



Universitat de Lleida

Nuevas aplicaciones tecnológicas en el deporte: realidad y necesidad

Alberto Soto Fernández

<http://hdl.handle.net/10803/672405>



Nuevas aplicaciones tecnológicas en el deporte: realidad y necesidad està subjecte a una llicència de [Reconeixement-SenseObraDerivada 4.0 No adaptada de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Les publicacions incloses en la tesi no estan subjectes a aquesta llicència i es mantenen sota les condicions originals.

(c) 2021, Alberto Soto Fernández



Universitat
de Lleida

TESIS DOCTORAL

Nuevas aplicaciones tecnológicas en el deporte: realidad y necesidad

Alberto Soto Fernández

Memoria presentada para optar al título de Doctor por la Universidad de Lleida

Programa de Doctorado en Actividad Física y Deporte

Directores

Dr. Oleguer Camerino Foguet

Dra. Marta Castañer i Balcells

2021

Porque no hay instantes vacíos,
haz de tu vida un sueño,
y del sueño una realidad.

A mis compañeras de vida, Ilona y Ariadna.

Gracias por conseguir que viva este sueño.

Ilona, este es otra que va a nuestra *bucket list!*

Agradecimientos

Siempre me he considerado un bicho raro. Aún recuerdo aquel día que pude empezar la carrera universitaria que quise hacer desde pequeño. Abandoné todo con 28 años para empezar mi segunda carrera en Lleida. De hecho, a todo el mundo le parecía que tener la carrera de Informática y empezar a estudiar Ciencias del Deporte era que no tenía las cosas claras. Pero no es así, recuerdo el primer día de la clase de biomecánica, en donde todo hizo CLACK. Y recuerdo aquel día en que un profesor mandaba parar la clase en la que estaba. Un alumno tocaba la puerta, interrumpía la clase y preguntaba: perdonad, ¿está aquí el informático? Acto seguido me levantaba con permiso del profesor y entraba a una clase en la que, cuando solucioné el problema, todo el mundo aplaudió. Me puse rojo como un tomate.

En la vida tenemos mucho que agradecer, de hecho, tenemos *todo* que agradecer. Porque sólo somos lo que somos gracias a las personas que nos rodean y, en este sentido, mi primer agradecimiento va a mis grandes compañeros, tutores y directores de tesis Dr. Oleguer Camerino y la bellísima persona y gran profesional Dra. Marta Castañer. No sólo habéis sido los mejores directores que pudiera imaginar, sino que sois un ejemplo de vida, de alegría y de esfuerzo. Os habéis convertido en grandes amigos que no han cesado de enseñarme a vivir ni un sólo momento. Gracias por abrirme los brazos y ser todo un ejemplo. Y sí, aquel profesor que pedía el informático era Ole. Sin ellos, no hubiera podido acabar la carrera. Siempre me habéis empujado a dar un paso adelante a límites insospechados.

En otro momento, durante un Congreso tuvimos un encuentro fortuito con nuestro gran enemigo: la cerveza. Aún recuerdo estar sentado con Dra. M^a Teresa Anguera, Dr. Xavier Iglesias, Dra. Silvia Puigarnau, Dra. Marta Castañer y Dr. Oleguer Camerino, entre otros. Me encontré con el gran problema de afirmar que podía hacer algo mucho mejor de cómo estaba hecho y que debía ser fácil, hablando de la conocida versión de Lince. ¡Gran error! No ha sido nada fácil, pero gracias a vosotros he podido cumplir mi gran sueño de hacer una tesis y crear un gran proyecto innovador.

M^a Teresa, este es tu fruto. Todos nosotros somos resultado de tu esfuerzo constante de vida. Eres un ejemplo de pasión por la ciencia y por la mejora continua. El mundo es mejor lugar con personas como tú.

Xavi, me encanta lo rápido que funciona ese cerebro. Eres el motor del inicio de este proyecto y de mil ideas que emanan de tu mente. Me has empujado y ayudado en todo momento y has sido el precursor de este proyecto que casi me rompe el cerebro. Por muchas reuniones más de ideas locas y por una felicidad que es merecida.

Silvia, tengo mucho que agradecerte, por ser compañera de piso, una gran amiga, ayudarme tanto a acabar la carrera que tanto me costó, y por ser tan parecida a mí, porque, aunque no te lo creas, eres un ejemplo de lucha, sigue siendo tan grande.

Al INEFC de Lleida y de Barcelona, por permitir este proyecto y ayudarme a empezarlo. Ya hemos llegado a 12.000 usuarios y esto no para de crecer. A todos los usuarios y universidades que han pedido a gritos mejoras en LINCE PLUS, aunque os ponga verde a ratos. A Magnolia Enterprises, de la mano de Miguel Abreu y Angélica Sanz, por motivarme con esos concursos nacionales de Magnolia Community del que LINCE PLUS

pudo demostrar su potencial. A Rosa Rodríguez Arregui, del INEFC de Lleida, por ayudarme durante mi beca. A Joan Antoni Prat Subirana, por empujarme a ser profesor y a luchar por mi espacio, eres un gran ejemplo. A Kike Lacasa por enseñarme como ser un super motivado y vivir con tanta energía.

A Ismael Uali y a Xavi Marroig, mis compañeros profesionales de la Federación de Piragüismo de las Islas Baleares por vuestro apoyo indiscriminado desde el primer momento y ser mi ladito INEFC en la vida. Esos cerebros carburan a otro nivel, son bellísimas personas y excelentes profesionales.

Tengo muchísimas personas a las que agradecer, pero todo esto no sería nada si no tuviera a las personas más cercanas que me dan fuerzas en la vida, porque este camino ha sido mucho más largo de lo esperado. De medio año de previsión hemos pasado a 4 años de desarrollo, y para cumplir con eso necesitas gente cerquita que te quiera mucho.

Por eso tengo que aclarar que esta tesis tiene la energía de mis compañeras de vida, venidas de los mundos élficos de Letonia: Ilona y Ariadna. Ilona, gracias por hacerme creer en mí siempre, por cambiar mi vida y, como he dicho antes, por permitir que viva en un sueño. Juntos estamos consiguiendo todo lo que nos proponemos y eso es suerte, pero fruto del esfuerzo. Gracias por ser plena esencia de ese hilo que nos une y por hacer que nuestra pequeña *savi* aparezca en nuestras vidas. Eres vida y juntos tenemos muchas aventuras que conseguir. Espero que terminemos nuestro otro gran libro: the bucket list.

A Ariadna, esa pequeñaja que acaba de llegar. Cuando leas esto podrás entender que has sido motivo de acabar todo lo rápido que he podido esta tesis. No sólo viniste al mundo cuando te lo pedí, sino que me empujas a hacer cosas increíbles, *savi*. Prepárate, porque quiero descubrir el mundo contigo.

A mi padre, Francisco, y a mi madre, Manoli, por darme vida y dejar que conozca a Ilona. Es un placer poder cerrar los ojos, pensar en vosotros y sonreír. Gracias por vuestra infinita ayuda. A mis hermanas, Isa, Mae y Sandra, porque habéis estado cuidando de mi desde pequeño, aunque os lo pasarais bien dándome miedo. A mis sobrinos, porque me obligáis a motivaros continuamente. Luismi, Paula, Javi, Odi, Victor y Ana. Tengo mucho que agradecer, pero eso es en persona y durante toda una vida. Os quiero cerca.

A Xow, porque no tengo palabras para expresar lo que son más de ¿34? años de amistad y apoyo incondicional. Espero estar a la altura que te mereces siempre. Gracias Dan. Eres como un hermano, sin el como.

A tētis un mamma, mana saulīte está aquí gracias a vosotros, siempre seréis muy importantes en mi vida y le dais el toque élfico que necesita.

Tengo tanto que agradecer y a tantas personas. Ser profesor te permite contactar con muchísimas personas que te dan una fuerza enorme y te apoyan continuamente, y siempre he tenido grandes profesionales que me han apoyado: Aina Gayà, la super dire, porque siempre me has dejado escaquearme para doctorar. Miquel Àngel Cabot por permitiéndome labrar mi trayectoria profesional, a todos mis compañeros de informática y, en especial, a Benjie y mi gran compañera desde el año 2000, Aina Fonolleras, por dar siempre esas fuerzas. Trabajar así es muy sencillo. A Digital Enterprises, Edwin y Nienke, por permitirme el trabajo en remoto, y a Cris por motivarme a acabar lo antes posible.

Me dejo muchísima gente a la que agradecer, pero, de verdad, que las siguientes 400 páginas tienen otro objetivo. Espero que lo podáis disfrutar tanto como yo, de todo corazón.

Bahía Grande, a 27 de abril de 2021

Resum

Existeixen indicadors que mostren una relació directa entre la inversió realitzada en la recerca esportiva i l'obtenció de resultats en competicions esportives, com poden ser els Jocs Olímpics. Aquesta inversió en recerca esportiva estarà cada vegada més condicionada cap a l'ús de les últimes innovacions tecnològiques que siguin d'aplicació en l'activitat física i de l'esport, factor que pot tenir un element diferenciador en les pròximes Olimpíades de Tokio.

Tenint en compte que volem facilitar l'èxit esportiu a partir de la recerca esportiva, tindrem en tot moment l'objectiu de generar una eina d'aplicació tecnològica per a les ciències de l'activitat física i l'esport que permeti ser un canal de millora en la recerca i que pugui ser utilitzada per qualsevol científic i professional de l'esport. Per a poder crear aquesta eina, farem una anàlisi profunda d'estudis científics relacionats amb l'ús de la tecnologia en les ciències de la activitat física i de l'esport així com l'estudi del comportament humà.

En la recerca de les bases que necessitem i, per a poder entendre que necessitats existeixen en l'àmbit científic, realitzem una anàlisi exhaustiva de la realitat del sector esportiu. Per a conèixer l'ús de la tecnologia fins ara, cercarem en multitud d'estudis que aporten innovació i aplicació de la última tecnologia, obtenint com a resultat un esquema conceptual de la tecnologia esportiva en totes les àrees relacionades amb l'activitat física i l'esport fins al moment. Una vegada hem definit el nostre entorn de treball i com són les diverses formes d'utilització de la tecnologia, procedirem a analitzar les necessitats actuals en l'àmbit investigador, realitzant una aproximació a les ciències de l'esport i, en conseqüència, detectant les necessitats del científic del sector de l'activitat física i de l'esport. A partir d'aquestes necessitats podrem començar a desenvolupar la nostra eina.

En conseqüència, fonamentant l'objectiu que tenim en tot moment de crear una aplicació tecnològica que faciliti la recerca, desenvoluparem cadascuna de les necessitats que trobam i, després de diversos anys d'esforç, generam LINCE PLUS, un programari gratuït de recerca observacional sistemàtica que permetrà incloure noves tendències com son la intel·ligència artificial, la interacció web amb qualsevol mena de dispositiu mòbil, el treball col·laboratiu entre diversos científics, la integració de dades de sensors i IoT, així com la utilització de càlculs estadístics complexos, integrant el compilador de llenguatge R dins de l'aplicació i generant com a resultat una aplicació informàtica gratuïta i de codi obert a la comunitat, que esperem que pugui facilitar el desenvolupament de la recerca en l'àmbit del comportament humà sent una eina que cobreixi totes les necessitats de cadascuna de les fases de la recerca per a l'activitat física i l'esport i l'anàlisi del comportament humà.

Paraules clau: Transformació Digital; Observació conductual; Aplicacions tecnològiques per a l'esport; Programari estadístic; Llenguatge R; Java; Video

Resumen

Existen indicadores que denotan una relación directa entre la inversión realizada en la investigación deportiva y la obtención de resultados en competiciones deportivas, como pueden ser los Juegos Olímpicos. Dicha inversión en investigación deportiva estará cada vez más condicionada hacia el uso de las últimas innovaciones tecnológicas de aplicación en la actividad física y del deporte, factor que puede tener un elemento diferenciador en las próximas Olimpiadas de Tokio.

Teniendo en cuenta que queremos facilitar el éxito deportivo a partir de la investigación deportiva, tenemos el objetivo de generar una herramienta de aplicación tecnológica para el deporte que permita ser un canal de mejora en la investigación y que pueda ser utilizada por cualquier científico y profesional del deporte. Para poder crear esta herramienta, nos basaremos en un análisis profundo de estudios científicos relacionados con el uso de la tecnología en el deporte y en el comportamiento humano.

En la búsqueda de las bases que necesitamos y, para poder entender que necesidades existen en el ámbito científico, realizamos un análisis exhaustivo de la realidad del sector deportivo. Para conocer como se está utilizando la tecnología hasta el momento, buscaremos en multitud de estudios que aportan innovación y alcance de aplicación de la tecnología, obteniendo como resultado un esquema conceptual de la tecnología deportiva en todas las áreas relacionadas con la actividad física y el deporte hasta el momento. Una vez hemos definido nuestro entorno de trabajo y como son las diversas formas de utilización de la tecnología procederemos a analizar las necesidades actuales en el ámbito investigador, realizando una aproximación a las ciencias del deporte y, en consecuencia, detectando las necesidades del científico del sector de la actividad física y del deporte. A partir de dichas necesidades podremos empezar a desarrollar nuestra herramienta.

En consecuencia, fundamentando el objetivo que tenemos en todo momento de crear una aplicación tecnológica que facilite la investigación, desarrollamos cada una de las necesidades que encontramos y, tras diversos años de esfuerzo, generamos LINCE PLUS, un software gratuito de investigación observacional sistemática que permitirá incluir nuevas tendencias como inteligencia artificial, la interacción web con cualquier tipo de dispositivo, el trabajo colaborativo entre varios científicos, la integración de datos de sensores e IoT, así como la utilización de paquetes estadísticos complejos, integrando el compilador de lenguaje R dentro de la aplicación y generando como resultado una aplicación informática gratuita y de código abierto a la comunidad, que esperamos que pueda facilitar el desarrollo de la investigación en el ámbito del comportamiento humano siendo una herramienta que satisfzca todas necesidades de cada una de las fases de la investigación para la actividad física y el deporte y el análisis del comportamiento humano.

Palabras clave: Transformación Digital; Observación conductual; Aplicaciones tecnológicas para el deporte; Software Estadístico; Lenguaje R; Java; Tratamiento de vídeo

Abstract

There are indicators that point to a direct relationship between the investment made in sports research and the results obtained in competitions, such as in the Olympic Games. This investment in sports research will be increasingly conditioned towards the use of the latest technological innovations for application in physical activity and sport, a factor that may have a differentiating element in the next Tokyo Olympics.

Bearing in mind that we want to facilitate success based on sports research, we have the goal of generating a technological application tool for sports science, creating a channel for improvement in research, and obtaining a tool that can be used by any scientist or sports professional. In order to create this tool, we will study on an in-depth analysis of scientific papers related to the use of technology in sport and human behavior.

In order to understand what needs exist in the scientific field and searching the resources and requirements we need, we carry out an exhaustive analysis of the reality of the sports sector. To find out how technology is being used so far, we will search a multitude of studies that provide innovation and scope of application of the technology, obtaining as a result a complete conceptual scheme that relates the use of technology in all the areas that are related to physical activity and the sport so far. Once we have defined our work environment and how this workflow is being build with the various forms of the technology use, we will proceed to analyze the current needs in the research field, making an approach to sports sciences and, consequently, detecting the needs from the scientist in the field of physical activity and sport. From these needs we can begin to develop our tool.

Consequently, based on the main goal we have set, which is the creation of a technological application that facilitates research, we develop each of the requirements which we've found and, after several years of effort, we've generated LINCE PLUS, a free systematic observational research software that will allow us to include new trends such as artificial intelligence, web interaction with any type of device, collaborative work between several scientists, integration of sensor data and IoT, as well as the use of complex statistical packages, integrating the R language compiler within the application and generating as a result a free and open source computer application to the community, which we hope it can facilitate the development of research in the field of human behavior, being a tool that satisfies all needs of each of the phases of research for the physical activity and sports and creating a tool that be used in the analysis of human behavior.

Keywords: *Digital Transformation; Behavioral observation; Technological applications for sports; Statistical Software; R Language; Java; Video analysis*

Índice de contenido

Agradecimientos.....	viii
Resum	xii
Resumen	xiii
Abstract	xiv
Índice de contenido	xvi
Índice de figuras	xxii
Índice de tablas	xxvi
Introducción	28
Objetivos	29
Parte I. Marco teórico.....	32
Capítulo 1. Aproximación al desarrollo tecnológico del deporte	36
1.1 Antecedentes.....	38
1.2 Factores que afectan al desarrollo de la tecnología en el deporte	44
1.3 La aplicación tecnológica en el sector deportivo	47
1.3.1 Terminología.....	47
1.3.2 Aspectos que determinan una aplicación tecnológica para el deporte	48
1.3.3 Aproximación inicial al uso de la tecnología en diferentes ámbitos del deporte	51
1.3.4 Concreción de los desarrollos tecnológicos en los ámbitos del deporte	61
1.4 Marco resultante del desarrollo tecnológico en el deporte	93
Capítulo 2. Software y hardware para la optimización de la actividad física y del deporte	98
2.1 El desarrollo de dispositivos físicos o hardware en el deporte	102
2.1.1 Materiales.....	102
2.1.2 Sensores.....	106
2.1.3 Instrumentación tecnológica para el deporte	112
2.2 El desarrollo de aplicaciones informáticas o software en el deporte	121
2.2.1 Relación entre las fases de desarrollo del software y las fases de investigación en deporte	121
2.2.2 Terminología de las nuevas aplicaciones informáticas	124
2.2.3 Aplicaciones informáticas videográficas para deporte	132
2.2.4 Aplicaciones informáticas no videográficas para el deporte	140
2.3 La industria 4.0 y como se comparten los datos.....	147
2.3.1 La importancia de la comunicación entre hardware y software.....	148
2.3.2 Resumen de las tecnologías utilizadas para la transmisión de la información	151
2.4 Conclusión	153
Capítulo 3. Necesidades tecnológicas en la observación del deporte	158

3.1	Los datos en el ámbito de la actividad física y del deporte.....	162
3.1.1	Introducción al proceso de investigación	162
3.1.2	La visión sistémica como concepto integrador de las ciencias en el deporte.....	166
3.1.3	La integración de métodos cuantitativos y cualitativos a partir de <i>Mixed-Methods</i>	174
3.2	Estado actual de las aplicaciones observacionales para el deporte.....	180
3.2.1	Las utilidades existentes en la observación conductual del deporte.....	180
3.3	Requerimientos o necesidades de una aplicación tecnológica en el deporte para la investigación observacional.....	188
3.3.1	Requerimientos funcionales de una aplicación para la investigación observacional en el deporte	189
3.3.2	Requerimientos no funcionales para un análisis observacional mixto	193
3.4	Conclusiones	202
Parte II. Marco empírico		210
Capítulo 4. Análisis de mercado y desarrollos previos.....		214
4.1	Herramientas videográficas para la observación conductual del deporte.....	218
4.1.1	Aplicaciones de análisis observacional directo	219
4.1.2	Aplicaciones específicas para el cálculo de resultados	228
4.2	El software de observación conductual Lince	232
4.2.1	El origen de la aplicación	232
4.2.2	Interfaz de usuario.....	233
4.2.3	Aspectos técnicos del software	235
4.2.4	Necesidades del aplicativo.....	236
4.3	Necesidades tecnológicas de los programas analizados.....	238
Capítulo 5. Análisis de los requerimientos del sistema base.....		240
5.1	Conversión de requerimientos funcionales a “historias de usuario”	242
5.1.1	Quiero importar datos varias veces sin problema	243
5.1.2	Quiero usarla en todas las fases de la investigación.....	244
5.1.3	Quiero usar varios vídeos simultáneos	244
5.1.4	Quiero varios observadores en el proyecto.....	244
5.1.5	Quiero registrar cualquier tipo de dato	245
5.1.6	Quiero hacer cualquier diseño observacional	245
5.1.7	Quiero aplicar cualquier cálculo científico.....	245
5.1.8	Quiero que los datos y todos los cálculos sean en tiempo real	246
5.2	Conversión de requerimientos no funcionales a historias de usuario	247
5.2.1	Quiero usarla desde el móvil, Tablet (o cualquier dispositivo)	247
5.2.2	Quiero usarla con vídeos en directo o en diferido.....	248
5.2.3	Quiero usar partes de una investigación previa	248
5.2.4	Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez.....	248
5.2.5	Quiero que el programa detecte movimiento con Inteligencia Artificial.....	249

5.2.6	Quiero que el sistema haga el análisis por sí sólo y que aprenda.....	249
5.2.7	Quiero añadir sensores al experimento.....	249
5.3	Síntesis del análisis de los requerimientos	251
Capítulo 6. Arquitectura de la aplicación informática en tiempo real para el deporte		252
6.1	La agrupación de historias de usuario como módulos de aplicación	256
6.2	Características del módulo de interfaz de usuario.....	259
6.2.1	Solución arquitectónica relacionada con la interfaz.....	260
6.2.2	La interfaz web como ejemplo de solución práctica.....	260
6.2.3	Stack tecnológico para la capa de presentación.....	261
6.3	Características del módulo de integración.....	263
6.3.1	Tratamiento de los datos.....	264
6.4	Características del módulo de cálculo estadístico	266
6.4.1	Aproximaciones posibles de nuestra aplicación en el cálculo de resultados.....	267
6.5	Características del módulo de tratamiento de vídeo.....	269
6.5.1	Análisis de las incompatibilidades de los sistemas existentes	269
6.5.2	Características de las implementaciones existentes.....	271
6.5.3	Solución propuesta para el problema arquitectónico a partir de PoC.....	273
6.6	Características del módulo principal de la aplicación	275
6.6.1	Complejidades de los requerimientos del usuario pendientes de analizar	275
6.6.2	Soluciones arquitectónicas para el módulo principal	276
6.7	Características de distribución y empaquetado de la aplicación	281
6.8	Conclusiones sobre la arquitectura de la aplicación	284
Capítulo 7. Implementación de LINCE PLUS.....		286
7.1	Conceptos tecnológicos de interés que aporta LINCE PLUS a la comunidad investigadora.....	290
7.1.1	El desarrollo de una aplicación de escritorio con arquitectura cliente-servidor.....	291
7.1.2	La utilización de varios vídeos simultáneos	294
7.1.3	El cálculo de resultados desde LINCE PLUS.....	301
7.1.4	La interfaz gráfica de LINCE PLUS	306
7.1.5	Conclusiones sobre los conceptos tecnológicos más relevantes	312
7.2	Aspectos esenciales del desarrollo de la aplicación.....	313
7.2.1	La generación continua de prototipos externos a la aplicación.....	313
7.2.2	El desarrollo de código en abierto y empezar con un proyecto de referencia	315
7.2.3	Los acuerdos de colaboración con empresas	316
7.2.4	La participación y consecución de premios en concursos de programación	317
7.2.5	El feedback de la comunidad investigadora	318
7.3	Problemas encontrados durante la implementación de LINCE PLUS.....	320
7.3.1	El tiempo invertido en el desarrollo de prototipos y pruebas de concepto	320

7.3.2	Los problemas de compatibilidad entre diversos sistemas	322
7.3.3	La inversión temporal requerida para el soporte a la comunidad	323
7.3.4	Los problemas tecnológicos derivados de la evolución de las plataformas.....	324
7.4	Validación del desarrollo de LINCE PLUS con las historias de usuario	326
7.4.1	Evaluación de las historias de usuario	326
7.4.2	Valoración de las historias de usuario relacionadas con aspectos visuales	327
7.4.3	Valoración de las historias de usuario para la integración de aplicaciones	327
7.4.4	Valoración de las historias de usuario para el cálculo de resultados.....	328
7.4.5	Valoración de las historias de usuario para el tratamiento de la imagen	329
7.4.6	Valoración de las historias de usuario para la mejora de la experiencia	330
7.4.7	Resultado de la valoración de las historias de usuario	331
7.4.8	El análisis de resultados a partir de la experiencia de usuario	332
7.5	Conclusiones sobre el desarrollo de la aplicación.....	334
Parte III. Resultado		338
Capítulo 8. Extensión y uso de la plataforma		342
8.1	Fases de implantación de LINCE PLUS	346
8.2	Proceso de obtención de datos para calcular la usabilidad de LINCE PLUS	348
8.2.1	La privacidad en la obtención de datos	348
8.3	Extensión y uso de LINCE PLUS	350
8.3.1	Distribución geográfica de los usuarios	352
8.4	Impacto sobre la comunidad investigadora.....	354
8.5	Conclusiones sobre la extensión de la plataforma.....	356
Capítulo 9. Casos de uso		358
9.1	Prestaciones o funcionalidades de LINCE PLUS	361
9.2	Tipologías de trabajo con LINCE PLUS.....	363
9.2.1	Observación y registro por diferentes observadores.....	363
9.2.2	Concordancia entre observadores.....	364
9.2.3	Muestreo observacional y visualización	364
9.2.4	Variabilidad/constancia de las dimensiones.....	365
9.3	Ejemplificaciones y casos de uso	366
9.3.1	Generación de estudios observacionales (observación directa) para un único observador.....	366
9.3.2	Generación de estudios observacionales (observación directa) para varios observadores.	366
9.3.3	Estudios observacionales en tiempo real con apoyo de un analista de datos o estadístico.....	367
9.3.4	Estudios observacionales facilitando la división del trabajo.....	367
9.3.5	Estudios observacionales con muestreo intersesional	367
9.4	Premisas de configuración que deben tenerse en cuenta en LINCE PLUS	369
9.5	Conclusiones sobre los casos de uso	370

Capítulo 10. Discusión	374
10.1 Aproximación al objetivo de una ATD-TR	378
10.1.1 El concepto ATD-TR	378
10.1.2 Una ATD-TR como concepto integrador	378
10.2 Necesidades del sector investigador en las ciencias de la actividad física y del deporte.....	380
10.3 LINCE PLUS como respuesta a la comunidad investigadora	381
10.4 Análisis de casos de éxito de ATD-TR incentivadas desde la iniciativa universitaria.....	382
Capítulo 11. Conclusiones	384
11.1 Estado actual de LINCE PLUS.....	388
11.2 Vías futuras de investigación	389
11.2.1 Lince Web o Lince Cloud.....	390
11.2.2 Lince Mobile	391
11.3 LINCE PLUS: un desarrollo de gran valor para la comunidad	392
Capítulo 12. Limitaciones y prospectiva de futuro.....	394
12.1 Repositorio de código público	398
12.2 Página web de proyecto	400
12.3 Sistema de tickets de usuario y asistencia remota	401
12.4 Canal de Youtube.....	402
12.5 Aclaraciones sobre el soporte a la comunidad	403
12.6 Prospectiva de futuro	406
Parte IV. Anexos	408
Anexo I. Manual de uso básico.....	412
Anexo II. Artículo: LINCE PLUS, Research Software for Behavior Video Analysis	434
Anexo III. Artículo: Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS.....	442
Anexo IV. Artículo - LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health (en revisión).....	462
LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health	464
Abstract.....	464
Introduction	465
LINCE PLUS, a methodological challenge	465
LINCE PLUS functionalities	466
LINCE-PLUS features.....	471
Technological overview.....	472
Conclusions	473
Limitations and future prospective	474
Acknowledgments.....	474
References	475
Bibliografía	480

Webgrafía 514

Índice de figuras

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA Y SU DESPLIEGUE EN DIFERENTES ÁMBITOS DEL DEPORTE BASADAS EN EL TADAR (CSD, 2008) CON LA INCLUSIÓN DE: LA OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA, EL CONCEPTO IOT (INTERNET OF THINGS) Y SOCIAL WEB.....	40
FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS EN LOS DIFERENTES ÁMBITOS DEPORTIVOS (MARINHO ET AL., 2018, P. 3-5)	42
FIGURA 3. ENTORNO GENERADO POR LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DEPORTIVA HACIA LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS ADAPTADO DE ORTEGA ET AL., (2018).....	45
FIGURA 4. ELEMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES APLICACIONES TECNOLÓGICAS APLICADAS AL DEPORTE POR ÁREA DE INTERÉS.	46
FIGURA 5. ÁMBITOS DE APLICACIÓN PARA EL DEPORTE ADAPTADO DE CASTARLENAS Y DURÁN. (1993)	48
FIGURA 6. ELEMENTOS DE LA APLICACIÓN TECNOLÓGICA AL DEPORTE POR GÁMEZ ET AL. (2013)	50
FIGURA 7. AMPLIACIÓN DE LOS ELEMENTOS QUE CONFIGURAN LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS PARA EL DEPORTE	51
FIGURA 8. POTENCIÓMETRO <i>SPEED CAMPAGNOLO</i> DE SRM CON UN PRECIO DE MERCADO DE 2139 EUR SEGÚN LA WEB DE SRM OFICIAL (HTTP://WWW.SRM.DE, AGOSTO, 2019)	52
FIGURA 9. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE INTERPRETACIÓN 3D DE VICON EN EL ESTUDIO DE SU FIABILIDAD (MERRIAUX ET AL., 2017).	56
FIGURA 10. SENSOR ADIDAS MICOACH SMARTBALL Y ACELERÓMETRO EN SU INTERIOR EXTRAÍDO DE LA PUBLICACIÓN DE STONE ET AL. (2019)	58
FIGURA 11. RESUMEN CONCEPTUAL ACTUALIZADO DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS SEGÚN EL LIBRO TADAR (CSD, 2008)	60
FIGURA 12. SISTEMA EMOTIV PARA EL ANÁLISIS DE EMOCIONES Y ONDAS CEREBRALES	63
FIGURA 13. DIVERSAS CONFIGURACIONES DEL ACELERÓMETRO DE TECHNOGYM EN FORMATO PULSERA O LLAVE DE USO DE USO EN GIMNASIOS	66
FIGURA 14. SÍNTESIS DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS EN EL ENTORNO DE SALUD	67
FIGURA 15. VARIABLES CONTEMPLADAS EN EL MOVIMIENTO DE CARRERA MEDIANTE SENSORES INERCIALES POR YANG ET AL. (2011).....	70
FIGURA 16. ESQUEMA DE POSICIONAMIENTO PARA EL ANÁLISIS DE CARRERA POR TELEGRAMETRÍA 3D (CLERMONT ET AL., 2019)	71
FIGURA 17. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN EN TIEMPO REAL.....	74
FIGURA 18. MODIFICACIÓN DEL FEEDBACK EXTERNO MEDIANTE ENTRENADOR (A) O BIOFEEDBACK (B) SEGÚN KOS ET AL. (2018)	75
FIGURA 19. SÍNTESIS DE LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS DEPORTIVAS EN EL ÁMBITO DEL RENDIMIENTO	76
FIGURA 20. MÁQUINA FUNCIONAL KINESIS DE TECHNOGYM (DERECHOS RESERVADOS).....	78
FIGURA 21. TRAINING MASK 2.0 (DERECHOS RESERVADOS)	78
FIGURA 22. USO DE FIBRAS ENTRELAZADAS AL TEJIDO PARA LA CREACIÓN DE TRAJES “WEARABLES” DE ENTRENAMIENTO POR MIHA-BODYTEC (EXTRAÍDO DE SU VIDEO).....	79
FIGURA 23. DISPOSITIVO MICROSOFT KINECT PARA CAPTURA DEL MOVIMIENTO.....	80
FIGURA 24. APLICACIÓN DE UNA SESIÓN CON TEMPO.....	80
FIGURA 25. REALIDAD AUMENTADA UTILIZANDO LAS GAFAS GARMIN VARIA VISION	81
FIGURA 26. REALIDAD AUMENTADA EN ESCALADA CON EL SISTEMA ACW	81
FIGURA 27. TECNOLOGÍA UNITY SELF	82
FIGURA 28. MODO ENTRENADOR DE COURT VISION	82
FIGURA 29. SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES DEL SECTOR RECREATIVO AL ÁMBITO TECNOLÓGICO DEPORTIVO	86
FIGURA 30. CAPTURA DEL SOFTWARE LINCE 1.4 PARA EL ESTUDIO CONDUCTUAL MEDIANTE FLIPPED CLASSROOM (TERRENGHI ET AL., 2019).	89
FIGURA 31. NÚMERO DE APPS DESCARGADAS EN LOS TELÉFONOS MÓVILES (REN AND BAI, 2018)	90
FIGURA 32. TIPOS DE APLICACIONES UTILIZADAS (REN AND BAI, 2018)	90
FIGURA 33. SÍNTESIS DE LAS APORTACIONES EN EL CONTEXTO EDUCATIVO DEL DEPORTE	91
FIGURA 34. BASE DE NUESTRO ESQUEMA BÁSICO.....	92
FIGURA 35. ESQUEMA RESUMEN DE LOS CONCEPTOS DE LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS.....	93
FIGURA 36. EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA SIMPLIFICADA DE LOS PRINCIPALES MATERIALES EN EL DEPORTE (ADAPTADO DE TAHA ET AL, 2013)	104

FIGURA 37. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LOS PRINCIPALES MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DEL DEPORTE..	105
FIGURA 38. CUADRO RESUMEN DE LA TERMINOLOGÍA EN SENSORES Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE APORTAN.....	106
FIGURA 39. TEXAS INSTRUMENTS CC2650	107
FIGURA 40. DISPOSITIVO BUCAL PARA MEDICIÓN DE LACTATO (SESHADRI ET AL., 2019)	109
FIGURA 41. DETALLE DEL SENSOR DE LACTATO POR SALIVA INSERTADO EN UN PROTECTOR BUCAL (SESHADRI ET AL., 2019)	109
FIGURA 42. CUADRO RESUMEN DE LOS SENSORES APLICABLES AL DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	111
FIGURA 43. GENERACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN A PARTIR DE LAS FASES DE LA INVESTIGACIÓN EN DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	116
FIGURA 44. ESQUEMA GENERAL PARA LA INSTRUMENTACIÓN EN DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	117
FIGURA 45. INSTRUMENTACIÓN FACILITADORA DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA (ELABORACIÓN PROPIA)	118
FIGURA 46. INSTRUMENTACIÓN RESULTANTE DE LA CATEGORÍA DE MEJORA PARA EL ENTRENAMIENTO (ELABORACIÓN PROPIA).....	119
FIGURA 47. INSTRUMENTACIÓN RESULTANTE DE LA CATEGORÍA DE VALORACIÓN DEL ENTRENAMIENTO (ELABORACIÓN PROPIA)	120
FIGURA 48. FASES DE DESARROLLO DEL SOFTWARE ORIENTADO A SERVICIOS (ADAPTADO DE KONTOGOGOS Y AUREIOU, 2009).....	121
FIGURA 49. RELACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DEPORTIVA CON EL USO DE LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS (ELABORACIÓN PROPIA)	122
FIGURA 50. ESQUEMA BÁSICO DE LOS TIPOS APLICACIONES INFORMÁTICAS PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	123
FIGURA 51. DEMOSTRACIÓN DE MOTION CAPTURE FACIAL POR ELISHA HUNG UTILIZANDO TRUEDEPTH CON EL SOFTWARE HOUDINI (VIMEO, 2020).....	126
FIGURA 52. DETALLE DE LOS SENSORES PRESENTES EN IPHONE X PARA MOTION CAPTURE Y TECNOLOGÍA TRUEDEPTH (FUENTE: APPLE INC., 2020).....	127
FIGURA 53. ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (ADAPTADO DE JOSHI, 2017)	130
FIGURA 54. RESUMEN DE LOS NUEVOS AVANCES TECNOLÓGICOS DEL MERCADO HASTA 2020 (ELABORACIÓN PROPIA).....	132
FIGURA 55. CLASIFICACIÓN INICIAL DEL SOFTWARE VIDEOGRÁFICO EN DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA).....	132
FIGURA 56. MODELOS TRIDIMENSIONALES POR BMI (PONS-MOLL ET AL., 2015)	135
FIGURA 57. APLICACIONES INFORMÁTICAS GENERADORAS DE VÍDEO EN EL ÁMBITO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	135
FIGURA 58. INNOVACIONES DEL USO DEL VÍDEO EN EL SOFTWARE DEPORTIVO (ELABORACIÓN PROPIA)	138
FIGURA 59. APROXIMACIÓN INICIAL A LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS QUE UTILIZAN EL VÍDEO EN DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA).....	139
FIGURA 60. FÓRMULA UTILIZADA POR EL ALGORITMO DE CATAPULTSPORTS PARA EL CÁLCULO DE PLAYERLOAD (CHAMBERS ET AL, 2015) .	142
FIGURA 61. PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN APLICACIONES INFORMÁTICAS (ADAPTADO DE CORTSEN Y RASCHER, 2018)	143
FIGURA 62. CLASIFICACIÓN DEL SOFTWARE NO VIDEO GRÁFICO EN DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	146
FIGURA 63. SÍNTESIS DEL TRATAMIENTO DE DATOS REQUERIDO EN LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA (ELABORACIÓN PROPIA)	165
FIGURA 64. CONCEPTO DE DE RED O SISTEMA DINÁMICO EXPRESADO POR NEWMAN (2010).....	169
FIGURA 65. ORGANIZACIÓN JERÁRQUICA DE LAS DISCIPLINAS RELACIONADAS EN EL DEPORTE SEGÚN LA DST (TRADUCIDO DE BALAGUÉ ET AL., 2017).....	172
FIGURA 66. REPRESENTACIÓN DE LOS PARÁMETROS CUANTITATIVOS OBTENIDOS POR MIX-METHODS BAJO UN PUNTO DE VISTA SISTÉMICO (ELABORACIÓN PROPIA)	173
FIGURA 67. PROCESO DE REGISTRO VÁLIDO PARA QUANTIZING SEGÚN LA METODOLOGÍA OBSERVACIONAL A PARTIR DE ANGUERA ET AL (2020)	177
FIGURA 68. SÍNTESIS DE LAS FASES DE UN ANÁLISIS MEDIANTE CROSSOVER MIXED METHODS (ADAPTADO DE ANGUERA ET AL., 2020).....	178
FIGURA 69. PROCESO INVESTIGADOR EN METODOLOGÍA OBSERVACIONAL CON LA UTILIZACIÓN DE APLICACIONES INFORMÁTICAS (ELABORACIÓN PROPIA)	182
FIGURA 70. MAPA DE PROGRAMAS INTERCONECTADOS PARA LA OBSERVACIÓN DIRECTA (ELABORADO POR HERNANDEZ-MIENDO ET AL., 2014)	186
FIGURA 71. NÚMERO DE USUARIOS ESPERADOS HASTA 2024 EN LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS (FUENTE: STATISTA, 2020).....	197
FIGURA 72. EDAD DE LOS USUARIOS POTENCIALES EN LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS EN EL ÁMBITO DEL FITNESS (FUENTE: STATISTA, 2020)	197
FIGURA 73. RETORNO DE INVERSIÓN MEDIO POR USUARIO O AVERAGE REVENUE PER USER O ARPU. FUENTE: STATISTA (2020)	198

