ayude a formular nuestro tratamiento, como por ejemplo: mapa de presiones plantares, centro de masas, centro de presiones o estabilometría (equilibrio postural). La plataforma de presiones también nos ofrece datos de la marcha dando como resultado un mapa de presiones plantares, así como evolución del centro de orientación de presiones y presiones máximas (34).



**Figura 6.** Estabilometría en apoyo bipodal y monopodal.

Aparte de ser un recurso muy adecuado para el cálculo de mejoría en las variables de desplazamiento, área, velocidad y tiempo; después de realizar nuestro entrenamiento, ha sido muy útil para otros muchos estudios a la hora de establecer la repercusión que tiene la rotura del LCA en deportista, especialmente al comparar el miembro afecto con el miembro sano y el miembro dominante respecto al no dominante. Estos datos pueden utilizarse para desarrollar un tratamiento específico e ir siguiendo su evolución.

Un ejemplo de lo que hemos explicado antes, se da en el artículo redactado por Farshid Mohammadi, Mahyar Salavati, Behnam Akhbari, Masood Mazaheri, Mojdeh Khorrami y Hossein Negahban “*Static and Dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls*”, en el cual se explica que después de 8 meses de la rotura del LCA, los pacientes seguían presentado asimetrías significativas a nivel postural, lo que podría provocar posibles recidivas en un futuro (35) .

Especialmente este estudio nos ayudara a saber si el programa de control motor en agua ayuda a mejorar la propiocepción del paciente de un paciente que ha sido operado del LCA (36).

En conclusión y después de repasar parte de la bibliografía publicada, este estudio propone lo siguiente:

Una comparación entre los resultados de Xmedia, Ymedia y SB cuando combinas un programa de control motor en piscina con tratamiento habitual, respecto a los futbolistas que solo reciben tratamiento habitual en las lesiones de rotura de LCA.

Y el uso de un medio de trabajo diferente para realizar un programa de control motor, respecto a los artículos citados en este proyecto.

### **3. EVALUACIÓN DE LA EVIDENCIA.**

#### **3.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA**

Para la estrategia de búsqueda he decidido usar 5 tipos de bases de datos: Pubmed, EBSCO, Google Académico y Cochrane.

Para que los temas sean lo más actualizado posibles se ha utilizado diferentes filtros para que el estudio este basado en lo último publicado en la fisioterapia y tenga el mayor valor tanto terapéutico como en investigación. Los filtros que se han utilizado son: reducción de la búsqueda en artículos, que se encuentren en inglés y que hayan sido publicados entre el 2010 y el 2017. Aparte de la estrategia de búsqueda en bases de datos se ha buscado información en algunos libros, con la mayor veracidad e implicación en el mundo de la fisioterapia.

- **GOOGLE ACEDÉMICO:**

Empezamos la búsqueda de artículos por Google académico donde se realizó un sondeo general de artículos, en busca de antecedentes e información general del tema a tratar. En este encontramos 15 artículos interesantes de los cuales solo 5 ha sido de total interés para este trabajo.

- **PUBMED:**

Después de realizar una amplia búsqueda en Pubmed, se ha resumido en:

| BÚSQUEDA                       | ENCONTRADOS |
|--------------------------------|-------------|
| 1. Stabilometry Plataform      | 50          |
| 2. Knee                        | 1487        |
| 3. Arthrometry Articular       | 356         |
| 4. Anterior Cruciate Ligament  | 5720        |
| 5. Aquatic Therapy             | 776         |
| 6. Physical Therapy Modalities | 19949       |
| 7. (2) AND (3)                 | 6           |
| 8. (7) AND (4)                 | 2           |
| 9. (6) AND (4)                 | 106         |
| 10. (5) AND (4)                | 3           |
| 11. (5) AND (6)                | 101         |
| 12. (1) AND (4)                | 73          |

Búsquedas utilizadas: 1, 7, 8, 9, 10, 11 y 12

Artículos totales: 341

Artículos descartados por título/abstract: 314

Artículos descartados después de leer: 10

Totales artículos relevantes: 17



- **EBSCO:**

Después de realizar una amplia búsqueda en EBSCO, se ha resumido en:

| BÚSQUEDA  | ENCONTRADOS |
|---|-------------|
| 1. Anterior Cruciate Ligament   | 7157        |
| 2. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction  | 3809        |
| 3. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation                                   | 105         |
| 4. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, proprioceptive exercise, neuromuscular training | 704         |
| 5. Football Players   | 1241        |
| 6. Aquatic Therapy  | 30          |
| 7. Knee Stability   | 28          |
| 8. Physiotherapy Rehabilitation   | 1822        |
| 9. (1) AND (5)  | 46          |
| 10. (1) AND (8)   | 44          |