FIGURA 74. RELACIÓN DE LOS APARTADOS DE LA TESIS CON LAS FASES DEL DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A SERVICIOS (ELABORACIÓN PROPIA)	216
FIGURA 75. DETALLES ANALIZADOS EN LAS APLICACIONES	218
FIGURA 76. INTERFAZ MÓVIL DE DARTFISH PARA EL ETIQUETADO DEL VÍDEO	219
FIGURA 77. ANÁLISIS OBSERVACIONAL EN LA APLICACIÓN DARTFISH	219
FIGURA 78. PANEL DE CONFIGURACIÓN DE PROYECTO DE LONGOMATCH	221
FIGURA 79. INTERFAZ DE USUARIO DE LA APLICACIÓN KINOVEA	222
FIGURA 80. INTERFAZ DE USUARIO DE CATAPULT VISIÓN	223
FIGURA 81. INTERFAZ DE USUARIO DEL PROGRAMA MOTS	224
FIGURA 82. INTERFAZ DEL PROGRAMA HOISAN	225
FIGURA 83. DENDOGRAMAS GENERADOS POR UNA OBSERVACIÓN CONDUCTUAL EN THEMECODER.....	226
FIGURA 84. INTERFAZ DE USUARIO DEL SOFTWARE VIDEOOBSERVER	227
FIGURA 85. INTERFAZ DE R-STUDIO	228
FIGURA 86. INTERFAZ DE USUARIO DEL PROGRAMA SPSS.....	229
FIGURA 87. INTERFAZ DE LA APLICACIÓN STATA	230
FIGURA 88. INTERFAZ DE USUARIO DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO JASP STATS	231
FIGURA 89. ESTRUCTURA INICIAL DE LA PRIMERA VERSIÓN DE LINCE (GABIN ET AL, 2012).....	233
FIGURA 90. INTERFAZ DE USUARIO DEL SOFTWARE LINCE	234
FIGURA 91. PARADIGMA QUE REPRESENTA LA EVOLUCIÓN DE LA APLICACIÓN LINCE (GABIN ET AL, 2012)	237
FIGURA 92. EJEMPLO DE HISTORIA DE USUARIO	242
FIGURA 93. HISTORIAS DE USUARIO PARA LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	243
FIGURA 94. "HISTORIAS DE USUARIO" PARA LOS REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	247
FIGURA 95. CLASIFICACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES EN MÓDULOS DE APLICACIÓN	256
FIGURA 96. CLASIFICACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO PARA REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES EN MÓDULOS DE APLICACIÓN	257
FIGURA 97. STACK TECNOLÓGICO PARA LA CAPA DE USUARIO	262
FIGURA 98. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE INTEGRACIÓN	263
FIGURA 99. DIAGRAMA PARA LA INTEGRACIÓN DE UN NAVEGADOR CHROMIUM CON UNA APLICACIÓN DE ESCRITORIO	272
FIGURA 100. LIBREARÍA FFmpeg PARA EL TRATAMIENTO DE VÍDEO	273
FIGURA 101. SPRING O QUARKUS COMO FRAMEWORKS O MARCOS DE TRABAJO EN JAVA PARA PROYECTOS PROFESIONALES	277
FIGURA 102. ESTRUCTURA RESULTANTE DE LA APLICACIÓN LINCE PLUS	280
FIGURA 103. CONCEPTO DE FIRMA DE APLICACIÓN O CSR: <i>CERTIFICATE SIGNING REQUEST</i> (DIGICERT.COM, 2021)	282
FIGURA 104. PANTALLA DE INICIO DE LINCE PLUS	291
FIGURA 105. PANTALLA PRINCIPAL DE LINCE PLUS, DESTACANDO ACCESIBILIDAD REMOTA	292
FIGURA 106. OPCIÓN PARA ABRIR EL NAVEGADOR DEL USUARIO.....	296
FIGURA 107. JxBROWSER FUE UNA PRIMERA APROXIMACIÓN DE INCLUSIÓN DE VÍDEO EN LA APLICACIÓN EN 2015, CON EL PRIMER PROTOTIPO	296
FIGURA 108. REPRODUCTOR DE VIDEO DE LINCE PLUS, DESTACANDO VELOCIDAD DE REPRODUCCIÓN Y CONTROL DE TECLADO CON VARIOS VÍDEOS	298
FIGURA 109. PROTOTIPO PARA LA DETECCIÓN DE MOVIMIENTO EN EL ANÁLISIS OBSERVACIONAL DE LA HERRAMIENTA LINCE PLUS	300
FIGURA 110. REPRODUCCIÓN SIMULTÁNEA DE 5 VÍDEOS SINCRONIZADOS EN EL TIEMPO	301
FIGURA 111. PANTALLA PARA EL CÁLCULO ESTADÍSTICO DE LINCE PLUS	303
FIGURA 112. CÁLCULO DE FIABILIDAD INTER E INTRA OBSERVADOR EN LINCE PLUS	304
FIGURA 113 DETALLE DEL TUTORIAL CON EJEMPLOS DE CÓDIGO DE R DE LA APLICACIÓN LINCE PLUS.....	306
FIGURA 114. ELEMENTOS QUE COMPONENTE LA EXPERIENCIA DE USUARIO O UX	308
FIGURA 115. PRIMER DISEÑO DE APLICACIÓN PARA LINCE PLUS.....	309
FIGURA 116. PROBLEMAS SURGIDOS EN LA SEGUNDA VERSIÓN DE LA APLICACIÓN	310
FIGURA 117. REDISEÑO DE LA APLICACIÓN LINCE PLUS INTRODUCIDO EN LA VERSIÓN V1.3.0.....	311
FIGURA 118. GRÁFICAS INTERACTIVAS DE LINCE PLUS.....	312
FIGURA 119. MODELO DE DESARROLLO EN ESPIRAL EN LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE.....	346

FIGURA 120. ANALÍTICA INICIAL SOBRE LA OBTENCIÓN DE USUARIOS DE USUARIOS EN LINCE PLUS (FUENTE: GA, FECHA: 31/02/2020).	350
FIGURA 121. USUARIOS DE LINCE PLUS SEGMENTADA POR CANALES DE OBTENCIÓN (FUENTE: GA, FECHA: 31/02/2020)	351
FIGURA 122. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS USUARIOS DE LINCE PLUS (FUENTE: GA, FECHA: 31/02/2020)	352
FIGURA 123. INTERACCIÓN DE LOS 10 PAÍSES CON MÁS ACCESO A LINCE PLUS (FUENTE: GA, FECHA: 31/02/2020)	353
FIGURA 124. COMBINACIÓN DE LOS CRITERIOS DICOTÓMICOS DE UNIDADES DE TEMPORALIDAD Y DIMENSIONALIDAD (ANGUERA ET AL., 2001)	361
FIGURA 125. PANTALLA DE COMPARACIÓN DE REGISTROS ENTRE OBSERVADORES DE LINCE PLUS	363
FIGURA 126. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE CONCORDANCIA ENTRE VARIOS OBSERVADORES EN LINCE PLUS	364
FIGURA 127. OBSERVACIÓN DE VARIOS VÍDEOS SIMULTÁNEOS EN LINCE PLUS	365
FIGURA 128. VENTANA DE LINCE PLUS OFRECIENDO EL CÓDIGO QR DE ACCESO QUE CAMBIA EN CADA INICIO.....	366
FIGURA 129. EJECUCIÓN DE CÓDIGO R EN LA APLICACIÓN LINCE PLUS	367
FIGURA 130. GENERACIÓN DE EPISODIOS AUTOMÁTICOS CADA CIERTO TIEMPO, A TRAVÉS DEL ASISTENTE QUE OFRECE LINCE PLUS.....	369
FIGURA 131. USUARIOS TOTALES DE LINCE PLUS A FECHA 5 DE ABRIL DE 2020 (FUENTE: GA)	389
FIGURA 132. SOLICITUDES DE MEJORAS REGISTRADAS POR USUARIOS DE LINCE PLUS	401
FIGURA 133. PORTADA DEL CANAL DE YOUTUBE DE LINCE PLUS, A FECHA 20 DE ABRIL DE 2021.	402

Índice de tablas

TABLA 1. TENDENCIAS MUNDIALES DEL FITNESS EN 2020 POR LA ACSM (THOMPSON, 2019).....	84
TABLA 2. COMPONENTES Y ELEMENTOS CUANTIFICADOS EN LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN UNA PRIMERA APROXIMACIÓN	93
TABLA 3. CLASIFICACIÓN DE SENSORES SEGÚN BAUMER SENSORS (EXTRAÍDO DE WWW.BAUMER.COM).....	108
TABLA 4. AGRUPACIÓN DE SENSORES DE NATURALEZA FISIOLÓGICA (ADAPTADO DE SESHADRI ET AL, 2019)	110
TABLA 5. CLASIFICACIÓN CRUZADA DE INSTRUMENTACIÓN BIOMECÁNICA PARA PÉREZ SORIANO Y LLANO BELLOCH (2007) Y GÁMEZ ET AL (2008)	113
TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS EN LA ACTIVIDAD FÍSICA (ELABORACIÓN PROPIA)	115
TABLA 7. USO DE LAS APLICACIONES INFORMÁTICAS DE PROPÓSITO GENERAL EN EL ÁMBITO DE LA EDUCACIÓN FÍSICA (ADAPTADO DE CAMPOS-RIUS Y SEBASTIANI, 2016)	145
TABLA 8. CONCEPTOS CLAVE DE LA INDUSTRIA 4.0 INTRODUCIDOS EN NUESTRO ESTUDIO (ADAPTADO DE CULOT ET AL, 2020)	147
TABLA 9. CUADRO RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS APLICABLES A LA TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE INFORMACIÓN (ELABORACIÓN PROPIA)	151
TABLA 10. REVISIÓN DE OBJETIVOS SATISFECHOS AL FINAL DEL CAPÍTULO 2 (ELABORACIÓN PROPIA).....	154
TABLA 11. DIFERENCIAS ENTRE DATOS OBTENIDOS POR VÍA CUANTITATIVA O CUALITATIVA (ADAPTADO DE HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BAPTISTA, P 11-14, 2010).....	164
TABLA 12. PREVISIÓN DE BENEFICIOS MUNDIALES PARA APPS Y WEARABLES ENTRE 2020 Y 2024 (STATISTA, 2020)	199
TABLA 13. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE LA APLICACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA INVESTIGACIÓN OBSERVACIONAL EN EL DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	205
TABLA 14. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES DE LA APLICACIÓN TECNOLÓGICA PARA LA INVESTIGACIÓN OBSERVACIONAL EN EL DEPORTE (ELABORACIÓN PROPIA)	207
TABLA 15. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO DARTFISH	220
TABLA 16. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO LONGOMATCH.....	221
TABLA 17. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO KINOVEA	222
TABLA 18. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO CATAPULT VISION	223
TABLA 19. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO MOTS	224
TABLA 20. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO HOISAN.....	225
TABLA 21. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO THEMECODER	226
TABLA 22. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE DE VÍDEO VIDEO-OBSERVER	227
TABLA 23. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO R-STUDIO	228
TABLA 24. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO SPSS	229
TABLA 25. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO STATA	230
TABLA 26. FICHA TÉCNICA DEL SOFTWARE ESTADÍSTICO JASP STATS.....	231
TABLA 27. FICHA TÉCNICA DE LA APLICACIÓN DE OBSERVACIÓN CONDUCTUAL LINCE (GABIN ET AL, 2012).....	235
TABLA 28. PROPUESTA DE AGRUPACIÓN PARA LAS HISTORIAS DE USUARIO	256
TABLA 29. CLASIFICACIÓN DE HISTORIAS DE USUARIO EN MÓDULOS DE APLICACIÓN	257
TABLA 30. ASPECTOS ESENCIALES DEL MÓDULO DE INTERFAZ DE USUARIO	259
TABLA 31. ASPECTOS ESENCIALES DEL MÓDULO DE INTEGRACIÓN.....	263
TABLA 32. ASPECTOS ESENCIALES DEL MÓDULO DE CÁLCULO ESTADÍSTICO	266
TABLA 33. ASPECTOS ESENCIALES DEL MÓDULO DE TRATAMIENTO DE VÍDEO	269
TABLA 34. ASPECTOS GENERALES QUE LA APLICACIÓN PUEDE IMPLEMENTAR	275
TABLA 35. VALORACIÓN INICIAL DE TIEMPO REQUERIDO PARA IMPLEMENTAR LINCE PLUS.....	321
TABLA 36. VALORACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO RELACIONADAS CON ASPECTOS VISUALES.....	327
TABLA 37. VALORACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO RELACIONADAS CON LA INTEGRACIÓN DE OTRAS APLICACIONES	328
TABLA 38. VALORACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO PARA EL CÁLCULO DE RESULTADOS	328
TABLA 39. VALORACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO RELACIONADAS CON LA OBSERVACIÓN DEL ESTUDIO.....	329

TABLA 40. VALORACIÓN DE LAS HISTORIAS DE USUARIO QUE MEJORAN LA EXPERIENCIA.....	330
TABLA 41. VALORACIÓN GLOBAL DE LAS HISTORIAS DE USUARIO DEL PROYECTO LINCE PLUS.....	331
TABLA 42. DATOS DE CITACIÓN SOBRE LINCE 1.0 (FUENTE: WOS E INCITES, FECHA 31/3/2020).....	354
TABLA 43. DATOS DE CITACIÓN SOBRE LINCE PLUS (FUENTE: WOS E INCITES, FECHA 31/3/2020)	354

Introducción

La vinculación y adherencia del ser humano a la tecnología está en continuo aumento (*Congress on Sports Technology*, 2011), llegando a niveles desconocidos y, sin lugar a duda, acelerado por la evolución de los *smartphones* que está provocando niveles de usabilidad por encima de lo saludable (Kuss et al., 2018).

Sin embargo, no podemos evitar aceptar que el uso de las plataformas tecnológicas ha evolucionado todos los sectores profesionales, facilitando activamente los procesos de interacción y comunicación gracias a internet (Martinez-Torres et al., 2010). Teniendo en cuenta que la actividad física y el deporte en cualquier ámbito son un importante y vital aspecto de nuestra vida, el uso de la tecnología de forma adecuada mejora la calidad de vida del ser humano (Kos et al., 2018).

Desde mi ámbito profesional, como ingeniero informático, he ido viviendo esta evolución al trabajar en el desarrollo de páginas web y notar siempre que tenía que buscar novedades tecnológicas en un movimiento de innovación activo constante. Al tener la suerte de ser un practicante de deportes de aventura me llevó a darme cuenta que quería dedicarme profesionalmente al deporte y así conseguí graduarme como Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del deporte además de ser Ingeniero en Informática. Esta doble profesionalidad entre la informática y la actividad física me ha llevado a querer estudiar el fenómeno de cómo esta tecnología está influyendo e influenciará al deporte y a la actividad física. La obsesión por el movimiento, por la naturaleza y el perfeccionamiento constante que me aporta el sector del rendimiento, me han llevado siempre a analizar los aspectos que afectan y son útiles al entrenamiento y a la actividad física. En ese sentido, siempre me ha sorprendido la poca inmersión real de la tecnología en el mundo del entrenamiento, a pesar de cada vez más personas llevan multitud de sensores para la monitorización.

El motivo de esta tesis es poder estudiar esta evolución en el sector deportivo, un sector que lucha para frenar el sedentarismo y que parece, a veces, ser un sector opuesto al tecnológico. Dicha afirmación se refleja en la cantidad de entrenadores que aún utilizan una hoja de cálculo, o unas notas manuscritas en el mejor de los casos, para la gestión de los entrenamientos.

Si conseguimos analizar los distintos sectores y ámbitos del mundo del deporte, podremos descubrir cuáles necesitan una mayor evolución y así poder aportar una mejora a su entorno profesional. El hecho de ser Ingeniero informático y Licenciado en Ciencias del Deporte me facilita la posibilidad de proponer propuestas de cambio analizando las deficiencias de cada uno de estos ámbitos y generando propuestas y herramientas útiles.

Teniendo en cuenta todos estos factores, personales y profesionales el objetivo de esta investigación se centra primero en un análisis exhaustivo de la evolución tecnológica del deporte para conocer que instrumentos, medios o tecnologías tienen un mayor desarrollo para detectar los ámbitos que tienen mayores carencias o complicaciones. A partir de ese momento, y basándonos en un análisis previo reflejado en un mapa conceptual fruto del marco teórico extenso, seleccionaremos un ámbito del deporte y aportaremos un pequeño grano de arena al desarrollar propuestas adecuadas y adaptadas.

Objetivos

Para poder establecer los objetivos de nuestro estudio, seguiremos las metodologías y normas surgidas en el entorno financiero y del coaching a partir de la “Ley de los rendimientos decrecientes”, que expresa que “cuando se unen dos factores productivos, u objetivos, se alcanza un crecimiento inicial, pero a partir de un determinado punto se da un decrecimiento en la obtención de los objetivos” (Pontón, 2011, p7). Es decir, si intentáramos conseguir muchos objetivos en un mismo reto, nuestros esfuerzos no llegarían a dar ningún fruto porque los esfuerzos se dividen en conseguir demasiados hitos. Dicha ley intrínseca nos obliga a concentrar nuestros esfuerzos en unos pocos objetivos y que podamos asumir.

Por tanto, seleccionaremos un objetivo principal de desarrollo y dos objetivos secundarios, pudiendo concentrar adecuadamente nuestros esfuerzos. Por otro lado, definiremos tres objetivos metodológicos para definir nuestro modelo de actuación.

OBJETIVO SUSTANTIVO

- Crear una aplicación informática gratuita y de código libre, construida desde la iniciativa universitaria, que facilite la investigación y optimización desde la Observación Sistemática a los ámbitos competitivos y de salud del deporte, superando las carencias tecnológicas actuales.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

- Conocer el uso de las herramientas informáticas en los ámbitos de la actividad física y el deporte para evaluar si su utilidad está bien orientadas a su desarrollo y a la comunidad investigadora que lo soportan.
- Detectar las carencias de las aplicaciones informáticas en las áreas de investigación de la actividad física y el deporte para trazar su futuro desarrollo al incluir nuevas metodologías como: la inteligencia artificial, IoT (*Internet of Things*), dispositivos inteligentes o incluso el *Big Data*.

OBJETIVOS METODOLÓGICOS

1. Generar una infraestructura de servicios informáticos reutilizable para las aplicaciones informáticas orientadas a los ámbitos de la actividad física y el deporte.
2. Generar una comunidad de desarrollo tecnológico de apoyo a los proyectos informáticos de la actividad física y el deporte mediante plataformas de código abierto que permitan que los productos puedan evolucionar gracias a la aportación de los usuarios.
3. Conocer la extensión de uso de la aplicación informática gratuita y de código libre de la actividad física y el deporte construida a nivel mundial, y descubrir la adherencia de los usuarios reales y potenciales, así como sus posibles modificaciones y mejoras fruto de su implementación en una continua innovación de la comunidad.

Parte I. Marco teórico

INTRODUCCIÓN

Mediante el marco teórico analizaremos los fundamentos conceptuales que sustentan nuestro estudio. Consolidaremos las bases que nos permitirán descubrir los diversos aspectos que afectan el desarrollo tecnológico en el deporte y la evolución que han tenido en los últimos años a partir de la literatura y los recientes estudios publicados. Este progreso es de gran complejidad, ya que en los últimos años la tecnología ha evolucionado a un ritmo frenético; por otro lado, la amplitud de las áreas que afecta es tan grande que los límites de su profundización son difíciles de acotar.

Las olimpiadas de Tokio, aplazadas por la pandemia generada por el virus COVID-19, se presentan como un aparador de este desarrollo tecnológico al experimentarse en el mayor escenario deportivo. Nuestro estudio antes de que todo esto ocurra, puede aportar un prisma amplio sobre lo que pueda suceder en nuestro sector a corto y medio plazo.

En muchas ocasiones la tecnología evoluciona sin fundamento científico buscando un desarrollo económico en lugar de aportar un beneficio científico al deporte, y eso complica la creación de un contexto en el que fundamentarnos. Sin embargo, exploraremos los distintos ámbitos deportivos, para poder detectar qué áreas son aún deficitarias y precisan de expansión. El marco teórico es de vital importancia para definir nuestro marco de actuación, permitiéndonos establecer vías futuras de progreso futuro.

CONTENIDO

- **Capítulo 1: Aproximación al desarrollo tecnológico del deporte.** Mediante un estudio bibliográfico extensivo sustentaremos las bases teóricas de nuestra investigación. Exploraremos los antecedentes, buscaremos y creamos un marco conceptual en el que la tecnología y su evolución puede aplicarse en el sector deportivo de los ámbitos de la actividad física y el deporte.
- **Capítulo 2: Software y hardware para la optimización de la actividad física y del deporte.** Detallaremos la ampliación del marco conceptual y mostraremos una organización válida de los componentes que forman una aplicación tecnológica en los ámbitos de la actividad física y el deporte. En este marco conceptual organizado, justificamos la selección del objetivo destinado a la creación de una aplicación informática en estos ámbitos del deporte, al profundizar en sus necesidades de software y estudiando qué elementos les afectan para su desarrollo.
- **Capítulo 3: Necesidades tecnológicas del deporte.** Teniendo en cuenta los componentes del desarrollo de software y la expansión de las herramientas existentes en el mercado, necesitamos estudiar y definir las necesidades que existen en los ámbitos de la actividad física y el deporte. Concentraremos los esfuerzos para determinar las carencias que existen, desde el entorno de la creación de una aplicación informática, y así fundamentar nuestro objeto de estudio para dar sentido y utilidad a la parte empírica de este trabajo, mejorando sustancialmente los ámbitos de la actividad física y el deporte y aportando avances a los sectores competitivos y de salud.

Capítulo 1. Aproximación al desarrollo tecnológico del deporte

1.1 Antecedentes

En la segunda década del siglo XXI han aumentado notablemente los recursos económicos destinados a la inversión en deporte hasta generar un volumen de negocio de 800 billones de dólares anuales. Estas inversiones revierten directamente en su desarrollo y en los éxitos deportivos, provocando que el deporte y la tecnología se relacionen estrechamente (Ortega et al., 2018). Como muestra de este crecimiento podemos manifestar que en la edición del 2011 del *Congress on Sports Technology*, se constató que la aplicación de la tecnología en el deporte a nivel global se incrementaba exponencialmente.

En publicaciones específicas como TADAR (Tecnologías Aplicadas al Deporte de Alto Rendimiento) (CSD, 2008) publicadas por el Consejo Superior de Deportes se definen y detallan las tecnologías necesarias para cada especialidad deportiva. Con este estudio se definen exhaustivamente los recursos tecnológicos necesarios para la optimización del mundo del entrenamiento y la salud en diversas aplicaciones de la práctica deportiva, así como la catalogación de sus necesidades que pueden ser cubiertas por herramientas adecuadas para su conocimiento, desarrollo y avance. Concretamente destacan los siguientes aspectos:

- El conocimiento de las condiciones de los jugadores y los equipos rivales mediante instrumentos de seguimiento sobre el posicionamiento y la táctica individual o colectiva.
- El apoyo en los entrenamientos de los deportes de equipo y el asesoramiento a los arbitrajes mediante sistemas de reproducción y análisis inteligente.
- El análisis de la técnica y del movimiento desde un punto de vista biomecánico y/o fisiológico.
- La generación de estadísticas arbitrales y de actas de partidos mediante programas de tratamiento de datos.
- La ayuda en las formaciones deportivas de técnicos y de árbitros, mediante las generaciones de plataformas educativas.
- La generación de estadísticas, con información técnica y táctica de la práctica deportiva.
- El IoT (*Internet of Things* o internet de las “cosas”) aplicada al entrenamiento y al deporte.
- El desarrollo de sensores y de implementos para el deporte o los desarrollos biomecánicos, pulsómetros, sistemas inerciales, sensores triaxiales de posicionamiento GPS o incluso del cálculo de oxidación muscular.
- Las mejoras tecnológicas que facilitan la evolución del material deportivo, permitiendo la creación de nuevos materiales o aparatos de entrenamiento.
- El planteamiento, la planificación y la programación del entrenamiento deportivo y la competición, para optimizar los planes de entrenamiento de los deportistas y conseguir mejorar el uso y efectividad del tiempo de entrenamiento.

- La generación de sistemas de redes sociales deportivas para compartir información y registro del entrenamiento.
- La creación de sistemas de observación y análisis de la práctica deportiva para analizar los parámetros de respuesta cuantitativos y/o cualitativos del deporte.

[Adaptado de TADAR, CSD (Consejo Superior de Deportes), 2009, p.11-63]

Hay una carencia de estudios que visualicen las deficiencias de la tecnología en el deporte tal como lo ha realizado el estudio del TADAR (CSD, 2008), este trabajo aporta claras especificaciones en el sector que nos permita conocer el estado del desarrollo tecnológico deportivo y poder abordar las necesidades de éste. De hecho, los distintos recursos tecnológicos y herramientas informáticas son muy difíciles de catalogar y clasificar al existir tantas modalidades y variaciones complejas de software y hardware que van apareciendo. Hendriks, uno de los autores del TADAR (CSD, 2008), menciona que en este elenco de herramientas puede existir una diferenciación según el uso que se realiza de la imagen-vídeo y que esto podría suponer marcar unas condiciones y características diferenciadoras que podrían aportar esta clasificación:

- No utilización de herramientas video-gráficas, al no tener apoyo de medios audiovisuales.
- Utilización de herramientas video-gráficas, por su adecuación para el entrenamiento o la competición.

Sin embargo, no se ha encontrado una catalogación concreta sobre dicho tipo de herramientas que cubran estas necesidades y sin este marco de ordenación, es posible que el desarrollo de las aplicaciones informáticas y tecnológicas en la actividad física no se esté realizando de la manera correcta. Este hecho, podría generar que realizar una aplicación informática para el deporte se fundamente únicamente en el beneficio económico que pueda generar. Teniendo en cuenta esta tendencia y, revisando la poca bibliografía que existe para entender la evolución y la transformación tecnológica del deporte, nos encontramos ante una dispersión en las aplicaciones y desarrollos tecnológicos orientados a la actividad física y el deporte. Por ello la aparición de las nuevas aplicaciones informáticas y la tecnología asociadas, en muchos casos, buscan tan sólo un beneficio económico. Si fuera este el propósito, estamos ante un inmenso vacío de productos que son financieramente positivos, pero que pueden no mejorar sustancialmente el avance y evolución del deporte.

La transformación digital sucede a una velocidad tan grande que los productos dejan de evolucionar e incluso implantarse en el mercado por la falta de recursos o utilidad. Casos como la aplicación de entrenamiento deportivo *Underbike* (Estrella et al, 2013, www.ender.com), que tuvo un gran auge y apoyo en el sector del ciclismo y que acabó en un proyecto fallido pese a la gran inversión económica que supuso. Tras más de 3 años de desarrollo, la implicación de 2 empresas distintas en su desarrollo para generar diferentes versiones y más de 480.000 euros de inversión (Gallén, 2016, www.ruedalibre.es), se encuentra el proyecto en este momento abandonado y sin desarrollo ni acceso, pese a haber sido usado en competiciones nacionales y haber invertido muchos costes en publicidad.

Ibrahim (2012) opina que la transformación digital o cambio tecnológico, tendría que aparecer como un proceso de invención, innovación y difusión que nos condujera a la transformación de ideas y al conocimiento en productos tangibles con una gran utilidad para los valores humanos.

Por ello, intentar clasificar estas herramientas tecnológicas debe atender a la consideración de diversos criterios que es necesario para marcar una programación tecnológica de futuro. Nosotros, partiendo de la clasificación tecnológica inicial del TADAR (CSD, 2008) y sintetizando las temáticas expuestas en este documento, presentamos en la figura 1 una propuesta de repartición de las áreas de interés y de las nuevas propuestas tecnológicas que están apareciendo en la investigación del deporte. En esta propuesta inicial (Figura 1) incluimos las técnicas de Observación Sistemática (Anguera, 1979, 2011, 2017) que pretendemos evolucionar y mejorar en esta investigación con diferentes herramientas como el software libre Lince (Gabin, Camerino, Anguera y Castañer, 2012):

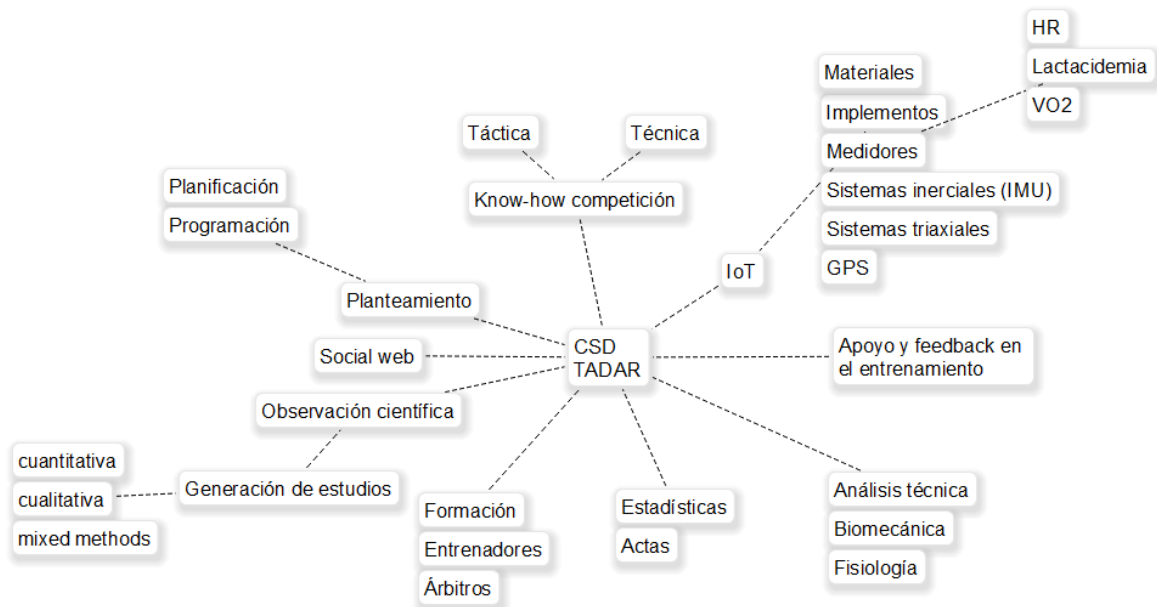


Figura 1. Clasificación tecnológica y su despliegue en diferentes ámbitos del deporte basadas en el TADAR (CSD, 2008) con la inclusión de: la Observación Sistemática, el concepto IoT (Internet of Things) y social web.

Condicionantes económico-sociales

A partir de esta propuesta de clasificación podríamos generar un primer guion conceptual para analizar; sin embargo, si hiciésemos esto sin un estudio conceptual previo caeríamos en un error de prospectiva al no haber tenido en cuenta la consideración de las necesidades del sector de cada ámbito deportivo.

Por otro lado, en el momento tecnológico actual, la sociedad ha avanzado tan rápidamente que se está detectando como la evolución de los dispositivos actuales y de las herramientas tecnológicas que existen en el mercado afectan a aspectos como el desarrollo cognitivo de estudiantes y deportistas. También tenemos que remarcar que al mismo tiempo los sensores de entrenamiento han ido bajando de precio expandiendo su uso entre los practicantes del deporte e incidiendo también en la socialización

del deportista y en su adherencia al conocimiento de sus cargas de entrenamiento y su publicación en las redes sociales. De hecho, tal como dice Olivera (2007):

“Estamos inmersos en una época de enorme individualización que nos lleva a un proceso de personalización que provoca un cierto autismo social y una creciente dependencia de las tecnologías de la comunicación. La dependencia del individuo de la tecnología genera entre los más jóvenes, nuevas adicciones que se manifiestan cada vez en edades más tempranas.”

(Olivera, 2007, p.3)

Sin embargo, cuando buscamos con rigor científico qué herramientas tecnológicas se han desarrollado y cómo estas afectan al ámbito deportivo se pone en evidencia que el número de estudios realizados es bastante limitado o confuso, y que muchas de las *tecnologías* que se mencionan no han sido desarrolladas con soporte informático y que no se fundamentan en una metodología acorde al momento tecnológico en el que nos encontramos en la denominada *sociedad de la información*. De dicha sociedad de la información, como menciona Castells (2006), cabe destacar que, sin la nueva tecnología de la información, el capitalismo global hubiera sido una realidad mucho más limitada, y de ahí la necesidad de estudiar, en parte, qué aspectos son importantes para abordar todo ese ámbito de herramientas y detectar que características son tangibles para un impacto inmediato.

Algunos ámbitos de mundo del deporte como la fisiología y la biomecánica se han incorporado a dicha evolución, y se empiezan a considerar como ramificaciones con viabilidad económica; sin embargo, muchas tecnologías como la Observación Sistemática directa e indirecta tienen falta de desarrollo, al ser procesos que aparentemente son “manuales” y, que aparentemente no se pueden automatizar ni mecanizar, a pesar de las nuevas técnicas de Inteligencia Artificial que están emergiendo.

La evolución tecnológica sigue surgiendo a un ritmo frenéticamente rápido y genera ya ciertas necesidades de estudio, ya que el desarrollo de plataformas o aplicaciones informáticas aparecen a un nivel tan global que provoca nuevas formas de organización. Por todo ello y si tenemos en cuenta las últimas publicaciones relacionadas al respecto podemos ver como Marinho et al., (2018) clasifica las herramientas informáticas de una manera más organizada en el siguiente gráfico (Figura 2):

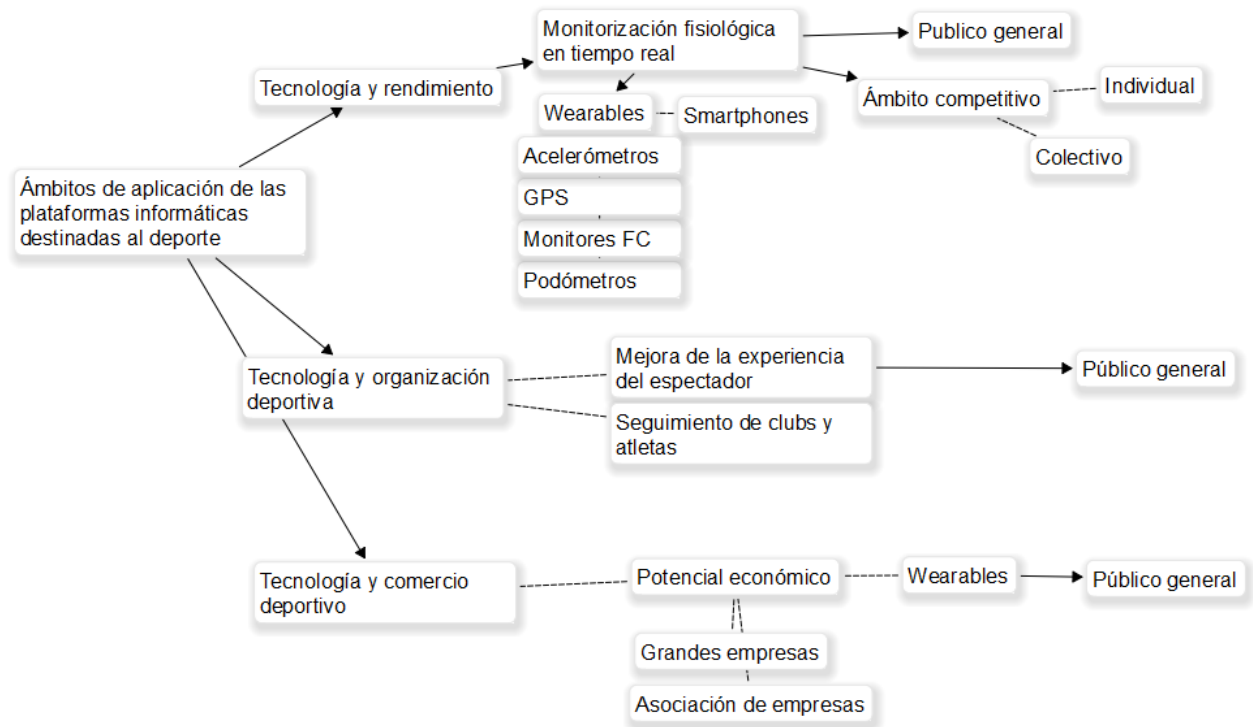


Figura 2. Clasificación de las aplicaciones informáticas en los diferentes ámbitos deportivos (Marinho et al., 2018, p. 3-5)

Marinho et al., (2018) cataloga las aplicaciones informáticas teniendo en cuenta el impacto económico, factor que ya mencionábamos anteriormente, y la aplicación dedicada al control del entrenamiento que tiene un merecido espacio. En esta nueva propuesta de clasificación, se puede observar claramente que la asociación empresarial y el impacto de las grandes empresas es presente y es la que mueve económicamente los ámbitos deportivos y sus sectores en una clasificación más específica y actualizada.

En esta nueva clasificación podríamos destacar que las redes sociales y la presencia en internet bajo el concepto del denominado *web 2.0* o *web social* no aparecen aún. Este tipo de aplicaciones han tenido un alto impacto en el mercado de la salud y del bienestar (Chen et al., 2012, p.1171) y deberían ser consideradas. Por ello es preciso restablecer la generación de una *web social* en el mundo del deporte como una utilidad adicional a este ecosistema.

Todas estas nuevas utilidades demuestran que es imprescindible realizar un estudio que aclare dicha expansión, constatando que esta expansión tecnológica en los ámbitos y sectores del deporte está siendo desarrollada con una orientación hacia la socialización del deporte. Además, el desarrollo de las herramientas informáticas tendrá un coste asociado y elevado, lo que complicará su implementación en muchos casos y, en consecuencia, la aplicación de las herramientas informáticas para el entrenamiento deportivo puede verse comprometidas, generando un efecto de controversia y aislando áreas importantes de desarrollo por una aparente “inviabilidad económica”.

Un ejemplo de ello serían las herramientas de Observación Sistemática de la conducta deportiva, que se citan en diversos aspectos de las metodologías que se están desarrollando en diversas facetas de la práctica deportiva (e.g. rendimiento, educación, recreación, etc.) y que son importantes para la detección de patrones que tienen una cierta repetitividad, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Dichas plataformas tecnológicas, originadas en 1990 bajo el concepto de bases de datos para la toma de decisiones o DBD (*Data-Based Decisions*) *software* (Barton y Johnson, 1990) que utilizan 3 fases para realizar el análisis: la captura de los datos, el tratamiento y el procesamiento (Giraldo, Montoya y Jiménez, 2017). Este tipo de plataformas tecnológicas han tenido una gran evolución, que ha permitido realizar gran multitud de investigaciones (Hernández-Mendo et al., 2014).

Dentro de este grupo de aplicaciones informáticas podríamos considerar el instrumento de registro de observación Lince (Gabin et al, 2012) que facilita y automatiza el registro observacional pero que, debido a que las necesidades del observador siguen siendo exigentes, ha llegado a un momento de estancamiento y que requiere una evolución para satisfacer a las nuevas necesidades.

1.2 Factores que afectan al desarrollo de la tecnología en el deporte

La revisión de fuentes bibliográficas para desarrollar una clasificación de las herramientas informáticas orientadas al deporte nos permitirá obtener una visión general de las tendencias del mercado. Como introducen Marinho et al. (2018), parece ser que todas las aplicaciones tienden a un objetivo meramente económico. De ser así, las aplicaciones informáticas están muy alejadas de las demandas del ámbito deportivo, buscando una adherencia y masificación de usuarios que están muy lejos del propio proceso de entrenamiento y mejora del deportista.

Dicha propuesta está condicionada por los siguientes factores:

- **La adherencia a las nuevas tecnologías** está llegando a puntos alarmantes llegando a alcanzar medias de uso de dispositivos móviles en torno a las 2 horas diarias como mínimo (según la aplicación móvil *yourHour*), sin tener en cuenta otro tipo de dispositivos. Este factor evidentemente favorece el sedentarismo y altera la salud del ser humano y su concentración en tareas cotidianas, denotándose problemas en la concepción del sueño, depresión y ansiedad (Demirci et al., 2015). Se generan patrones de masas buscando refuerzos en base a votaciones o *Likes* y con comportamientos en masa (Sherman et al., 2016), además de verse afectada la individualidad.
- **La orientación de las aplicaciones informáticas al rendimiento económico** puede alejar a los técnicos deportivos y entrenadores de implementarlas en las categorías de formación e iniciación debido a los altos costes asociados de la mayoría de estas aplicaciones en el mercado.
- **La aplicación real de dichas herramientas informáticas sobre el entrenamiento.** En ningún momento parece apuntarse hacia un uso general para el sector del rendimiento deportivo, si no mencionamos el deporte en categorías de élite, y esto podría generar una orientación hacia un factor de reconocimiento exógeno, como sería la publicación en redes sociales, más que en el propio auto-reconocimiento de los méritos y progresiones del rendimiento deportivo.
- **El distanciamiento de la investigación a toda muestra de población en el ámbito de la actividad física y el deporte,** primando el beneficio económico temprano y conduciendo estas iniciativas al fracaso. Así, las aplicaciones informáticas del mercado están orientadas en una línea contraria a la que postula Ortega et al., (2018), y por tanto nos alejarían del éxito deportivo.

La conclusión directa sobre esta propuesta valorativa del uso de la tecnología, en base a las afirmaciones de estos autores (Ortega et al., 2018), en cuanto a la relación directa entre investigación y éxito deportivo, es que se tendrían que potenciar las aplicaciones informáticas y nuevos desarrollos tecnológicos que se deriven de estudios científicos contrastados o proyectos de investigación.

Las herramientas de código libre derivadas de proyectos de investigación, como sucede con Chronojump (De Blas, 2012), que derivan de investigaciones realizadas que pretenden garantizar el éxito

deportivo, tendrían que ser potenciadas. Su difusión tendría que ser gratuita para garantizar su utilización en la investigación por parte de centros de investigación y/o departamentos de investigación universitarios e institutos científicos.

Sin duda alguna, esa combinación de factores optimizaría la práctica deportiva y añade utilidad tecnológica al sector; favoreciendo futuras investigaciones o publicaciones, cerrando de este modo, un círculo de generación del conocimiento y productos como ilustramos en la siguiente figura.

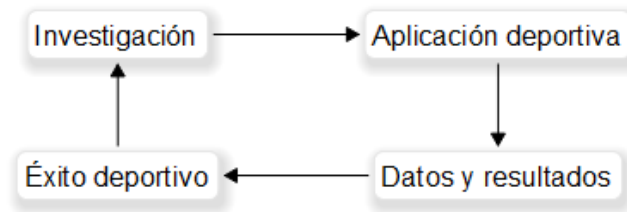


Figura 3. Entorno generado por la investigación científica deportiva hacia las aplicaciones informáticas adaptado de Ortega et al., (2018)

A partir de esta propuesta de bucle de investigación-acción, nuestro enfoque de este trabajo de investigación será primero exploratorio, partiendo de un marco teórico concreto, y analizar las necesidades de los ámbitos de la actividad física y el deporte y concretamente del sector del entrenamiento y la salud desarrollando un despliegue de un nuevo marco conceptual tecnológico representativo de la realidad actual. Para ello, evaluaremos las diferentes aplicaciones tecnológicas aplicadas al deporte detectando los siguientes elementos que mostraremos de forma gráfica:

- **Necesidad del sector:** La necesidad de los usuarios profesionales de mejoras informáticas y las relaciones con los otros elementos se verán tangibles en base a la documentación bibliográfica.
- **Grado de saturación:** Existencia de herramientas informáticas para cubrir las necesidades de los profesionales, buscando aquellas áreas que están menos desarrolladas.
- **Complejidad tecnológica:** La complejidad tecnológica en el desarrollo de dichas aplicaciones.
- **Coste:** Coste real y esperado entre la demanda y la oferta.
- **Potencial económico:** El potencial económico del ámbito tecnológico en cuestión en base al coste de desarrollo y a la necesidad del mercado
- **Aspectos prioritarios:** Detección de puntos clave para el desarrollo de nuevas aplicaciones en el área de desarrollo.
- **Estado evolutivo:** Posibilidad de incorporación de nuevas metodologías de software, como pueden ser “big data”, la inteligencia artificial o IoT (Internet of Things).
- **Grado de satisfacción:** El estado actual de satisfacción en el sector.

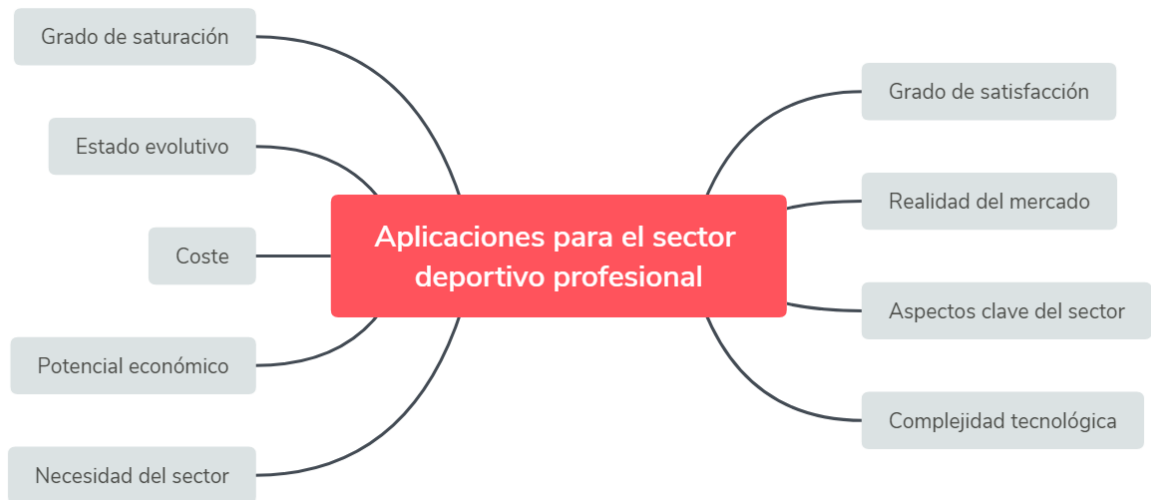


Figura 4. Elementos para la evaluación de las diferentes aplicaciones tecnológicas aplicadas al deporte por área de interés.

Este análisis de la evolución real del deporte, desde un punto de vista tecnológico y metodológico, puede descubrir la situación actual de dispersión tecnológica y sus déficits para permitir la generación de nuevas herramientas desde un punto de vista más estratégico, práctico y eficaz que permita la focalización de futuros proyectos I+D+i que superen esas debilidades.

Tal y como mencionan Ortega y Salado (2018) en su artículo sobre el diseño de proyectos de investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, existe una relación directamente proporcional entre el éxito deportivo y los planes de investigación en el deporte. En el contexto tecnológico actual, con las adherencias existentes a la tecnología, y con la necesidad de digitalizar el entorno deportivo profesional, debemos, sin lugar a duda, conocer qué tipo de herramientas permitirán favorecer el entorno que representa la Actividad Física y el Deporte para poder garantizar una evolución positiva del sector.

1.3 La aplicación tecnológica en el sector deportivo

Las diversas metodologías que examinan como la tecnología afecta al deporte son, hasta el momento, confusas ocasionando un marco de actuación poco ordenado, complejo e incomprensible; esto nos obliga a prioritariamente desarrollar un mejor y más amplio marco conceptual de actuación y así poder avanzar en nuestro estudio sobre tecnología deportiva y su aplicación.

1.3.1 Terminología

Para obtener este marco tecnológico completo y ordenado, debemos definir una serie de nomenclaturas y conceptos de base que nos sirvan para profundizar y revisarlos con ayuda de la bibliografía. Dichos conceptos son: *Aplicación tecnológica* y *Ámbito tecnológico*.

1.3.1.1 Aplicación tecnológica

Diversos autores coinciden en que el estudio de la tecnología aplicada al deporte es una herramienta para generar una mejora en sus diferentes ámbitos, pero para un análisis más pormenorizado, el término tecnología es poco preciso. Gámez et al., (2008), acota el término a utilizar bajo el **denominado *aplicación tecnológica***.

Bajo el prisma biomecánico, la tecnología permite evolucionar instrumentación, materiales, implementos y la evaluación de la actuación de los deportistas para la mejora de su rendimiento y entrenamiento (Gámez et al., 2008). Pero la medición de esta competencia se requiere de, como mínimo, un tratamiento de datos de carácter científico para poder establecer líneas de actuación.

“La tecnología está desconectada del contexto real de aplicación y no satisface las necesidades de los profesionales del deporte”

(Gámez et al., 2008, p.173).

De tal manera, estos autores definen el concepto de *aplicación tecnológica* como la aplicación al deporte del conocimiento científico para guiar y asesorar en el proceso de entrenamiento o rehabilitación.

Por nuestra parte, para desarrollar este concepto de *aplicación tecnológica* para el deporte, analizaremos el entorno en base a los bloques de actuación de dicha aplicación o ámbito, los elementos que lo componen y las características que lo definen.

1.3.1.2 Ámbito tecnológico del deporte

Si atendemos a la definición de ámbito como está definido en la Real Academia Española (RAE), entenderíamos que es un espacio o conjunto de elementos en los que se desarrolla un objeto de estudio.

Teniendo en cuenta dicho factor, definimos **ámbito tecnológico deportivo** como cada área en la que la aplicación tecnológica se puede aplicar en un bloque de actuación.

Castarlenas y Durán, (1993), construyen una clasificación en base a la praxiología de Parlebas en la que podemos clasificar 4 ámbitos de la actividad física y el deporte se desarrollan e implementan. Basándonos en dicha clasificación, consideraremos los siguientes ámbitos:

- Educativo
- Competitivo
- Recreativo
- Terapéutico

Esta aproximación nos permite justificar los ámbitos tecnológicos a las áreas de rendimiento, salud, docencia o recreación y nos permite justificar el desarrollo tecnológico agrupando en unas áreas concretas sobre las que realizar nuestra búsqueda bibliográfica.

Podemos ver en la siguiente figura el extracto de dicha publicación con la organización original de los autores.

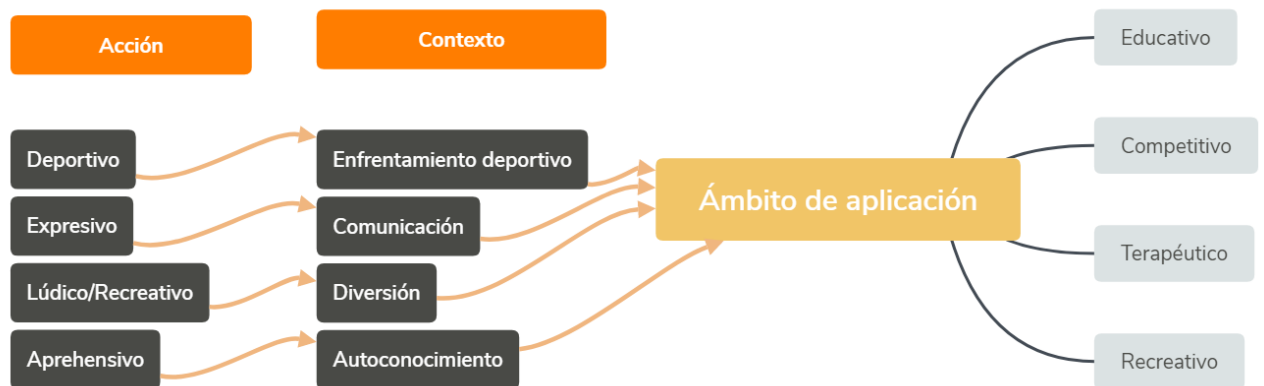


Figura 5. Ámbitos de aplicación para el deporte adaptado de Castarlenas y Durán. (1993)

1.3.2 Aspectos que determinan una aplicación tecnológica para el deporte

La aplicación tecnológica que se debe realizar en el deporte, según Gámez et al., (2008) tiene una serie de características que se deben identificar para satisfacer las necesidades del sector. A continuación, destacamos una serie de elementos que los diversos autores destacan como elementos indispensables para una correcta innovación y evolución tecnológica en el mundo deportivo:

1.3.2.1 Áreas de actuación

Para poder evitar el patrón común de realizar una simple valoración inconexa de un deportista debemos considerar qué áreas son objeto de estudio. La aplicación tecnológica (AT), dentro del prisma biomecánico, debe poder actuar de forma integral en cada uno de los siguientes grandes **bloques** (Gámez et al., 2008, p. 192):

- **Valorar** las cualidades determinantes para el rendimiento y la salud
- **Diagnosticar** el estado de forma física de forma normalizada
- **Prescribir** los ejercicios o metodologías de entrenamiento
- **Controlar** y monitorizar la evolución de las capacidades
- **Gestionar** el conocimiento y los datos adquiridos

1.3.2.2 Elementos de la aplicación tecnológica

Existen una serie de detalles que debemos tener en cuenta para que la aplicación tecnológica tenga éxito, ya que no tiene sentido generar una herramienta para el deporte que no provoque mejoras. Para provocar dichas optimizaciones, tenemos que tener en cuenta que debemos integrar simultáneamente una serie de elementos, los cuales son (Gámez et al., 2008, p.194):

- **Instrumento de medida.** Las mediciones deben poderse realizar con rigor científico mediante un instrumento fiable, válido, repetible y preciso.
- **Interfaz con el usuario.** La aplicación informática debe explotar los datos mostrando una interfaz sencilla, flexible e intuitiva.
- **Conocimiento científico integrado.** Dicho concepto marca la diferencia entre el uso práctico real para el entrenamiento y la mayoría de avances tecnológicos, permitiendo realizar protocolos estándares, definiendo variables y asesorando al usuario bajo un marco científico validado. De hecho, este aspecto será esencial para que podamos considerar el desarrollo como una aplicación tecnológica para el deporte y no una simple medición.

1.3.2.3 Características de la aplicación tecnológica

Para que se cumpla correctamente el concepto de aplicación tecnológica, Gámez et al., (2008), afirman que debemos contemplar las siguientes características:

- Debe ser **dinámico** y aportar conocimiento actualizado continuamente.
- Debe tener un **uso sencillo y rápido** para ser utilizada lo máximo posible por todos los usuarios potenciales: entrenadores e investigadores. Por tanto, deberemos contemplar los 2 perfiles de complejidad de forma integrada, ofreciendo un mayor rango de opciones para el ámbito investigador.

- Debe **procesar los datos** de forma rápida, sencilla y útil ofreciendo los datos que el usuario precisa.

Adaptado de Gámez et al. (2008)

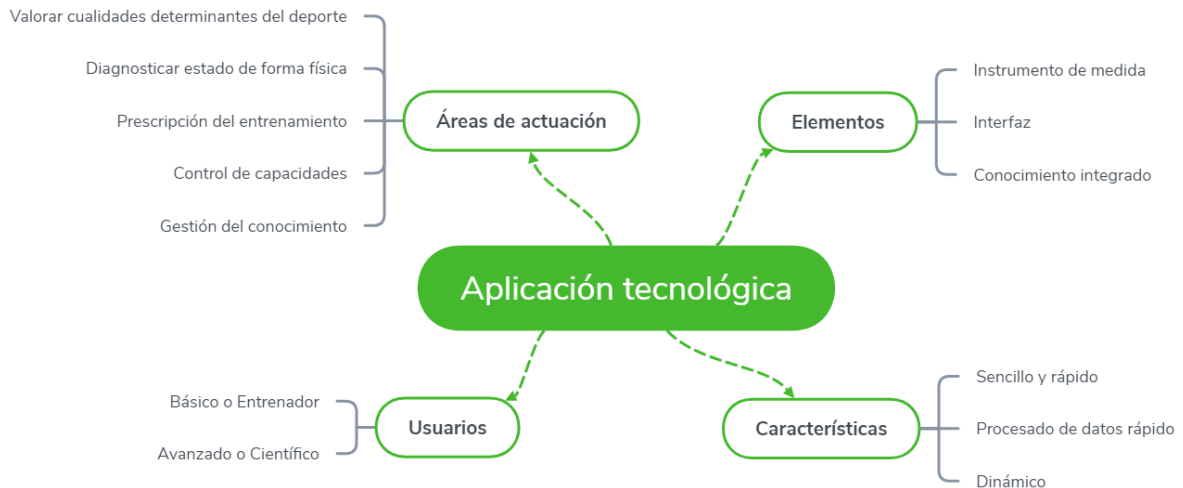


Figura 6. Elementos de la aplicación tecnológica al deporte por Gámez et al. (2013)

Tenemos que tener en cuenta que hoy en día el avance tecnológico está presente y las innovaciones son continuas. En el mundo del deporte las aplicaciones buscan una optimización del entrenamiento mediante la innovación tecnológica y últimamente los avances ocurren incluso demasiado rápido (Marinho et al., 2018; Gámez et al., 2008), y dicha innovación requiere de un cambio cualitativo (Gámez et al., 2008, p.172). Además, **dichos avances están modificando las diversas estructuras relacionadas con el deporte, a nivel de entrenamiento, organización y economía.**

A partir de dicha observación Marinho et al. inciden en que los objetivos que debe perseguir la tecnología responden a 3 agrupaciones:

- **El rendimiento:** Se ha visto afectado por la disminución de los costes de los dispositivos *wearables* o portátiles, permitiendo la monitorización de movimiento, fisiológica y biomecánica en tiempo real. Sin embargo, el uso de estos dispositivos no ha modificado el rendimiento deportivo y afectan sólo como una medida de control.
- **La organización deportiva:** En cuánto a la tecnología su relación con la organización deportiva, existen nuevos escenarios que se deben explotar como son la mejora de la experiencia de los espectadores durante la competición y el factor social y comunicativo, unido al *Big Data* y a la comercialización de productos.
- **Comercialización:** Debido a la cercanía de la tecnología al usuario final los escenarios que se puedan presentar en torno al espectador o deportista aficionado son también sectores emergentes con muchas oportunidades de negocio.

A partir de dicha concepción, tendríamos que consolidar los conceptos de las aplicaciones tecnológicas para el deporte bajo el marco que expone la nueva figura 7 que presentamos a continuación. En dicha figura 77, podemos ver como las aplicaciones tecnológicas del deporte se ven afectados por los objetivos que deben perseguir y, en consecuencia, unos nuevos componentes específicos para realizar nuestro análisis.

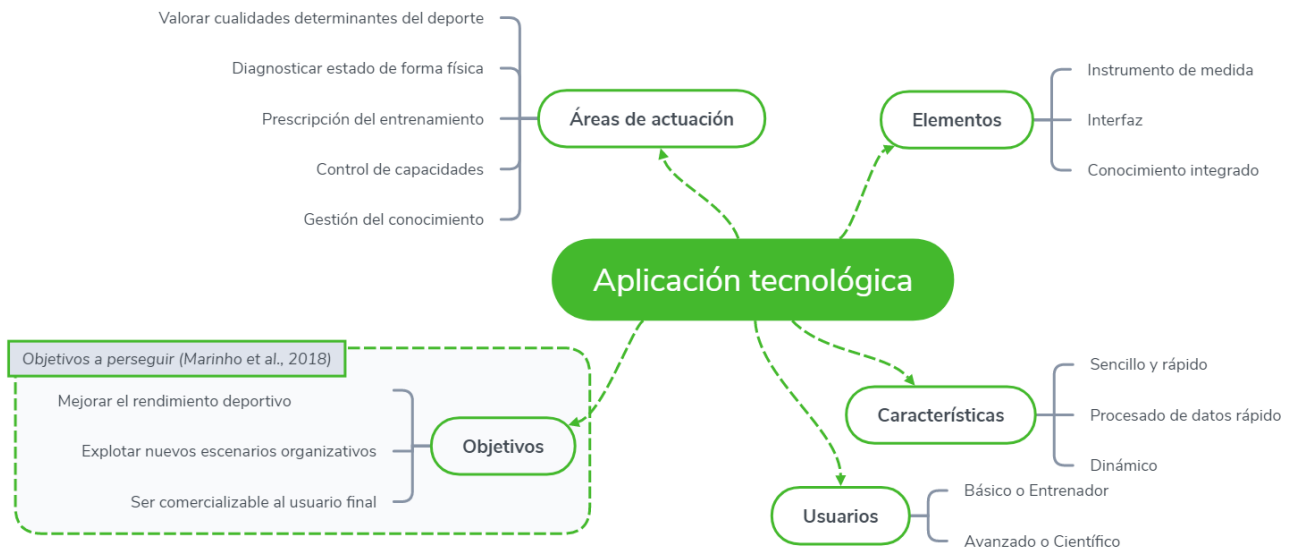


Figura 7. Ampliación de los elementos que configuran las aplicaciones tecnológicas para el deporte

1.3.3 Aproximación inicial al uso de la tecnología en diferentes ámbitos del deporte

Los diferentes ámbitos del deporte pueden verse afectados por la tecnología, la recreación, la educación, el rendimiento y la salud. Para comprenderlo desarrollaremos un mapa conceptual de referencia de los diversos ámbitos deportivos en los que se puede implementar la tecnología.

Sin embargo, si observamos la clasificación de cada autor, podemos ver que inicialmente siguen estructuras muy diversas y que no encajan en nuestra clasificación.

Teniendo en cuenta este factor, en la clasificación inicial que expone el Consejo Superior de Deportes (CSD) en su publicación *TADAR* se establece la clasificación en base al tipo de competición, partiendo como base los deportes colectivos o deportes individuales. Dicha clasificación, en este caso, podría ser reubicada en el entorno relacionado con el rendimiento de nuestra clasificación inicial (Figura 1), pero en otras investigaciones nos será más complejo la reubicación de los elementos.

A continuación, analizamos los diversos puntos de vista de los autores que se exponen en dicha publicación para el rendimiento de cada deporte e incorporamos estudios novedosos al respecto.

1.3.3.1 Deportes colectivos

En cuanto a los deportes colectivos, podemos diferenciar una serie de usos de la tecnología:

- **Baloncesto:** En este deporte la tecnología facilita el conocimiento de rivales obteniendo sistemas defensivos, de ataque y características individuales; apoyo en entrenamiento y conocimiento de los jugadores permitiendo el uso del vídeo (CSD, 2008, p. 12-13). Todos los aspectos expuestos por dicho entrenador hacen referencia al uso del vídeo.
- **Balonmano:** Las herramientas tecnológicas que se han utilizado de tipo software o programas de registro, permiten en algunos casos un análisis de tres fases aportando información técnica, táctica y física (CSD, 2008, p.22-23). Dichas fases hacen referencia al software de análisis de video automatizado en deportes colectivos como el balonmano.
- **Ciclismo:** La federación internacional permite que el avance de la tecnología sea lento en el ciclismo de carretera, sin embargo, dichos avances se permiten a un ritmo mayor en el ciclismo de montaña (CSD, 2008, p.26-34). En la tecnología aplicada al ciclista se pueden observar diversos ámbitos:
 - La generación de sensores profesionales de potencia o **potenciómetros**, como son los de las marcas SRM, *PowerTap*, *Ibike* y *Polar*, permiten establecer rangos de velocidad y esfuerzo en el proceso de entrenamiento mediante la información de potencia expresada en vatios y cadencia o frecuencia de pedaleo.



Figura 8. Potenciómetro *Speed Campagnolo* de SRM con un precio de mercado de 2139 eur según la web de SRM oficial (<http://www.srm.de>, agosto, 2019)

- El uso de los medidores de **frecuencia cardíaca** es muy extenso y actualmente permite clasificar el esfuerzo mediante zonas de trabajo. Dichas zonas de trabajo tienen relación directa con los umbrales de entrenamiento y con la potencia de esfuerzo expresada en vatios.
- A pesar de que existen metodologías de entreno para número de pulsaciones y trabajo generado en vatios, ambas tienen que estar relacionadas con pruebas de esfuerzo fisiológico en **cicloergómetro** mediante **espirometría** para poder mantener una correlación

(CSD, 2008, p28). El consumo de oxígeno y los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico se modifican durante la temporada y se requiere de tecnología con profesionales de respaldo para evaluar los resultados (CSD, 2008, p32).

- El uso del **túnel de viento** se utiliza hace más de 25 años en el sector para evaluar la aerodinámica de las bicicletas (CSD, 2008, p.29). Para ello, se sitúa al ciclista en **rodillo** dentro de un túnel evaluando las diferentes **posiciones y geometrías**, siendo un factor muy importante a partir de 30 km/h, al convertirse la posición en un factor exponencial en el comportamiento aerodinámico. En tal caso, el **uso del video** para denotar los movimientos geométricos y poder medir las distintas angulaciones corporales es de vital importancia.
- Existen sistemas que analizan incluso la **angulación del pedaleo con el sistema de fuerzas** que genera el ciclista como hacen los sistemas de bielas de la marca Rotor (CSD, 2008, p.30) utilizado actualmente por deportistas de alto nivel como Mario Mola según la página web del fabricante. El catálogo de productos que se genera en torno al **sistema de pedaleo** de la bicicleta es muy amplio para el entrenamiento.
- El concepto de **ambient Intelligence** surge ya hace unos años como el entorno inteligente de sensores y ordenadores interconectados para el rendimiento del ciclista (CSD, 2008, p.33). Un ejemplo de dicho sistema sería un sistema de análisis en tiempo real para el entrenador que se encuentra en el coche durante el entrenamiento. En el mundo del ciclismo es de dudosa incorporación en competición ya que difícilmente se permite el uso de intercomunicadores entre entrenadores y ciclistas y éste avance es de compleja introducción debido a la normativa.
- **Fútbol sala:** En el caso del fútbol sala, Lozano afirma que la tecnología es sólo un medio y que uno de los aspectos principales es la imagen y el **tratamiento de video** en tres fases: entrenamiento, preparación y partidos (CSD, 2008, p.46-49). Se utiliza específicamente para la corrección de acciones y el planteamiento de nuevas tareas de entrenamiento. En preparación de partido el caso del scouting o análisis del vídeo del contrincante permite reducir a 15 minutos el tiempo de preparación necesario por el deportista mediante el visionado de jugadas. Su uso en partidos tiene un potente factor estadístico y permite el análisis cuantitativo o numérico y cualitativo al permitir detectar el motivo de los errores realizados.
- **Hockey:** En el caso del Hockey, Hendriks, en la publicación del CSD (2008) afirma una clasificación diferenciando el uso de herramientas video gráficas o no video gráficas, tal y como se ha mencionado en los antecedentes.
 - En el caso de las **herramientas no video gráficas**, encontramos medidores de temperatura, de potencia y de velocidad. Se puede marcar la velocidad de ejecución con una estela de seguimiento de luces, por ejemplo.

- En el caso de las **herramientas video gráficas** el tratamiento de datos a partir de imágenes es muy importante. Este tipo de herramientas abarca desde la simulación en 3D, el seguimiento en tiempo real de las jugadas, y la observación simultánea de diversos puntos de vista del partido. Otro aspecto a destacar es el seguimiento individual de cada jugador de forma sincronizada.

Hendriks (CSD, 2008) afirma que la tecnología no sustituye el trabajo técnico y que todo lo que salga del marco estricto del juego y entrenamiento es una pérdida de tiempo, pero que la tecnología ayuda a disminuir los tiempos en la obtención de datos que pueden ser utilizados para mejorar el proceso de entrenamiento y que facilitan la **personalización de la información** en el deporte de equipo.

1.3.3.2 Deportes individuales

En cuanto a los deportes individuales, podemos encontrar en el mismo libro de Tecnologías aplicadas al Deporte de Alto Rendimiento o TADAR del CSD los usos actuales de la tecnología:

- **Entrenamiento:** En el entrenamiento general o específico del alto rendimiento la tecnología tiene un enorme potencial económico en todos los niveles. Dicha tecnología tiene aplicación directa sobre la creación de todo tipo de instrumentos que no tienen por qué ser de carácter informático, como puede ser la evolución que ha tenido el calzado deportivo, el material de fitness y las máquinas de entrenamiento, además de las propias instalaciones, según Padullés (CSD, 2008). Dicho autor, menciona instrumentos de entrenamiento como flexi-bar, tirante musculador e incluso power-ball como ejemplos de evolución tecnológica en el material. Menciona, además, el entrenamiento de plataforma vibratoria y las máquinas yoyo de trabajo ex-céntrico como alternativa al trabajo pliométrico que es altamente lesivo.
 - En cuanto a la cuantificación de **variables fisiológicas**, menciona dicho autor que en la planificación del entrenamiento deportivo se deben combinar el volumen, la frecuencia y la intensidad, siendo volumen y frecuencia muy fáciles de controlar. Sin embargo, el avance de la tecnología debe favorecer el control de la intensidad mediante respuestas fisiológicas o mecánicas.
 - Para el control de la **frecuencia cardiaca** existen los controles telemétricos como son el sistema Hosand o la variabilidad de la frecuencia cardiaca mediante sistemas como *Suunto Training Manager* (actualmente en desuso en adaptación a *Smartphone*).
 - La **espirometría** es un campo de análisis de la respuesta respiratoria que permite generar y regular el entrenamiento con pulsómetro de forma adecuada mediante el uso de analizadores portátiles o en laboratorio analizando el consumo de O₂ del deportista. Padullés enfatiza el uso del VO₂ relativo como medida general del entrenamiento al permitir aplicar los ritmos de entrenamiento a varios deportistas simultáneamente.

- Existen sistemas en el mercado como *Omega Wave* que permiten el control de la **entrenabilidad** del deportista mediante el cálculo de ciertos parámetros en base a la actividad cerebral durante el descanso y que actualmente están disponibles al público general.
- El **lactato** sanguíneo es un indicador de intensidad de ejercicio de carácter estable y consolidado a nivel de investigación. El tamaño y portabilidad de los medidores ha ido mejorando significativamente.
- Otro ámbito a considerar es la **cuantificación de variables mecánicas** como puede ser distancia, tiempo, trayectorias, velocidades y aceleraciones.
 - En este caso, el uso de los **GPS** habituales, con un muestreo de 1 vez por segundo, no permite el análisis de acciones de corta duración o que se encuentren en espacios cubiertos ya que la precisión de los dispositivos no es exacta.
 - En el caso del control de cargas y levantamiento de pesos no basta con conocer la carga, sino que **la velocidad es** un factor imprescindible, y dichos conceptos son solo observables en **plataformas de fuerzas** o con métodos **fotográficos o de video** de forma no precisa.
- **Automovilismo:** En el caso del automovilismo el material es de vital importancia, pero también el control fisiológico ya que el deportista trabaja con un ritmo cardiaco entre 180 ppm y 200 ppm (CSD, 2008, p.72-74). La adquisición de datos físicos y no fisiológicos se realiza mediante **telemetría** en el momento del repostaje al conectar el vehículo. Dichas variables afectan a la configuración del motor, del ala, de las barras estabilizadoras y demás aspectos que afectan a la **aerodinámica**. Dichas variables son regulables bajo el marco que permite el reglamento y que afectan al rendimiento tecnológico del deporte (CSD, 2008, p.75-77). En dicho deporte, desde el punto de vista de ingeniería existen dos ámbitos de trabajo tecnológico (CSD, 2008, p.78):
 - La concepción, diseño y construcción del vehículo, que no se modifica en tiempo de competición.
 - El desarrollo del vehículo o adaptación dentro de los parámetros permitidos en la competición. En este ámbito se computan y adaptan distintos factores a partir de instrumentos como son los **datos de torsión** del vehículo a través de las **galgas o sensores** situados en la llanta y los **datos de flexión e inercia** que se dan en las suspensiones.
- **Golf: La generación y modelado en 3D mediante fotogrametría**, técnica utilizada en la generación de videojuegos para crear el movimiento humano, ha sido utilizada también en deportes como golf como un servicio de apoyo al entrenamiento para el análisis biomecánico del cuerpo humano en el golpeo (Navarro, 2008). El sistema utilizado es el sistema patentado por *Vicon Oxford Metrics* y que ha sido recientemente utilizado en campos como el fútbol y cuya validez está bastante constatada (Merriault et al., 2017). Dicho sistema utiliza el uso de varias cámaras

de luz infrarroja de forma sincronizada y generan un prototipo tridimensional de la acción motriz mediante marcadores en los deportistas.

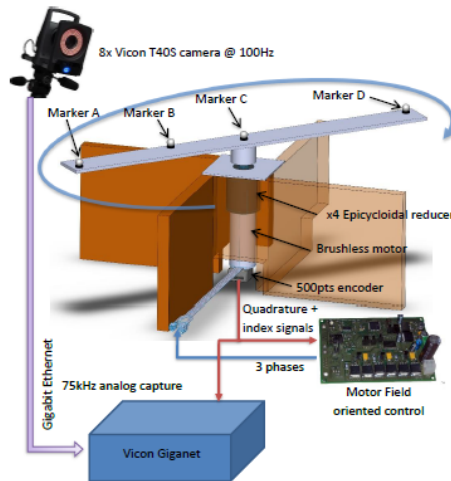


Figura 9. Esquema general del sistema de interpretación 3D de Vicon en el estudio de su fiabilidad (Merriaux et al., 2017)

En el caso del golf, se ha utilizado principalmente para el feedback de los entrenamientos del golfista en la fase de ejecución sincronizando los datos del modelado 3d con los datos obtenidos en una plataforma de fuerzas y así evaluar la regulación de fuerzas al golpear.

- Competiciones de velocidad: Existe una relación directa entre la implicación de los avances tecnológicos y el deporte cuando las distancias a recorrer y los desplazamientos realizados son mayores, como sucede en el caso de la Formula 1, el motociclismo y las competiciones de vela, utilizando sistemas GPS en tiempo real con posición y velocidad (Arellano, 2008). Dicho autor afirma que la aplicación de la tecnología para la evaluación continua del rendimiento deportivo con **información fisiológica y cinemática** tiene un uso limitado en el deporte debido a la necesidad de transportar dicho material y como se ve afectado éste con el medio. Un ejemplo de ello, es la complejidad asociada al medio acuático en natación, al afectar al desplazamiento o la complejidad para aislar el circuito eléctrico del contacto con el agua. En cuanto al uso de diversos videos simultáneos, el uso de los multiplexores para la sincronización simultánea es utilizada en deportes como la natación.

Según Arellano, el futuro de la tecnología aplicada a los deportes acuáticos será la evaluación continua del rendimiento usando video con información cinesiológica sincronizada. Dicho sistema podría incorporar el denominado **registro de la velocidad intra-ciclo** que permite analizar la velocidad de desplazamiento de la cadera en base a la velocidad de desplazamiento del nadador durante un ciclo de movimiento y el análisis de cualquier segmento del cuerpo nos permitiría conocer con detalle los aspectos a mejorar.

- Náutica: En náutica, para diseñar circuitos de competición y medir las distancias exactas entre los diversos puntos de control se ha llegado a incluir un sistema piloto denominado *Boya Meteo Regata*, que incluye un **anemómetro** para controlar la velocidad del viento, un GPS para situar

el campo de regata y un **correntímetro** para medir la corriente superficial (CSD, 2008, p.110-116). El sistema conecta los sensores y envía los datos recopilados por telefonía móvil estando alimentado por un sistema autónomo de alimentación y un sistema que procesa la información a enviar. El uso de este sistema de boyas, permite la visualización en tiempo real de todas las estructuras necesarias para la navegación y permite que el resto de la competición se pueda adaptar instantáneamente.

1.3.3.3 Áreas transversales

- Arbitraje de baloncesto: Referente al arbitraje y el uso profesional de la tecnología en el Centro de Estudios de Arbitraje Deportivo de la universidad de las Palmas de Gran Canaria el uso de la tecnología ha permitido generar una plataforma educativa que permite estandarizar los juicios sobre las diferentes acciones deportivas (CSD, 2008, p.14-20). Además, la **estadística arbitral** de los partidos y la generación inmediata de los sistemas de análisis son de gran importancia, siendo el video una parte importante de todo el proceso, ya que permiten acciones como la reproducción instantánea de escenas o "*instant replay*". Las estadísticas no hacen referencia tan sólo a las estadísticas de juego, sino también a la validez de las acciones arbitrales, considerando al árbitro como un actor más a considerar en las estadísticas de un partido. Dichos aspectos hacen referencias al **uso del video**, a las **plataformas educativas** y las **estadísticas deportivas** instantáneas y son parámetros que se están usando a nivel nacional (ACB) e internacional a través de la FIBA.
- Arbitraje de fútbol: En el arbitraje internacional de fútbol se desarrollan dos líneas de actuación respecto a la tecnología. Por un lado, motivando el desarrollo del arbitraje a nivel global y, por otro, la preparación de los árbitros para las competiciones, abarcando niveles básicos y élite (CSD, 2008, p36). La tecnología informática se utiliza con medios audiovisuales en la formación de nuevos técnicos en diversos ámbitos del juego y a través de la monitorización de los resultados de las pruebas físicas de los árbitros. Además, desde hace tiempo, incluyen una plataforma con entrenamientos específicos para las diversas pruebas que tienen que realizar, incluyendo una primera aproximación a la planificación deportiva, además del uso educativo y la **monitorización del entrenamiento**. Por otro lado, la utilización del **registro de video** para el catálogo de conductas a través de un instrumento consolidado de observación es también otra faceta que denotan y existen **estudios biomecánicos** del movimiento mediante cámaras sincronizadas realizadas por el grupo de investigación de Enrique Navarro, tal y como menciona Sainz (CSD et al., 2008).
- Eventos deportivos: En la gestión de eventos deportivos y de la información se ha estudiado la incorporación de **dispositivos IoT** (*Internet of Things*) en los diversos componentes del juego, como puede ser la incorporación de sensores en el balón de fútbol (CSD, 2008, p42-45). Dicho factor se propone como alternativa a la subjetividad de la cámara en la visualización de partidos y a la privacidad de la información de los medios de comunicación. Es conocido que actualmente existen sistemas que permiten implementar dicho control como el sistema *MiCoach Smartball* de Adidas que permite incluso analizar la potencia de impacto que sufren los futbolistas a nivel

cerebral en la acción de remate de cabeza, denotando todo un ecosistema entrelazado de sensores aplicables al juego (Stone et al., 2019).

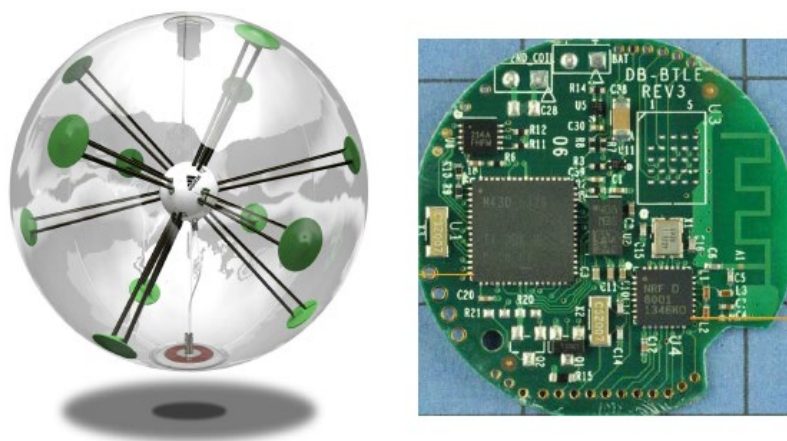


Figura 10. Sensor Adidas microach smartball y acelerómetro en su interior extraído de la publicación de Stone et al. (2019)

- Entrenamiento en altitud: En el caso del entrenamiento con **hipoxia** y su utilización en el atletismo su uso está desarrollado en Australia y Rusia, y en España es un factor de entrenamiento relativamente novedoso (Lozano, 2008). A nivel tecnológico, en el caso de las tiendas de hipoxia, se usan como medidas de entrenamiento los cambios barométricos y los porcentajes de oxígeno en el aire respirado. Lozano destaca que realmente el factor importante es el porcentaje de oxígeno a respirar y no la presión atmosférica del interior. Dicho autor diferencia las siguientes aplicaciones:
 - La **hipoxia** o exposición a un menor porcentaje de oxígeno generado en la fase de recuperación del deportista. La adaptación al entrenamiento se daría cuando el deportista genera altas dosis de eritropoyetina.
 - La **hipobaría** o disminución de la presión atmosférica del entorno del deportista, al contrario de como sucede en las cámaras hiperbáricas en buceo, que se utilizan para trabajar la adaptación del organismo a las dilataciones sufridas por el cambio de presión en los espacios aéreos.
 - En ambos casos, la tecnología se utiliza como instrumento en material de construcción y que permite el análisis de la adaptación fisiológica del deportista.
- Psicología deportiva: En el entrenamiento del atletismo y sus condicionantes psicológicos se da un alto desarrollo tecnológico (CSD, 2008, p.82-85). La neurociencia es un campo en el que se denota una gran inversión a través de **técnicas de video feedback** y **registro de la voz**, así como su interpretación desde el punto de vista psicológico. La unidad que se aconseja mínima de trabajo es la unidad de **registro psicofisiológico**, permitiendo la sincronización de los distintos medios audiovisuales con las ondas cerebrales, electrocardiograma, frecuencia cardiaca y algunas medidas químicas. Dicho autor afirma que este factor es más importante cuánto más se estudia el factor inconsciente y que, por ejemplo, el uso de la voz de la madre con técnicas de

inteligencia artificial eleva el rendimiento del deportista al sincronizar la actividad cerebral de los dos lóbulos temporales.