Búsquedas utilizadas: 6, 7, 9 y 10

Artículos totales: 148

Artículos descartados por título/abstract: 118

Artículos descartados después de leer: 20

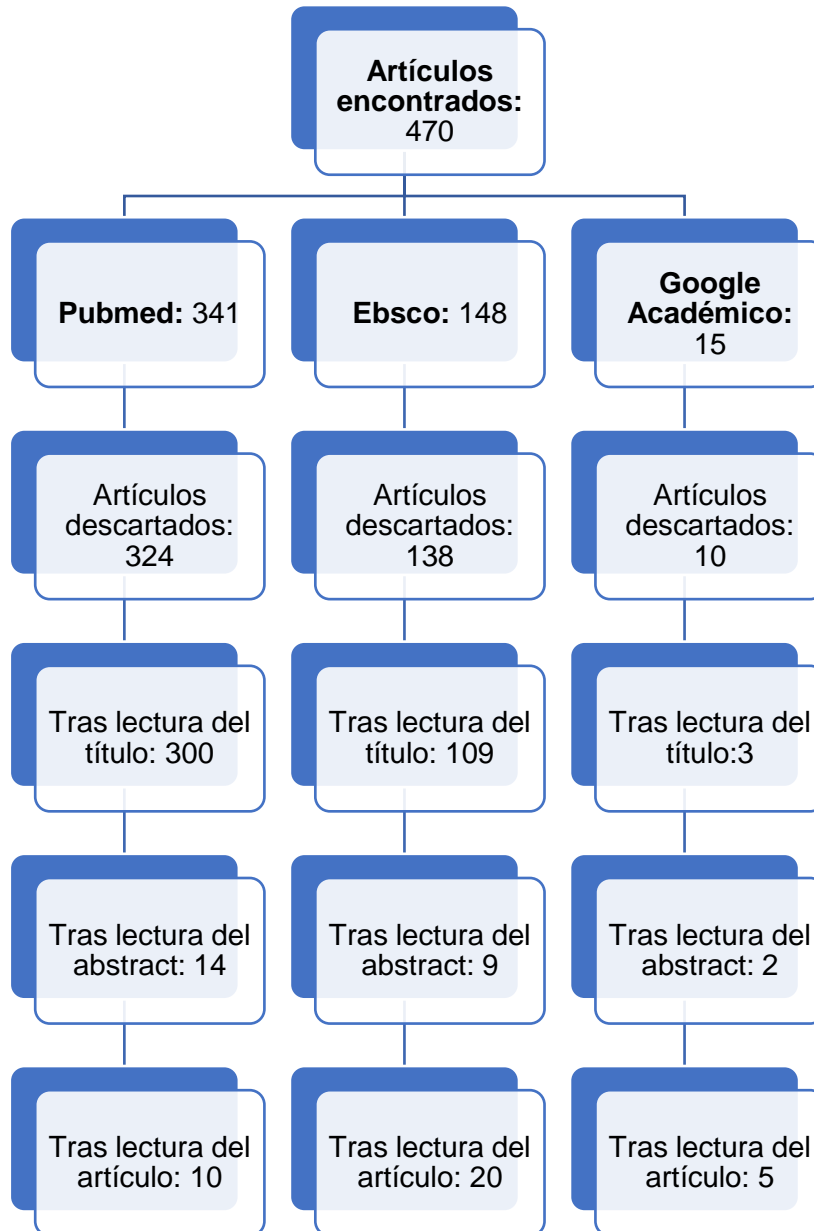
Totales artículos relevantes: 10

Se han utilizado dos tipos de libros: terapia en el agua, para buscar evidencia e información en técnicas de rehabilitación y de las propiedades físicas y fisiológicas del agua, y libros de anatomía y biomecánica para conocer mejor el movimiento y funcionalidad de las estructuras de la rodilla.

| LIBROS                               |  |
|--------------------------------------|--|
| ANATOMÍA Y BIOMECÁNICA DE LA RODILLA | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kapandji, A. I. - Fisiología articular 2 - Miembro inferior (parte 1 de 4)</li> <li>• Kapandji, A. I. - Fisiología articular 2 - Miembro inferior (parte 2 de 4)</li> </ul>                                   |
| TERAPIA EN EL AGUA                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terapia Acuática de María Alonso Fraile, Javier Güeita Rodríguez y Cesar Fernández de las Peñas</li> <li>• Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica<br/>Cameron, M. H.</li> </ul> |

Para finalizar se ha sacado también información de páginas web como Podoactiva, la cual es una de las empresas pioneras en el estudio y trabajo con tecnología de plataforma de presiones, Aspetar y Efisioterapia.net.

### 3.2 DIAGRAMA DE FLUJO



## **4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.**

### **GENERAL**

- Valorar la influencia de realizar un programa de control motor en piscina junto con tratamiento habitual de fisioterapia, para aumentar la estabilidad de rodilla en pacientes futbolistas lesionados y operados de ruptura del ligamento cruzado anterior.

### **ESPECÍFICOS**

- Evaluar la evidencia de incluir un programa control motor en piscina junto con tratamiento (TTO) habitual de fisioterapia, en la reducción del desplazamiento del eje de gravedad hacia anterior en el plano frontal ( $Y_{media}$ ), durante un apoyo monopodal.
- Evaluar la evidencia de incluir un programa control motor en piscina junto con tratamiento habitual de fisioterapia, en la reducción el desplazamiento del eje de gravedad hacia medial en el plano sagital ( $X_{media}$ ), durante un apoyo monopodal.
- Evaluar la evidencia de incluir un programa control motor en piscina junto con tratamiento habitual de fisioterapia, en la reducción de la superficie del baricentro (SB), durante un apoyo monopodal.

## **5. HIPÓTESIS.**

- Los futbolistas que reciben un programa de control motor en piscina, junto con tratamiento habitual, consiguen una reducción significativa en los parámetros de desplazamiento anterior y medial del eje de gravedad, y de la superficie del baricentro, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

## **6. METODOLOGÍA:**

### **6.1 DISEÑO**

Se va a realizar un estudio analítico experimental, longitudinal, prospectivo, enmascarado a simple ciego modificado.

Se trata de un estudio analítico porque el objetivo del estudio es saber si hay diferencias significativas en los resultados entre el tratamiento habitual de una lesión de operación por ruptura de LCA en sala de fisioterapia, comparado con un tratamiento combinando un programa de control motor en piscina con el tratamiento habitual, y ver si dicha intervención es realmente efectiva. En conclusión, se va a dividir la muestra en dos grupos, experimental (tratamiento combinado) y control (tratamiento habitual), y compararemos los resultados, permitiéndonos comprobar hipótesis causales.

El estudio es experimental ya que se divide la muestra en dos grupos experimental y control de forma aleatorizada y homogénea (criterios de inclusión y de exclusión). Se trata de un diseño paralelo, donde las ramas de intervención no se cruzan y son únicas.

En el grupo experimental se encuentran los sujetos que serán tratados con el tratamiento mixto, trabajo de control motor en piscina junto con el tratamiento habitual de fisioterapia. El grupo de control será aquel dónde sus sujetos solo serán tratados con el tratamiento habitual en sala de fisioterapia.

Se trata de un estudio longitudinal ya que, entre la valoración inicial y la valoración final del estudio, se realizará en un periodo de tiempo entre ellas.

Se trata de un estudio prospectivo, porque el investigador está presente desde el inicio del estudio, manipulando la variable independiente (VI) (tipo de tratamiento), hasta el final del tratamiento, donde se realizará la recogida y análisis de datos de las variables dependientes (VD).

Se trata de un estudio cegado, ya que la persona que recoge los datos no interviene durante los tratamientos. Los fisioterapeutas y médicos, no estarán cegados.

Por último, se trata de un estudio unicéntrico, ya que solo participar un centro en el estudio: las instalaciones deportivas de la Ciudad Real Madrid (Valdebebas), en especial salas de fisioterapia y piscina terapéutica, y el centro de estudio biomecánico.

## 6.2 SUJETOS

### 6.2.1 Descripción de la población.

**Población diana:** futbolistas profesionales, de la primera plantilla del Real Madrid, del Real Madrid Castilla y jugadores de la cantera, de 18-25 años, operados de ruptura de LCA después de 3 meses de tratamiento en sala de fisioterapia.

Se establecen estas edades para evitar problemas legales de menores, y se buscan sujetos jóvenes que no hayan sufrido más de dos lesiones de LCA.

**Población de estudio:** son los pacientes definidos por los criterios de inclusión y de exclusión. Por lo tanto, son aquellos pacientes que entran en el estudio, porque respetan los criterios de inclusión y no presenta ningún criterio de exclusión.

Se procurará que sean pacientes que se encuentren todos en fase de carga de trabajo (3 meses), para que todos tengan unas características similares e intentar reducir el riesgo de sesgo.

### 6.2.2 Criterios de inclusión y exclusión.

- **Criterios de inclusión:**

- Pacientes de 18-25 años de sexo masculino.
- Pacientes operados de rotura de LCA.
- Pacientes que sean futbolistas profesionales y pertenezcan al Real Madrid y al Real Madrid Castilla y jugadores de la cantera entre 18-25 años.
- Pacientes con problemas de estabilidad de rodilla.

- **Criterios de exclusión:**

- Pacientes que se encuentran en fase de trabajo en camilla.
- Pacientes que hayan sufrido recidivas.