- **Docencia:** En el sector de la docencia del deporte, cuánto más se utiliza un aprendizaje semipresencial o *b-learning*, el uso de la tecnología según Rivilla es más importante (CSD, 2008). El uso de internet para la publicación de los contenidos mediante las diversas herramientas docentes que existen, permiten que el alumnado pueda utilizar otras formas de aprendizaje y, en este caso, la utilización del video permite agilizar el proceso de aprendizaje. El uso de programas como *Sport System*, *Nac Sport*, Lince (Gabin et al, 2012) u otros similares, permite que la visualización de conductas y estrategias deportivas sea más sencilla en el deporte.

En el ámbito de la observación de vídeo mediante programas específicos, Rivilla afirma que la mayoría de los usuarios estiman que la disponibilidad de las herramientas necesarias es muy limitada (35% de los encuestados) o poco suficiente (21%).

Teniendo en cuenta todos los conceptos mencionados que resumen casi en su completo el volumen publicado por el Consejo Superior de Deportes respecto a la tecnología en el alto rendimiento, hemos concretado con mayor detalle la clasificación expuesta en la figura 11 y hemos incluido bibliografía actualizada sobre las fuentes que menciona el libro TADAR para formar todos los detalles de la figura que se presenta a continuación.

En dicha figura podemos observar tres áreas principales:

- **Dispositivos físicos:** Cuyo detalle puede aumentar hasta el más mínimo detalle con el detalle de los materiales de construcción. Los diversos sensores han evolucionado muchísimo, cambiando a un tamaño más reducido y un valor de producción menor, por lo que la proximidad al usuario final ha aumentado notoriamente.
- **Dispositivos lógicos, software o programas** informáticos: Cuyo avance es continuo y las nuevas tecnologías facilitan cada vez la consecución de mejores resultados y aplicaciones finales.
- **Ambient Intelligence o sistemas en tiempo real:** Concepto que requiere de un estudio previo de las anteriores áreas para sincronizar los datos en el espacio-tiempo.

Se puede observar que existe una posible subcategorización a los programas informáticos, dependiendo del uso del vídeo o no, según afirma Hendriks (CSD, 2008). Dicha clasificación podrá ser introducida si los diferentes estudios mantienen dicha diferenciación. Debido a la amplitud de los conceptos que exponen los diversos ámbitos tecnológicos del deporte, las áreas principales se subdividen progresivamente para poder mostrar con mejor detalle y especificidad. Hasta ahora en ningún momento hemos introducido nuevas tecnologías emergentes como puede ser la aplicación de la inteligencia artificial al mundo deportivo. Además, pese a ser una publicación especializada en el ámbito del rendimiento deportivo, se dan relaciones con otras áreas de especialización como la pedagogía o el ámbito recreativo. A continuación, revisamos más autores para obtener un mapa conceptual más amplio y detallado.

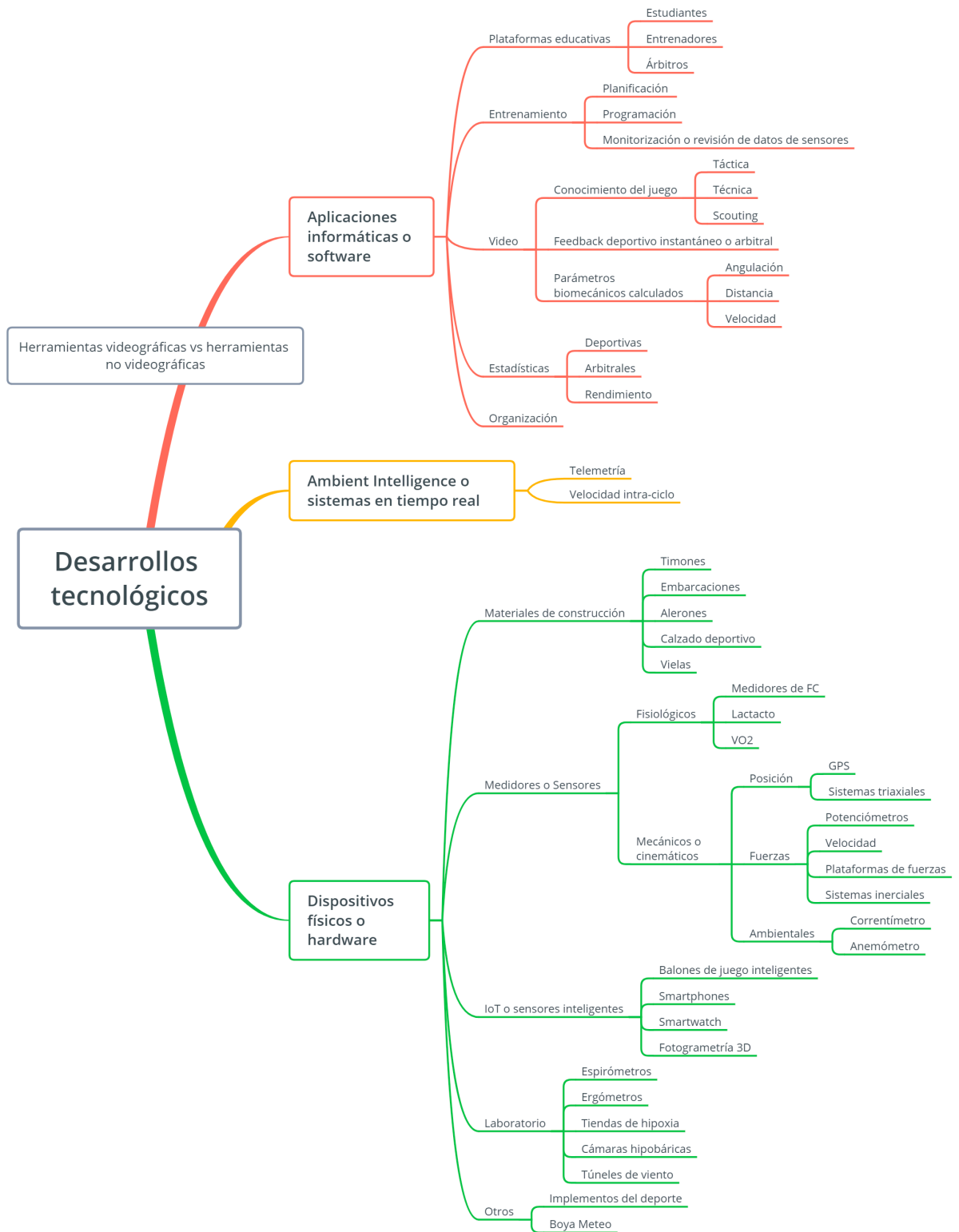


Figura 11. Resumen conceptual actualizado de los desarrollos tecnológicos según el libro TADAR (CSD, 2008)

1.3.4 Concreción de los desarrollos tecnológicos en los ámbitos del deporte

Hasta el momento tan sólo hemos realizado la revisión exhaustiva bajo el marco de una de las publicaciones en el ámbito tecnológico del rendimiento, y hemos podido trazar positivamente nuestro mapa conceptual introductorio. Sin embargo, debemos poder ampliar dicha investigación hacia todos los ámbitos y poder enriquecer nuestro ecosistema para poder evaluar el estado de la cuestión que nos supone generar un marco tecnológico actual y detectar qué áreas desarrollar.

Teniendo en cuenta que nuestra clasificación inicial para los ámbitos tecnológicos se rige por los 4 sectores principales (salud, rendimiento, recreación y educación) procedemos a analizar los puntos de vista de otros autores en cada uno de los ámbitos de la actividad física y el deporte.

1.3.4.1 Salud

La relación entre deporte y salud, más allá del concepto de bienestar físico, *wellness* o *wellbeing*, supone un nexo entre deporte, fisioterapia, medicina y psicología. Los campos que abarcan son muy amplios y las barreras entre los diversos ámbitos son tan difusas que podríamos buscar avances tecnológicos sin parar. El deporte y la actividad física mejoran sustancialmente la calidad de vida y su actividad regular en carácter moderado y vigoroso y existen multitud de recomendaciones al respecto (Haskell et al., 2007).

A continuación, analizamos algunas de las implicaciones que la tecnología puede facilitar y aportar en este sector, intentando buscar nuevas aportaciones a los conocimientos previos.

Software y aplicaciones

En este apartado describiremos como las aplicaciones informáticas han tenido respaldo científico en ésta área y como las aplicaciones tienen diversos puntos de enfoque para cada autor.

Empezando por Smolianov (2018), en los sectores generales y sociales, podemos observar como las nuevas tecnologías pueden ser utilizadas como **una herramienta para el control de salud de la población** y usar los diversos dispositivos de bajo coste para realizar los exámenes de condición física general que se han realizado desde el principio del entrenamiento y presentar baterías de test como la European ALPHA-FIT o el test de estado físico chino CNPFT. De todos los sistemas de evaluación de la condición física el sistema ruso GTO es el que ha encontrado un mayor soporte de comunicación y difusión de resultados siendo utilizado en varios países como fue Rusia y China provocando mejoras en todos los niveles, incluyendo resultados olímpicos (Smolianov et al., 2018). En varios países de Europa, como son Inglaterra, Holanda, Noruega y Portugal, se ha demostrado que el uso de este tipo de baterías de test para la mejora de la salud y rendimiento tiene un 95% de probabilidad de ofrecer un retorno efectivo al coste asociado usando la batería de test Eurofit (Wyke et al., 2019).

Smolianov et al., (2018) afirman que, la generación de una herramienta de control del estado físico con todo tipo de ejercicios y metodologías, puede ser un motor de cambio para mejorar el estado de salud si estuviera reforzado por un sistema de **recompensa útil hacia el usuario** y con buenas estrategias

de promoción. En este aspecto cabe recalcar las afirmaciones sobre la adherencia a Instagram que presentan Kircaburun et al. (2019), afirmando que los sistemas de recompensa deben ser múltiples y variados, como son los 5 componentes del uso problemático de Instagram o **PIU** (*problematic Instagram use*): visualización de video en directo, videos en diferido, fotografías, *likes* y comentarios de otros usuarios. Posiblemente el sistema de recompensa que el usuario deba experimentar deba captar algunas de las adherencias negativas que ofrecen las otras herramientas sociales como factor positivista. En todas las esferas de web sociales la adherencia viene dada por la sensación de tener una mayor presencia en su uso y un motivo de escape de la realidad (Kircaburun et al., 2019).

M-Health y nutrición deportiva

En esta línea de desarrollo, se instauro el concepto de m-Health y encontramos relaciones con el sector nutricional. Considerar la nutrición como un concepto relacionado con el deporte, así como la medicina deportiva, puede generar controversia o incluso especificación no detallada. Sin embargo, son multitudes los estudios que surgen anualmente al respecto y que avanzan con el uso de la tecnología (Kreider et al., 2010).

Aspectos como las ayudas ergogénicas, los suplementos nutricionales y su evolución son complejos para poderlos incluir en este objeto de estudio. Sin embargo, la evolución de la tecnología ha afectado también a éste ámbito, no solo en la generación de nuevos productos, sino en la incorporación del *Smartphone* como herramienta para su gestión (Bert et al., 2014). La incorporación del rol médico en el proceso de la salud a través de **herramientas sociales** para la gestión de la nutrición en el campo del *m-Health* o *mobile health* está en continuo avance. En este aspecto la evolución del sector ha permitido generar una serie de conceptos que permitirán ampliar nuestro catálogo:

- Conocimiento detallado alimenticio.
- Seguimiento de diario nutricional o *mindful eating*.

También se han dado investigaciones relacionadas con la generación de guías audiovisuales de nutrición y entrenamiento guiado por ejercicios bajo el concepto de *mPED* o *mobile phone based physical activity education* (Fukuoka et al., 2011). Posteriores estudios han cuantificado y validado el uso de dichas herramientas como válidas provocando una mejora en la condición física y una reducción del sedentarismo en mujeres de mediana edad (Fuoka et al., 2019).

Por tanto, podemos ver como no sólo se puede mejorar la condición física y el estado de salud general mediante el uso de nuevas aplicaciones informáticas, sino que también surgen relaciones que implican a los sectores médicos y a los profesionales nutricionales, siendo un canal mediador entre diversos roles profesionales que podrían estar interconectados.

Psicología deportiva

En este sentido, el de considerar otros profesionales relacionados con el deporte y su aplicación desde el punto de vista de salud, la psicología tiene un factor decisivo al permitir consolidar al deportista como un bloque íntegro. Deporte y psicología tienen dos factores comunes: Por un lado, la enseñanza

de las capacidades mentales para la mejora del rendimiento motor y, por otro lado, el desarrollo a través de las capacidades motrices de un mejor estado psicológico, de salud y bienestar (Weindberg and Gould, 2019, p. 4).

En la psicología deportiva, la monitorización que presenta la tecnología actual permite el **biofeedback** y **neurofeedback** del deportista para conocer cómo responde a la **autorregulación biológica**. En este caso, los sistemas de **realidad aumentada** y **sistemas de realidad virtual** complementan el estudio de las capacidades mentales (Smolianov et al., 2018, p.20), destacando los siguientes avances:

- **BFBT o biofeedback training**, que intenta mejorar la capacidad de desarrollo del deportista ante las respuestas de variación de pulsaciones o análisis de los intervalos R-R (conocido como HRV), el ritmo cardiaco, la respiración y la tensión muscular mediante **electromiografía** o conductividad **electrodermal**. Los estudios de Ekkekakis y Petruzzello (2002) denotan una disminución del sedentarismo por su utilización, aunque bajo un marco teórico. Sin embargo, actualmente se están dando relaciones consistentes entre la utilización de tecnología de este tipo para la detección de ventanas de entrenabilidad y recuperación del deportista, como puede ser usando *emWave* o *Unyte*, favoreciendo además los patrones psicosociales y deportivos en jóvenes (Edwards, 2019).
- En cuanto a los **sistemas de realidad virtual**, existen diversas publicaciones que potencian la adquisición de patrones motores mediante el uso de dicha tecnología (Smolianov et al., 2018; Petri et al. 2019). Los patrones se ven afectados en fases iniciales de uso debido al aprendizaje, pero el rendimiento final se ve en aumento según Petri et al. (2019). Además, dichos autores recalcan la importancia que tiene para el entrenador por la sencillez que presentan para cambiar la situación de entrenamiento. Por otro lado, su uso está muy contrastado en entornos de rehabilitación motora, en la que los pacientes han tenido situaciones de estrés de alto impacto (Krakauer, 2006; Mirelman et al., 2010) siempre y cuando se utilice como un complemento para la rehabilitación.
- En cuanto al uso del video, el concepto de **video feedback** surge como la utilización de herramientas de video análisis entre entrenadores y deportistas para mejorar la práctica deportiva y se están convirtiendo en aspecto esencial en cualquier deporte organizado (Smolianov et al., 2018). Cabe recordar que el tiempo en el que se tarda en dar el feedback tiene un efecto directo sobre la percepción motriz, ya que disminuye la percepción y capacidad de corrección sobre el error cuando se aumenta el tiempo de feedback (Myer et al., 2013). En este sentido existen una serie de productos comerciales que pueden ayudar a la mejora como son *Trakus*, *SoccerMan*, *Trakperformance*, *Pfinder* y *Prozone*, aunque deben mejorar mucho al precisar continuamente una persona en su uso y, por tanto, se alejan de un uso real, obligando al deportista a portar elementos



Figura 12. Sistema Emotiv para el análisis de emociones y ondas cerebrales

adicionales o *wearables* (Barris et al., 2008). Hoy en día existen sistemas que trabajan en esta línea, que hace referencia al concepto de *ambient Intelligence*, más que al *video feedback* en sí y que, por tanto, se discutirán en otro apartado.

El campo de la psicología ha tenido un desarrollo también de conceptos *wearables*, ya que se ha estudiado el uso de dispositivos como son Emotiv Epoc para la medición de las emociones a través de ondas cerebrales, y en este sentido el *biofeedback* tiene un desarrollo tecnológico emergente (Aspinall et al., 2015).

Fisioterapia y/o rehabilitación

Los equipos de competición internacionales precisan de equipamiento específico para la recuperación y rehabilitación de los deportistas y en este caso la tecnología tiene un importante factor presencial. Smolianov et al. (2018) identifican los siguientes usos:

- La utilización de equipamiento de masaje con **presión modulada** por aire.
- La terapia de masaje o entrenamiento por **vibración** permitiendo el drenaje linfático.
- **Neuropriming** o electroestimulación magnética para mejorar la plasticidad cerebral previa al inicio de la actividad. El concepto de plasticidad utilizado se define como “la habilidad del sistema nervioso central para adaptar la respuesta a los cambios del entorno” (Smolianov et al., 2018, p. 15).
- **Punción seca** o *dry needling* para el tratamiento de lesiones por hiper estimulación del punto gatillo para eliminar tensiones musculares.
- **Dry Cupping** o masaje con vasos como técnica ya utilizada en oriente, pero incorporada recientemente en los países occidentales, dando lugar a un punto de vista de la evolución de la tecnología como un factor condicionado culturalmente. En éste ámbito también incluiríamos las distintas técnicas de terapia con diversas temperaturas en agua, **hidromasajes o bañoterapia**.

Dichas metodologías suponen un avance en el uso de la tecnología y suponen un nuevo marco de aplicación al no implicar avances informáticos, pero es el propio avance de la investigación el que permite que se dé un mayor conocimiento y contraste en su utilización. Por tanto, vemos como no todos los avances tecnológicos tienen que suponer la utilización de nuevos medios comunicativos o informáticos. En esta línea de actuación, podemos ver como los avances que la fisioterapia aportan en cuanto a técnicas y que éstas han afectado al entrenamiento. En este sentido la **electroestimulación**, DELORME, DAPRE (*Daily adjustable progressive resistance*), IAPRE (*Isometric autoregulating progressive resistance exercise*), el entrenamiento isométrico, las máquinas inerciales y la estimulación vibratoria (Tous, 1999) forman parte de una nueva tecnología. A pesar de ser que estas metodologías son más sistemas de entrenamiento que nuevos desarrollos tecnológicos, muchos de ellos sólo se pueden implementar gracias al avance tecnológico del mercado.

La **tecnología vibratoria** aplicada a todo el cuerpo o WBVT (*whole body vibration training*), originada inicialmente para el entrenamiento de los astronautas en fase antigravitatoria, ha tenido un uso extendido en el ámbito médico-deportivo durante años, aunque el uso de los protocolos de uso y entrenamiento no está del todo contrastado y precisan de mejor aplicación (Abercromby et al., 2007; Luo et al., 2005).

La **tecnología isocinética** ha sido utilizada para la rehabilitación médica manteniendo una velocidad constante de ejecución durante todo el rango de movimiento (ROM); pero, en este sentido, la **tecnología isoinercial** es la que ha tenido un incremento más importante en uso y su aplicación está bastante contrastada para el tratamiento y prevención de lesiones deportivas (Prieto-Mondragón et al., 2016; Tous et al., 1999). En este sentido, el deportista genera una potencia de trabajo durante la fase concéntrica del movimiento y debe trabajar su propia inercia en la fase de retroceso, ofreciendo un trabajo muscular en excéntrico en dicha fase de frenada. Su ámbito de uso se suele dar en las máquinas yo-yo desde hace años y en los últimos años bajo las denominadas poleas cónicas, que suelen incluir últimamente un **encoder** para realizar las mediciones de la fuerza generada y controlar la posible sobrecarga.

Sensores aplicados en el entorno de salud

El uso de sensores bajo el concepto de *wearable* es un área que tiene mucho interés por las posibilidades de monitorización y control que permiten. En este sentido, según Sander et al. (2016), diferentes publicaciones afirman que 150 minutos por semana de actividad física son protectoras ante las enfermedades crónicas, por lo que cualquier tipo de avance tecnológico debe aportar beneficios sociales.

En esta línea de actuación su grupo de investigación realiza una búsqueda científica sobre las denominadas **Smartbands** y las implicaciones sobre dicho índice de actividad, conocido como índice PA (*physical activity*). Dicho estudio certifica la existencia de 146 tecnologías diferentes y verifica la utilización de 82 de dichas tecnologías, comparando marcos de actuación y usos. Como conclusión al estudio, demuestran la necesidad de la generación de herramientas para la evaluación del sedentarismo en un entorno demasiado reciente.

El uso de los **podómetros** también provoca una gran mejora para la evaluación de la actividad física por su sencillez y, además provocan una mejora en la condición física de los que lo utilizan (Bravata et al., 2007). Los modelos existentes en el mercado son realmente válidos para calcular el número de pasos realizados, pero son poco fiables para cálculos de distancia y mucho menos para consumo energético (Crouter et al., 2003, p.1).

Los podómetros, que normalmente constaban en su interior de un sensor acelerómetro uniaxial, han evolucionado desde el uso en calzado o mano a usarse en cualquier tipo de dispositivo, aumentando el número de ejes que soportan bajo los denominados **acelerómetros uniaxiales** o **triaxiales**. Dichos sensores, de muy pequeño tamaño, son incluidos en casi todo tipo de dispositivo, como pueden ser los Smartphones, Smartbands, Smartwatches o incluso en dispositivos de afiliación a gimnasios o llaves, como sucede con *Mywellness Key de Technogym*. En este caso, su utilización para el sector clínico o asesoramiento de la educación física es recomendado para entornos de ligera a moderada actividad física, a pesar de que siguen teniendo problemas de cálculo con los cambios de velocidad y consumo

energético calculado (Sieverdes et al., 2013). En concreto, dicho dispositivo cuenta en su interior con un sensor acelerómetro uniaxial.

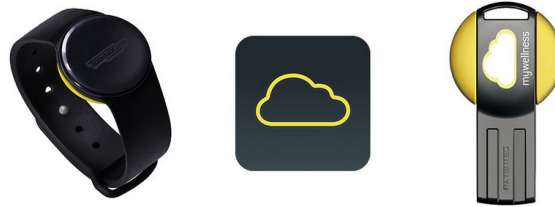


Figura 13. Diversas configuraciones del acelerómetro de Technogym en formato pulsera o llave de uso de uso en gimnasios

Existen divergencias entre la mejora de cálculo que ofrecen acelerómetros uniaxiales y triaxiales, ya que algunos autores afirman que los triaxiales tienen un mejor cálculo sobre el índice de actividad ya descrito desde los primeros modelos comerciales del mercado (Welk et al., 2000). Sin embargo, Vanhelst et al. (2012) afirman que ambos tipos de sensores son similares, siendo, en ambos casos, muy adecuados para el cálculo del índice de actividad física o **PA index** y válidos para todo tipo de estudios clínicos.

En este sentido, los acelerómetros triaxiales se establecen en el sector como una herramienta precisa para la diferenciación del tiempo de actividad y descanso, reconocimiento de orientación postural con un 94.1% de acierto, y con validez para la detección del movimiento de un 83.3% y un 94.1% de acierto para la detección de fallos de equilibrio significativos que pueden acabar en caída, usando algoritmos inteligentes para su predicción (Karantonis et al., 2006.; Shi et al., 2009) incluyendo el uso de **sistemas inerciales** o **IMUs**. El avance en este sector, ha llegado a establecer algoritmos predictivos de reducción del factor cognitivo con alteraciones del sueño e incluso con modificaciones del ritmo circadiano y patrones de riesgo cardiovascular e incluso detección de una posible mortalidad (Zeitzer et al., 2018).

Síntesis del contexto para el entorno de salud

A continuación, definimos los detalles expuestos en un pequeño mapa conceptual, integrando los detalles y metodologías vistas a modo de síntesis. En la siguiente figura intentamos resumir todas las aportaciones encontradas en el mundo del deporte y de la salud.

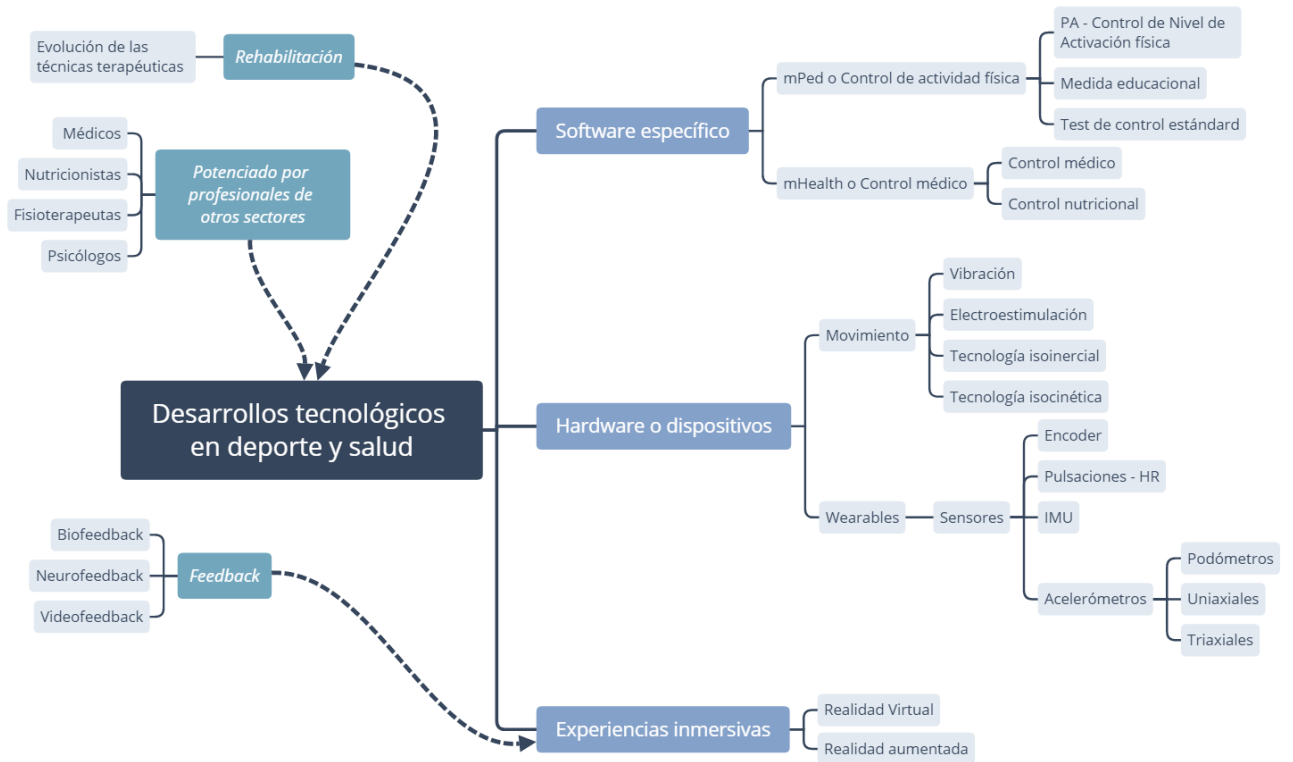


Figura 14. Síntesis de los desarrollos tecnológicos en el entorno de salud

En este mapa conceptual podemos ver como sintetizamos la bibliografía expuesta en un gráfico sencillo y ordenado. Hemos diferenciados los conceptos teóricos que afectan los desarrollos tecnológico y seguido las líneas de aplicaciones iniciales de software y hardware como nexo de unión para poder enlazar con los mapas conceptuales anteriores.

En este sentido, vemos como el ecosistema se va ampliando y añadimos tipos de feedback, tipos de profesionales y técnicas de rehabilitación como conceptos que afectan la tecnología.

Por otro lado, el desarrollo tecnológico del entorno de salud tiene unas aplicaciones informáticas de tipo software muy concretas que no tienen por qué requerir en algunos casos el uso de dispositivos adicionales, ya que el propio teléfono o *Smartphone* ya incluye muchos de los sensores. Cuanto más complejo es el análisis realizado, más necesario es la incorporación de dispositivos adicionales.

Un concepto interesante que empieza a aparecer es el de las experiencias inmersivas, que lo veremos desarrollado sobretodo en el ámbito recreativo y expondremos con detalle. Cabe decir, que las experiencias inmersivas o de realidad aumentada parecen centrarse en el espectador, pueden tener una gran eclosión en las próximas Olimpiadas de Tokio, aplazadas por la pandemia COVID-19, ya que prometen introducir los mayores cambios tecnológicos que ha habido en la historia del deporte.

1.3.4.2 Rendimiento

En el ámbito del rendimiento encontramos el mayor número de aplicaciones tecnológicas respaldadas por investigaciones, y tradicionalmente es en esta área donde se inician las aplicaciones tecnológicas

para extender su uso a otros desarrollos tecnológicos. A continuación, destacaremos las innovaciones que no se han mencionado en el ámbito de salud para poder dar lugar a un ecosistema más completo y con mayor información.

Planificación deportiva

En cuanto al entrenamiento y rendimiento, dichas metodologías pueden formar parte de un protocolo de entrenamiento para deportistas de alto nivel en base a una planificación a largo plazo específica para cada deporte (Smolianov et al., 2018). La evolución de las periodizaciones entrelazadas con las actuales capacidades de monitorización y autorregulación del entrenamiento son conceptos que se llevan buscando desde el principio de los métodos del entrenamiento. De hecho, Verkhoshansky ya discutía dicho aspecto bajo el concepto de **periodización cibernética** afirmando que, para la efectividad de un programa de entrenamiento, sería de gran ayuda que se pudieran visualizar simultáneamente los cálculos de intensidad, volumen, rendimiento real del entrenamiento y RPE durante toda la periodización (Verkhoshansky, 2009, p326), concepto que parece íntimamente enlazado con Ambient Intelligence en algunos aspectos.

Existen aportaciones a dicho concepto afirmando que la evolución de dicha planificación del entrenamiento reside en la sistematización y planificación de esquemas de periodización, con intensidades y volúmenes que varían de manera cíclica, mientras se combinan con la **monitorización y técnicas de autorregulación**, concepto englobado en la denominada **planificación parametrizada** (Smolianov et al., 2018, p14).

El desarrollo tecnológico en este sentido surge desde entidades privadas y no se han encontrado grandes investigaciones que fundamenten estos conceptos en el producto resultante, pero veremos sistemas como los que son ofrecidos por la empresa Catapult Systems que permiten predecir el estado de forma y predisposición a lesiones de cada jugador en base a un concepto denominado "*Training Load*" o carga del entrenamiento que parece ser que precisa de un mayor contraste (Bredt et al., 2020). Para la planificación existen una cantidad grandísima de aplicaciones que veremos en el próximo capítulo.

Wearables y sensores aplicados al entrenamiento

El uso de sensores en el entrenamiento y de dispositivos ultra portables se ha convertido en un estándar actualmente, evolucionando cada vez más el concepto de sensor hasta el punto en que se transforma en una fuente de datos continua y modificando el rigor y severidad del deporte (Kos et al., 2017): mayores datos, mayor precisión, mayor amplitud y mejor rango de muestreo son constantes del cambio continuo. En este sentido, la evolución de los sensores se ha dado en todos los aspectos, pero vemos como los datos no están del todo contrastados y los estudios son bastante difusos ya que las investigaciones suelen venir dadas por el propio fabricante (Sañudo y Muñoz, 2018).

Los primeros sistemas o sistemas de trabajo en base a fuerzas, necesitan utilizar sensores de variables físicas y, en este sentido podemos incluir los **sensores piezoeléctricos, galgas, plataformas de contacto y plataformas de fuerzas**. Pero a medida que la tecnología ha evolucionado se han ido incluyendo otros sistemas de menor consumo o más digitales.

Algunos dispositivos han sido innovadores como se puede ver con la **oximetría muscular**. Se da un gran aumento de uso desde que se empezaron a comercializar en 2006 los primeros productos de oximetría muscular o **saturación de oxígeno** muscular (**SmO₂%**). Dichos dispositivos, encargados de medir que cantidad de oxígeno o saturación tenemos disponible a nivel muscular a partir de espectroscopia por infrarrojos (**NIRS** o *near-infrared spectroscopy*), precisan de un mayor estudio y avance tecnológico. Perrey and Ferrari (2018), denotan que tan sólo pudieron seleccionar 57 registros a evaluar de un grupo de 14,409 registros. Además, en este sentido, existen dos tipos de dispositivos, unos de muy alto coste como sucede con los sistemas específicos de laboratorio NIRS como es **MetaOx** y otros de un coste menor de onda simple y continúa conocidos como **FDNIRS** (*Frequency-domain NIRS*), como sería el caso del dispositivo **Humon**. En comparación, ambos dispositivos tienen una correlación mayor al 0.70 en el cálculo de los coeficientes de SmO₂ y relación de hemoglobina y mioglobina en tiempo real (Farzam et al., 2018), aunque dicho estudio mide en distintas piernas cada uno de los dispositivos.

Los dispositivos de control del entrenamiento buscan una mayor movilidad y menor tamaño, como sucede en su aplicación de acelerómetros triaxiales para el entrenamiento. En este sector, cuyo negocio supone una industria de facturación billonaria (Salah et al.2014), el uso de sensores permite la introducción de **algoritmos de Inteligencia artificial y Deep learning** para detectar gestos incorrectos en el movimiento de deportes cíclicos o con patrones repetitivos, como sucede en el caso del atletismo (Benson et al., 2018). Los ciclos de ejecución y análisis tienen cada vez fases más pequeñas definidas por la perfección de la técnica y permiten incluso el análisis de todos los patrones de movimiento y sus fases.

Sin embargo, la posibilidad de integrar dichos dispositivos en tiempo real precisa de una reducción de requerimiento de cálculo y un mayor tiempo de batería para los dispositivos autónomos (Cola et al.,2015). En éste ámbito, se precisa que exista un mayor apoyo de la inteligencia artificial para la creación de algoritmos de cálculo de patrones de movimiento que puedan ser implantados en los dispositivos ultra portátiles (Benson et al.,2018).

Debido a esta necesidad, surge la obligación de crear nuevos tipos de alimentación para los dispositivos que puedan ser una alternativa al uso de baterías y, en este caso, surge el uso de los supercapacitores como denota Weghorn (2017). Dicho autor afirma que el uso de los **supercapacitores** para la creación de sistemas de alimentación en sensores ultra portables podría reducir el coste de producción y alargar el tiempo de vida del dispositivo, integrándose positivamente en dispositivos de monitorización de pulsaciones y otros dispositivos sensores con conexión mediante **tecnología ANT+ o bluetooth**.

En cuanto a otros tipos de sensores y metodologías que mejoran el rendimiento se han podido encontrar el uso de sensores de humedad y temperatura. Bajo este concepto, los avances tecnológicos actuales permiten incluso el uso de **sensores de temperatura** y su aplicación para el control térmico del deportista, permitiendo detectar que patrones corporales tiene el atleta. Aunque está aún en fase de

desarrollo y evaluación, el control de la temperatura corporal permite perfilar las condiciones fisiológicas de la persona para trabajar bajo condiciones saludables, y la creación de dispositivos *wearables* para ello puede suponer un gran avance (Buller et al., 2018). Añadido al control térmico, el uso de los **sensores de humedad** ha encontrado su respaldo en algunas investigaciones del mundo del deporte y su uso simultáneo con la temperatura puede ser utilizado en la creación de calzado y otro material deportivo bajo un punto de vista ergonómico (Koptuyug et al., 2016).

En el estudio de la algoritmia o complejidad del programa utilizado, se busca la reducción del coste computacional y, por tanto, reducir el consumo de batería; se analizan dispositivos mediante **sensores inerciales o IMU**, así como acelerómetros y **giroscopios**. En este caso, los sensores inerciales son capaces de añadir una capacidad de cálculo no tan sólo sobre la aceleración, si no sobre la velocidad angular. En este sentido, el estudio cinestésico del comportamiento humano supone una alternativa al estudio visual mediante video (Yang et al., 2011). Incluso existen aplicaciones para este tipo de sensores que analizan el apoyo de la palma de la mano en la fase de empuje acuática, aunque no son producidas comercialmente y precisan mayor desarrollo (Mangin et al., 2015).

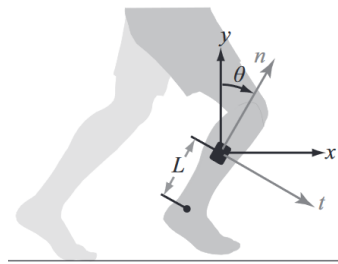


Figura 15. Variables contempladas en el movimiento de carrera mediante sensores inerciales por Yang et al. (2011)

Según Yang et al. (2011) este conjunto de variables permite el cálculo de una velocidad estable de carrera, además de la detección de las distintas fases de carrera, permitiendo que dichos dispositivos sean una alternativa a la captura de movimiento por vídeo (*motion capture*), disminuyendo el factor de exposición y de laboratorio, pese a que los resultados por telegrafetría 3D dan resultados muy fiables para el análisis biomecánico (Clermont et al. 2019).

Existen una serie de productos comerciales de alto coste en toda esta línea de productos, con poco contraste científico a nivel de precisión del material, como sucede con los sistemas generados por Catapult Sports o por STATSports utilizados a nivel mundial. Los productos que se ofrecen por esta compañía tienen un amplio uso en el deporte profesional, especialmente en deportes de exterior debido al GPS, siendo un producto oficialmente utilizable en algunas competiciones, como sucede con las competiciones FIFA. Respecto al respaldo científico, podemos encontrar estudios recientes referentes al cálculo que ofrecen para la evaluación de la carga del deportista. Entre estos estudios podemos avanzar que actualmente se precisa la validación y uso para el concepto de *Player Load* o carga del deportista que requiere de un mayor contraste en los cálculos generados (Bredt et al., 2020).

Independientemente de la implementación del concepto de carga del deportista, existe una divergencia de métodos para su cálculo, y este factor ha implicado que sea un tópico actual a nivel científico. Respecto a su complejidad y cálculo se ha analizado el concepto de carga desde el punto de vista de la

inclusión de parámetros de monitorización como son coordenadas GPS, entrenamiento de la potencia y fuerza, parámetros fisiológicos y cinemáticos que previenen que se utilicen herramientas analíticas sobre todos los dispositivos wearables posibles, con una cuota de mercado de más de 19 millones de dispositivos vendidos anuales para la monitorización y que se prevé que su validez y confianza pueda generar controversia en la interpretación de los datos (Bourdon et al., 2017).

Telegrametría 3D o *motion capture*

El uso de video para el análisis y el término de **captura de movimiento no son idénticos**. Mientras el análisis por video trabaja en 2 dimensiones y permite codificar y visualizar la información en dos dimensiones en cualquier entorno a partir de un video, la técnica de *motion capture* o captura de movimiento se focaliza en la generación de un patrón de movimiento tridimensional computarizado y, hasta el momento, tiene un uso específico de laboratorio o zona de entrenamiento transformada, utilizando principalmente cámaras por infrarrojos o sensores.

En el campo de la telegrametría 3D el sistema Vacon se insta como un claro estándar, al ser de uso genérico a cualquier deporte, aunque la utilización de sistemas más específicos como puede ser el sistema de Shimano 3D Motion Analyzer, comercializado bajo el producto "*Bikefitting*", suponen una alternativa con un conjunto de datos también apto para la investigación (Bouillod et al., 2019). A modo de ejemplo, mostramos a continuación un esquema de posicionamiento bajo el estudio realizado por Clermont et al. (2019) para fotogrametría 3D. Veremos más adelante como este tipo de tecnología está evolucionando mediante inteligencia artificial.

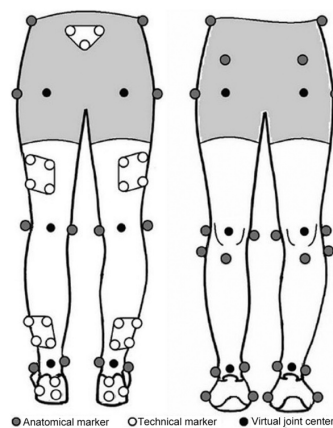


Figura 16. Esquema de posicionamiento para el análisis de carrera por telegrametría 3D (Clermont et al., 2019)

Encoders

Los *encoder* existen desde hace muchísimos años, pero las interfaces y usabilidad que han dado al usuario final siempre han sido bastante limitadas y de ahí que su uso comercial sea relativamente bajo. Sin embargo, el avance tecnológico ha permitido que su usabilidad mejore y que las interfaces de usuario sean mucho más sencillas, rápidas y manejables, siendo una parte activa del concepto de "aplicación tecnológica para el deporte".

El uso de este tipo de tecnología en los sistemas de entrenamiento ha dado lugar a una mejora potencial en sistemas de trabajo orientados a la fuerza, al buscar el fallo muscular como sistema de referencia y establecer nuevas bases de entrenamiento. En este sentido el trabajo excéntrico y el uso de material como son las **poleas cónicas**, interconectadas con encoders han sido uno de los sistemas que mejor permiten monitorizar el esfuerzo realizado y, por tanto, mejorar el proceso de entrenamiento.

En cuanto a los *encoders*, existen dos tipos aplicados al entrenamiento, el encoder lineal y el encoder rotatorio.

- El *encoder* lineal se utiliza para conocer la posición de una carga en un movimiento recto, mientras que el encoder rotatorio responde a un cable que se enrolla en un eje rotatorio.
- El *encoder* rotatorio actualmente se utiliza bajo el mismo contexto que el encoder lineal, pero permitiendo una mayor cantidad de cálculos.

Habitualmente ambos están conectados a un sistema informático para calcular los valores máximos y medios de fuerza generada, la velocidad y la potencia (Naclerio et al., 2009). Dichos cálculos se pueden realizar al conocer la fuerza generada, el tiempo que se está realizando y la distancia, calculado en base a las rotaciones del eje provocadas por un cable.

Uno de los sistemas más estandarizados y utilizados en investigación en este sentido es la plataforma sueca SmartCoach, cuyas investigaciones parecen estar bastante contrastadas (Sañudo et al., 2018). La utilidad y gran cantidad de información que podemos calcular ha diversificado la oferta y aumentado su inserción en métodos de entrenamiento con las poleas cónicas VersaPulley o ChronoJump (Lake et al., 2017). Sin embargo, su elevado coste obliga al mercado a sacar otros productos de menor coste, como son Speed4Lifts, que utiliza un encoder rotatorio o Beast (disponible en <https://www.thisisbeast.com>). Este último utiliza un acelerómetro en lugar de un encoder, por lo que los cálculos son menos precisos, pero surgen como una alternativa de menor coste.

Bigdata, Inteligencia artificial y machine learning

El Big Data o tratamiento de datos masivos es una de las grandes tendencias informáticas actuales y que forman parte del proceso de la *Transformación Digital*. Esta *Transformación Digital* es el proceso de transformación de toda institución y de la información que trata a un contexto informático para que sea competitiva, visible socialmente y sostenible en el tiempo a pesar de los avances informáticos (Arango Serna et al., 2018). En este sentido, la utilización de Big Data supone la utilización de esos datos ordenados de distintas maneras para hacer un análisis profundo y obtener resultados, mezclando conceptos analíticos y estadísticos para la obtención de fórmulas o algoritmos predictivos, como sucede en las búsquedas de internet y la sugerencia de compras al usuario que navega. La parte analítica de datos correspondería con la “minería de datos” y la parte estadística se centraría en la obtención de algoritmos a partir de técnicas orientadas a *bigdata* y *machine learning*, utilizando el término de redes convolucionales para la reducción progresiva de los datos.

Una vez tenemos una cantidad de datos significativos y el algoritmo de aprendizaje empieza a estar consolidado, podemos hablar del concepto de inteligencia artificial para la toma de decisiones automatizadas.

El uso de *Big Data* está empezando a ser utilizado en el proceso de entrenamiento de última tendencia, y un uso de datos masivos permite incluso simular el nivel de entrenabilidad que un deportista puede soportar. En este sentido, aunque se precisa de una mejora exhaustiva, se han encontrado correlaciones mayores al 50% en la simulación de la capacidad de entrenamiento de deportistas (Ludwig et al., 2016). Para ello, se pueden analizar los datos de entrenamiento y respuesta fisiológica del deportista previo para simular los nuevos estímulos de entrenamiento y, por tanto, simular el entrenamiento que cada deportista precisa sin llegar a un impacto que pueda generar lesión o sobreentrenamiento. Esta metodología permitiría disminuir el análisis de laboratorio (lactato, VO2Max, espirometría, etc.) a las primeras fases del entrenamiento para conocer que curvas son más predictivas al deportista y así obtener un entrenamiento predictivo totalmente individualizado que encaje en los conceptos de entrenamiento cibernético que exponía Verkhoshansky et al. (2009).

Dicha capacidad de entrenamiento individual es más importante cuanto más se quiere detectar talentos o cuando se debe entrenar en deportes colectivos. En los deportes colectivos, el uso de dichos datos se puede usar para la detección de patrones adecuados de trabajo en equipo y factores que son difícilmente predecibles (Wang et al., 2016). En tal caso, el uso de los algoritmos predictivos permite conocer que equipos pueden tener una mejor trayectoria saliendo de las tendencias de observación del trabajo individual y estadístico haciendo análisis sistemáticos de los resultados competitivos para predecir qué forma de juego y resultado de equipo tendrá mejores cualidades competitivas. Dicha algoritmia ha demostrado tener un acierto de un 68.8% de probabilidad según Wang et al. (2016).

Por tanto, la predicción del resultado competitivo de forma objetiva es posible. La utilización en el entrenamiento se ve comentada y probada en entornos web para entrenadores en el caso del baloncesto (Horvat et al., 2015).

A partir de una obtención de datos masiva también podemos observar tendencias de cualquier tipo y, en base a ello, dinamizar la toma de decisiones de cualquier sistema de información. Cuanto más se independiza al sistema en la toma de decisiones sobre los datos obtenidos, podemos hablar más de sistemas de *machine learning* o **inteligencia artificial** si la toma de decisiones es automática.

En este paradigma de inteligencia artificial, la toma de decisiones debe establecerse sobre datos estructurados y muy consolidados. Un ejemplo de ello es la validez del ritmo cardiaco para la evaluación del impacto del entrenamiento, que ha sido altamente contrastado y utilizado desde hace tiempo (Ludwig et al., 2016). Por tanto, no sólo podemos predecir el nivel de entrenabilidad del sujeto, sino que podríamos predecir el ritmo cardiaco al que tiene que estar el deportista en un ejercicio de forma individual y, por tanto, realizar una **monitorización predictiva del deportista** durante un ejercicio o una sesión de entrenamiento.

Monitorización en tiempo real o *ambient intelligence*

La monitorización en tiempo real es un proceso mediante el cual se evalúa la acción de juego o deportiva para transformar los eventos físicos en datos que pueden ser analizados. La gran cantidad de datos de los que se pueden disponer son muy diversos y, dicha cantidad de datos pasará a formar el concepto de Big Data relacionado con el deporte. Parece ser que, los datos espacio-temporales captados mediante sistemas EPTS (Electronic Performance Tracking System) tienen un notable incremento en investigación. Además, éste tipo de datos proveen de indicadores para el rendimiento que son esenciales para la monitorización de la carga y el análisis táctico (Linke et al., 2020).

Para poder comprender los diversos dispositivos EPTS que existen en el mercado debemos establecer la siguiente clasificación (adaptado de Linke et al., 2020):

- Los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS, Global Navigation Satellite Systems). En este tipo de sistemas encontramos los sistemas GPS tan utilizados actualmente. Existen algunos sistemas autorizados para su uso por competiciones oficiales, como sucede con StatsSports.
- Los sistemas de posicionamiento por radio local (LPS, Local positioning systems). También encontramos todos los dispositivos que funcionan por Bluetooth, ANT+, WIFI o similares sin uso de GPS. Su uso es aplicable a entrenamiento y a sistemas de entrenamiento móvil (Leser et al., 2011).
- Los sistemas de seguimiento por video (Video Tracking Systems). Es el más utilizado en competición oficial al no ser intrusivo.

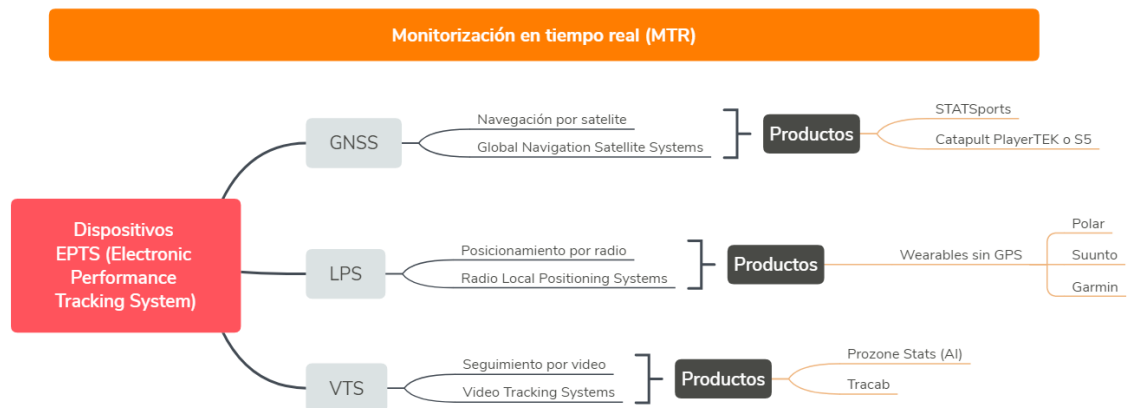


Figura 17. Clasificación de los sistemas de monitorización en tiempo real

Hemos mencionado ya en diversas ocasiones el concepto de “Ambient Intelligence”, el concepto de “Aplicación Tecnológica” y también el de “Monitorización en tiempo real”. Todos estos conceptos están relacionados pudiendo llegar a ser casi sinónimos en algunos contextos. También encontramos referencias relativas al “feedback” y a la relación entre la información que se le da al deportista y el tiempo, influyendo en la corrección del error, recalcando en varios aspectos la necesidad de realizarse en tiempo real.

Por tanto, el feedback reactivo y el concepto de Ambient Intelligence también están estrechamente enlazados y debemos analizar estos factores para poder completar la definición de aplicación tecnológica para el deporte. Tal es la importancia de este factor, que diversos autores afirman que, el feedback, es lo más importante en el entrenamiento después del tiempo de práctica repetitiva (Bilodeau et al., 1969). Dicho feedback se da forma intrínseca en la práctica por el propio deportista, pero también podemos tener un feedback aumentado de forma externa con la corrección de un entrenador. Dentro del feedback aumentado, el **feedback paralelo** procedente de fuentes tecnológicas puede detectar aspectos que no son perceptibles bajo el ojo humano (Kos et al., 2018).

Utilizando los sistemas tecnológicos concurrentes de feedback aumentado o **biofeedback**, por tanto, podemos mejorar la práctica deportiva y, además, el uso de aplicaciones en Smartphones, video externo, señales acústicas u otros sistemas permiten que el entrenador pueda concentrarse en otros detalles o incluso un aprendizaje más independiente.

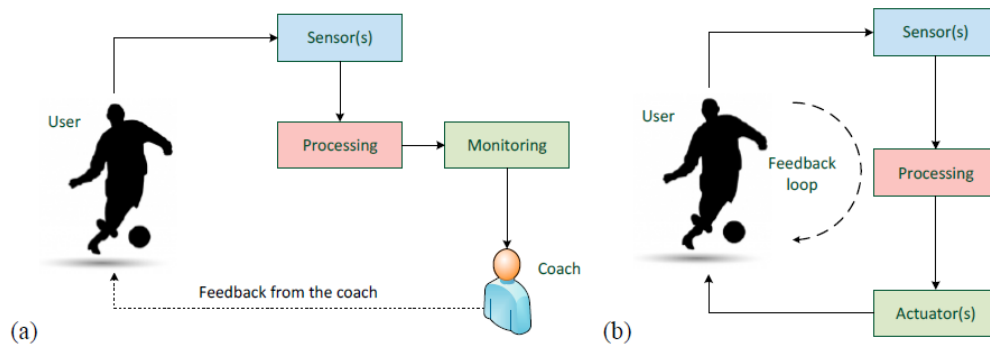


Figura 18. Modificación del feedback externo mediante entrenador (a) o biofeedback (b) según Kos et al. (2018)

La mejora que puede ofrecer el uso de sensores con algoritmos de inteligencia artificial podría permitir detectar **patrones predictivos** en la práctica deportiva, y esto supone un adelanto al concepto de feedback en tiempo real, según Kos et al. y, por tanto, la captura de movimiento o el video mediante sensores pueden tener un impacto predictivo en el entrenamiento. Por tanto, el uso de sensores ambientales y otros sensores enfocados al rendimiento y estado del deportista, unido a un sistema computacional para el tratamiento de datos en tiempo real son lo que nos permiten hablar de un sistema de Ambient Intelligence (Vales-Alonso et al., 2010).

En la figura anterior podemos ver como los sensores con tratamiento de la información automatizada se pueden usar para dar información al entrenador o, en un modo concurrente, para dar información directa al deportista. En caso de no tener información ambiental, hablaríamos de un concepto de monitorización en tiempo real. Dicho aporte, nos permite especificar con mayor detalle las afirmaciones vistas por Alba (CSD, 2008) en la publicación TADAR respecto al concepto de Ambient Intelligence. Sintetizando, podríamos reordenar los conceptos definiendo que, una aplicación tecnológica deportiva:

- Tiene un máximo sentido cuando se realiza en tiempo real.
- Puede incluir parámetros ambientales y, en este caso, hablamos de Inteligencia Ambiental o “Ambient Intelligence”.

- Puede incluir parámetros predictivos y adelantarse en el tiempo a la acción, mediante Inteligencia Artificial o machine learning.

Síntesis del contexto para el rendimiento deportivo

En este apartado hemos visto como el rendimiento tiene un apoyo grandísimo desde el punto de vista tecnológico y los avances se dan continuamente. Hemos visto de forma introductoria muchos conceptos tecnológicos que pueden parecer complejos para el lector, pero, sin duda alguna, añaden un valor de impacto en nuestro ecosistema tecnológico. A continuación, sintetizamos en un mapa conceptual los aportes que hemos encontrado, para posteriormente proceder a aumentar nuestro esquema global. Podemos destacar la inclusión de las nuevas metodologías de Big Data e Inteligencia Artificial y la especificación de los sensores con poco contraste científico al estar fundamentado por la propia industria tecnológica.

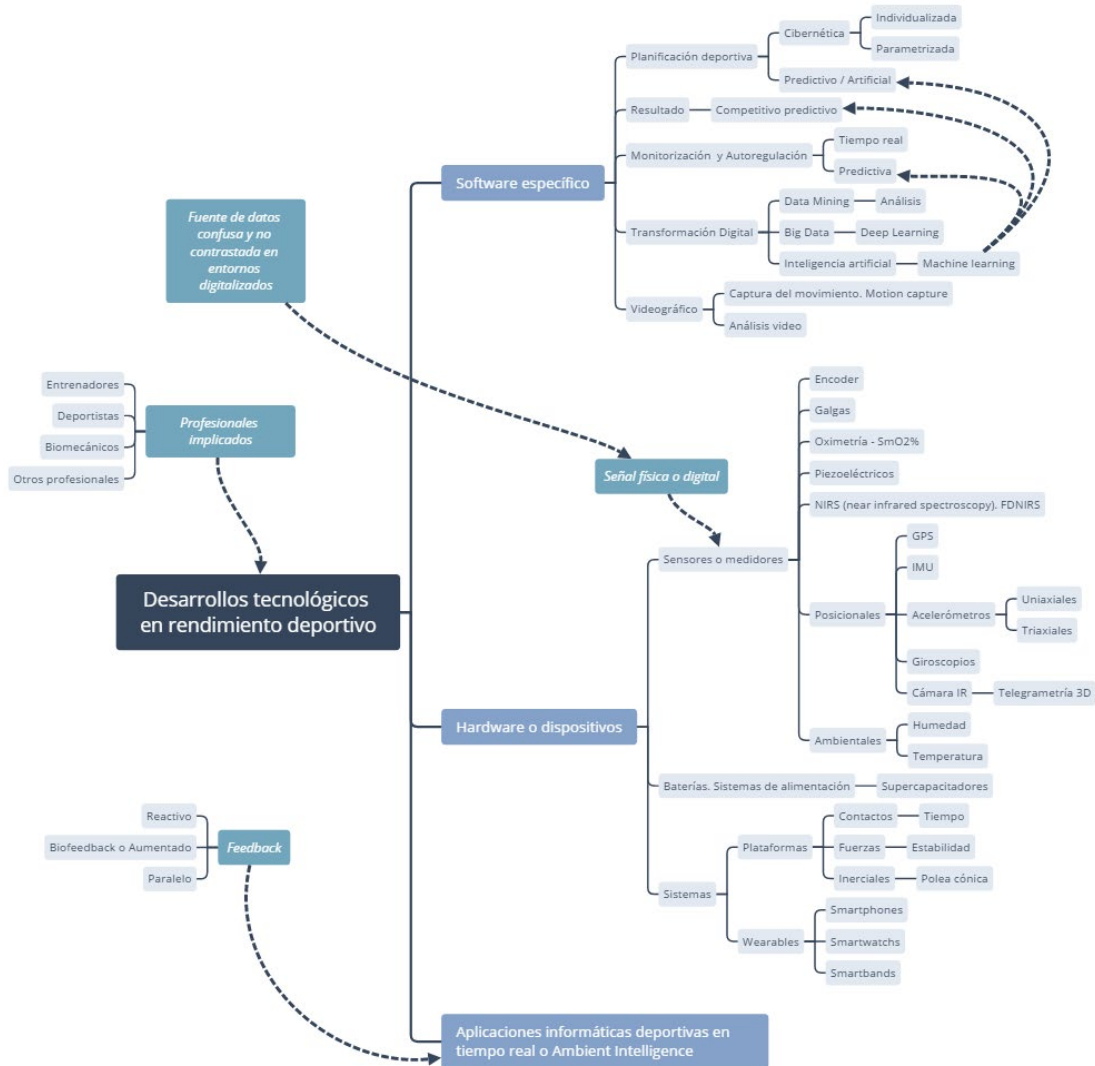


Figura 19. Síntesis de las aplicaciones tecnológicas deportivas en el ámbito del rendimiento

1.3.4.3 Recreación y ámbito social

La recreación es un ámbito complejo, ya que, tradicionalmente, todo lo que realmente se inicia para rendimiento, cuando se consigue estandarizar y reducir costes, supone un avance en el ámbito de la recreación. Como tal se puede tomar como ejemplo las afirmaciones vistas en el contexto del rendimiento en el que vemos como los avances permiten reducir costes en baterías, sensores y construcción de equipamiento, conceptos explicados anteriormente y que permiten que se puedan utilizar con mayor producción ofreciendo beneficios económicos (Marinho, 2018).

Por tanto, toda producción que permite abaratar costes permite una expansión y la obtención de un beneficio económico en el sector recreativo. En esta línea, Marinho afirma que la tecnología permite modificar las estructuras de los clubs, a nivel de administrativo y organizativo y que dichas nuevas estructuras permitirán nuevas experiencias en los usuarios finales. Sin embargo, veremos como parece surgir un nuevo tipo de transferencia desde la experiencia del espectador que puede que tenga transferencia a otros sectores como puede ser el rendimiento. A continuación, describimos dichas posibles nuevas líneas bajo la bibliografía científica revisada.

Equipamientos, instalaciones deportivas y material

Relacionando al avance de la tecnología respecto a las instalaciones, hemos introducido la simulación de altitud para la mejora de la condición física, pero faltan muchos aspectos a detallar. En este entorno, han surgido una serie de avances o adaptaciones significativas que son aplicables a todos los públicos y, al disminuir el coste de producción, pueden ser generados en mayor volumen y ser aplicables a ámbitos más recreativos.

Anteriormente hemos revisado como la hipoxia permitía un entrenamiento con menor porcentaje de oxígeno en el aire con equipamientos que tienen un coste muy elevado según el CSD (2008). A modo de ejemplo, Smolianov (2018), explica como la construcción de las instalaciones norteamericanas conocidas como *Nike House* para la mejora de los atletas fue inaugurada en 2001 con unas equipaciones para el tratamiento del aire con un coste total de más de 110.000 USD, sin incluir la propia configuración del espacio y que tuvo uso sólo hasta el año 2005, lo que implica 4 años de utilización, ya que se empezaron a usar las **tiendas de hipoxia** que implican un menor coste. Además, actualmente existen máscaras de entrenamiento (**Training mask 2.0**) para la reducción de la entrada de aire con un coste aproximado de 80 USD, que demuestran que, aunque su uso no altera los porcentajes de glóbulos rojos de igual manera, sí que permiten una mejor tonificación de los músculos implicados en la respiración, generando como resultado una mejora del 14% en umbral ventilatorio y un 19.3% de mejora en la potencia muscular implicada (Porcari et al., 2016).

En cuanto a las máquinas de tonificación y equipamientos deportivos de gimnasio, entre otros, la tecnología ha evolucionado hacia un nuevo tipo de **máquinas multifuncionales** que permiten ejercicios con implicación de varios grupos musculares simultáneamente mediante el uso de peso libre, produciendo mejores resultados que con las máquinas guiadas convencionales (Stone et al., 2002).



Figura 20. Máquina funcional Kinesis de Technogym (derechos reservados)



Figura 21. Training mask 2.0 (derechos reservados)

El avance en materiales y evaluación de su rendimiento ha sido facilitado a través de nuevos materiales y técnicas de simulación, como sucede en deportes donde los implementos son muy importantes, tales como el piragüismo (Estivalet et al., 2009; Banks et al., 2014), en donde tanto los procesos de construcción han evolucionado desde el **rotomoldeado**, hasta el uso de fibras como la fibra de vidrio o carbono, y se ha permitido evolucionar la técnica del deportista entre los diferentes componentes que intervienen como el trinomio pala-palista-piragua, permitiendo el análisis de las relaciones entre el peso del palista y la embarcación y utilizando herramientas informáticas para los cálculos como pueden ser **OpenFoam**. La manufacturación y construcción de materiales tienen relación con la ingeniería industrial extendiéndose en casi todos los ámbitos.

En esta línea, podemos ver como la producción mediante la última tecnología permite abandonar el uso artesano en la creación del material y reducir costes, ofreciendo estructuras más idénticas e uniformes (Oggiano, 2017). Dicho autor analiza la producción del modelado 3D para la creación de tablas de surf, y analiza como el modelado 3D para la creación del material permite, en el ámbito náutico, la simulación para el comportamiento de fluidos dinámicos o **Computational Fluid Dynamics (CFD)** mediante software y salir del marco de prueba y error para obtener un material con mejores prestaciones.

Centros lowcost y centros de electroestimulación integral

Algunos sistemas de entrenamiento y actividad física han tenido un auge bastante potente en el sector del fitness. Con la aparición de los trajes de electroestimulación para el entrenamiento de cuerpo completo o *whole body electrostimulation* (WB-EMS) se han generado incluso salas de entrenamiento específico.

Pese a la importancia y eficacia de los sistemas de EMS en entornos de rehabilitación desde los años 70, la utilización mediante trajes de electroestimulación integral parece poco contrastada por la NSCA (Herrero et al., 2015). Dicho estudio afirma que puede ser contraproducente para la disminución de la grasa corporal y lesiva para el entrenamiento de la fuerza. A pesar de ello, está contrastado en la mejora de la fuerza. Posiblemente lo más preocupante sean algunos estudios que afirman que produce rabdomiolisis, degenerando el tejido muscular, como sucede en la investigación de Finsterer et al. (2015).

Independientemente a cualquier resultado de uso, los trajes suponen un uso extensivo de aplicación de un entorno *wearable* de la tecnología, sobretodo en el sector del fitness.



Figura 22. Uso de fibras entrelazadas al tejido para la creación de trajes “wearables” de entrenamiento por miha-bodytec (extraído de su video)

Dicho tipo de sistemas han modificado la estructura organizativa convencional de los gimnasios desde 2013 y, junto a la apertura de gimnasios low-cost debido a la integración del IoT (*Internet of Things*) y las **clases virtuales** en el sector del fitness, se ha provocado una gran inestabilidad en un sector como es el fitness, que de por sí, ya está inmerso en un cambio continuo (De la Cámara Serrano, 2015).

Gamificación y experiencias inmersivas

El uso de la **realidad aumentada** y **realidad virtual** son entornos que tienen aplicación en todos los sectores, pero cuando se popularizan pueden utilizarse en la recreación. En esta línea podríamos ver como deportes con menor trascendencia social, como puede ser la esgrima, pueden ser utilizados para detección de talentos o para obtener una mayor difusión. En esta línea de desarrollo, Guimarães et al. (2016) proponen una aplicación en 3D en formato videojuego que puede ser utilizada en el mundo del rendimiento para la esgrima, basada en un motor de creación de videojuegos bastante popular como es *Unity*.

La **experiencia inmersiva** que se puede dar en estos entornos se ve obligada a usar técnicas de captación de movimiento similares a la telegrimetría 3D. En este caso es interesante ver el uso de los productos Microsoft Kinect, Nintendo Wii o incluso la aplicación del sistema de entrenamiento para fútbol americano en la posición de *quarterback* como es el sistema de SportsVTS conocido como QBSIM.



Figura 23. Dispositivo Microsoft Kinect para captura del movimiento

En esta línea de trabajo, la tecnología de Microsoft Kinect generada por la empresa PrimeSense, pudo suponer un sustitutivo de bajo coste efectivo para el análisis tridimensional o captura del movimiento y puede ser aplicable en estudios con pequeñas modificaciones de cálculo, aunque precisa de una mejora en su sensibilidad (Pfister et al., 2014). A pesar de ello, permite representar adecuadamente el paso andando y en carrera, representando adecuadamente la flexo-extensión de la rodilla y la cadera, aunque con sobreestimaciones sobre la extensión y variaciones menores para la flexión. Cabe decir que dichas variaciones aumentan con la velocidad. A pesar de que Pfister et al no lo recomiendan para uso clínico, otros autores afirman que está preparado para análisis clínico y de rehabilitación (Clark et al., 2012; Stone et al., 2013). Como veremos más adelante, Primesense es la responsable del sensor situado en los conocidos Apple Iphone Pro.

En el contexto de la **gamificación** encontramos experiencias inmersivas como el rodillo MyCycling de Technogym o el español BKool, que permiten cuantificar todo tipo de variables del entrenamiento bajo un contexto de gamificación. Dicho contexto parece encaminar la tecnología a un desarrollo continuo de la realidad virtual y la realidad aumentada para la mejora de la experiencia de usuario, pese a presentar riesgos para la salud como sucede ya en el Informe de los Riesgos Mundiales de 2017, en donde se evaluó el impacto en la salud que el actual avance tecnológico, o cuarta revolución industrial, está ocasionando (Morrar y Arman, 2017). Este tipo de gamificaciones surgen en innumerables productos como los siguientes:

- Tempo (<https://tempo.fit/>), incluyendo la sincronización de Kinect con la gamificación para la generación de clases particulares tipo gimnasio en un espejo interactivo.
- Ergatta o Hydrow, para el entrenamiento gamificado de remo.
- FightCamp para boxeo.
- Proform, para el entrenamiento interactivo personal mediante su producto iFit.

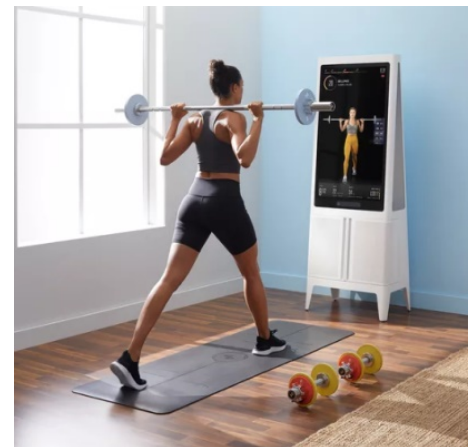


Figura 24. Aplicación de una sesión con Tempo

El desarrollo exhaustivo en esta línea de productos surge en prensa bajo el término “*Peloton Effect*” ya que la compañía Peloton Interactive, creada en 2014, tiene actualmente un valor superior a los 5.000 millones de dólares (USD), generando el término de “el Netflix del fitness”.

No sólo encontramos en el sector recreativo la gamificación, realidad virtual y experiencias inmersivas, sino que la **realidad aumentada**, mezclando visualización de la práctica real deportiva con información adicional proveniente de dispositivos tecnológicos o wearables, está empezando a ser un foco atencional importante. Están surgiendo productos como Garmin Varia Vision, un dispositivo similar a las

Google Glasses. Ambos productos parecen no haber entrado del todo en el sector comercial, pero en el caso del dispositivo de Garmin, aún está a la venta.

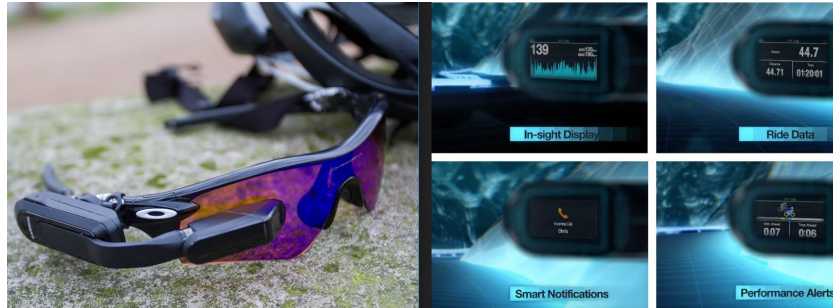


Figura 25. Realidad aumentada utilizando las gafas Garmin Varia Vision

En otra línea de productos de realidad aumentada, tenemos sistemas basados en alertas con iluminación, como puede ser FitLight Trainer, que responden al **entrenamiento visomotriz reactivo** dentro del concepto de **SVT (Sports Vision Training)** (Appelbaum y Erickson, 2016) o la estimulación del desarrollo motriz infantil mediante el uso de videojuegos en superficies interactivas (Castañer et al., 2011). En éste área existen toda una serie de técnicas perceptivas para el entrenamiento con una taxonomía propia albergando conceptos como el entrenamiento de habilidades por componentes y el entrenamiento natural que deben estudiarse con detalle para conocer la evolución específica (Appelbaum y Erickson, 2016).



Figura 26. Realidad aumentada en escalada con el sistema ACW

La realidad aumentada está mostrando aplicaciones prácticas, como sucede en la creación de un campo de voleibol de iniciación que pueda predecir donde va a caer la pelota exactamente (Sato et al., 2019) o la generación de un muro de entrenamiento de la escalada con componentes visuales interactivos como es *Augmented Climbing Wall* o ACW en donde se dibuja el itinerario a recorrer y el sistema te va dando puntos al conseguirlo (Kajastila et al., 2016). En este sentido, la oferta de productos y sus posibles componentes aplicados a la mejora de la condición física están aún por explorar y el hecho de que la tecnología evolucione tan rápidamente da lugar a que tan sólo la imaginación sea la barrera que separe la generación de nuevos productos.

La inclusión de este tipo de tecnología inmersiva también se puede realizar en video, permitiendo que la información que se muestra en pantalla esté alimentada por información de sistemas informáticos generando un campo nuevo de aplicación de la realidad aumentada para el espectador. Mediante

inteligencia artificial existen sistemas que permiten la detección de los rostros de las personas que aparecen en un video de un partido, identificar el deportista y mostrar la información estadística del jugador detectado de forma automática cuando éste está enfocado en pantalla (Mahmood et al., 2017).



Figura 27. Tecnología Unity Self

Un claro ejemplo de ello es la tecnología Technogym Unity Self, que tiene un uso extendido en los gimnasios actuales y que permite experiencias inmersivas en sesiones de spinning, mediante la sincronización del Smartphone de los usuarios, la potencia generada con la bicicleta y la visualización de los resultados en tiempo real en un proyector. Dicho ambiente genera un nivel competitivo mayor y un mejor feedback sobre la experiencia del cliente.

En este tipo de productos, la realidad aumentada parece ser un futuro foco comercial, tal y como menciona Marinho (2018) y empiezan a surgir productos comerciales para las próximas olimpiadas y competiciones profesionales para aumentar la experiencia del espectador. Dichos productos pueden ser el origen de un cambio en la percepción del deporte, y podrían afectarle en muchos de sus sectores como veremos en las conclusiones de este apartado.

Un caso especial de atención sería el concepto implantado por la empresa norteamericana *Second Spectrum*, denominado *Court Vision* durante la retransmisión de ESPN en los playoffs de la NBA de baloncesto en 2018 y que en diciembre de 2019 firmó por convenio con el equipo de Los Angeles Clippers. En este entorno la visualización del partido viene procesada por Inteligencia Artificial y algoritmos de Machine Learning para detectar lo que sucede en el partido, y el espectador puede seleccionar entre varios modos:

- Mascota o videojuego. Cada acción se ve animada como si fuera un videojuego, detectando ejecuciones de triple, pases, puntos consecutivos, etc.
- Modo entrenador: Todas las acciones de scouting, pases, cortes, bloqueos, salen trazadas en la pantalla.
- Modo jugador: La cámara te muestra las acciones con los porcentajes de tiro y posibilidad de acierto en la acción.



Figura 28. Modo entrenador de Court Vision

Todo este sistema está implantado en la nube, con algoritmos de aprendizaje autónomo computados por AWS (Amazon Web Services), con una gran potencia de cálculo. Cabe decir que dicho sistema no se ha encontrado documentado desde el punto de vista técnico y no existen publicaciones científicas al respecto, siendo un claro ejemplo de un producto originado por la iniciativa privada en búsqueda de rendimiento económico.

Pese a ello, todos estos sistemas son tan innovadores que tienen mucho por evolucionar y, sobre todo, se deben estandarizar y estabilizar. Debido a su gran atractivo este tipo de tecnología tendrá un gran desarrollo en los próximos años y en todos los niveles. Cabe decir que, respecto a este tipo de productos comerciales, existe una gran carencia de estudios que validen las mediciones o que orienten los resultados obtenidos y esto viene dado porque son iniciativas que surgen desde la empresa privada con el objetivo de obtener un rendimiento económico y la documentación encontrada hace tan sólo referencia a las patentes.

Modelo de gestión

Posiblemente debido a que el sector recreativo está fundamentado en el beneficio económico y privado, y que las nuevas tecnologías van a afectar a los modelos de gestión mediante la transformación digital como hemos mencionado anteriormente, el sector del fitness se ha visto obligado a adaptar nuevos modelos económicos aumentando el uso de la tecnología, la rapidez de atención al cliente y la personalización del servicio (García-Fernández y Valcarce, 2016, p 113-126).

En este modelo de gestión, conocido como industria 4.0, tenemos 4 pilares según García-Fernández (2017), aunque hemos optado por añadir un elemento adicional referente a la experiencia del espectador:

- Las **redes sociales** como sector que produce un nexo en la implantación tecnológica. Destacan por ser el canal ideal para la promoción y posicionamiento web. Su uso en el sector del fitness debería estar fundamentado en aumentar la utilización del espacio deportivo y la adherencia, aunque cerca de la mitad de los usuarios de gimnasios (46,6 %) no están conectados a las redes sociales del centro al que pertenecen. Dentro de las redes sociales, el uso de Instagram y Youtube son las que más trascendencia tienen.
- Las **aplicaciones móviles**. Existe una gran cantidad de desarrollos en el desarrollo de las tecnologías móviles y que se ha incrementado exponencialmente desde 2016. Existen estudios (Sañudo Corrales, 2018) que demuestran que los usuarios que utilizan las aplicaciones del ámbito de salud y fitness con frecuencia de al menos 3 veces por semana son las que tienen mayor tasa de fidelización en gimnasios.
- El uso de **wearables** en vía de desarrollo mediante IoT (*Internet of Things*). Hemos abordado como el desarrollo tecnológico en el sector wearable es el factor económico más predominante en la industria, pero su uso está bastante congestionado en el sector del fitness. Actualmente su utilidad está basada en la **captación de resultados y el progreso deportivo**, pero en este sector los centros de fitness podrían establecer estrategias para aumentar su uso y potenciar a los clientes hacia su propio progreso.

- Los **CRM** o *Customer Relationship Management*, como sistemas de fidelización al usuario. Los sistemas de gestión de usuarios y reservas de un espacio deportivo permiten contabilizar la rentabilidad económica. Entre las características que deben tener, contemplamos la accesibilidad o interfaz amigable de usuario, el control de accesos al sistema, la capacidad del sistema de proporcionar información útil y la generación de informes profesionales. En este caso los programas como **Life Fitness, FitBe, My Wellness Cloud de Technogym, NetPulse y Trainingim** son ejemplos particulares de uso que pueden llegar a incluir programas de fidelización, mapas de calor de las instalaciones deportivas e incluso planificaciones sencillas para el entrenamiento de los clientes.
- **Experiencia del espectador.** Hemos anticipado al analizar las experiencias inmersivas o realidad aumentada que la experiencia del espectador como un agente más en el entorno deportivo podría cambiar la percepción del deporte. Podemos encontrar productos como *Parallel Reality* de la empresa Misapplied Sciences que permiten usar sensores e inteligencia artificial para geoposicionar al espectador y ofrecer mensajes personales hasta en 12 posiciones distintas en una misma pantalla (Dietz and Lathrop, 2019). Este producto parece ser uno de los más innovadores en las próximas olimpiadas. Otro producto realmente impactante es el sistema implantado en la NBA por *Second Spectrum* que hemos comentado anteriormente, y que analizaremos las connotaciones que puede tener a largo plazo.

Síntesis del contexto para el contexto recreativo

Hemos podido observar como el desarrollo tecnológico que empieza en el sector del rendimiento y salud se estandariza y convierte en un factor económico en el ámbito recreativo. En este sentido, el desarrollo de los sensores, *wearables* o *IoT* persiguen reducir los costes de producción para obtener un beneficio económico con la venta masiva y dichos factores parecen tener la consecuencia de que no siempre se busque un rigor científico en su uso. Dicha evolución natural, en el mercado de consumo, dota un ecosistema ambiguo para el mundo científico en el que el interés comercial puede sobreponerse a la socialización y mejora del estado físico.

Thompson W. (2019) denota en el análisis mundial de tendencias del fitness para 2020 el auge de los dispositivos *wearables* como foco económico y de desarrollo, siendo el elemento más importante en el desarrollo del fitness, repitiendo por segundo año consecutivo. Dicho estudio presenta la siguiente clasificación como elementos más importantes en el año 2020. TOP 20 Tendencias Fitness mundiales según la ACSM (American College of Sports Medicine):

Tabla 1. Tendencias mundiales del fitness en 2020 por la ACSM (Thompson, 2019)

1	Tecnología portátil o wearable	11	Ejercicio para pérdida de peso
2	Entrenamiento de alta intensidad o HIIT	12	Entrenamiento funcional
3	Entrenamiento en Grupo	13	Actividades al aire libre
4	Entrenamiento con Peso Libre	14	Yoga
5	Entrenamiento personal	15	Certificación de profesionales
6	Ejercicio como Medicina (EiM)	16	Medicina para el estilo de vida
7	Entrenamiento con Peso Corporal	17	Entrenamiento en circuito

8	Programas de ejercicio para personas mayores	18	Promoción de la salud en entorno laboral
9	Health/Wellness Coaching	19	Medición de resultados
10	Contratación de profesionales certificados	20	Ejercicio para edades infantiles

Sin intención de generar controversia, vemos como los sistemas *wearables* para la estandarización del entrenamiento se están generalizando y están aumentando sistemas autodidácticas o independientes para el entrenamiento recreativo, que pueden afectar a la salud si se utilizan sin conocimiento o tutorización. Por otro lado, el espectador y todo lo relacionado con su afición, parecen ser una próxima explosión económica. Lo más curioso en esta línea es ver como el deporte pasa a estar analizado al mínimo detalle por sistemas de inteligencia artificial, y que estos datos de toma de decisiones puedan ser utilizados en proyectos externos. Seguramente estos sistemas autónomos de tomas de decisiones enriquecidos con competiciones reales podrán en cierta manera afectar en positivo a los e-sports que empiezan a estar mejor pagados que los deportes convencionales y esto puede afectar a las estructuras del deporte de forma realmente drástica.