### 6.2.3 Cálculo Muestral

Para realizar el cálculo muestral se utilizará el siguiente artículo: “*Reliability of Single-leg and Double-leg Balance Tests in Subjects with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Controls*” (36)

$$N = \frac{2K \cdot SD^2}{d^2}$$

En este cálculo muestra usaremos la constante K=7,8, la cual posee un nivel de confianza del 95% y una potencia del 80%

**Tabla 2.** Obtención valor K

|                          | Nivel de significación (α) |      |       |
|--------------------------|----------------------------|------|-------|
| Poder estadístico (1- β) | 5%                         | 1%   | 0,10% |
| <b>80%</b>               | 7,8                        | 11,7 | 17,1  |
| <b>85%</b>               | 10,5                       | 14,9 | 20,9  |
| <b>90%</b>               | 13                         | 17,8 | 24,3  |
| <b>99%</b>               | 18,4                       | 24,1 | 31,6  |

Hallaremos la desviación estándar y la precisión de nuestras variables, en este caso son Xmedia, Ymedia y SB y sacaremos la solución de la fórmula mediante el programa “*Calculadora de cálculo muestral GRAMNO*”. (ANEXO VII)



- Xmedia: Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 16 sujetos en el primer grupo y 16 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior al -0.11 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 0.1. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 15%.
- Ymedia: Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 167 sujetos en el primer grupo y 167 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior al 0.08 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 0.24. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 15%.
- SB: Aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, se precisan 599 sujetos en el primer grupo y 599 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior al 2368.6 unidades. Se asume que la desviación estándar común es de 13482.1. Se ha estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 15%.

Nos quedamos con la muestra más numerosa para tener posteriormente resultados mucho más significativos, por lo tanto, nuestra muestra estará formada por dos grupos de 599 sujetos, al cual debemos sumarle un 10% a cada grupo debido a posibles pérdidas por lo que la muestra será de 659.

### 6.3 VARIABLES

Vamos a valorar cuatro VD que son: desplazamiento del eje de gravedad hacia anterior, desplazamiento del eje de gravedad hacia medial y superficie del baricentro.

- El desplazamiento del eje de gravedad hacia anterior (Ymedia) se va a medir con una plataforma de presiones, y se medirá la distancia en milímetros (mm).
- El desplazamiento del eje de gravedad hacia medial (Xmedia) se va a medir con una plataforma de presiones, y se medirá la mm.
- La superficie del baricentro (SB) se va a medir con una plataforma de presiones, y se medirá la distancia en centímetros cuadrados (mm<sup>2</sup>).

**Tabla 3.** Variables a medir

| VARIABLE            | CLASE         | TIPO                  | UNIDAD DE MEDIDA | FORMA DE MEDIRLA                       |
|---------------------|---------------|-----------------------|------------------|--|
| Ymedia              | Dependiente   | Cuantitativa continua | Mm               | Plataforma de presiones                |
| Xmedia              | Dependiente   | Cuantitativa continua | Mm               | Plataforma de presiones                |
| SB                  | Dependiente   | Cuantitativa continua | Mm <sup>2</sup>  | Plataforma de presiones                |
| Tipo de TTO         | Independiente | Cualitativa binaria   |                  | 0: Experimental<br>1: Control          |
| Momento de medición | Independiente | Cualitativa binaria   |                  | 0: Pretratamiento<br>1: Postratamiento |

Las variables dependientes son Xmedia, Ymedia y SB, y se tratan de variables de tipo cuantitativa continua, ya que al medirse en mm y mm<sup>2</sup> son unidades que pueden dar valores intermedios (números enteros y decimales).

Las variables independientes son el tipo de TTO y el momento de medición, ambas son variables de tipo cualitativa binaria, ya que en ambas solo se dan dos valores. En el tipo de TTO, los dos valores son el trabajo de control motor en piscina más TTO habitual (grupo experimental) y el otro es el TTO habitual (grupo control). En el momento de la medición, los dos valores son medidas pretratamiento y postratamiento.

## 6.4 HIPÓTESIS OPERATIVA

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, no da lugar a diferencias estadísticamente significativas en una reducción en los parámetros de desplazamiento anterior del eje de gravedad, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, da lugar a diferencias estadísticas en una reducción en los parámetros de desplazamiento anterior del eje de gravedad, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, no da lugar a diferencias estadísticamente significativas en una reducción en los parámetros de desplazamiento medial del eje de gravedad, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, no da lugar a diferencias estadísticas en una reducción en los parámetros de desplazamiento medial del eje de gravedad, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, no da lugar a diferencias estadísticamente significativas en una reducción de los parámetros de la superficie del baricentro, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

**Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** incluir un programa de control motor en piscina, junto con trabajo en sala de fisioterapia, da lugar a diferencias estadísticas en una reducción en los parámetros de la superficie del baricentro, durante un apoyo monopodal, respecto al tratamiento habitual.

## 6.5 RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

### 6.5.1 Recogida de datos.

Al tratarse de un estudio longitudinal se realizará la recogida de datos pre y post del tto. Se recogerá siguiendo el protocolo de mediciones (Anexo IV) de la siguiente forma:

- Ymedia se evaluará mediante una plataforma de presiones, donde el paciente se colocará en apoyo monopodal, y veremos en cuantos mm aumenta o disminuye el desplazamiento del centro de gravedad en un plano sagital.
- Xmedia se evaluará mediante una plataforma de presiones, donde el paciente se colocará en apoyo monopodal, y veremos en cuantos mm aumenta o disminuye el desplazamiento del centro de gravedad en un plano frontal.
- La superficie del baricentro se evaluará mediante una plataforma de presiones, donde el paciente se colocará en apoyo monopodal, y veremos en cuantos mm<sup>2</sup> aumenta o disminuye esta superficie.

### 6.5.2 Análisis de datos.

Los datos se obtendrán mediante el programa de estadística *IBM SPSS Statistic Desktop 22.0*:

- **Análisis descriptivo:**

A nivel de las variables cuantitativas, en esta parte el programa evaluará la tendencia central y de variabilidad y dispersión, donde encontramos:

- **La Media:** es la suma de todas las variables, divididas por la muestra, lo que nos proporciona el promedio de los datos.
- **La Mediana:** es el valor central de una serie de valores ordenados de mayor a menor, lo que nos permite dividir los valores en por detrás o por encima de la mediana.
- **La Moda:** es el valor de las variables los cuales se presentan con mayor frecuencia.
- **El Rango:** es la media de los cuadrados de las diferencias entre cada valor de la variable y la media aritmética de la distribución.
- **La desviación típica:** es la distancia promedio de una variable con respecto a los valores de la mediana.

- **Coeficiente de variación:** es la relación que tiene la desviación típica de cada variable con respecto a su media aritmética.

A nivel de variables cualitativas, en esta parte el programa evaluará las variables mediante diagrama de sectores y tablas de frecuencia.

- **Análisis inferencial:**

En este estudio vamos a medir tres variables dependientes de tipo cuantitativas continuas, que son la  $X_{media}$  (mm), la  $Y_{media}$  (mm) y la superficie del baricentro ( $mm^2$ ), y las vamos a medir todas en dos grupos, experimental (programa de control motor en agua más tratamiento habitual) y grupo control (tratamiento habitual).

En ambos grupos se van a medir las tres variables, pre-estudio (semana 0) y post estudio (10 semanas). Se calculará la diferencia de cada una de las variables que mediremos para así hallar la variable resultado de cada uno de los grupos.

Tras ello se realizará una comparación de los resultados de cada grupo, en este caso utilizaremos la media de cada variable. Es decir, comparará la media de la variable resultado del grupo experimental con la del grupo control.

Se comprueba la normalidad de las variantes mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de las varianzas mediante Test Lèvene (en caso de normalidad).

Después de realizar la prueba del Test Kolmogorov-Smirnov para la normalidad y la prueba del Test Lèvene para la homogeneidad (en caso de normalidad), si en las dos pruebas da como resultado  $p > 0,05$  se cumplirá el criterio de normalidad por lo tanto se usará el test paramétrico, en este caso se utilizará T-Students para muestras independientes. En cambio, si  $p < 0,05$  no se cumplirá el criterio de normalidad, y se usará un test no paramétrico U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Si cuando se realiza la prueba hallamos diferencias significativas, siendo  $p < 0,05$  entre las mediciones pre y post estudio, se aceptará la hipótesis alternativa y rechazaremos la hipótesis nula. Si por el contrario no se hallara diferencias significativas en las mediciones pre y post al estudio, y fuese  $p > 0,05$ , se hablaría de que los resultados son fruto del azar, y por lo tanto no se podría rechazar la hipótesis nula.

Los resultados de las variables dependientes cuantitativas continuas son:  $X_{media}$ ,  $Y_{media}$  y superficie baricéntrica. Se representará con diagrama de barras. Los resultados de las variables independientes: tipo de tratamiento y momento de medición. Se representará con diagrama de sectores.

## **6.6 LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

- Diferencia de los fisioterapeutas al realizar el tratamiento.
- Posible sesgo producido por el mayor tiempo de recuperación efectivo que realiza el grupo 1, respecto al grupo 0.
- Encontrar una muestra tan amplia (1318 sujetos).
- Actitud del futbolista a seguir el tratamiento de forma implicada y constante.
- Posibles compensaciones durante la medición en apoyo monopodal.

## **6.7 EQUIPO INVESTIGADOR**

El equipo investigador estará formado por los siguientes profesionales.

- Médico rehabilitador del primer equipo y del Castilla. Su tarea será la de supervisar la recuperación del futbolista para poder informar al cuerpo técnico y dar el alta al jugador después de la realización del estudio.
- Tres fisioterapeutas, especializados en readaptación en el deporte. Su tarea será la realizar el trabajo de propiocepción del tratamiento habitual, ya sea en sala de fisioterapia como en gimnasio.
- Dos fisioterapeutas, especializados en readaptación en el agua. Su tarea será la de realizar la base del estudio, construyendo un programa de control motor en el agua.
- Un podólogo. Su tarea será ayudar en la toma de mediciones en la plataforma de presiones.
- Un fisioterapeuta con experiencia en el mundo de la investigación. Su tarea será la de supervisar el estudio.
- Un estadístico. Su tarea será llevar todo el tema de la estadística y cálculo de variables.

## **7. PLAN DE TRABAJO:**

### **7.1 DISEÑO DE INTERVENCIÓN**

Después del que el Comité Ético de Investigación Clínica apruebe el estudio, este podrá ser puesto en marcha.

Se realizará una reunión entre los médicos rehabilitadores del primer equipo y del Castilla y los fisioterapeutas, donde se valorará que sujetos que hayan sido operados hace tres meses, y vayan a empezar el programa de propiocepción en sala o en gimnasio, puedan tener problemas de estabilidad en rodilla. Se realizarán pruebas como la estrella SEBT (Anexo III) y pruebas propioceptivas como trabajo en plano inestable, para valorar que futbolistas son los más idóneos para entrar en el estudio.

Tras las pruebas se realizará una siguiente valoración para ver que sujetos de los elegidos anteriormente respetan los criterios de inclusión, y por consecuencia no presenta ningún criterio de exclusión.

Una vez superado este proceso, a los futbolistas, se le dará toda la información referente al estudio, explicándoles paso a paso todos los procedimientos que se van a seguir y los objetivos que se quieren conseguir. El siguiente paso será la entrega del HIP Y el CI (Anexo I y II) para que los lean y firmen, para poder entrar en el estudio de investigación.

Antes de empezar las dos sesiones de tratamiento que se realizarán, por las mañanas trabajo de propiocepción en sala o en gimnasio (tratamiento habitual) y por la tarde trabajo en piscina (programa de control motor), se realizarán las mediciones pre-tratamiento, dejando constancia de ellos en una hoja de datos (Anexo V). Las mediciones se realizarán en la sala de biomecánica de la Ciudad Deportiva del Real Madrid. Las mediciones solo serán observadas por un fisioterapeuta que será el encargado de recoger las pre y post mediciones del estudio, con la ayuda de un podólogo.

Se dividirá la muestra de forma aleatoria (mediante un programa) en dos grupos (659 pacientes en cada grupo), uno de los grupos será el grupo control, el cual solo realizará tratamiento habitual y el otro será el grupo experimental, el que realizará el tratamiento mixto (programa de control motor en piscina junto con tratamiento habitual).

- **GRUPO 0 O GRUPO CONTROL**

El grupo control serán los 659 futbolistas que solo realizarán trabajo de propiocepción en sala de fisioterapia o en gimnasio, que se realizará 4 veces por semana.

El protocolo de propiocepción para la rehabilitación del LCA sería el siguiente (37) (38):

1. Sentado en balón de Pilates, con los dos pies apoyados, provocar desequilibrios al jugador. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
2. Sentado en balón de Pilates, con los dos pies apoyados, mandar estímulos externos (lanzar una pelota). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
3. Realizar los dos ejercicios anteriores, pero esta vez en apoyo monopodal (rodilla afectada).
4. Realizar sentadillas, con una pelota de Pilates, cambiando la angulación de flexión de rodilla y aguantado en el momento de flexión. Realizar tres series de 30 segundos cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
5. Realizar el ejercicio anterior, pero realizando la sentadilla en apoyo monopodal.
6. Realizar los dos ejercicios anteriores con la variación de realizar el ejercicio sin mantener la flexión, si no bajando de forma controlada y despacio, y subiendo de forma dinámica. Realizar tres series de 10 repeticiones cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
7. Trabajo en plano inestable aguantar el equilibrio en apoyo monopodal. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
8. Realizar reacciones de desequilibrio o lanzar estímulos externos durante el apoyo monopodal. Según vaya evolucionando ir aumentando la cantidad de estímulos e ir probando superficies más inestables. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
9. Realizar sentadillas a una pierna sin ningún tipo de apoyo, seguir el protocolo de los pasos 4 y 5.
10. Combinar estrella SEBT con estímulos externos y cambiando la superficie. Realizar tres series.



11. Combinar trabajo de propiocepción con trabajo aeróbico, subir y bajar steps, en flexión de rodilla tocar los conos que tenemos a los lados, salto encima de steps, trabajo de skipping en BOSU y cama hinchable, y saltos en BOSU y cama hinchable. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
12. Trabajo de propiocepción con balón, pedimos al futbolista que encima de la pelota de Pilates, devuelva el balón con el pie. Vamos aumentando la dificultad cambiando el terreno y el apoyo. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.

- **GRUPO 1 O GRUPO EXPERIMENTAL**

El grupo experimental serán los 659 futbolistas que realizarán el tratamiento que consiste en combinar un programa de control motor en el agua, junto con el tratamiento habitual, donde el tratamiento habitual lo realizarán 4 veces durante la semana y el trabajo en piscina tres.