Sin embargo, y sin tener en cuenta subjetividades sobre los productos actuales del mercado, podemos ver como el desglose de productos es realmente inagotable, estando potenciado por la empresa privada. En la siguiente figura hemos intentado sintetizar toda esta información:

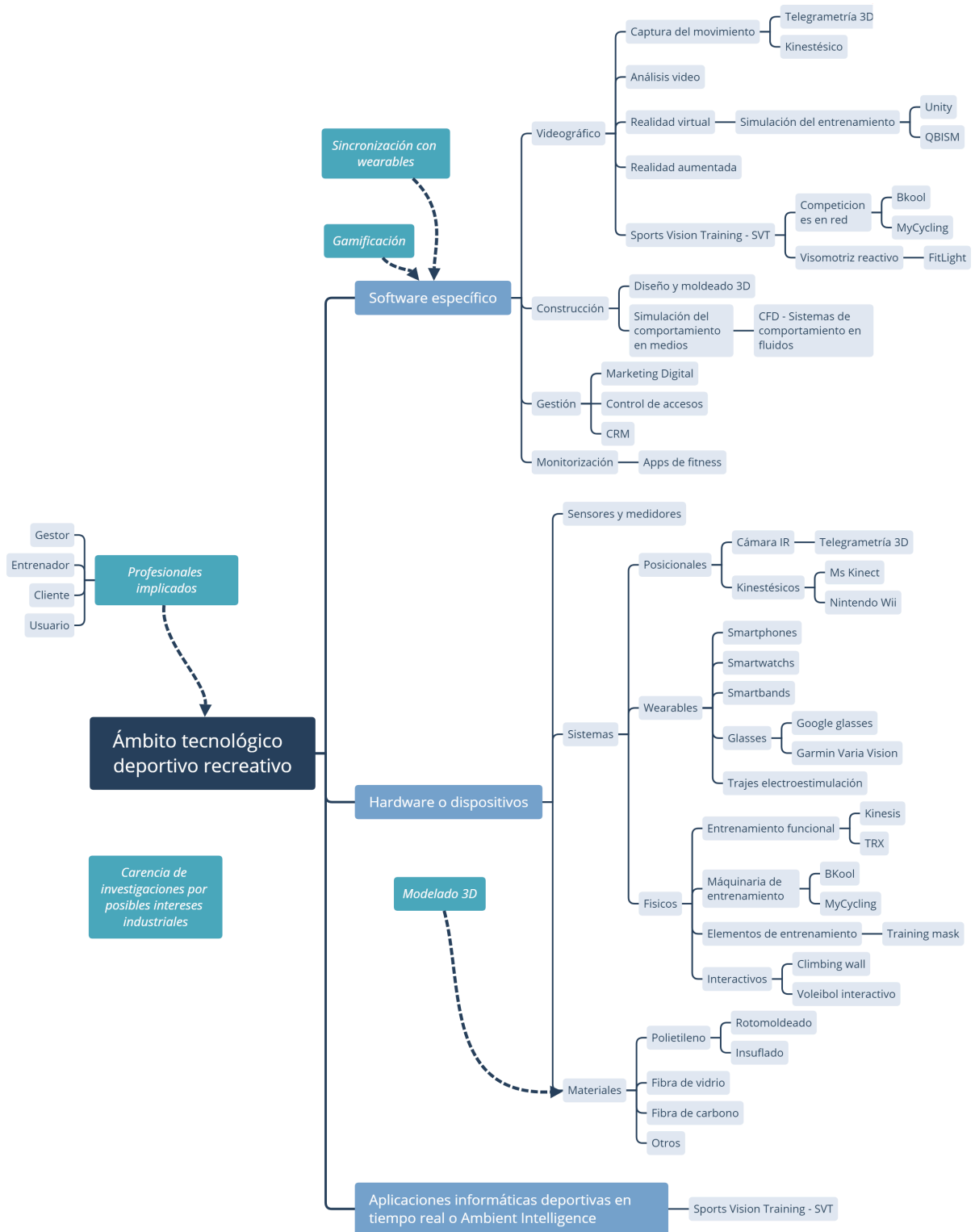


Figura 29. Síntesis de las aportaciones del sector recreativo al ámbito tecnológico deportivo

1.3.4.4 Educación

El desarrollo tecnológico que nuestra sociedad está experimentando tiene serios problemas de implantación en todos los ámbitos del proceso docente. Bajo el término de Tecnologías de la Información y de la Comunicación o TIC, los estamentos legales a nivel nacional han intentado implantar la Transformación Digital en el proceso educativo, pero, a pesar de ello, su uso en el ámbito de la Educación Física está bastante reducido, pese a estar el profesorado totalmente preparado para ello (Fernández-Espínola y Ladrón-de-Guevara, 2016).

Las herramientas digitales y las tecnologías de la información y la comunicación, de ahora en adelante TIC, nos han permitido crear entornos de comunicación nuevos denominados “ciberespacios” que nos posibilitan transmitir y compartir abundante información en instantes de tiempo. Este desarrollo tecnológico tiene que impulsar la innovación pedagógica con propuestas de estrategias didácticas que se apoyen en nuevas metodologías para facilitar su implantación en los ámbitos educativos (Jian, 2019). Las TIC y su transformación digital se están incluyendo en el proceso educativo; pero, a pesar de ello, su uso en el ámbito de la educación física sigue siendo limitado (Prat, Camerino y Coiduras, 2012).

Los alumnos de la actualidad, denominados “nativos digitales”, tienen la cualidad de saber utilizar la tecnología de forma intuitiva y con adherencia impulsiva. Esta dependencia, que puede ser alarmante y que el proceso educativo puede regular, no asegura su utilización hacia el aprendizaje que otras generaciones como los “*millennials*” han incorporado (Jian, 2019). Sin embargo, la introducción de esta *Transformación Digital* en el entorno educativo puede suceder con la implicación de todos los agentes educativos para aprovechar sus ventajas e innovaciones que ofrece y así actualizar la educación (Camerino y Buscà, 2011).

Dentro de este proceso de digitalización del entorno educativo, la dotación de material informático en concepto de tabletas electrónicas o pizarras digitales permite, si las dificultades económicas no lo impiden, que el alumnado tenga acceso a la tecnología desde las primeras etapas (Fombona et al., 2011). El uso educativo de estas tecnologías tiene que hacer superar las dificultades derivadas de las adherencias indiscriminadas y compulsivas a las redes sociales con un proceso de una verdadera alfabetización que permita a los alumnos una orientación hacia el aprendizaje (Valero et al., 2012).

Así, el uso educativo de estas tecnologías nos ha de permitir a los educadores introducir la extensión del conocimiento y de la conectividad social con fines educativos y de aprendizaje (Prat y Camerino, 2012). En este sentido, su aplicación en el proceso educativo debería ser inherente aportando: adaptabilidad individualizada al alumnado, flexibilidad horaria, inmediatez, trabajo interdisciplinario e interacción y comunicación bidireccional (Prat et al., 2012, p.39)

Dentro de esta perspectiva pedagógica, el uso de software ofimático (Word, Excel, Powerpoint) y herramientas básicas informáticas (Correo electrónico, buscadores de internet, portales de docencia electrónica, Wikis, Webquests, multimedia y redes sociales, entre otros) es una realidad tangible por el conocimiento que tiene el profesorado, pero su uso actual en la docencia se limita al campo de la gestión de la información y no al proceso educativo (Prat et al., 2012; Fernández-Espínola y Ladrón-de-Guevara, 2016).

Actualmente, existen algunas innovaciones pedagógicas en el ámbito de la educación física, mediante la integración de *smartphones* por parte de los alumnos y, por ejemplo, utilizando códigos QR que tienen una gran aceptación por parte del alumnado (Castro y Gómez, 2016).

Las nuevas perspectivas pedagógicas de estas tecnologías piden un paso más allá con el descubrimiento del potencial educativo de estas tecnologías mediante el concepto de Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC) (Lozano, 2011). Este concepto educativo puede ir encaminado hacia la introducción de nuevas aplicaciones didácticas concretadas en estas propuestas:

- Presentaciones de proyectos, multimedia y vídeos en proyector y pizarra digital
- El envío de tareas telemáticamente a través de las plataformas educativas
- La búsqueda y contraste documental de información en internet
- La generación de blogs y sitios web especializados en Educación Física
- La grabación en vídeo y postproducción
- Cuestionarios gamificados, Kahoot o Quizziz.

(adaptado de Fernández-Espínola et al., 2016, p.24)

En el contexto de una innovación en la educación física, esta incorporación de tecnología aumenta el clima motivacional, la participación y la predisposición de los alumnos en las sesiones (Valencia y García, 2017). Teniendo en cuenta este factor motivacional y el auge en el sector del deporte del aprendizaje semipresencial o *b-learning*, la introducción de la grabación de episodios y el posterior uso de la tecnología para su análisis en la educación física, puede favorecer el aprendizaje. La introducción de los *Smartphones* en la sesión, de forma controlada y siguiendo la normativa del centro, también aporta nuevas herramientas que pueden ser utilizadas para la grabación de video y su posterior análisis observacional (Valcarce y Díez, 2018).

Las herramientas de geolocalización, el uso de los códigos QR, así como los portales de contenido audiovisual como puede ser *Youtube*, junto con los portales web educativos son herramientas utilizadas ocasionalmente dentro del ámbito de la educación física, pero existe una carencia de integración de las TIC en el aula en cuanto a su utilidad para el aprendizaje del alumnado y favorecer su utilización en el aula (Prat Ambrós et al., 2012).

El desarrollo de este proceso de innovación tecnológica se debe apoyar en un replanteamiento pedagógico. De este modo, por ejemplo, la clase invertida o Flipped Classroom y aumentar el tiempo de práctica efectivo al promover el trabajo fuera del aula puede ser una buena combinación (Gómez, Sellés y Ferriz-Valero, 2019; Campos-Gutiérrez et al, 2021). Los episodios de aprendizaje situado o EAS (Episodes of Situated Learning) y su introducción podría dar una mejora tangible favoreciendo el interés del alumnado, la gamificación y responsabilidad del alumno (Terrenghi et al., 2019). La investigación de Terrenghi et al. (2019) en la que se graba en vídeo y analiza situaciones pedagógicas producidas por la combinación de nuevos modelos de intervención demuestran su efectividad.

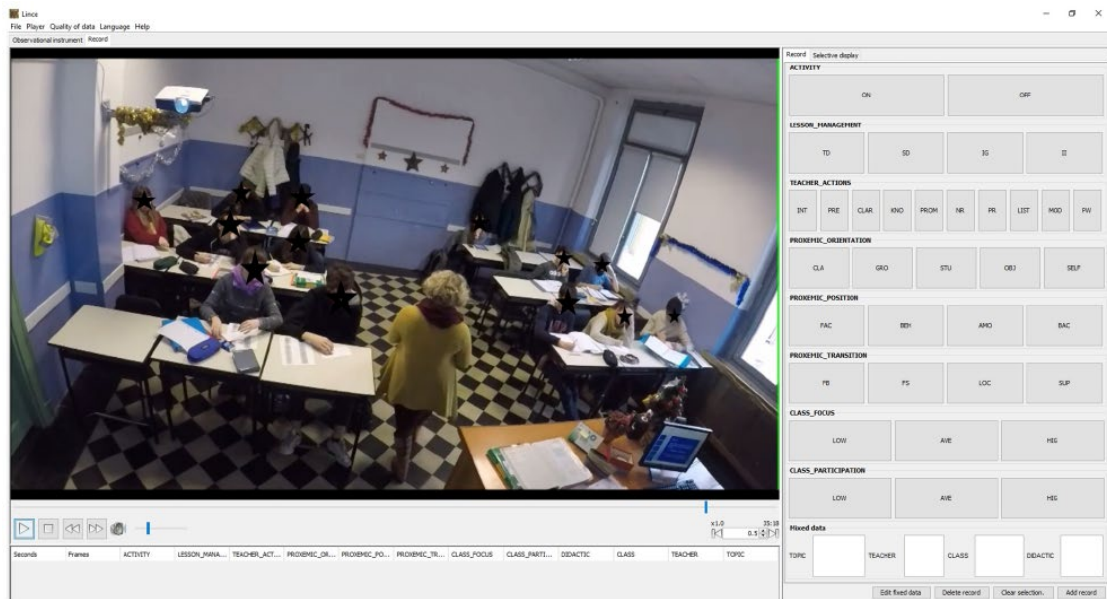


Figura 30. Captura del software Lince 1.4 para el estudio conductual mediante Flipped Classroom (Terrenghi et al., 2019).

En cuanto al uso de otro tipo de tecnología, los sensores se podrían implantar a través de los *Smartphones*, que la gran mayoría de alumnos tienen, y la grabación de videos podría no ser un factor conflictivo con la gestión correcta de la normativa académica, pudiéndose realizar con los mismos teléfonos del alumnado.

En esta línea de utilidad, el análisis de vídeo se ha utilizado para la corrección postural y estrategia deportiva en diversos contextos terapéuticos y de rendimiento deportivo, mediante aplicaciones de software de alto coste como DartFish (Womersley and May, 2006), que limita su aplicación en el contexto educativo. No obstante, en la observación y la optimización de la conducta del docente-entrenador existen diferentes aplicaciones gratuitas, como Lince v1.4 (Gabin et al., 2012) o que ha sido aplicado para comprobar los efectos de los modelos pedagógicos innovadores (Terrenghi et al., 2019; Prat Ambrós et al., 2013).

Respecto a innovaciones de mayor calibre, tendríamos que analizar el concepto de fidelización o fanatismo que veíamos anteriormente para el deporte recreativo y proceder a incorporar conceptos similares para poder aplicar nuevas metodologías que mejoren la adherencia al deporte por parte del alumnado. En esta línea de desarrollo podríamos estudiar cómo la tecnología está siendo utilizada por parte del alumnado y no que tecnología podemos utilizar de forma innovadora, para poder mejorar la adherencia del deporte. Ren and Bai (2018) hicieron una evaluación en ambiente universitario respecto al uso de los Smartphones que puede ser una base sobre la que desarrollar las aplicaciones tecnológicas. Entre su investigación, podemos destacar los siguientes aspectos, cuando se utilizaron las aplicaciones de forma libre:

- Los estudiantes utilizan bastante (más de 3) aplicaciones en sus teléfonos para cuantificar aspectos relacionados con la calidad de vida o actividad física.

- La cuantificación del movimiento y las aplicaciones sociales relacionadas con el deporte son las más utilizadas, siguiendo por la planificación nutricional y deportiva. Las menos utilizadas están relacionadas con guías de ejecución por vídeo y retransmisión deportiva.

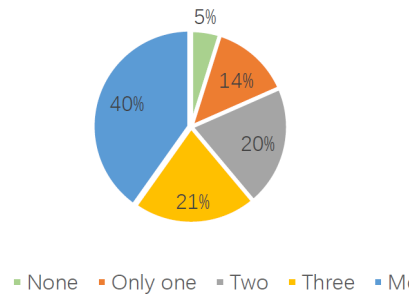


Figura 31. Número de apps descargadas en los teléfonos móviles (Ren and Bai, 2018)

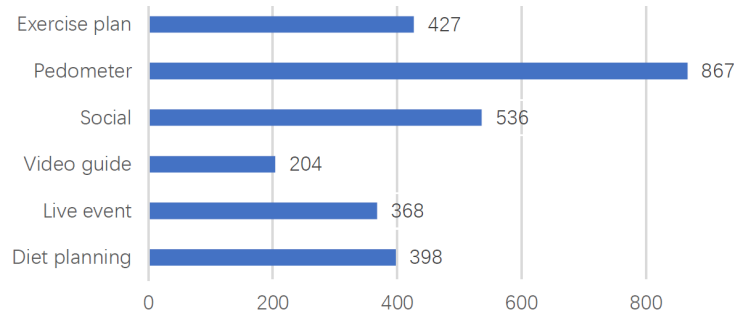


Figura 32. Tipos de aplicaciones utilizadas (Ren and Bai, 2018)

Conocer cómo se utilizan las aplicaciones en el mismo rango de edad que nuestros alumnos podría ser un factor que mejorara mucho la adherencia que pudiéramos generar, y así romper con la educación tradicional del deporte. En esta línea de análisis, en los últimos 15 años de aplicación informática a la docencia deportiva, según Wiemeyer (2017) deberíamos tener las siguientes consideraciones:

- Se puede considerar que los estudiantes tienen acceso completo a recursos informáticos e internet.
- El uso de las herramientas de elearning se considera aceptado.
- Los ordenadores se utilizan principalmente para la búsqueda de información y el aprendizaje autónomo, mientras que los teléfonos móviles se usan para tareas comunicativas. Ambos se utilizan para navegar por internet.
- El género femenino valora más positivamente el soporte inmediato externo para la resolución de dudas en ambiente de educación a distancia.

En cuanto al uso del vídeo en tiempo de clase, el feedback del profesor unido al feedback aportado por un video grabado por los alumnos o no, genera mejoras estadísticamente significativas en ejecución motriz, técnica y aprendizaje, así como una maximización del tiempo de práctica (Palao et al., 2015). Cabe mencionar que nuestro grupo de investigación ha realizado publicaciones con el resultado de esta tesis, tal y como aportamos en los anexos de este estudio.

Síntesis del contexto para el contexto educativo

A pesar del desarrollo tecnológico actual en el deporte, en el educativo parece ser que la bibliografía consultada nos establece que el marco de trabajo sigue estando poco evolucionado y que aparenta tener la necesidad de desarrollo de aplicaciones informáticas específicas de bajo coste para que pueda ser implantada en cualquier sistema educativo. Las metodologías docentes han evolucionado y las aplicaciones tecnológicas se encuentran, pero parece ser que tenemos una falta de desarrollo práctico actualizado y de estandarización de procesos.

El uso de las herramientas sociales y portales docentes parecen ser un estándar, pero como afirman algunos autores, su implicación tecnológica ha tenido un cambio tan solo a nivel de gestión de la información y no en otros desarrollos reales. Dichas aportaciones se pueden ver reflejadas en la siguiente figura 33.

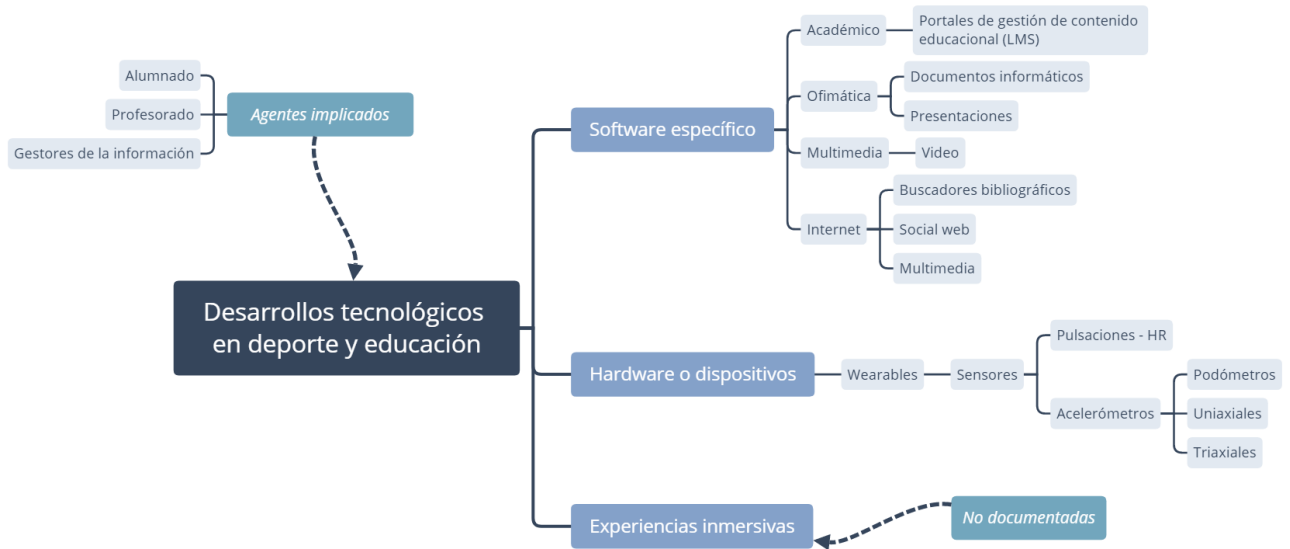


Figura 33. Síntesis de las aportaciones en el contexto educativo del deporte

Conclusiones sobre el análisis de los desarrollos tecnológicos en el deporte

Hasta ahora hemos visto como el desarrollo tecnológico de cada ámbito deportivo se da de forma muy distinta. Si pudiéramos sintetizar en pocas palabras, afirmaríamos los siguientes aspectos:

- **En el sector de salud**, el desarrollo de aplicaciones es necesario. Los productos son maduros a nivel de hardware y precisan validación.
- **En el rendimiento** se ha dado un desarrollo evolutivo en todos los sectores y sentidos, buscando una cuantificación masiva de datos y el concepto de big data se empieza a aplicar, pero las nuevas herramientas precisan de un contraste científico pese a la gran cantidad de datos que tenemos.
- **En el ámbito recreativo** podríamos ver como el desarrollo de los materiales y sensores busca una productividad comercial y que todo está evolucionado desde el sector privado, con una cantidad de desarrollos exponencial y dinámica. El sector parece tener un desarrollo a corto y medio plazo en todo lo relativo al espectador, pero nos alejamos muchísimo de cualquier desarrollo en el deporte de base.
- **En el ámbito educativo** de la educación física parece que el desarrollo ha sido menor y que los avances tecnológicos son propios de las aplicaciones ofimática y del inicio de la computación, aunque con un carácter algo innovador. Las metodologías docentes empiezan a evolucionar, pero la tecnología no sigue un flujo estándar

Podríamos afirmar que las nuevas tendencias tecnológicas como son la inteligencia artificial, bigdata y la realidad virtual y/o aumentada empiezan a aplicarse, pero su uso científico y validado debe estandarizarse. Las tendencias del mercado parecen denotar un próximo auge económico en ésta área.

Se están dando grandes avances que complican los datos estructurados para nuestro esquema global. Debido a la gran cantidad de elementos a incorporar en el esquema, optaremos por no clasificar mediante ámbitos tecnológicos y unificaremos todos los esquemas en uno único resultante.

En este esquema reduciremos el concepto de Ambient Intelligence a Aplicación tecnológica para el deporte debido a que la parte ambiental del término hace referencia a la medición de parámetros ambientales y permiten que el término sea confuso. Por otro lado, el concepto de aplicación tecnológica está contrastado y bien justificado. Usaremos el término **dispositivo** al ser claro y hacer alusión al concepto inglés de hardware sin mucho conflicto. Por otro lado, **software**, que usaremos para evitar la confusión con el término aplicación tecnológica. Sintetizando, optaremos por reducir toda la información incluida a partir de la siguiente figura 34:



Figura 34. Base de nuestro esquema básico

A partir de dicha información inicial, iremos situando los diversos elementos analizados, para ir formando nuestro mapa conceptual de los elementos que forman una aplicación tecnológica para el deporte.

1.4 Marco resultante del desarrollo tecnológico en el deporte

Teniendo establecidas las bases del término de aplicación tecnológica para el deporte y el esquema base en el que procederemos a sintetizar nuestro estudio entre componentes hardware y software, podemos introducir el marco resultante del desarrollo tecnológico. A partir de la bibliografía revisada, proponemos una aproximación inicial que descubriremos de forma progresiva en el siguiente capítulo. Esta propuesta la podemos sintetizar en la siguiente figura:

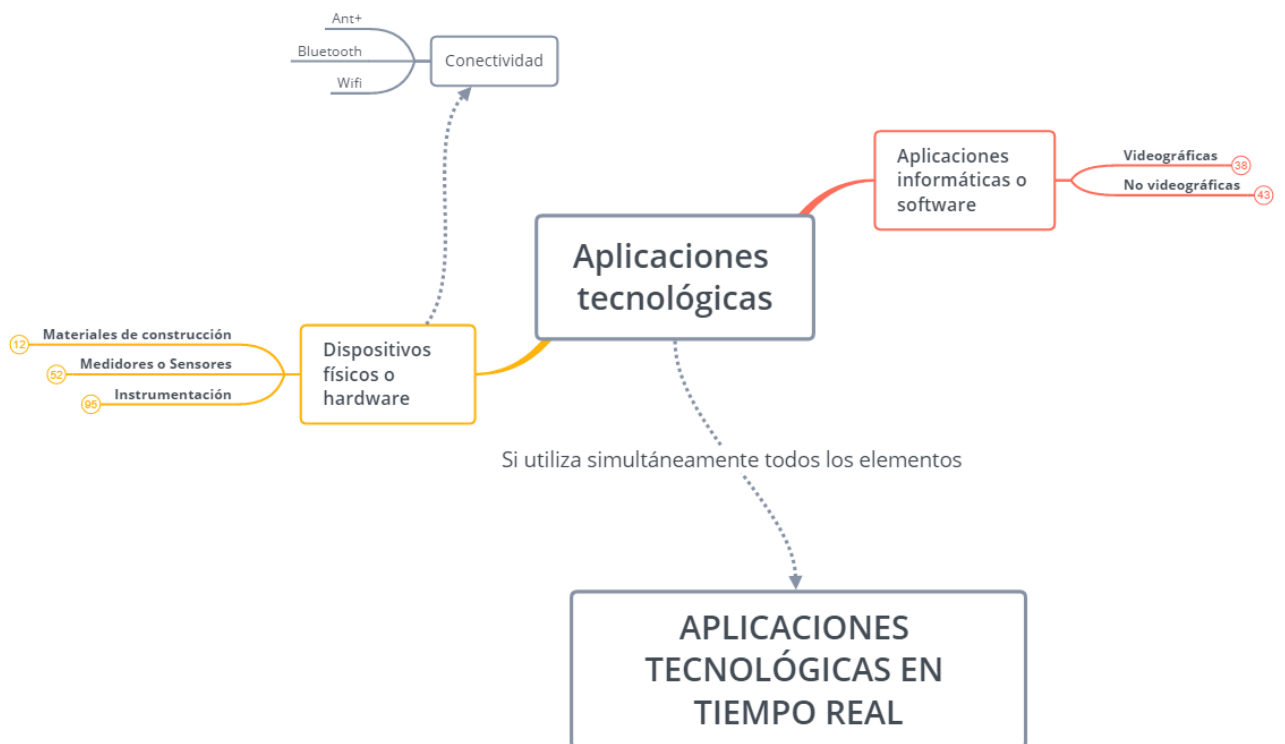


Figura 35. Esquema resumen de los conceptos de las aplicaciones tecnológicas

Esta aproximación inicial destaca el número de elementos que cada área contiene, enumerados en la siguiente tabla.

Tabla 2. Componentes y elementos cuantificados en la revisión bibliográfica de las aplicaciones tecnológicas en una primera aproximación

Componente	Subcomponente	Elementos cuantificados
<i>Dispositivo físico o hardware</i>	Materiales	38
	Sensores	81
	Instrumentación	144
<i>Aplicación informática o software</i>	Videográficas	38
	No videográficas	43

Esta clasificación pretende organizar los elementos de manera transversal, sin tener en cuenta las áreas de especialización de la tecnología o **desarrollos tecnológicos** y mostrando todos los elementos

para facilitar su análisis de los elementos. Como ejemplo podemos constatar que un monitor de frecuencia cardiaca puede ser utilizado independientemente para muchos ámbitos como el de rendimiento, de salud o recreación, dispersando demasiado el número de aplicaciones a tener en cuenta.

En la parte central de esta organización tenemos el elemento de **aplicación tecnológica para el deporte**. Este concepto es un elemento central en nuestro estudio, al integrar todos los medios y posibilidades que la tecnología aporta al deporte y se caracteriza, en su máxima expresión, por tener el tiempo como elemento importante, intentando que el tiempo de espera para la obtención de resultados sea lo más reducido posible. En este sentido, surge el término de **aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real**. Este concepto debería ser aplicable a cualquier intento de modernizar la actividad física y para ello se puede optar por muchísimas tecnologías como son *Big Data*, AI o Inteligencia Artificial o IoT (*Internet of Things*) que podemos conseguir mediante los dispositivos medidores portables o *wearables*. Este concepto de cálculo en tiempo real es un factor clave para el éxito de la aplicación tecnológica (Eskofier et al., 2009). Seguramente veremos en poco tiempo el concepto de **aplicación tecnológica predictiva para el deporte**, pero en 2020 es un momento poco maduro desde el punto de vista de los sistemas de Inteligencia Artificial para poder establecer evaluación.

A partir de este concepto inicial, bien establecido y fundamentado en apartados anteriores, podemos distinguir 2 componentes en los que centrar los esfuerzos, que justificamos a continuación:

- **El desarrollo de dispositivos físicos o hardware.** En esta área hemos agrupado 3 tipos de elementos:
 - **Materiales de construcción:** Los materiales de construcción son la base necesaria para producir cualquier dispositivo físico. Su área de desarrollo pertenece a la ingeniería, y es tan amplia que difícilmente podemos abarcarlo en el presente estudio. Consideramos que es un desarrollo muy específico y que no podemos satisfacer las necesidades que requiere para un estudio adecuado. Debido a este factor, se puede observar el bajo número de elementos detectados en los estudios mostrados. Éste área hace referencia a elementos como el calzado deportivo, los implementos y el material necesario para competición y entrenamiento, entre otros.
 - **Sensores:** Tradicionalmente un sensor es un aparato capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y tienen relación con variables como son la temperatura, fuerza, aceleración e incluso frecuencia cardiaca u oximetría. La tendencia del mercado es la estandarización de los denominados **sensores inteligentes**, que permiten estandarizar la señal obtenida en digital y poder ser utilizada en diversos tipos de aplicaciones (Custodio Ruiz, 1999). Cuando los sensores inteligentes pueden ser utilizados sin ningún problema, nos referimos al término *wearable*, aunque también existe instrumentación *wearable*. La información en un formato digital es fácilmente accesible por las aplicaciones informáticas y son un elemento indispensable para el consumo de los datos en tiempo real.

- **Instrumentación.** La instrumentación hace referencia a la unión de diversos sensores en sistemas más complejos para ser utilizados en aplicaciones específicas por grupos de investigación o entrenamiento (Gámez et al., 2008). En este caso, podemos encontrar el ejemplo del calzado *Adidas 1* mencionado en el estudio de Eskofier et al. (2009): El instrumento canalizador era el calzado inteligente, que en su interior contenía un sensor para estudiar la compresión del talón y un motor para evaluar la adaptación del deportista a la superficie.
- **Conectividad:** Adicionalmente, podemos ver un elemento posicionado respecto a la conectividad. Este factor es de vital importancia cuanto más nos referimos a la necesidad de la aplicación tecnológica para ser en tiempo real. En la figura anterior mostramos como ejemplos las tecnologías Ant+ o Bluetooth de corto alcance, pero existen una gran cantidad de tipos de señales que no están incluidas, como puede ser la señal 5G aún no implantada y que parece aportar problemas de salud (Kostoff, et al., 2020, p.35). El tipo de conectividad es un factor muy importante hoy en día, y es el responsable de la transmisión y posible tratamiento de la información.
- **El desarrollo de aplicaciones informáticas o software.** Las aplicaciones informáticas han tenido una grandísima evolución desde la aparición de internet accesible al público general y, en el mundo del desarrollo de aplicaciones, el cambio y evolución de estas plataformas es la única constante (Fuentetaja y Bagert, 2002). Entre todas las revisiones que hemos analizado hasta el momento, la afirmación realizada por Hendriks en la publicación TADAR (CSD, 2008), clasificando las distintas aplicaciones informáticas para el deporte como video gráficas o no video gráficas, parece ser muy acertada y aplicable al mundo actual. El auge de las herramientas de inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada suelen tener como principal canal el uso de la imagen; aunque en el caso de la inteligencia artificial es transversal. Por tanto, establecemos este tipo de clasificación como nuestro principal elemento para posterior reorganización.

En el próximo capítulo veremos con detalle todos estos elementos, y analizaremos cómo interactúan para poder definir con detalle el concepto de aplicación tecnológica para el deporte. Hasta ahora hemos introducido los avances que se han dado en el sector, mediante una revisión actualizada de los avances que se han dado, presentando un esquema diferenciado por ámbito deportivo que debe ser mostrado de forma jerárquica para definir con detalle los componentes del sistema.

En el próximo capítulo detallaremos estos componentes, expandiendo los elementos definidos y discutidos en la figura 35 e introduciendo los componentes que hacen referencia al hardware y al software, bajo una organización basada en evidencias empíricas y estudios científicos documentados.

Capítulo 2. Software y hardware para la optimización de la actividad física y del deporte

En el primer capítulo hemos introducido la situación actual del desarrollo tecnológico en la actividad física y el deporte, exponiendo una terminología base sobre la que poder centrar nuestro estudio. En este segundo capítulo, definiremos con más exactitud este despliegue tecnológico, y profundizamos en detalles tecnológicos, estudiando la evolución histórica de algunos de ellos y definiendo en profundidad cada aspecto que define una aplicación tecnológica en el deporte para poder centrar nuestro desarrollo.

La utilización de la tecnología, su evolución y sus usos en el mundo del deporte carecen de investigaciones específicas y eso provoca que su justificación sea un proceso complejo (Ratten, p15, 2019). A pesar de ello, la innovación tecnológica tiene un gran interés creciente en los últimos años (Ratten, p6, 2019). En cuanto a éste análisis, por un lado, existe una tendencia a que las investigaciones en la innovación deportiva se hagan desde la ingeniería y la gestión. Por otro lado, este análisis debería analizarse desde un punto de vista multidisciplinar y no segmentado (adaptado de Ratten, 2019, p.4). A pesar de ello, existe escasez de estudios en el ámbito de la tecnología aplicada al deporte y se requiere de un esfuerzo concentrado en una investigación de calidad para una adecuada innovación tecnológica deportiva (Ratten, 2019, p.130; Ringuet-Riot et al., 2014). Por ello, en el presente capítulo examinaremos todos los aspectos que permiten justificar el desarrollo de nuestra aplicación tecnológica a partir de un análisis jerárquico de sus componentes.

Para empezar nuestro análisis retomaremos los componentes del último mapa conceptual del final del primer capítulo (figura 35), explicando su organización y definiendo los aspectos esenciales que muestra para centrar nuestro análisis en ellos.

En este segundo capítulo centraremos nuestro análisis en:

- **Profundizar los componentes del hardware** que están relacionados con una aplicación tecnológica en el deporte.
- **Exponer los desarrollos y áreas de interés** que se están desarrollando actualmente en el mundo del software, introduciendo productos que existen en el mercado actual de forma estructurada bajo nuestro mapa conceptual.
- **Ofrecer una introducción a los componentes comunicativos** que permiten la interacción entre el hardware y el software aplicado al deporte.
- **Introducir el concepto de industria 4.0** y cómo afecta terminológicamente al deporte.
- **Comprobar las plataformas las aplicaciones tecnológicas** que son consistentes, descubriendo existe un objetivo bien claro para la rapidez y la intercambiabilidad entre las diversas plataformas tecnológicas: disminuir el tiempo de espera. En este sentido profundizamos en el concepto de aplicación tecnológica en tiempo real.
- Para finalizar el capítulo, **definimos nuestro objetivo de desarrollo** a partir de todos los componentes que intervienen en este gran marco conceptual. Entre los componentes evaluados, seleccionaremos un primer nivel sobre el que centrar los esfuerzos del presente estudio y que se discutirá en la conclusión del capítulo.

En definitiva, presentamos documentalmente todos los componentes tecnológicos de las aplicaciones informáticas del deporte bajo un contexto histórico, destacando la influencia de los juegos olímpicos como factor facilitador para la innovación en el deporte. El fenómeno olímpico está íntimamente relacionado con las afirmaciones de Ortega y Salado (2018), que defienden que **existe una relación directa entre la inversión realizada en investigación del deporte y la actividad física con los resultados obtenidos, llegándose a diseñar un modelo predictivo para la obtención de medallas olímpicas a partir de dicho factor** (Ortega y Salado, 2018, p. 8-9). La investigación en el deporte podría estar relacionado con el incremento del valor del producto, servicio o proceso a través de la obtención de un mejor rendimiento (Ratten, 2019, p.5).

2.1 El desarrollo de dispositivos físicos o hardware en el deporte

Los componentes físicos que intervienen en la implantación de las aplicaciones tecnológicas en el mundo del deporte han sido revisados en el primer capítulo, siendo diferenciadas 3 áreas de interés. En nuestro marco conceptual aplicado al *hardware* empezábamos por definir los siguientes componentes:

- **Los materiales:** Que definimos como la base de construcción de todo elemento que se puede utilizar en el deporte, incluyendo implementos, calzado, pavimento y un amplio número de elementos que se escapan del objeto de estudio específico de nuestro estudio, siendo aspectos propios de la ingeniería.
- **Los sensores:** Que son un elemento esencial para la medición de parámetros de la actividad física y del deporte. Así los dispositivos portables o *wearables*, están teniendo un gran desarrollo y evolución en los últimos años, buscando un menor tamaño y un mayor aumento del tiempo de batería, a la vez que siendo un instrumento socializador del deporte por su menor coste.
- **La instrumentación:** Que consiste como la aplicación de uno o varios sensores bajo una misma utilidad deportiva que ya hemos definido anteriormente al finalizar el primer capítulo. Las instrumentaciones disponibles como aplicación tecnológica para el deporte son innumerables, pero intentaremos mostrar una organización básica para su estudio.

2.1.1 Materiales

Los materiales de construcción, que son uno de los elementos más complejos de nuestro sistema, y que afectan a todos los elementos del deporte. Su compleja clasificación, se verá simplificada al máximo por la gran aportación de la historia de la ingeniería en el deporte realizada por Taha et al. (2013), en una publicación bastante interesante desde el inicio de la ingeniería y que muestra aspectos de vital importancia en la evolución del sector deportivo.

En de dicha publicación, destacamos los siguientes aspectos:

- Existe una asociación especializada en la ingeniería en el deporte, la Asociación Internacional de la Ingeniería del Deporte o *International Sports Engineering Association* (ISEA), creada a finales del siglo XIX.
- La aparición del **asfalto**, en 1760, tuvo gran traslación a las superficies de juego y favoreció al deporte.
- La aportación de la **goma**, en 1898, ha tenido una gran evolución empezando en las pelotas de juego reglamentario y utilizándose en multitud de segmentos deportivos.
- La **fibra de carbono** apareció en 1958, poco después de la segunda guerra mundial. Su aplicación como material de construcción es aún innovadora, siendo uno de los materiales más utilizados en implementos y componentes de gama alta. Hoy en día se aplican sus principios en materiales derivados y ayudándose de material de tipo compuesto o *composite*, para disponer las fibras en formas geométricas, como sucede con el *panel de abeja*.

- El **nylon o elastano** ha sido un importante componente para la creación de prendas deportivas. Sus primeros usos están registrados en los juegos olímpicos de Munich (1972), gracias a los bañadores de natación de la marca Speedo.
- Las superficies de juego han tenido una gran evolución, pasando de materiales naturales a artificiales. En ellas se ha incorporado el **césped artificial** basado en nylon y poliamida, utilizando sal para la mejora de la fricción. Su primera utilización data de los juegos olímpicos de Montreal (1976).
- La utilización de la **informática** en la gestión de los primeros resultados deportivos fue en los juegos olímpicos de Seúl (1988).
- La primera construcción de una bicicleta **íntegra de carbono** tuvo la aparición en los juegos olímpicos de Barcelona (1992), creada por Lotus y fue un elemento de ayuda para una medalla de oro.
- El uso del **poliuretano** ha tenido gran repercusión incluso en el material de natación, hasta tal punto que han sido prohibidos para su utilización en competición a partir de los juegos olímpicos de Pekín 2008. El material que utilizó Speedo era el sistema LZR Racer que garantizó las medallas a los nadadores que lo utilizaron y que ha sido eliminado de las competiciones internacionales de natación por facilitar la flotación y deslizamiento del nadador en exceso.
- Hasta 2011 no se pudo construir una bicicleta cuyo marco estuviera compuesto por una sola pieza de fibra de carbono y fue realizado por McLaren. Esta construcción se diferencia de la anterior, en que no eran componentes unidos, sino que estaba formado por un único bloque en su construcción.
- El material **composite**, basado en resinas, ha sido utilizado desde el inicio del deporte, pero es recientemente que ha tenido una aplicación creciente en todo tipo de implementos. En este sentido, la **madera**, el **aluminio**, el **acero** y la **fibra de vidrio** han sido utilizados en todo tipo de componentes.
- Los avances informáticos han permitido la incorporación del moldeado por computadora, en base a dos sistemas principales:
 - **Los sistemas de moldeado por dinámica de fluidos o CFD (Computational Fluid Dynamics)**. Éste método utiliza métodos numéricos aplicados a algoritmos de simulación de fluidos.
 - **Los sistemas de análisis de elementos finitos o FEA (Finite Element Analysis)**. Éste método utiliza cálculos de ecuaciones diferenciales para resolver los problemas. Su aplicación permite comprender las físicas del deporte, tanto para el éxito del atleta, como para la previsión de lesiones y escaneado 3D (Adaptado de Taha et al., 2013)

Esta importante y significativa evolución de los materiales en la historia del deporte puede observarse visualmente en la siguiente figura (Figura 36), simplificando al máximo los datos obtenidos de forma cronológica.