El programa de control motor que se ha diseñado para conseguir una mayor estabilidad de rodilla al combinarlo con el tratamiento en el agua; se divide en dos fases: trabajo a una profundidad del 70% (primera fase del programa) y al 40% (segunda fase del tratamiento)(22)

- Trabajo a profundidad del 70%:

1. Pisar tabla de goma espuma y aguantarla en el fondo de la piscina. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
2. Pisar la tabla de goma espuma y subirla y bajarla de forma lenta. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
3. Pisar la tabla de goma espuma y realizar movimientos de rotación de rodilla, sin dejar de pisar la tabla. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
4. Realizar saltos en apoyo monopodal en una cama elástica (en el fondo de la piscina). Aumentar carga de trabajo realizando estímulos externos. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
5. Realizar los tres ejercicios del principio, pero cambiamos la tabla, por un balón de fútbol. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
6. Realizar saltos con carga monopodal. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.

7. Realizar saltos, apoyo bipodal y monopodal, combinado con remates de cabeza. Aumentar la dificultad cambiando tipo de superficie (cama elástica o BOSU). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  8. Combinar trabajo propioceptivo con trabajo aeróbico (saltar o subir y bajar steps) y trabajo de skipping (de espaldas y de frente). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  9. Trabajar técnica de carrera. Durante 10 minutos.
  10. Nadar (técnica de croll). Durante 20 minutos.
- Trabajo a profundidad del 40 %:
1. Realizar trabajo de skipping (de espaldas y de frente). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  2. Realizar trabajo en carga monopodal, dando estímulos externos. Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  3. Realizar saltos, apoyo bipodal y monopodal, combinado con remates de cabeza. Aumentar la dificultad cambiando tipo de superficie (cama elástica o BOSU). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  4. Combinar trabajo propioceptivo con trabajo aeróbico, saltar o subir y bajar steps, y trabajo de skipping (de espaldas y de frente). Realizar tres series de un minuto cada una, e ir incrementando el tiempo según la evolución.
  5. Trabajar técnica de carrera. Durante 10 minutos.

## 7.2 ETAPAS DE DESARROLLO

El estudio se divide en 4 fases: recogida de muestra, determinaciones analíticas, análisis de datos y obtención de datos.

Tabla 4. Etapas de desarrollo

|   | 1º TRIMESTRE | 2º TRIMESTRE | 3º TRIMESTRE | 4º TRIMESTRE |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| RECOGIDA DE LA MUESTRA                        | XXX          |              |              |              |
| DETERMINACIONES ANALÍTICAS                    |              | XXX          | X            |              |
| ANÁLISIS DE DATOS. ELABORACIÓN DE RESULTADOS. |              |              | XXX          | X            |
| REDACCIÓN Y PUBLICACIÓN DE RESULTADOS         |              |              |              | XX           |

- **Recogida de muestra:**

Se aceptarán 1198 pacientes más el 10% (por posibles pérdidas) aportando una muestra de 1318 sujetos.

La muestra estará formada por los futbolistas del Real Madrid, Real Madrid Castilla y jugadores de la cantera entre 18 y 25 años, procedentes de la Ciudad Deportiva del Real Madrid.

- **Determinaciones analíticas:**

El plan estimado de finalización del estudio será alrededor de 10 meses desde la primera medición. El estudio comenzará el 15 de julio de 2016 y se prevé su finalización el 15 de mayo de 2017. Se prevé que durante el estudio puede verse aumentada la muestra por lesiones durante la temporada, lo que alargaría el tiempo de este.

Se realizará las mediciones durante dos semanas al final del estudio, del día 15 al 29 de julio de 2017, en la sala de biomecánica de la Ciudad deportiva de Real Madrid, donde se realizarán las mediciones de los parámetros de Xmedia, Ymedia y superficie baricéntrica con la plataforma de presiones.

Las jornadas de tratamiento se dividirán en dos turnos de mañana y de tarde. Todas las mañanas de 9:00 a 15:00 se realizará el trabajo de propiocepción y control motor en sala de fisioterapia o gimnasio, y por las tardes de 17:00 a 21:00 se realizará el trabajo en piscina.

El tratamiento habitual se realizará 4 días a la semana y el trabajo en piscina 3 días a la semana. Este protocolo de tratamiento se realizará durante 9 meses.

- **Análisis de datos:**

Se realizarán todos los análisis de datos al final del estudio, alrededor del 15 de mayo, dependiendo si a lo largo de la temporada entran más sujetos.

- **Redacción y publicación de datos:**

La redacción de los datos finales y por tanto la conclusión del estudio se realizará dos meses después de la recogida de las mediciones del último sujeto, por lo que dependerá de si la muestra se amplía a lo largo de la temporada.

### 7.3 DISTRIBUCIÓN DE TAREAS DE TODO EL EQUIPO INVESTIGADOR

El equipo investigador estará formado por los siguientes profesionales.

- Médico rehabilitador del primer equipo y del Castilla:
  - ✓ Supervisar la recuperación del futbolista para poder informar al cuerpo técnico.
  - ✓ Dar el alta al jugador después de la realización del estudio.
  
- Fisioterapeutas, especializados en readaptación en el deporte:
  - ✓ Organizar los horarios y los días de tratamiento en sala o en gimnasio.
  - ✓ Realizar el trabajo de propiocepción del tratamiento habitual, ya sea en sala de fisioterapia como en gimnasio, del grupo control:
    - ✓ Realizar el trabajo de propiocepción del tratamiento habitual, ya sea en sala de fisioterapia como en gimnasio, del grupo experimental.
  
- Fisioterapeutas, especializados en readaptación en el agua:
  - ✓ Organizar los horarios y los días de tratamiento en piscina.
  - ✓ Realizar un programa de control motor en el agua, para el grupo control.
  
- Podólogo:
  - ✓ Ayudar en la toma de mediciones en la plataforma de presiones.
  
- Fisioterapeuta con experiencia en el mundo de la investigación:
  - ✓ Supervisar el estudio.
  - ✓ Tomar las mediciones pre y post tratamiento.
  - ✓ Aporta documentación necesaria referente al estudio a los pacientes.
  - ✓ Realizar las conclusiones del estudio.
  - ✓ Dar la documentación necesaria al estadístico.
  
- Estadístico:
  - ✓ Realizar la estadística y cálculo de variables.

## **7.4 LUGAR DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se realizará en las diferentes instalaciones que nos proporciona la Ciudad Deportiva del Real Madrid en Valdebebas (Anexo VI):

- Sala de fisioterapia y gimnasio de readaptación de la Ciudad Deportiva Real Madrid en Valdebebas.
- Piscina de rehabilitación de la Ciudad Deportiva Real Madrid en Valdebebas.
- Centro de estudio biomecánico de la Ciudad Deportiva Real Madrid en Valdebebas.

## 8. LISTADO DE REFERENCIAS.

1. Panesso MC, Chacón MCT, Tolosa-Guzman I. Biomecánica clínica de la rodilla. Borradores de Investigación: Serie documentos rehabilitación y desarrollo humano, ISSN 1794-1318, No.39 (diciembre de 2008) 2009.
2. Kapandji AI. Fisiología Articular Tomo II Miembro inferior. 5a ed. Madrid España: Editorial Médica Panamericana 2002.
3. Shim J, Choi H, Shin J. Effects of neuromuscular training on knee joint stability after anterior cruciate ligament reconstruction. J Phys Ther Sci 2015 Dec;27(12):3613-7.
4. Forriol F, Maestro A, Vaquero J. El ligamento cruzado anterior: morfología y función. Trauma Fund MAPFRE 2008;19(1):7-18.
5. Zaffagnini S, Grassi A, Serra M, Marcacci M. Return to sport after ACL reconstruction: how, when and why? A narrative review of current evidence. Joints 2015 Jun;3(1):25.
6. von Aesch AV, Perry M, Sole G. Physiotherapists' experiences of the management of anterior cruciate ligament injuries. Phys Ther Sport 2016 May; 19:14-22.
7. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. Anterior cruciate ligament injury in elite football: a prospective three-cohort study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2011 Jan;19(1):11- 9.
8. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury after primary ACL reconstruction and return to sport. Clin J Sport Med: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine 2012 Mar;22(2):116.
9. Martínez Melen H, Legido Arce JC, López Silvarrey FJ, Ramos Alvarez JJ, Segovia Martínez JC. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. Rev. int. med. cienc. act. fís. deporte 2008(29).
10. Arabia JJM, Arabia WHM. Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Iatreia 2009 Sep;22(3):256-271.
11. Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. J Orthop Sports Phys Ther 2001 Apr;31(11):655-660.
- 12 von Aesch AV, Perry M, Sole G. Physiotherapists' experiences of the management of anterior cruciate ligament injuries. Phys Ther Sport 2016; 19:14-22.
13. Van Grinsven S, Van Cingel R, Holla C, Van Loon C. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2010 Aug;18(8):1128-1144.

14. Ristić V, Ninković S, Harhaji V, Milankov M. Causes of anterior cruciate ligament injuries. *Med Pregl* 2010;63(7-8):541-5.
15. Rahnemai-Azar AA, Yaseen Z, van Eck CF, Irrgang JJ, Fu FH, Musahl V. Increased Lateral Tibial Plateau Slope Predisposes Male College Football Players to Anterior Cruciate Ligament Injury. *J Bone Joint Surg Am* 2016 Apr;98(12):1001-6.
16. Muñoz É, Mejía S, Correa JR. Signo del Hospital de San José, una alternativa sencilla para el pivot shift para diagnóstico de inestabilidad anterolateral de la rodilla por lesión del ligamento cruzado anterior. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología* 2014 Mar;28(1):13-5.
17. Van Grinsven S, Van Cingel R, Holla C, Van Loon C. Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010 Aug;18(8):1128-1144.
18. Yabroudi MA, Irrgang JJ. Rehabilitation and return to play after anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Sports Med* 2013 Oct;32(1):165-175.
19. Zahínos JI, González C, Salinero J. Estudio epidemiológico de las lesiones, los procesos de readaptación y prevención de la lesión de ligamento cruzado anterior en el fútbol profesional. *J. sport health res* 2010 Mar;2(2):139-150.
20. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, et al. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 2003 Jan;19(1):2-12.
21. Ordahan B, Küçükşen S, Tuncay I, Sallı A, Uğurlu H. The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2015;28(3):531-7.
22. Rodríguez JG, Fraile MA, de las Peñas, César Fernández. *Terapia acuática: abordajes desde la fisioterapia y la terapia ocupacional*. 1a ed. Madrid España: Elsevier; 2015.
23. Romero-Franco N, Martínez-López E, Lomas-Vega R, Hita-Contreras F, Martínez-Amat A. Effects of proprioceptive training program on core stability and center of gravity control in sprinters. *J Strength Cond Res* 2012 Aug;26(8):2071-7.
24. Fernandes TL, Felix ECR, Bessa F, Luna N, Sugimoto D, Greve JMD, et al. Evaluation of static and dynamic balance in athletes with anterior cruciate ligament injury—A controlled study. *Clinics* 2016 Aug;71(8):425-9.
25. Owen JL, Campbell S, Falkner SJ, Bialkowski C, Ward AT. Is there evidence that proprioception or balance training can prevent anterior cruciate ligament (ACL) injuries in athletes without previous ACL injury? *Phys Ther* 2006 Oct;86(10):1436-1440.
26. Cameron MH. *Agentes físicos en rehabilitación: de la investigación a la práctica*. 3a ed. España: Elsevier España; 2013.
27. Alkatan M, Baker JR, Machin DR, Park W, Akkari AS, Pasha EP, et al. Improved function and reduced pain after swimming and cycling training in patients with osteoarthritis. *J Rheumatol* 2016 Mar;43(3):666-672.



28. Al-Qubaeissy KY, Fatoye FA, Goodwin PC, Yohannes AM. The effectiveness of hydrotherapy in the management of rheumatoid arthritis: a systematic review. *Musculoskeletal care* 2013 Mar;11(1):3-18.
29. Marinho-Buzelli AR, Rouhani H, Masani K, Verrier MC, Popovic MR. The influence of the aquatic environment on the control of postural sway. *Gait Posture* 2017 Jan; 51:70-6.
30. Kim K, Lee D, Kim E. Effect of aquatic dual-task training on balance and gait in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2016 Jul;28(7):2044-7.
31. Asimenia G, Paraskevi M, Polina S, Anastasia B, Kyriakos T, Georgios G. Aquatic training for ankle instability. *Foot & ankle Spec* 2013 Jun;6(5):346-351.
32. Dunne A, Crampton D, Egaña M. Effect of post-exercise hydrotherapy water temperature on subsequent exhaustive running performance in normothermic conditions. *J Sci Med Sport* 2013 Sep;16(5):466-471.
33. Molka AZ, Lisiński P, Huber J. Visual biofeedback exercises for improving body balance control after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci* 2015 Jul;27(7):2357-2360.
34. Podoactiva.com. [Internet]. Huesca: Podoactiva S.L. [actualizado no disponible; citado 26 abr 2017]. Disponible en: <http://www.podoactiva.com/es/plataforma-de-presiones>.
35. Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M, Khorrami M, Negahban H. Static and dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012 Nov;20(8):1603-1610.
36. Kouvelioti V, Kellis E, Kofotolis N, Amiridis I. Reliability of single-leg and double-leg balance tests in subjects with anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Res Sports Med* 2015 Mar;23(2):151-166.
37. Tarantino Ruiz F. *efisioterapia.net*. [Internet]. Valencia: Efisioterapia [actualizado 1 Nov 2004; citado 26 abr 2017]. Disponible en: <https://www.efisioterapia.net/articulos/ejercicios-propiocepcion-la-mejora-la-estabilidad-la-rodilla>.
38. Dharamsi A, LaBella C. Prevention of ACL injuries in adolescent female athletes. (ACL INJURIES). *Contemp Pediatr* 2013 Jul 1;30(7):12.

## ANEXOS

- **ANEXO I: Consentimiento informado.**

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, Don/ña \_\_\_\_\_ afirmo que he leído y comprendido la Hoja de Información al Paciente del estudio "*Influencia de programa de control motor en piscina para mejorar la estabilidad de rodilla en futbolistas con rotura de LCA operados*".

He recibido una copia de la Hoja de Información al Paciente y una copia de este Consentimiento Informado, con fecha y firma, donde se explican las características y los objetivos del estudio.

He realizado todas y cada una de las dudas que me han surgido y me han sido resueltas correctamente.

Se me ha asegurado que se guardará la confidencialidad de mis datos.

El consentimiento informado ha sido firmado y entregado de forma voluntaria, siendo consciente de que puedo retirarme del estudio en cualquier momento por cualquier razón.

Doy/ No doy mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto.