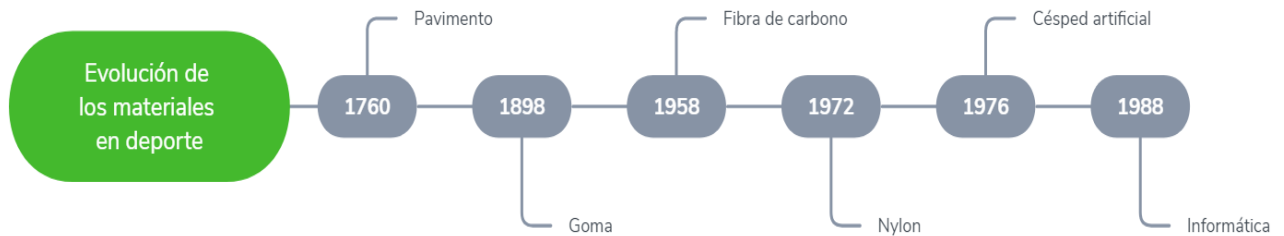


Figura 36. Evolución cronológica simplificada de los principales materiales en el deporte (adaptado de Taha et al, 2013)

Los polímeros, o derivados plásticos han tenido una importante trascendencia en el desarrollo del deporte y del material deportivo. En el caso de las superficies de juego, podemos destacar que el uso de los componentes artificiales ha aumentado en los últimos años y su uso está íntimamente asociado al calzado deportivo (Fleming, 2011). Dicho autor, afirma que el avance generado en ambos campos está relacionado al impacto que generan ambos y a la tracción de los materiales entre sí. En cuanto a los parámetros que deben ser considerados para la generación de superficies artificiales para el deporte, Brown (2001) opina que los factores a considerar deben ser la rigidez, la resiliencia, la absorción de impactos, la fricción, las propiedades acústicas y la durabilidad.

En el lado más moderno de la evolución de los materiales podemos constatar una marcada evolución en el uso de las baterías, buscando la generación de sensores *wearables*. Este hecho tiene relación con el uso de supercapacitores para poder disminuir el tamaño del dispositivo, favoreciendo un menor consumo electrónico y una disminución en el coste de producción. De hecho, las baterías han sido los elementos que han permitido evolucionar la instrumentación y el procesamiento de los sensores gracias a la disminución del peso y del coste, proporcionando el suministro eléctrico necesario para su funcionamiento.

La disminución del tamaño de los componentes para este fin ha permitido incluso generar dispositivos para la medición de la sudoración, pH, lactato y temperatura en formatos y tamaños diminutos alimentados con baterías de pila de botón (Yokus et al., 2020). También tenemos que considerar, en esta evolución de fuentes de energía, las baterías de Litio-ion. Su utilización ha permitido la evolución de las comunicaciones inalámbricas en nuestra sociedad y, con ello, la evolución en teléfonos móviles o *Smartphones*, ordenadores portátiles, cámaras digitales y *tablets* (Goodenough y Park, 2013).

Dichos avances aportan consideraciones adicionales al análisis de las aplicaciones tecnológicas del primer capítulo, en el que hemos analizado los distintos ámbitos deportivos, generando el siguiente cuadro resumen sobre la tecnología aplicada a los materiales de construcción del deporte. Con estas nuevas consideraciones, podemos unificar ambos conceptos en el siguiente esquema:

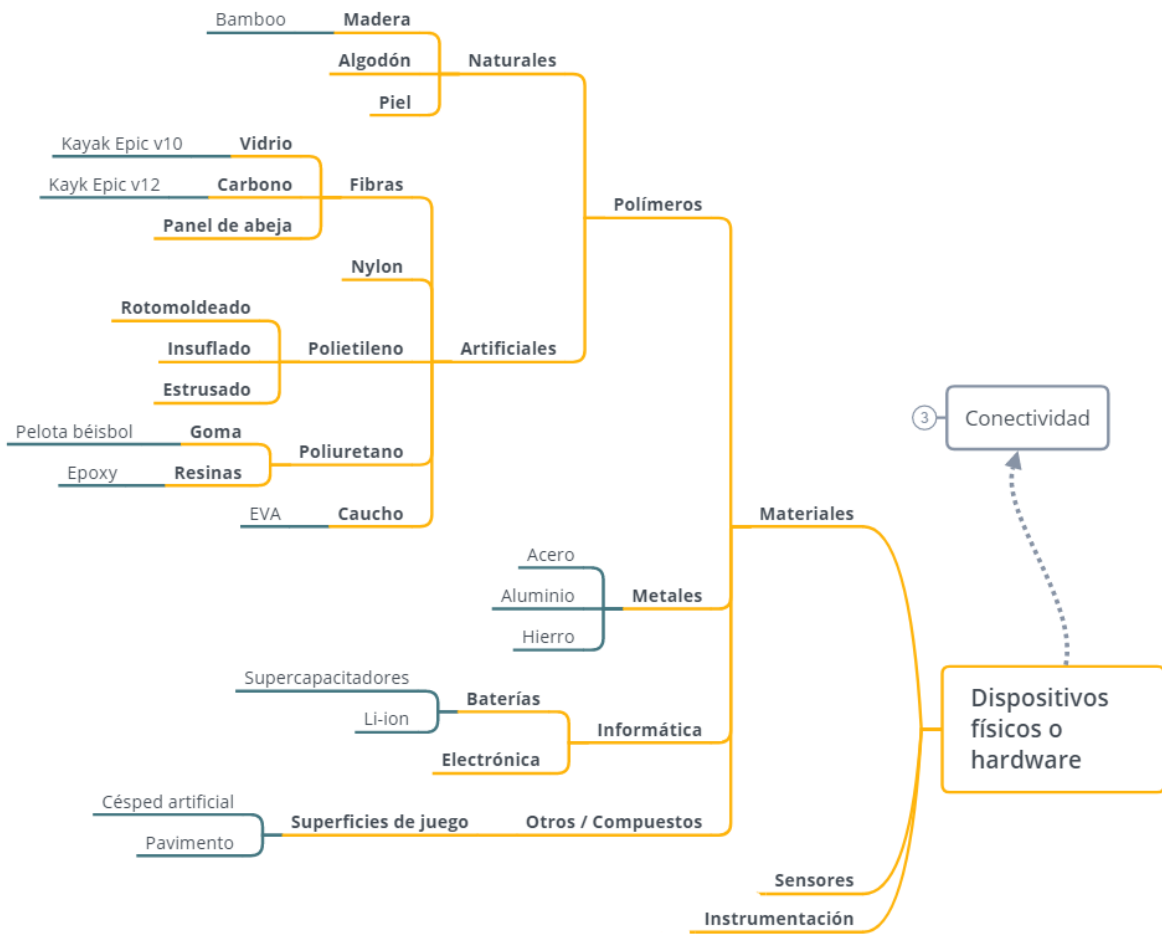


Figura 37. Esquema simplificado de los principales materiales que se utilizan para la evolución tecnológica del deporte

En la figura 37, que hemos mostrado anteriormente, podemos observar una clasificación global que permite incluir todos los conceptos revisados que han permitido la evolución tecnológica del sector en el material deportivo. Se debe destacar que esta clasificación se ha simplificado lo máximo posible, y que la organización y diferenciación entre los materiales de polietileno y el poliuretano ha sido para nosotros difícil de justificar. El polietileno se considera termoplástico, lo que permite que el material generado pueda ser reciclado, fundido y manipulado; sin embargo, el poliuretano se caracteriza por ser termoestable y tener una rigidez más garantizada (adaptado de Expósito Cañamero, 2014).

Para disponer los otros elementos en el mapa conceptual hemos seguido la bibliografía mencionada y estructurado los contenidos de forma secuencial, permitiendo una clasificación gradual. El estudio y la clasificación de estos componentes de estudio forman parte del área de ingeniería y supone un reto de clasificación en nuestra área de trabajo por su complejidad técnica. A pesar de ello, hemos intentado hacer una aproximación lo más válida posible y comprensible para el mundo del deporte y la actividad física.

2.1.2 Sensores

Los sensores son los componentes de toda instrumentación que permiten la medición de parámetros físicos o analógicos, convirtiéndolos a un valor cuantificable, normalmente digital, que permite transmitir los datos obtenidos a otro dispositivo para el tratamiento de la información (adaptado de Nuñez Couelo, 2018). La evolución de los sensores ha sido posible gracias a la evolución en 3 áreas: el procesamiento de la señal, la técnica de construcción y la estructura del propio sensor (adaptado de Kanoun y Trankler, 2004).

El concepto ha evolucionado actualmente hacia el término **sensores inteligentes** o *smart sensors*, que permiten que esta señal se transforme a un estándar mediante la utilización de un *microcontrolador* (Custodio, 1999). Este proceso permite la integración de algoritmos de inteligencia artificial para el tratamiento de los datos y poder detectar patrones en los valores obtenidos que permite aportar predicción sobre los datos observados.

Este concepto tiene más validez cuanto más nos aproximamos al término de Internet de las Cosas o *Internet of Things*, en adelante **IoT**, que sucede cuando los sensores inteligentes tienen posibilidades de acceso a internet y una batería les aporta independencia para el envío de los datos respecto al tiempo (Lea, p 39, 2018). En el esquema mostrado a continuación (Figura 38), remarcamos la gran diferencia y evolución de los sensores al ser capaces de enviar los datos a servidores en internet y que permite el tratamiento de los datos y posterior procesamiento. Existen multitud de protocolos para el envío de la información, pero el protocolo **MQTT** parece establecerse como un estándar.

Para simplificar la lectura de los conocimientos anteriores confeccionamos el siguiente gráfico (Figura 38), que simplifica la evolución de los diversos funcionamientos que tienen los sensores:

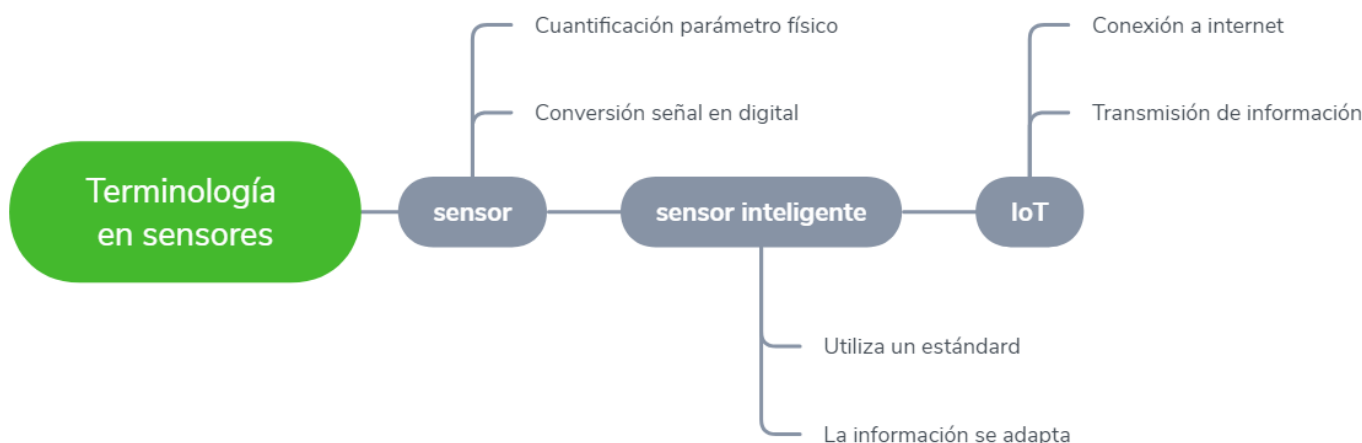


Figura 38. Cuadro resumen de la terminología en sensores y principales características que aportan.

Existen multitud de tipos de sensores, tantos como usos se hayan buscado de variables físicas. Sin embargo, Lea (2018) expone un análisis muy profundo sobre su clasificación, los cuales divide en 3 funcionalidades principales: los sistemas de generación de la energía, los sistemas de almacenamiento de la energía y los dispositivos de medición. Entre esta clasificación principal, destacamos los siguientes tipos:

- **Sensores de temperatura**, que evalúan la temperatura de formas diversas, como es un termómetro digital.
- **Sensores de resistencia**, que evalúan la corriente eléctrica, como puede ser un sensor de voltaje.
- **Sensores fotoeléctricos**, que evalúan la luz y su intensidad, como sucede en los cronómetros láser.
- **Sensores PIR** o piroeléctricos, que responden a la radiación y al calor, y son los principales sensores utilizados para la captura del movimiento, como sucede en los sensores de presencia en aseos.
- **Sensores LiDAR** (*Light Detecting and Ranging*), que permiten detectar la detección de luz y su rango, permitiendo la detección de objetos y su distancia, como sucede en el caso de *Microsoft Kinetic*.
- **Sensores MEMS** o microelectromecánicos, que permiten la medición de todas las variables físicas utilizadas en el deporte, como son:
 - o Acelerómetros y giroscopios, utilizados en los podómetros y dispositivos de fitness.
 - o Audio y micrófono, para la medición de sonido y vibración.
 - o Sensores de presión, como son los sensores piezoeléctricos, utilizados en las plataformas de fuerzas.

(Adaptado de Lea, 2018, p. 39-55)

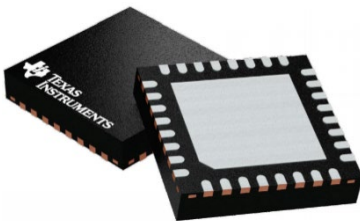


Figura 39. Texas Instruments CC2650

Los sensores se pueden combinar en una serie de elementos de propósito múltiple, como son el *Texas Instruments CC2650*, que incluye en su interior un sensor de luz ambiental, infrarrojos, temperatura, acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, altímetro, humedad, micrófono MEMS y relé de activación, entre otras características.

El complejo mundo de los sensores tiene un desarrollo específico de la ingeniería y su conocimiento profundo, así como su utilización de forma específica es compleja pese a seguir unos estándares establecidos. Para establecer su clasificación hemos utilizado la organización que encontramos en una empresa que suministra sensores para la Formula 1, como es el caso de Baumer Sensors. Simplificando los contenidos de su página web (<https://www.baumer.com/ch/en/>) podemos organizar los tipos de sensores de variables físicas en la siguiente clasificación:

Tabla 3. Clasificación de sensores según Baumer sensors (extraído de www.baumer.com)

AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SENSOR
DETECCIÓN DE OBJETOS	Barreras de luz y sensores de proximidad para objetos y detección de posición	Proximidad por inducción o capacitivo Mecánico Fotoeléctrico Magnético
MEDICIÓN DE DISTANCIA	Sensores para medición de distancias de hasta 40m	Sensor de distancia láser Sensor ultrasónico Encoder lineal Sensor rádar Transductores
VISION INTELIGENTE	Sistemas ópticos para la implantación de tareas de control en robótica y procesado de imagen para identificación.	Poscon Verisens visión Cámaras industriales
ENCODER ROTATORIO	Medición y monitorización de la velocidad rotatoria	Motores rotatorios Sensores de velocidad Encoders rotatorios
INCLINACIÓN O ACELERACIÓN	Sensores para la medición de la inclinación, aceleración y vibración.	Sensores de inclinación Sensores de aceleración
CONTROL DE PROCESOS	Medición de diversas condiciones atmosféricas	Sensor de presión Sensor de temperatura
FUERZA	Medición de fuerzas y presión	Sensores de fuerzas Sensores de presión

Los detalles que aportan *Baumer Sensors* sobre la ingeniería de estos dispositivos sirven para poder organizar nuestro mapa conceptual de sensores para variables físicas de forma ordenada. Sin embargo, tenemos que recordar que en el deporte tenemos una serie de sensores específicos para la medición fisiológica. Los también denominados sensores biomédicos permiten medir parámetros fisiológicos de forma continua, en tiempo real y de manera no intrusiva (Seshadri et al., 2019). Dichos autores clasifican los componentes según dispositivos microelectromecánicos (MEMS), bioquímicos, de los electrocardiogramas (ECG), electromiogramas (EMG) y electroencefalogramas (EEG).

Los sensores bioquímicos suponen una alternativa económica válida a partir de la sudoración respecto a las complejas instrumentaciones médicas de alto coste, entre los que podemos considerar:

- **ACCU-CHECK** de Roche Diagnostics. Este dispositivo permite el cálculo de la insulina, así como su dosificación, teniendo un dispositivo implantable de larga duración, denominado Eversense.
- **iSTAT** de Abbot. Esta familia de dispositivos está especializada en la realización de tests médicos diversos, como son lactato, hematología, cardiacos, coagulación de sangre, electrolitos e indicadores cardiacos, entre otros. Algunos de ellos son *wearables*.
- **Lactate Scout** de Sports Resource Group. Un analizador de lactato a partir de una micromuestra sanguínea.

(Adaptado de Seshadri et al., 2019)

Este tipo de instrumentación tiene una gran dependencia con muestras de sangre del sujeto y, aunque portables, son una barrera para su utilización en deporte por requerimientos médicos y, además, suponen un impedimento en la práctica deportiva a tiempo real, al precisar de una pausa que parar para tomar la muestra. Nótese aquí un ejemplo de portable y *no wearable*, al no poderse utilizar durante la práctica. En este sentido, los sensores *wearables* son una alternativa que permite la monitorización en tiempo real, y los parches bioquímicos que analizan la sudoración, electrolitos, neuropeptidos y similares, pueden permitir el análisis en tiempo real del estado de forma, fatiga y agudeza mental (adaptado de Seshadri et al., 2019). Entre dichos sensores bioquímicos, debemos destacar los siguientes tipos:

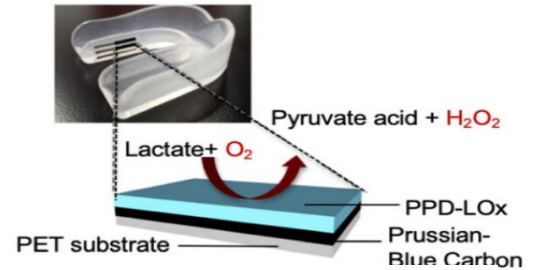


Figura 40. Dispositivo bucal para medición de lactato (Seshadri et al., 2019)

- **Saliva.** Es una alternativa muy atractiva y emergente para el análisis directo en sangre, que permite el análisis de glucosa, lactato, fosfato y ácido úrico de forma fiable. Existe instrumentación portable basada en sensores MEMS que se pueden portar en la boca, mediante un protector bucal, con lo que añadimos a dicha funcionalidad el análisis del movimiento e inercia craneal.

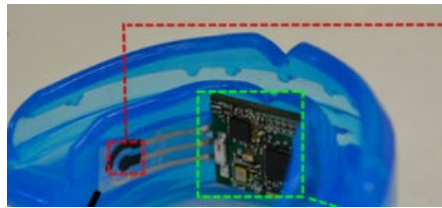


Figura 41. Detalle del sensor de lactato por saliva insertado en un protector bucal (Seshadri et al., 2019)

- **Sudoración.** Los parches de análisis para el sudor permiten analizar biomarcadores como son el sodio, potasio, lactato, calcio, glucosa, amoníaco, etanol, urea, cortisol y neuropeptidos, entre otros. En este sentido, *Epicore*, *Halo* o *Kenzen* son marcas que generan instrumentación basada en este tipo de sensores. La **hidratación** es un factor fácilmente detectable gracias a la gran presencia de sodio y cloro en la sudoración; y el nivel de **actividad muscular** un factor medible gracias al potasio. Existen indicadores contrastados también para el análisis de **lactato** y de **glucosa**.
- **Pulsaciones.** Los sensores de pulsaciones han evolucionado muchísimo, permitiendo el análisis no sólo del número de pulsaciones, sino también de los intervalos R-R o HRV (*Heart rate variability*). Sus aplicaciones no son sólo hacia el estado de forma del deportista, sino también al análisis del estrés o adaptación a la práctica deportiva.

Adaptado de Seshadri et al (2019)

Para el análisis de gases o VO₂, el dispositivo más portable disponible es el de la empresa Vo2 Master, denominada **VO2 Master Pro**, y que está contrastado por Mušič (2019), artículo traducido en la página

web del fabricante. Teniendo en cuenta todos estos conceptos, disponemos los sensores fisiológicos a continuación:

Tabla 4. Agrupación de sensores de naturaleza fisiológica (adaptado de Seshadri et al, 2019)

AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SENSOR
CARDIOVASCULARES	Sensores especializados en la medición cardiaca o del flujo sanguíneo, principalmente MEMS y detección de pulsaciones.	Monitores de FC Para la saturación de oxígeno muscular Fotodiodos
SISTEMA NERVIOSO	Tipo de sensores destinados al análisis de ondas cerebrales o activación muscular a partir de impulsos eléctricos.	ECG o electrocardiograma EMG o electromiograma Biofeedback y ondas cerebrales
SISTEMA PULMONAR	Análisis de la respiración o VO ₂	Analizador de gases
SUDORACIÓN / SALIVA	Análisis bioquímico para simplificar aspectos médicos y fisiológicos sanguíneos.	Parche Implante bucal

Apoyándonos en todos los sensores e instrumentación mostrada en el primer capítulo, junto con los avances y detalles de las publicaciones revisadas en este apartado, procedemos a la creación del siguiente mapa conceptual de clasificación de los sensores:

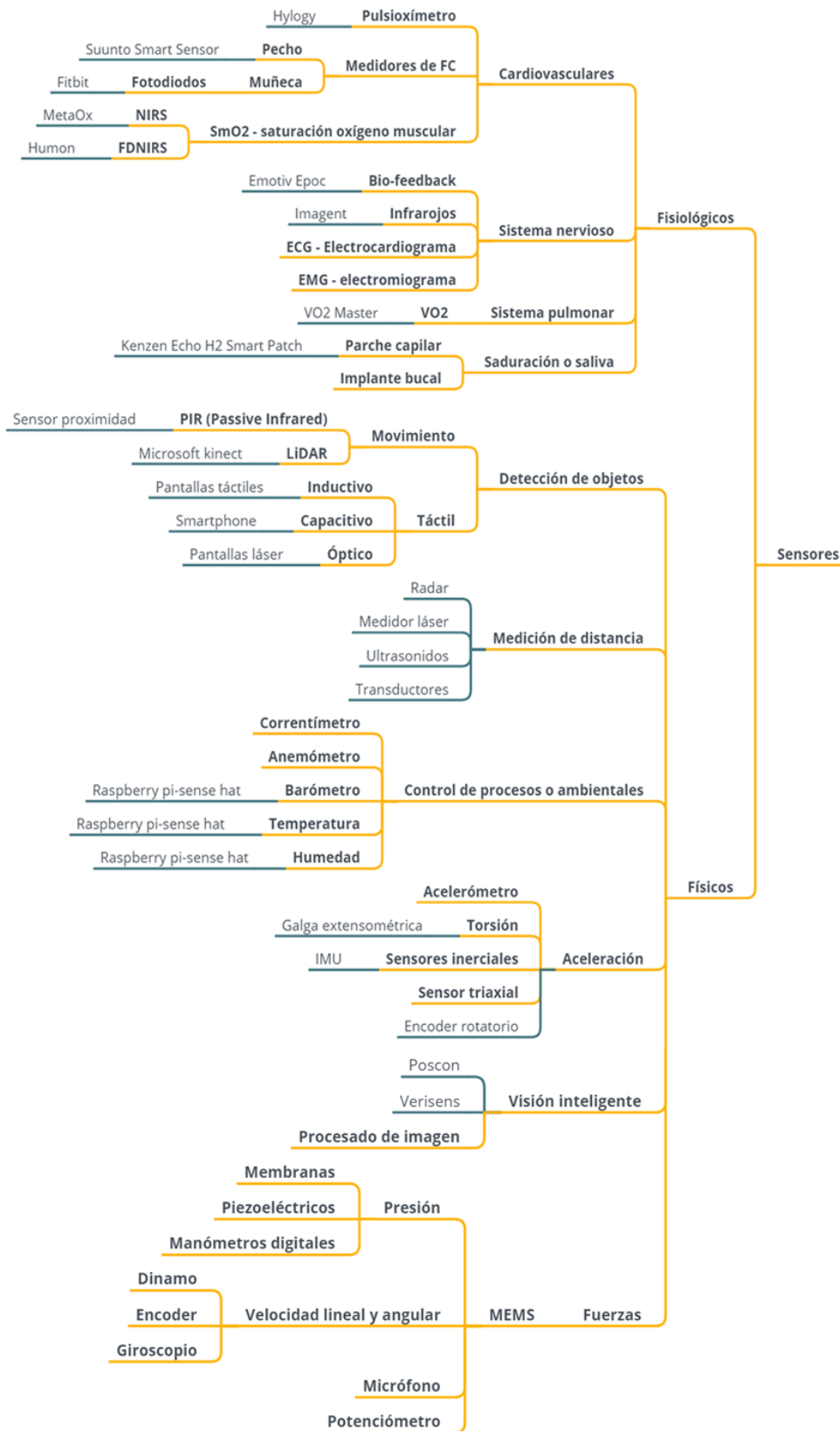


Figura 42. Cuadro resumen de los sensores aplicables al deporte (elaboración propia)

2.1.3 Instrumentación tecnológica para el deporte

Las aportaciones del estudio sobre sensores de Taha et al. (2013) también tienen aplicación en el ámbito de la instrumentación. Para Taha et al. (2013), la instrumentación es el conjunto de sensores con componentes electrónicos para el beneficio del deporte. Sin embargo, esta definición puede ser confusa respecto al término de *Smart sensors* visto anteriormente por Custodio (1999), que define los sensores inteligentes como sensores con capacidad de proceso de la información mediante el uso de *microcontroladores*.

Para nosotros, bajo un concepto más tradicional o sencillo, optaremos por definir la **instrumentación tecnológica para el deporte** modificando la definición de Taha (2013), considerándola como **un dispositivo para el deporte formado por un conjunto de sensores y componentes electrónicos que permiten su utilización directa por un usuario final**. En esta definición, destacamos que la instrumentación debe estar preparada para ser aplicada por cualquier entrenador, docente, investigador o cualquier tipo de usuario que requiera su utilización sin tener que hacer complejas adaptaciones o configuraciones. Este factor es importante en nuestro estudio, ya que evitamos las complejas instrumentaciones que se utilizaban anteriormente, recordando el dispositivo electrónico con cables y circuitos soldados para la experimentación de laboratorio.

Por otro lado, referenciando la clasificación anterior de los sensores, veámos como su ordenación era realmente compleja, y esta complejidad aumenta cuando consideramos todas las combinaciones entre los diferentes sensores que pueden formar un instrumento. La gran cantidad de instrumentos y variaciones de uso que existe en el mercado hacen que la oferta sea tan grande que podríamos realizar un estudio específico tan sólo con su revisión bibliográfica. Sin embargo, en el presente estudio, optaremos por hacer una aproximación inicial que nos permita trazar los componentes físicos que pueden formar parte de una aplicación tecnológica.

Aguado et al. (1997), afirmaban que uno de los objetivos de la biomecánica deportiva era “*ofrecer nuevos aparatos y desarrollar metodologías de registro*”. Sin entrar en discusión respecto a si hoy en día el concepto sigue siendo válido, podemos basarnos en ello para empezar a buscar dentro del ámbito biomecánico que instrumentación ha sido generada y si existe alguna clasificación que nos sirva de base.

Gámez et al (2008), que fundamentan muy bien las bases de una aplicación tecnológica para el deporte, clasifican de manera tradicional la instrumentación en biomecánica, similar a como hemos clasificado anteriormente los sensores, diferenciando **instrumentación aplicada al análisis biomecánico e instrumentación aplicada al análisis fisiológico**. Utilizaremos su clasificación en la próxima ilustración (Tabla 5), bajo el apartado **de tipo**, utilizando la codificación MEC para biomecánica, FISIO para fisiológico y OTRO cuando no sea posible su clasificación. Entre esta clasificación se diferencian los siguientes conceptos e instrumentación:

- Análisis biomecánico del deporte:
 - o Cinética o causas del movimiento: Plataformas dinamométricas, sistemas de registro y análisis de presiones, dinamómetros, mesa isocinética, fibra óptica, sistemas de medición de fuerza específica

- Cinemática o trayectoria del movimiento: Fotogrametría, electrogoniometría, acelerometría, GPS.
- Análisis fisiológico en el deporte: Electromiografía o EMG y termorregulación.

Por otro lado, Taha et al (2013) mencionan una serie de dispositivos que debemos tener en cuenta y que no han sido mencionados en el primer capítulo:

- El **ojo de halcón o Hawk-Eye** para el seguimiento de trayectorias de pelota, se empezó a utilizar en el US Open de tenis en 2005.
- Los sistemas de **cronometrado láser** permiten la diferenciación en milisegundos para la captura de resultados. Es de destacar el sistema de identificación BAE de origen militar, que permite identificar hasta a 30 ciclistas simultáneos.
- Los sistemas de **balanceo postural** y de cálculo de centro gravitacional y de presiones, han tenido una gran utilización en investigación.
- El **moldeado y escaneado 3D** son técnicas emergentes que no paran de tener avances.

(Adaptado de Taha et al.,2013)

Tenemos que resaltar de estas aportaciones la complejidad de la clasificación de los elementos en estos ejemplos; si consideramos el sistema de ojo de halcón, para el cálculo de trayectorias y que mide la velocidad y la fuerza de golpeo... ¿nos encontramos ante cinética o cinemática?; ¿Y si generamos un modelo 3D a partir de esa trayectoria? Al responder estas cuestiones se puede uno encontrar ante la dificultad de la jerarquización de los instrumentos a los que nos enfrentamos.

Pérez Soriano y Llana Belloch (2007), fundamentan también la instrumentación en biomecánica en dos agrupaciones principales; las destinadas al análisis cinemático del movimiento, desplazamiento, velocidades y aceleraciones); y las destinadas al análisis cinético del movimiento, fuerzas, momentos o presiones. Además, añaden, como las variables pueden estar mezcladas en cierto tipo de instrumentación, y por ello, agrupan de la siguiente manera este tipo de sensores (Tabla 5) en la que hemos añadido la columna TIPO referenciando al autor Gámez et al., 2008.

Tabla 5. Clasificación cruzada de instrumentación biomecánica para Pérez Soriano y Llana Belloch (2007) y Gámez et al (2008)

TIPO.	AGRUPACIÓN	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO DE INSTRUMENTO
MEC	Cronoscopios	Instrumentos capaces de medir el tiempo como principal objetivo	Fotocélulas Plataformas de contacto Micrófonos Otros dispositivos combinados
MEC	Fotogrametría y cinematografía	Utilización de dispositivos ópticos para para analizar el movimiento	Cámaras fotográficas Cámaras de vídeo Resonancia magnética
MEC	Electrogoniometría	Son transductores de ángulos que permiten conocer la posición angular en el tiempo	Analizador electrónico para ROM
FISIO	Electromiografía	Análisis de los cambios eléctricos en el proceso de contracción muscular	Electromiógrafo superficial Electromiógrafo de aguja

			Noraxon Ultium-EMG
MEC	Dinamografía	Medición de fuerzas realizada para una acción determinada	Plataforma de fuerzas Dinamómetro digital
MEC	Acelerometría	Permiten registrar las aceleraciones e inercias de componentes durante la actividad deportiva	Acelerómetros IMU
MEC	Presurometría y electrodinografía	Estudio de las cargas mecánicas en la práctica deportiva	Plataformas de presiones (plantar y adaptada)
OTRO	Modelado y simulación	Generación de modelado 3d para la predicción de ejecución y desarrollo de nuevas técnicas e instrumentación.	Moldeado 3D Escaneado 3D Sistemas de tracking o posicionamiento

Analizando los datos evaluados hasta el momento, parece que disponemos de una base para la confección de un primer mapa conceptual de los sensores, al que puntualizamos algunos aspectos, teniendo en cuenta las aportaciones realizadas en el primer capítulo referente a las siguientes aportaciones:

- La clasificación de Gámez et al (2008) que puede ser válida conceptualmente, y que amplía los tipos de productos disponibles por Pérez Soriano y Llano Belloch (2007).
- La clasificación de Pérez Soriano y Llano Belloch (2007), en la que faltaba añadir la instrumentación para la termorregulación considerada por Gámez et al (2008). Además, existen nuevos dispositivos más innovadores mediante los sensores expuestos y que tienen poca utilización en la instrumentación observada, permitiendo enriquecer nuestra clasificación.
- El avance de los sistemas de captación de imágenes en vídeo y de inteligencia artificial, que interfieren totalmente en esta clasificación, llegando a permitir el cálculo de la angulación de los segmentos corporales por vídeo mediante inteligencia artificial y que hace referencia al modelado y simulación contemplado en el primer capítulo.
- Hemos añadido aspectos actuales como IoT o uso de realidad virtual o aumentada en los dispositivos, así como el uso de *wearables* de última generación. Su utilización se ve enriquecida por Sañudo Corrales et al (2017) a las que ninguno de los autores previos, a excepción de Taha et al. (2013) mencionan.
- Los potenciómetros o los sistemas EPTS (*Electronic Performance Tracking System*), vistos con detalle en el primer capítulo y que en estas clasificaciones previas no se mencionan.

Por otro lado, la clasificación del primer capítulo, aunque desordenada, presentaba un prisma más amplio que el de la biomecánica, y al que tenemos que añadir una serie de conceptos:

- **Una categoría de soporte al deporte o mejora**, en la que incluimos los implementos, el calzado, la vestimenta, así como foil y timones de embarcación y un gran número de avances en instrumentos que facilitan la práctica deportiva.

- **Una categoría de componentes especializados en el entrenamiento o de mejora**, en la que incluimos las máquinas de vibración, de simulación de déficit de oxígeno o de equipamiento más innovador como son las poleas cónicas, que pueden utilizar encoders o nuevos elementos del entrenamiento funcional como TRX o Technogim Kinesis.
- Todas las aportaciones de la biomecánica las incluiremos dentro **una categoría de valoración**.

En conclusión, éste es un apartado que requiere de investigación actualizada y soporte de la comunidad científica para jerarquizar y ordenar; hemos encontrado muy pocas referencias recientes de carácter general, ya que todas se centran en ámbitos concretos, como sucede en la publicación *Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte* de Sañudo Corrales et al (2017), que aporta un contexto innovador, pero no aplicable a nuestra clasificación, al proponer conceptos aislados en deportes concretos.

Teniendo en cuenta la complejidad de esta clasificación, proponemos la siguiente estructura base, a partir de las consideraciones previas:

Tabla 6. Clasificación de los instrumentos en la actividad física (elaboración propia)

GRUPO	SUBGRUPOS	EJEMPLOS DE INSTRUMENTO
PRÁCTICA	<ul style="list-style-type: none"> - Con computación: Dispositivos IoT, de realidad aumentada o wearables de consumo. - Sin computación: Mejoras en materiales, implementos y calzado que facilitan la práctica deportiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Implementos y vestimenta (Calzado, ropa, pala, embarcación, balón, timón foil, etc). - Vibración, cámaras hiperbáricas, polea cónica
VALORACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Biomecánica: Instrumentación específica para la medición de variables relacionadas con la biomecánica. - Fisiológica: Instrumentación profesional para la medición de parámetros fisiológicos. - Sistemas EPTS. Categoría innovadora de sistemas de posicionamiento automático similar a la categoría de fotogrametría en biomecánica, pero con carácter multidisciplinar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los instrumentos específicos de biomecánica y medicina aplicada, así como los EPTS (<i>Electronic Performance Tracking System</i>).
MEJORA	Wearables de nueva generación que evolucionan de la biomecánica para facilitar el entrenamiento de propósito general y que no son considerados de gran consumo.	Máquinas isoinerciales, isocinéticas, hiperbáricas e hipobáricas, así como entrenamiento de trajes EMG.

Esta clasificación permite un marco de trabajo inicial con transferencia entre las fases de la investigación deportiva definidas por Ortega et al (2018) y la generación de instrumentos. La investigación genera instrumentación para la valoración y ésta se extiende hacia una mejora deportiva en el ámbito del entrenamiento. Cuando sus costes disminuyen, su uso se democratiza ofreciendo beneficios económicos (Marinho, 2018). Para justificar nuestra clasificación, simplificamos este proceso en la siguiente figura:

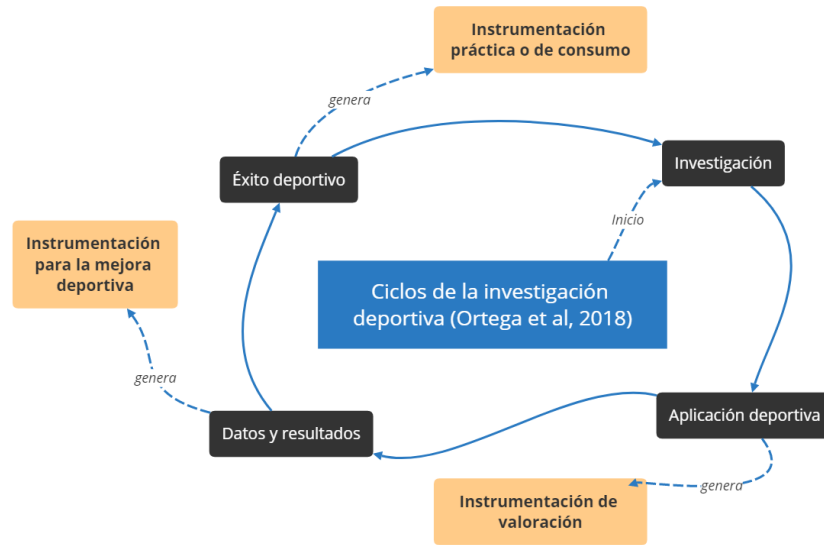


Figura 43. Generación de instrumentación a partir de las fases de la investigación en deporte (elaboración propia)

Ante esta clasificación se deben especificar algunos detalles adicionales:

- La electrónica de consumo para los *wearables* de uso general no está contrastada ni validada bajo evidencia científica (Sperlich y Holmberg, 2016; Sañudo y Muñoz, 2018). Por tanto, decidimos incluirlos en el grupo de práctica, ya que su uso debe ser contrastado. Este tipo de dispositivos no solo miden la frecuencia cardiaca, que es un factor fisiológico, sino que también puede medir la inercia y calidad del movimiento, que es un factor físico/biomecánico. Por tanto, su clasificación es compleja desde el punto de vista de la instrumentación.
- Debido a la existencia de máquinas de entrenamiento hiperbárico y trajes de electroestimulación, así como maquinaria de fitness y entrenamiento de última generación, hemos optado por añadir la categoría de "Mejora del entrenamiento" para dispositivos relativamente contrastados.
- Los sistemas EPTS tienen una compleja situación ya que son de carácter mixto y de naturaleza muy específica en la valoración, por lo que hemos situado todos estos elementos en una categoría específica dentro de la valoración.