Firmo por duplicado, quedándome con una copia:

Fecha \_\_\_\_\_ Firma del participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Firma del investigador \_\_\_\_\_

Rellenar en caso de retirada en la participación en el estudio.

Mediante el presente escrito, comunico mi decisión de abandonar el proyecto de investigación en el que estaba participando: *“Influencia de programa de control motor en piscina para mejorar la estabilidad de rodilla en futbolistas con rotura de LCA operados”*.

Fecha \_\_\_\_\_ Firma del participante \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_ Firma del investigador \_\_\_\_\_

- **ANEXO II: Hoja de información al paciente.**

**Nombre del investigador principal:**

**Centro:**

**Dirección:**

**Teléfono de contacto:**

**E-mail:**

En este informe se explicará el estudio en el que se va a participar, de tal manera que, tras ser informado, decidirá si quiere participar en el estudio o no.

Su participación es voluntaria, por lo que podría abandonar el estudio en cualquier momento si lo deseara.

Al firmar este documento, verifica que ha sido informado de los riesgos que presenta el tratamiento que se va a llevar a cabo. Además, verifica que ha consultado y se le han resultado todas y cada una de las dudas que se haya planteado acerca de la evaluación, el tratamiento a realizar y los riesgos que presenten.

Usted o su representante legal, deberá firmar el consentimiento informado para que se pueda llevar a cabo dicho tratamiento.

El estudio durará 10 meses, en las que tendrá que acudir de cuatro días a la semana a realizar tratamiento habitual y tres días a la semana tratamiento en piscina. Las mediciones se realizarán antes y después del tratamiento.

Todo el tratamiento y las mediciones se realizarán en la Ciudad deportiva del Real Madrid.

El procedimiento del estudio será el siguiente:

## **VALORACIÓN.**

- **Medición de la variable Xmedia:**

Para medir la variable Xmedia, se utilizará una plataforma de presiones, en la cual el futbolista deberá colocarse en apoyo monopodal, y se medirá la distancia que recorre el centro de gravedad en el eje x (plano frontal).

- **Medición de la variable Ymedia**

Para medir la variable Ymedia, se utilizará una plataforma de presiones, en la cual el futbolista deberá colocarse en apoyo monopodal, y se medirá la distancia que recorre el centro de gravedad en el eje y (plano sagital).

- **Medición de la variable SB:**

Para medir la variable SB, se utilizará una plataforma de presiones, en la cual el futbolista deberá colocarse en apoyo monopodal, y se medirá la superficie que recorre el centro de gravedad.

## **TRATAMIENTO.**

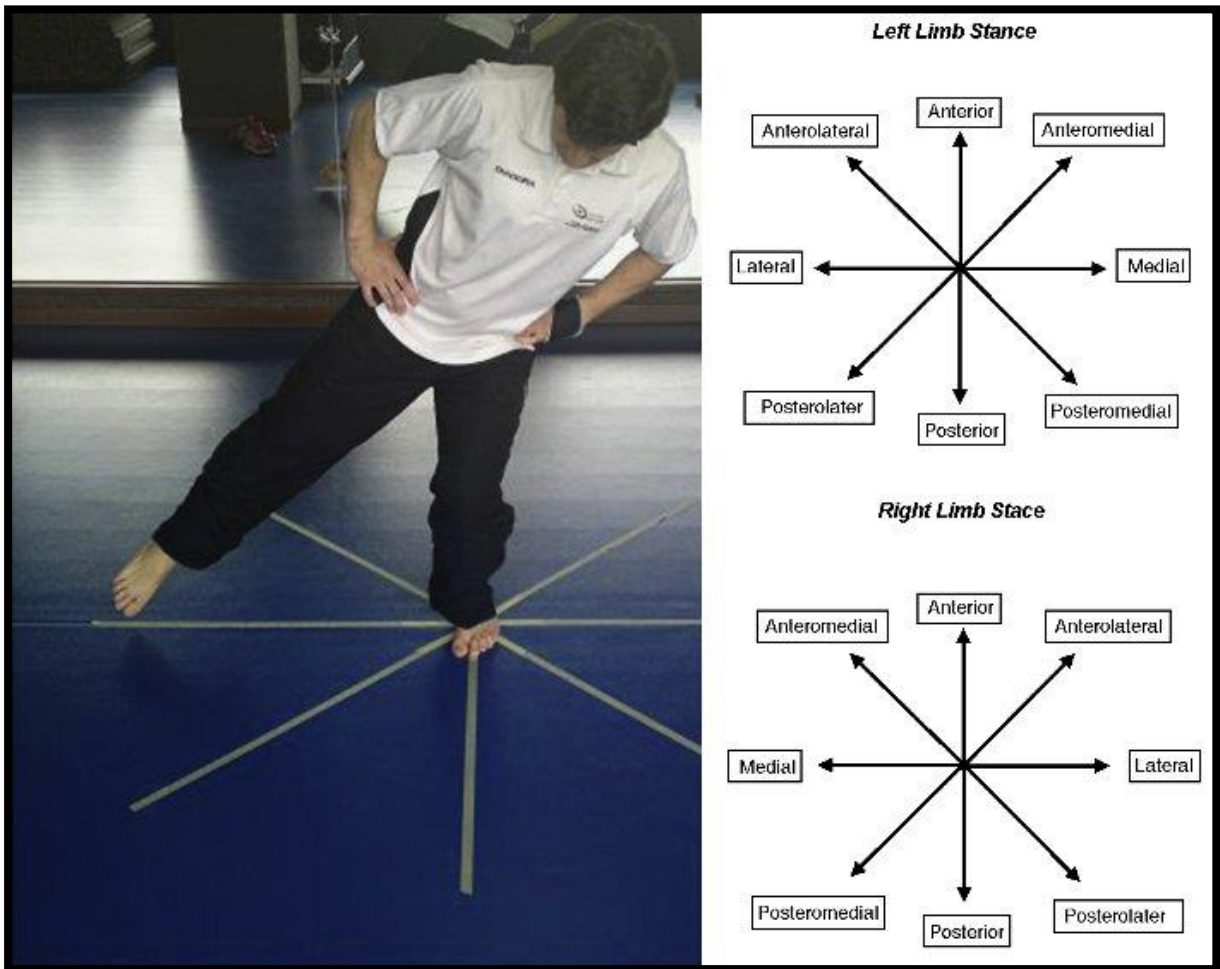
El tratamiento consistirá en combinar un programa de control moto en piscina junto con tratamiento habitual, para trabajar la propiocepción de rodilla en pacientes que han sufrido rotura del LCA. Todas las técnicas utilizadas presentan evidencia en las variables que se van a medir.

El objetivo del estudio consiste en aplicar un programa de control motor en piscina junto con tratamiento habitual para mejorar la estabilidad de rodilla en futbolistas que han sufrido rotura del LCA.

La participación en este estudio no supone ningún tipo de riesgo para su salud, aunque el trabajo en agua tratada por cloración, podría ser dañino a nivel de piel y ojos en caso de alergias o de reacciones químicas al Cloro.

El tratamiento, la comunicación y la cesión de datos de carácter personal se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal, por lo que usted puede acceder, modificar, oponerse y/o cancelar los datos del estudio.

- ANEXO III: Estrella SEBT.



- **ANEXO IV: Protocolo de mediciones.**

#### **PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE XMEDIA**

Se realizarán tres mediciones pre y post tratamiento. El paciente se colocará en apoyo monopodal de la pierna afectada, sobre la plataforma de presiones.

La rodilla deberá estar en una ligera flexión de unos 30°, y le pediremos al paciente que aguante sobre la plataforma 30". Realizará descansos de 1 minuto entre las repeticiones.

Al final se realizará una media de los valores de las tres repeticiones y hallaremos su desviación típica.

Lo valores que sacaremos será el recorrido que realiza el centro de gravedad del paciente en el eje X (plano frontal). El valor se medirá en mm.

#### **PROTOCOLO DE MEDICIÓN DE YMEDIA**

Se realizarán tres mediciones pre y post tratamiento. El paciente se colocará en apoyo monopodal de la pierna afectada, sobre la plataforma de presiones.

La rodilla deberá estar en una ligera flexión de unos 30°, y le pediremos al paciente que aguante sobre la plataforma 30". Realizará descansos de 1 minuto entre las repeticiones.

Al final se realizará una media de los valores de las tres repeticiones y hallaremos su desviación típica.

Lo valores que sacaremos será el recorrido que realiza el centro de gravedad del paciente en el eje Y (plano sagital). El valor se medirá en mm.

#### **PROTOCOLO DE MEDICIÓN SB**

Se realizarán tres mediciones pre y post tratamiento. El paciente se colocará en apoyo monopodal de la pierna afectada, sobre la plataforma de presiones.

La rodilla deberá estar en una ligera flexión de unos 30°, y le pediremos al paciente que aguante sobre la plataforma 30". Realizará descansos de 1 minuto entre las repeticiones.

Al final se realizará una media de los valores de las tres repeticiones y hallaremos su desviación típica.

Lo valores que sacaremos es la superficie del recorrido que realiza el centro de gravedad del paciente. El valor se medirá en mm<sup>2</sup>.

- ANEXO V: Hoja recogida de datos.

Nombre del jugador:

Edad:

Número de teléfono:

E-mail:

Equipo:

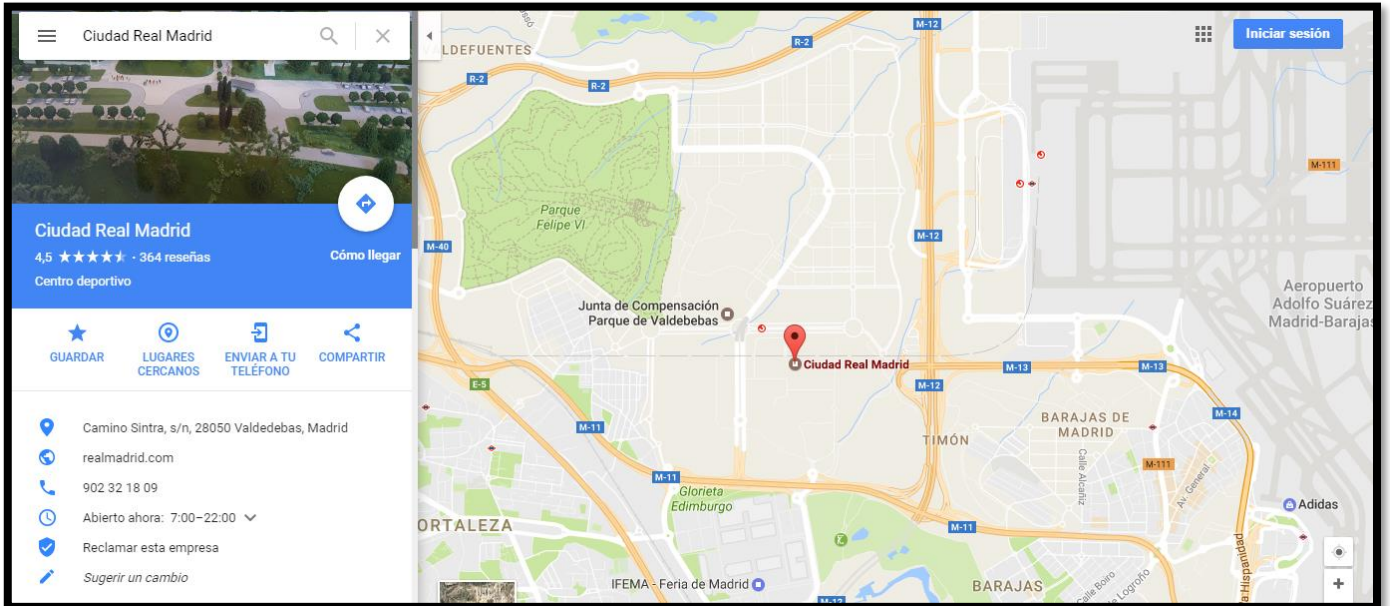
Posición en el campo:

| Tabla recogida de Datos Grupo Control |                       |        |    |                        |        |    |
|---------------------------------------|-----------------------|--------|----|------------------------|--------|----|
| Mediciones                            | Datos pre-tratamiento |        |    | Datos post-tratamiento |        |    |
|                                       | Xmedia                | Ymedia | SB | Xmedia                 | Ymedia | SB |
| Medición 1                            |                       |        |    |                        |        |    |
| Medición 2                            |                       |        |    |                        |        |    |
| Medición 3                            |                       |        |    |                        |        |    |

| Tabla recogida de Datos Grupo Experimental |                       |        |    |                        |        |    |
|--|-----------------------|--------|----|------------------------|--------|----|
| Mediciones                                 | Datos pre-tratamiento |        |    | Datos post-tratamiento |        |    |
|  | Xmedia                | Ymedia | SB | Xmedia                 | Ymedia | SB |
| Medición 1                                 |                       |        |    |                        |        |    |
| Medición 2                                 |                       |        |    |                        |        |    |
| Medición 3                                 |                       |        |    |                        |        |    |



- ANEXO VI: Ubicación del centro donde se realiza el estudio



- **ANEXO VII: Calculadora de cálculo muestral GRAMNO.**



**Calculadora de Tamaño muestral GRAMMO**  
Versión 7.12 Abril 2012

Català | Castellano | English

**Medias : Dos medias independientes**

Riesgo Alfa:  0.05  0.10  Otro

Tipo de contraste:  unilateral  bilateral

Riesgo Beta:  0.20  0.10  0.05  0.15  Otro

Razón entre el número de sujetos del grupo 1 respecto del grupo 2:

Desviación estándar común:

Diferencia mínima a detectar:

Proporción prevista de pérdidas de seguimiento:

calcula

✖ Limpia resultados
✖ Limpia todo
📄 Selecciona todo
🖨 Imprimir

Proporciones +

Medias -

Dos medias independientes

Medias apareadas (repetidas en un grupo)

Observada respecto a una de Referencia

Medias apareadas (repetidas en dos grupos)

Estimación Poblacional

Análisis de la varianza

Potencia de un contraste

Otras +

Desarrollado por: [Jaume Marrugat](#)  
Mantenido por: [Joan Vila](#)  
Adaptación web: [Antaviana](#)

Los autores no se hacen responsables de las consecuencias de su uso.

Program of Research in Inflammatory and Cardiovascular Disorders

Institut Municipal d'Investigació Mèdica, Barcelona, Spain






Institut Hospital del Mar d'Investigacions Mèdiques

FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL "Una manera de hacer Europa"

Red HERACLES de investigación cardiovascular