Debido a la magnitud de este esquema, debemos segmentar su presentación en 3 figuras (Figura 42, 43 y 44) expresando cada una de las categorías mostradas anteriormente, como puede verse a continuación:

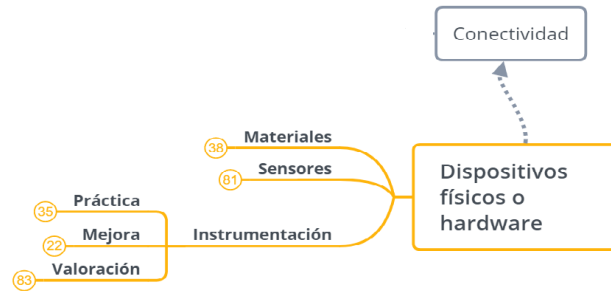


Figura 44. Esquema general para la instrumentación en deporte (elaboración propia)

1. Instrumentación facilitadora de la práctica deportiva

Empezando por la instrumentación dedicada a la **práctica deportiva**, hemos optado por subdividir el grupo en dos clasificaciones con el condicionante de si precisamos componentes digitales y/o computadores para su uso o no.

- Sin computación: En este sentido, el moldeado 3D ha tenido una fuerte aparición en la generación de instrumentos, facilitado por la evolución de los materiales que hemos visto con anterioridad, pero son dispositivos físicos sin conectividad.
- Con computación: La electrónica de consumo tendrá una gran evolución en los próximos años y podemos ver como la realidad aumentada requiere ya de una clasificación específica, así como los *wearables*.

Todos estos conceptos, discutibles por la amplitud del marco de trabajo, se ven claramente afectados por la introducción de los dispositivos *wearables*, que están revolucionado el sector del público general, llegando a ofrecer, a menor coste, características aplicables al sector de la investigación cuando se pueda contrastar su validez (Sperlich y Holmberg, 2016; Sañudo y Muñoz, 2017). Presentamos nuestra clasificación al respecto:

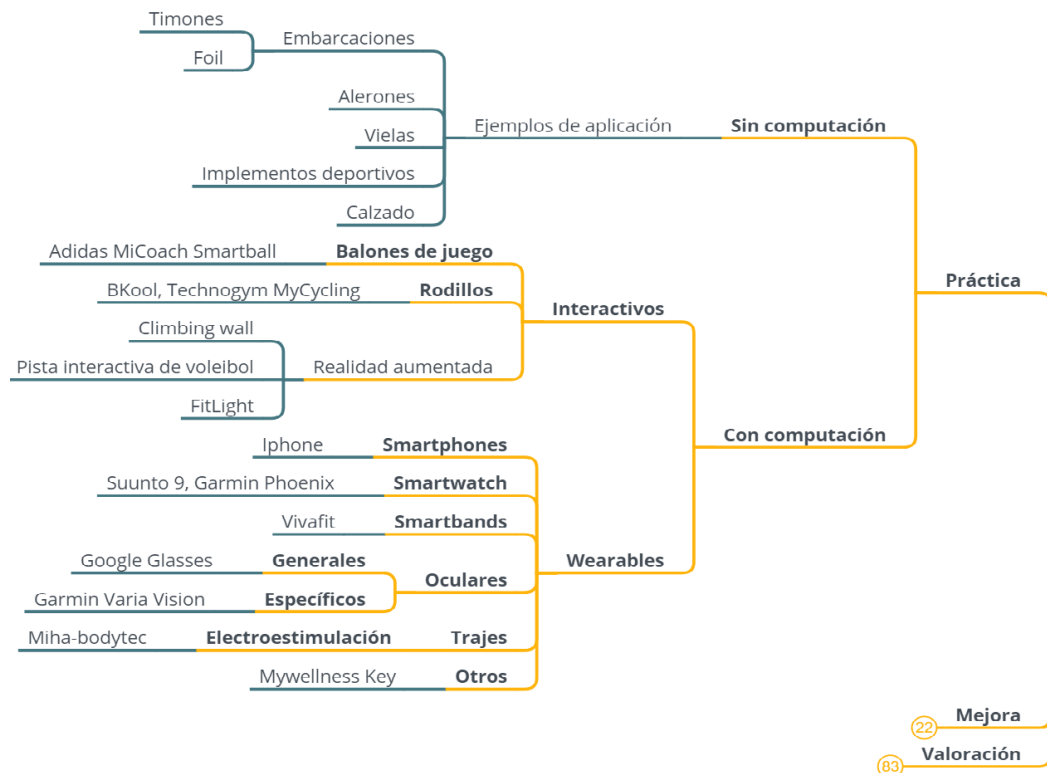


Figura 45. Instrumentación facilitadora de la práctica deportiva (elaboración propia)

Como es habitual hasta el momento, disponemos en un color las categorías y los ejemplos de producto en otro color, para facilitar la lectura. Todos los dispositivos han sido mencionados con anterioridad con bibliografía contrastada.

2. Instrumentación facilitadora del entrenamiento o mejora del deporte

En cuanto a la clasificación de la instrumentación para la mejora del deporte, nos encontramos con una clasificación que requiere de mayor contraste científico, pero, a pesar de ello, reúne todos los componentes analizados hasta el momento. En este grupo tendríamos instrumentación contrastada según las fuentes bibliográficas, que hemos organizado en 3 categorías:

- **Máquinas de entrenamiento.** Sistemas funcionales o de vibración que siguen las tendencias más actuales de entrenamiento, incluyendo elementos como la polea cónica o sistemas inerciales.
- **Sistemas complementarios.** Instrumentación que complementa el proceso de entrenamiento. Hemos incluido aspectos como las cámaras hiperbáricas e hipobáricas y túneles de viento, principalmente.
- **Instrumentos específicos de recuperación.** La rehabilitación es un componente importante en la evolución del deporte y de la actividad física, y para ello tiene gran importancia los componentes del ámbito fisioterapéutico y/o de control médico.

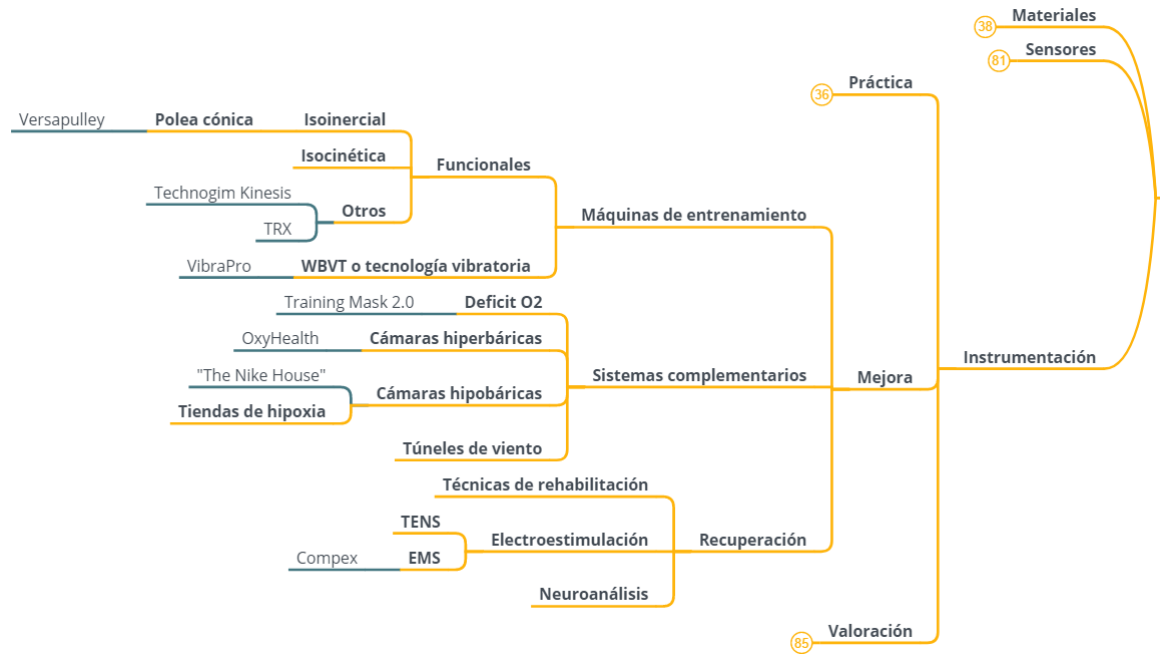


Figura 46. Instrumentación resultante de la categoría de mejora para el entrenamiento (elaboración propia)

3. Instrumentación generada para la valoración del deporte

Dentro de ámbitos más pertenecientes al rendimiento o a la medición de resultados, tenemos toda la clasificación de componentes que ocupan la mayor parte de nuestro objeto de estudio y que hemos dividido en 3 categorías principales, centrándonos en el rendimiento deportivo como foco de análisis y evitando la dicotomía de presentar todos los instrumentos médicos. Las subcategorías que utilizamos son las siguientes:

- Biomecánica.
- Fisiología.
- Sistemas electrónicos de posicionamiento para el rendimiento o ECTS.

En la instrumentación del deporte se espera, en un desarrollo futuro que podemos ver en acontecimientos próximos, el aumento en dispositivos portables y también en tipo *wearable*, que son sensores capaces de analizar a partir de vestimenta deportiva, como sucede con el caso de *Myontec Muscle Monitor*, que es capaz de conectarse por *Bluetooth* para transmitir el nivel de activación muscular a través de EMG superficial, sincronizando los datos con acelerómetros y ritmo cardíaco (Tikkanen et al., 2014), y a nivel de mayor contraste científico también podemos encontrar los dispositivos de la marca Noraxon, como estándar para el contraste científico (Walters et al., 2013). Esta clasificación nos permite generar un mapa resultante bastante amplio, que mostramos a continuación:

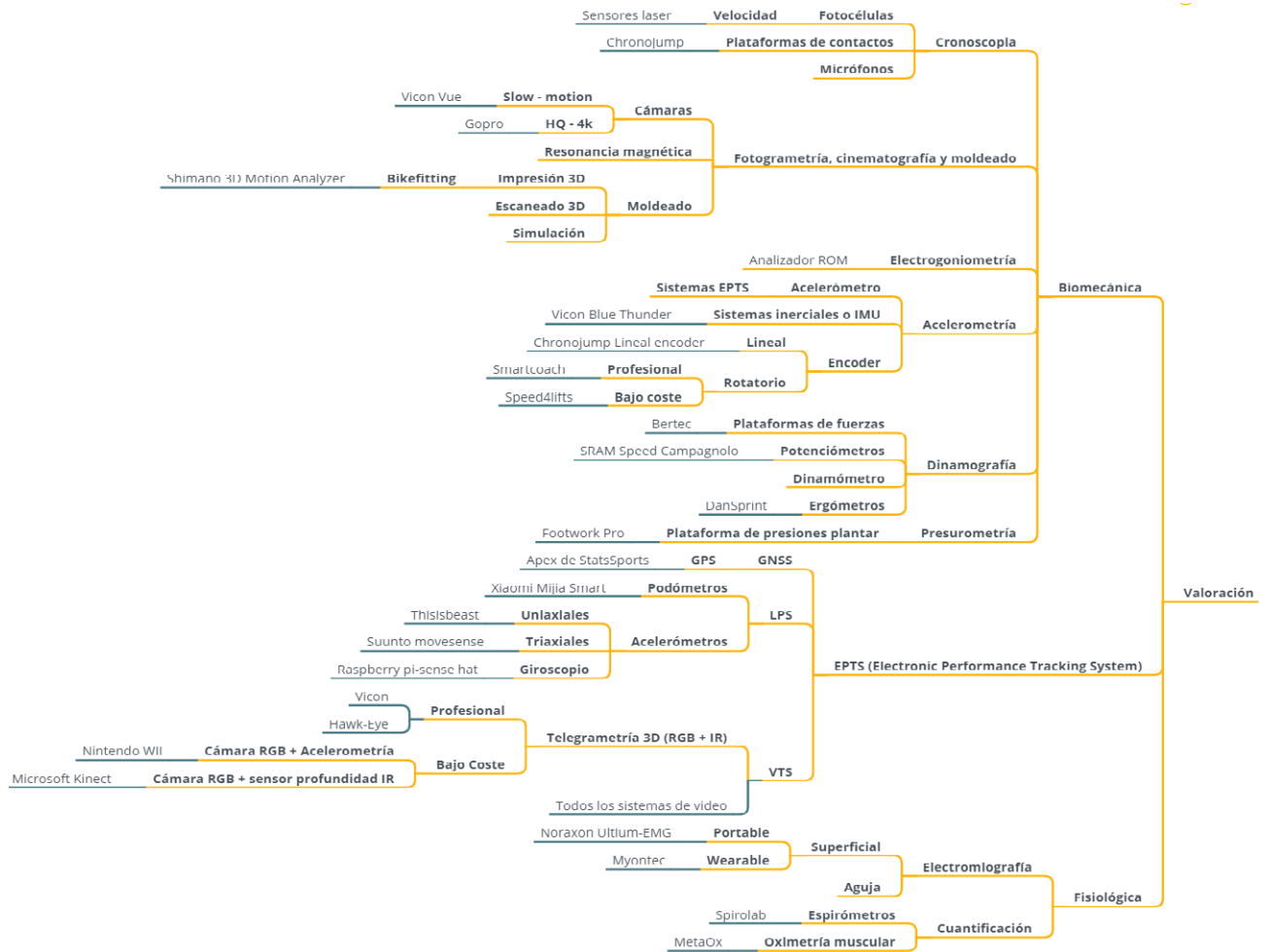


Figura 47. Instrumentación resultante de la categoría de valoración del entrenamiento (elaboración propia)

Podemos observar como en el aspecto biomecánico la variable de aceleración hace referencia al concepto LPS (*local positioning system*) de EPTS, y, en consecuencia, tenemos algunas referencias cruzadas. Sin embargo, este mapa muestra con gran detalle la instrumentación expuesta hasta el momento y, en el caso de los sistemas LPS debemos especificarlos como un subtipo específico de EPTS.

Existen algunos aspectos que permiten discusión. Por ejemplo, respecto a la acelerometría, tenemos una serie de dispositivos que no están centrados en el posicionamiento, como son los sistemas IMU o inerciales, que intentan centrarse en trayectorias más complejas que la propia posición y que no coinciden con el concepto LPS, como sucede con los cascos *Riddell IQ HITS* para medición de impactos en la cabeza de jugadores de fútbol americano (Scheer, Karami y Ziejewski, 2015). La misma situación podemos observar con los sistemas de telegrametría 3D, que utilizan cámaras junto a sensores acelerómetros o LiDAR para el tratamiento de la información y que son de difícil clasificación, aunque los veremos en el apartado de *Motion Capture*. Sin embargo, estamos ante un diagrama ordenado y parcialmente contrastado, que intenta unificar un concepto tan amplio y complejo como puede ser la instrumentación tecnológica en el deporte.

2.2 El desarrollo de aplicaciones informáticas o software en el deporte

Como hemos visto anteriormente, la clasificación de los instrumentos relacionados con el deporte ha generado un diagrama complejo debido a la gran existencia de tipos de sensores y a su combinación. En este apartado iniciaremos ahora el análisis del software, que sigue evoluciones parecidas a los dispositivos anteriormente analizados, evitando analizar todo el software generado para cada uno de los instrumentos mencionados.

En el caso del software o aplicaciones informáticas aplicadas al sector de la actividad física y del deporte, si utilizásemos el esquema de la instrumentación (Fig. 46), como base para continuar con el análisis de las aplicaciones informáticas, generaría un mapa excesivamente complejo de las aplicaciones informáticas. Al fin y al cabo, el desarrollo de aplicaciones informáticas pertenece a otro ámbito de la ingeniería: la ingeniería del software. Por tanto, a continuación, examinaremos con carácter técnico las metodologías y terminología actuales de su desarrollo para poder analizar con detalle los tipos de aplicaciones que tenemos a la disposición para la práctica deportiva.

2.2.1 Relación entre las fases de desarrollo del software y las fases de investigación en deporte

Si consideramos la ingeniería del software como un proceso evolutivo, encontramos motivaciones que basan su desarrollo a partir de los **tipos de servicios**. Al concepto de aplicaciones orientadas a servicios o SOA: *Service Oriented Applications* es una metodología orientada a la evolución tecnológica que se puede aplicar al concepto de **IoT** (adaptado de Kontogogos y Augeriou, 2009). Esta metodología aporta flexibilidad para detectar la utilidad de las aplicaciones para los usuarios finales, **considerando los dispositivos físicos como un concepto adicional y una fuente de datos** (adaptado de Khodadadi y Sinnott, 2017). En este tipo de metodología encontramos una serie de etapas, como son (Kontogogos y Aureiou, 2009):

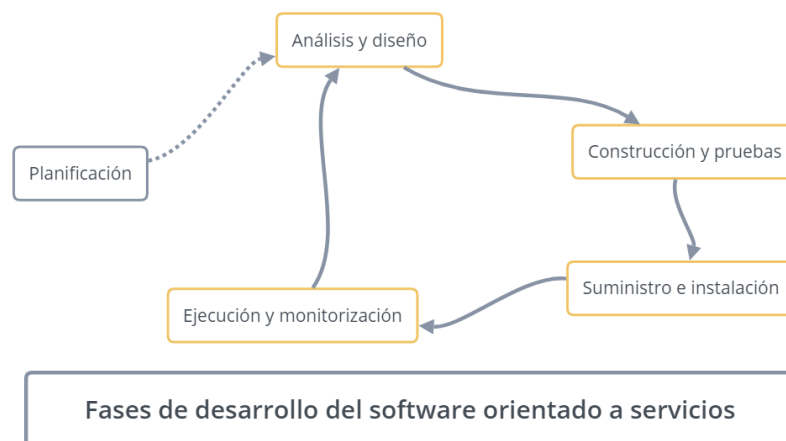


Figura 48. Fases de desarrollo del software orientado a servicios (adaptado de Kontogogos y Aureiou, 2009)

Este esquema general, tiene total similitud con las fases de desarrollo de la investigación introducidas por Ortega et al. (2018) y, además, con la generación de instrumentación biomecánica en el mundo del

deporte que detallamos en el apartado anterior. La similitud entre estas fases se puede dar si consideramos que:

- La fase de investigación en deporte tiene total similitud con una fase de desarrollo de software para el análisis y diseño de los componentes de una aplicación informática.
- La fase de generación de una aplicación deportiva, tiene relación directa con la fase de construcción y pruebas del software.
- La obtención de datos y resultados, comienza en el momento en el que el producto está preparado para su uso y, por tanto, coincide con la fase de suministro e instalación del servicio.
- Desde el momento en que el software está en la fase de ejecución y monitorización, se puede utilizar para la obtención de posibles éxitos deportivos.

Esta posible relación de cómo el desarrollo de aplicaciones informáticas puede ayudar a la investigación deportiva, junto a las implicaciones que tiene con el desarrollo de la instrumentación aplicable en el deporte puede ser observada en la siguiente figura:

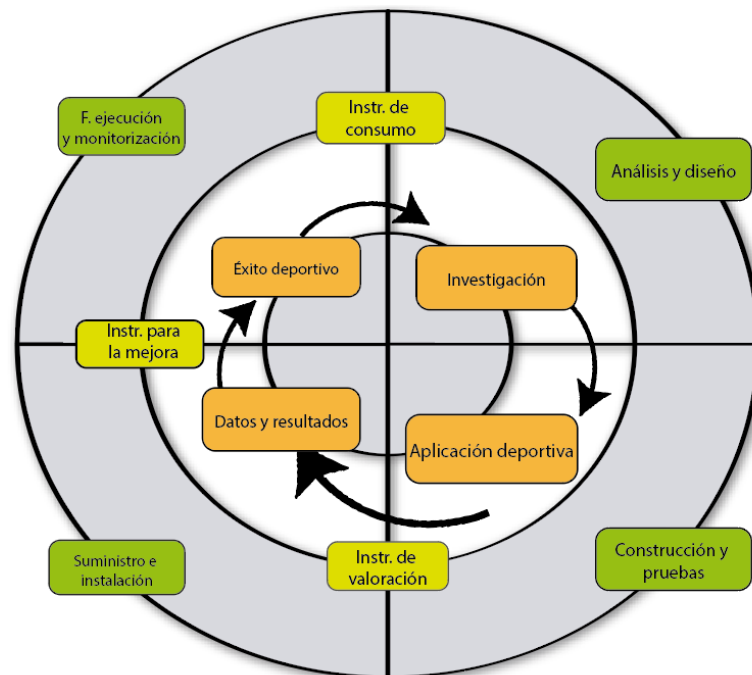


Figura 49. Relación de la investigación deportiva con el uso de las aplicaciones informáticas (elaboración propia)

En la anterior figura podemos ver el carácter facilitador de la ingeniería del software para el avance de la investigación deportiva y la similitud de las fases evolutivas del software con las aportaciones de Ortega et al. (2018). Esta relación destacaría la importancia de las aplicaciones informáticas para la investigación deportiva.

2.2.1.1 Clasificación de las aplicaciones informáticas según su uso

En el primer capítulo utilizamos la publicación de TADAR (CSD, 2008) y entre las diversas opiniones de los profesionales de la actividad física y del deporte, encontrábamos a Hendriks (2009), que mencionaba que podría existir una diferenciación en las herramientas según el uso que realizan de la imagen y del vídeo a partir de una clasificación inicial basada en herramientas informática no video gráficas y herramientas informáticas video gráficas.

Esta clasificación nos ha permitido en el marco teórico la organización de todo el software revisado para el ámbito deportivo, médico, docente y recreativo del mundo de la actividad física y del deporte. Gracias a su simplicidad, hemos tenido la posibilidad de poder incluir los conceptos más innovadores del mercado sin problema, como sucede con la integración de la inteligencia artificial y de la realidad aumentada, ya que sus aplicaciones están bien diferenciadas la utilización del vídeo.

Cuando analizamos las aplicaciones informáticas respecto al *BigData* también se aplica una distinción similar, ya que su procesamiento varía según la utilización de información en formato texto o en formato vídeo (Gandomi y Haider, 2015, p.140-144). Este detalle se estudia en profundidad en el próximo apartado.

Para poder profundizar en los conceptos de este tipo de aplicaciones más innovadoras, que utilizan *IoT*, *BigData*, *Inteligencia Artificial* y *Realidad Virtual* debemos realizar un análisis científico de éstos términos para conocer sus implicaciones y usos. Una vez introducidos los conceptos tecnológicos básicos, realizaremos un análisis profundo de las aplicaciones informáticas en el sector. Debido a la gran magnitud del mapa generado, detallaremos cada tipo de aplicación informática por partes, al igual que realizamos con la instrumentación para poder analizar con detenimiento los estudios existentes en cada una de las áreas. Para ello, empezaremos por estas categorías iniciales:

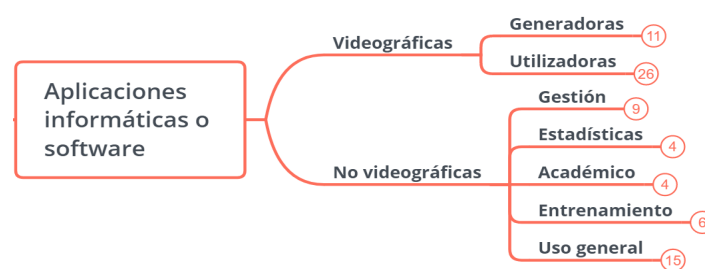


Figura 50. Esquema básico de los tipos aplicaciones informáticas para la actividad física y el deporte (elaboración propia)

Una vez introducido nuestro apartado, procedemos a desarrollar el siguiente contenido en los próximos apartados:

1. Terminología de las nuevas aplicaciones informáticas
2. Aplicaciones informáticas videográficas para deporte
3. Aplicaciones informáticas no videográficas para el deporte

2.2.2 Terminología de las nuevas aplicaciones informáticas

La introducción de toda la terminología utilizada en informática para los usuarios del sector deportivo puede ser excesivamente compleja. Sin embargo, por su carácter utilitario, definimos de manera sintética que conceptos son importantes y que aportaciones recientes son aplicables a la actividad física y al deporte, ya que son los conceptos que originan el funcionamiento de toda aplicación.

2.2.2.1 Internet de las cosas o *IoT* (Internet of Things)

El *IoT* es el fruto de la evolución de los sensores portables al conseguir conexión a internet a partir de la conectividad Wifi, Bluetooth, telefonía móvil y RFID. La conectividad de todos los sensores implica la generación de grandes volúmenes de datos que deben procesarse de forma eficiente y, en consecuencia, se procesan en *la nube* (adaptado de Gubbi et al., 2013, p. 1646). Al conjunto de sensores y actuadores (que muestran respuestas) se denominan *endpoints* (Lea, 2018, p.524).

Podemos definir *IoT* como la interconexión de dispositivos sensores o actuadores que permite que la información sea compartida de forma estándar (adaptado de Gubbi et al., 2013, p. 1647).

2.2.2.2 Cloud computing

Es el paradigma actual en internet que permite que los servicios tecnológicos **estén siempre activos** a través de la virtualización de servidores, permitiendo que sean receptores de datos y que realicen complejos cálculos con ellos, presentando los resultados de dichos cálculos a través de tecnología web (adaptado de Gubbi et al., 2013, p. 1646). Una de las grandes diferencias entre un sistema cloud y uno convencional es que siempre esté activo: cuando ocurre un error el mismo sistema es capaz de activarse en otro lugar.

2.2.2.3 BigData

Las definiciones de BigData están cambiando desde el inicio y son un término de difícil contraste que depende del uso y del tipo de datos al que se refiere el autor (Gandomi y Haider, 2015, p.138, 2015). La *TechAmerica Foundation's Federal Big Data Commission* (2012) define bigdata como un término que describe grandes cantidades de datos, complejos y cambiantes, que requieren de técnicas y tecnologías avanzadas para la captura, almacenamiento, distribución, administración y análisis de la información. La aplicación de las analíticas a partir de *BigData* para el negocio se denomina **Business Intelligence** o BI.

Los conceptos de *BigData* y *Cloud computing* están muy relacionados, al precisar los sistemas de análisis de un gran volumen de computación y de disponibilidad permanente de los datos. Desde el punto de vista del análisis de los datos, *BigData* se centra en los siguientes ámbitos: información de tipo texto (analizando el contenido de redes sociales, noticias y otro contenido web, a partir de técnicas de inteligencia artificial), análisis de sonido en canciones y diálogos, contenido de vídeos y comportamiento en redes sociales (adaptado de Gandomi y Haider, 2015, p.140-144).

2.2.2.4 Motion capture

Éste tipo de tecnología se espera que tenga un auge espectacular en los próximos Juegos Olímpicos de Tokio si se pueden celebrar en el 2021, debido a la asociación que han realizado dos de los principales gigantes tecnológicos como son Alibaba e Intel para la aplicación en 3D de los deportistas en tiempo real (Bandeiras, p9, 2019). La tecnología de captura del movimiento se puede unir a instrumentación adicional como son las plataformas de fuerzas para la identificación de zonas de sobrecarga e infracarga en deportes cíclicos y para ajustar el entrenamiento de deportistas jóvenes con el fin de evitar estrés articular (Bandeiras, 2019, p.9).

El análisis se puede hacer con costosa instrumentación para obtener gran precisión o con dispositivos de menor coste que incluyan sensores de tipo LiDAR, iR y cámaras video gráficas de consumo. Un ejemplo de aplicación de esta tecnología de carácter accesible es Microsoft Kinect que consiste en un sensor IR y una cámara de vídeo de bajo coste (Pfister et al., 2014), aunque existen dispositivos más modernos y de menor tamaño.

Esta captura de movimiento se puede realizar de dos maneras:

- En 2D o mediante vídeo, gracias a cámaras de vídeo convencionales e instrumentación adicional como electrogoniómetros, alfombrillas con sensores de presión o acelerómetros, junto a procesado por software.
- En 3D a partir de diversas cámaras y otro tipo de sensores en laboratorio. Son sistemas más precisos, pero con un alto coste económico que no está disponible en todos los ensayos clínicos.

(Adaptado de Pfister et al., 2014)

En este sentido, la captura del movimiento o *motion capture* permite la generación de un modelo 3D que se puede incorporar para el desplazamiento del cuerpo humano, el análisis de trayectorias del movimiento y el equilibrio (Clark et al., 2012). El objetivo principal de esta captura de movimiento en la actividad física y del deporte es “seguir y registrar el movimiento humano de deportistas para analizar su condición física, rendimiento, técnica y el origen, prevención y rehabilitación de lesiones” (Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017, p.241). De forma detallada, según las aportaciones de varios autores, podríamos seleccionar los siguientes objetivos:

- El análisis del control postural en laboratorio y ensayos clínicos (Clark et al., 2012).
- El análisis cuantitativo para la evaluación de la técnica y de la competición (Marqués, Cela y Gisbert, 2017).
- El estudio de la mecánica del cuerpo humano (Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017).

La evolución actual del mercado ha permitido que, hoy en día, se pueda realizar este tipo de análisis sin el uso de marcadores a través de nuevas tecnológicas ópticas, acústicas, electromagnéticas y con sensores inerciales con un menor coste y mayor sencillez, obteniendo los resultados simultáneamente

para el sujeto y el observador en tiempo real, pero deben ser adaptados con instrumentación de calidad contrastada para dar la validez médica a los estudios que lo requieran (Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017).

Revisiones bibliográficas más actuales presentan un tipo de clasificación más amplia:

- **Sistemas ópticos.** A partir de la situación en el cuerpo humano de marcadores pasivos como son los reflectores, o marcadores activos como es la iluminación led. Estos marcadores permiten generar la posición en 3D. Para la captura de todo el cuerpo de manera detallada se usan 8 o más cámaras y se utilizan alrededor de 40 marcadores por todo el cuerpo. Los sistemas actuales permiten una frecuencia de muestreo de hasta 500 fps. Es un sistema muy utilizado, pero que requiere una gran cantidad de tiempo para la preparación del laboratorio de calibración y el postprocesado para eliminar imágenes no válidas. Los sistemas profesionales más utilizados son Vicon y Qualysis, aunque también existen multitud de publicaciones de la española STT Systems.
- **Sistemas no ópticos.** Las imágenes son generadas a partir de sensores en diversas partes del cuerpo que monitorizan la posición en el espacio. Tenemos dos sistemas principales: A partir de sensores electromagnéticos, en los que cada sensor es capaz de leer con precisión la ubicación y orientación, pero son sensores muy sensibles a los objetos metálicos cercanos. Los sistemas más utilizados son *Polhemus* y *Motion Star*. Por otro lado, los sensores IMU son emergentes para la valoración deportiva. A partir de acelerómetros triaxiales, giroscopios y magnetómetros permiten la medición estática y dinámica. Su utilización es innovadora y permiten la aplicación a estudios en deportes de interior y exterior.
- **Sistemas sin marcado.** La evolución de los sistemas actuales ha permitido que se pueda procesar la imagen y reconstruir en 3D a partir del vídeo convencional y sensores no invasivos o que no requieren de equipamiento especial (Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017, p.243-244). Este tipo de técnica, denominada odometría, estima la posición a partir de datos visuales (Angladon et al., 2017). El uso de una o dos cámaras, unido a sensores iR y ultrasónicos, permiten la identificación del cuerpo humano y la extracción de su disposición. Existen sistemas de bajo coste como son Microsoft Kinect y Asus Xtion2, que utilizan un protocolo denominado OpenNI. Se han encontrado dispositivos contrastados de última generación y portables, como son Structure by Occipital y Primesense, comprada por Apple en una operación millonaria que ha sido incluida a partir de los teléfonos Iphone X bajo la tecnología TrueDepth (Angladon et al., 2017), con precisión milimétrica contrastada (Breitbarth et al., 2019).

(Adaptado de Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017, p.243-244 y Angladon et al., 2017)

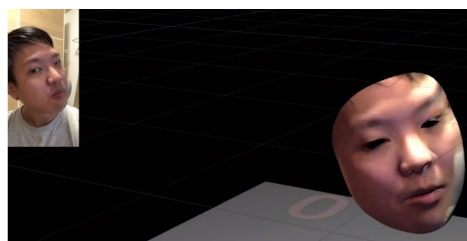


Figura 51. Demostración de Motion Capture facial por Elisha Hung utilizando TrueDepth con el software Houdini (Vimeo, 2020)

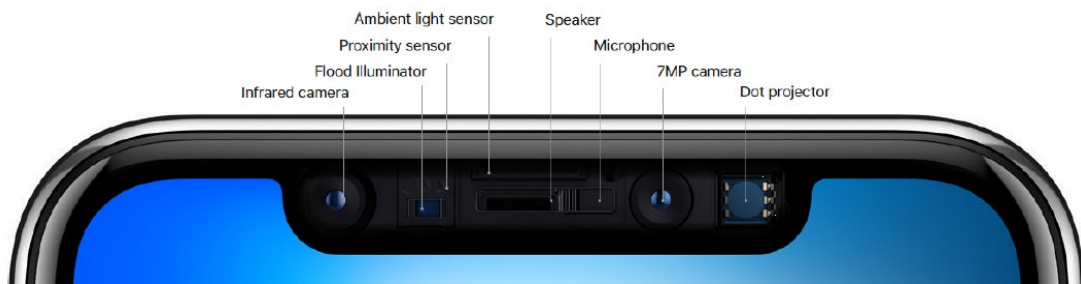


Figura 52. Detalle de los sensores presentes en iPhone X para motion capture y tecnología TrueDepth (Fuente: Apple Inc., 2020)

2.2.2.5 Realidades alternativas: Realidad Aumentada y Realidad Virtual

Los términos de realidad aumentada y virtual son términos generados en el año 1970 por Daniel Vickers. Sus usos iniciales eran la observación en vivo de un universo tridimensional básico que detectaba el movimiento de la cabeza (Elmqaddem, 2019). Pese a ser un término que se abandonó durante un tiempo, se espera que su valor de mercado en 2020 sea de 200 trillones de dólares (Elmqaddem, 2019).

Hoy en día, existen una gran cantidad de términos para definir los entornos manipulados por computador y éstos han evolucionado muchísimo. Un término genérico que utilizan las nuevas tecnologías es el definido como XR o X-Reality (Unity training, 2020). Bajo este término genérico, se pueden referenciar todas las tecnologías que alteran la manipulación del entorno real bajo un contexto computarizado. Nosotros nos centraremos en las dos técnicas más comunes: AR y VR.

Este tipo de tecnología tiene un alto valor en educación debido al hecho de que mejora y facilita el aprendizaje, incrementa la memoria y la toma de decisiones en un entorno activo (Elmqaddem, 2019, p. 237).

Los avances futuros que se puedan dar en esta tecnología afectan al hardware y al software y están en continuo avance: Oculus Rift, Oculus Dash, Facebook Horizon a través de entornos como Unity o Unreal para la realidad virtual. Para la realidad aumentada OpenXR, Vuforia, Augment, Layar y Blippar son plataformas para la generación AR y cualquier dispositivo móvil o las gafas Microsoft HoloLens son algunos ejemplos de productos están evolucionando este sector (adaptado de Elmqaddem, 2019, p237).

Realidad aumentada o AR (Augmented Reality)

Un sistema de realidad aumentada permite la combinación de elementos del mundo real con elementos virtuales a través de la superposición de información (Bacca et al., 2014). Como resultado, todos los sentidos se pueden ver aumentados de manera diversa: vista, escucha, tacto y sabor (Azuma et al., 2001). Mientras la realidad virtual supone una inmersión en un mundo sintético, la realidad aumentada implica un suplemento a la realidad sin tenerla porque reemplazar (Bacca et al., 2014).

El uso más común, y de menor coste, de realidad aumentada es a través de algún dispositivo que graba video y el propio resultado se altera disponiendo elementos generados por computador. Existen otro tipo de dispositivos específico que tienen un auge e interés reciente a nivel industrial, como sucede

con los productos de Microsoft y sus *kits* de desarrollo, por lo que se espera una gran evolución en los próximos años (Elmqaddem, 2019).

Existen bastantes aplicaciones prácticas de este concepto en ámbitos como la educación. Sus aplicaciones son muy diversas y en varios dominios, aunque parece haber falta de literatura en la revisión sistemática de Bacca et al. (2014) para revisar como la realidad aumentada influye en el contexto educativo.

Los aspectos positivos de su uso son el aumento de motivación, de interacción y colaboración al utilizar tecnologías innovadoras, así como ser un elemento facilitador del aprendizaje. Los aspectos negativos, sin embargo, hacen referencia a la frustración del alumno con el uso de la aplicación, o con las dificultades de concentración al tener demasiada información superpuesta, así como la dificultad para generar el contenido docente por parte del profesorado (Bacca et al., 2014, p.141). Según Bacca et al (2014), para la realidad aumentada, tenemos 3 tipos de funcionamiento e interacción:

- Mediante uso de marcadores (*Marker-based AR*), que son etiquetas que contienen un patrón reconocido por el sistema. Son el sistema más utilizado en educación, al permitir utilizar el teléfono móvil.
- Mediante uso de posicionamiento (*Location-based AR*). Son el segundo sistema más extendido de uso en educación, pueden utilizar el teléfono móvil con posicionamiento GPS, como sucede en el juego Pokemon Go.
- Sin uso de marcado (*Marker-less AR*). En este caso los sistemas son de mayor coste y no muy utilizados en educación, mezclando sensores y permitiendo la interacción con el entorno mediante unas gafas que superponen información. Un ejemplo son las gafas Microsoft Hololens 2 (Microsoft Inc, 2020).

Realidad virtual o VR (*Virtual Reality*)

La realidad virtual es un tipo de interacción con el ordenador que se basa en 3 aspectos principales: La inmersión, la interacción y la visualización. Su utilización en eventos deportivos está en aumento y ya ha sido utilizada en Juegos Olímpicos (Wang, 2012, p.3659). Gracias a la evolución del hardware actual y de las nuevas técnicas de programación se pueden hacer simulaciones dinámicas para aplicar al mundo real y se está actualmente utilizando por deportistas, entrenadores y demás profesionales del deporte (Neumann et al, 2018). Sus primeras aplicaciones en la investigación deportiva datan de 1990, aunque su uso era discutible en los siguientes años, ha vuelto a tener un creciente interés (Neumann et al., 2018).

La realidad virtual es la simulación por computador de entornos en los que una persona puede interactuar con el entorno que le rodea (Neumann et al., 2018). En deporte, dicha interacción puede suceder en fases de esfuerzo, como sucede con el uso de los ergómetros (Mueller et al., 2007). Su aplicación al deporte es muy acertada al poder alterar las condiciones de entrenamiento para el deportista (Hoffman et al., 2014).

Esta aplicación al mundo del deporte se da gracias a la utilización de dos tipos de dispositivos:

- CAVE o Computer Automatic Virtual Environment, que es un espacio cerrado rodeado de pantallas.
- HMD o *Head-Mounted Display*, que es un dispositivo *wearable* que se sitúa en la cabeza como máscara para mostrar una visión adaptada al individuo.

(Adaptado de Neumann et al., 2018)

Si tenemos en cuenta que uso podemos darle en el deporte, en el caso de la realidad virtual, podemos considerar las siguientes:

- La generación de circunstancias de entrenamiento concretas, permitiendo el entrenamiento de situaciones concretas del juego.
- La creación de adversarios virtuales, pudiendo ser modelados a partir de parámetros reales.
- El estudio de parámetros fisiológicos y bioquímicos de situaciones simuladas.
- La obtención de información tridimensional del deporte.
- La evaluación del efecto de entrenamiento.
- La selección de deportistas y material.

(Wang, p3661-p3661, 2012)

Como ejemplo de productos disponibles en el mercado en este tipo de tecnología encontramos las gafas Oculus Quest.

2.2.2.6 Inteligencia artificial

La mayoría de ligas profesionales y clubs (NHL, NFL, NBA, NASCAR) afirman utilizar actualmente la inteligencia artificial para la obtención de mejores resultados. Su gran desarrollo permite, actualmente, que se pueda hacer el reconocimiento y el análisis de la información deportiva sin la intervención de personas, analizando el partido y el rendimiento de jugadores en tiempo real (Solozobov 2019, p. 1689).

Hemos comentado en diversos aspectos como el análisis de los datos masivos o *big data* se permite gracias a técnicas de inteligencia artificial. Pero, ¿cómo se convierte la información en un proceso inteligente? La mayoría de sistemas simplemente mimetizan el cerebro humano, a través del siguiente esquema (Joshi, 2017, p.10):

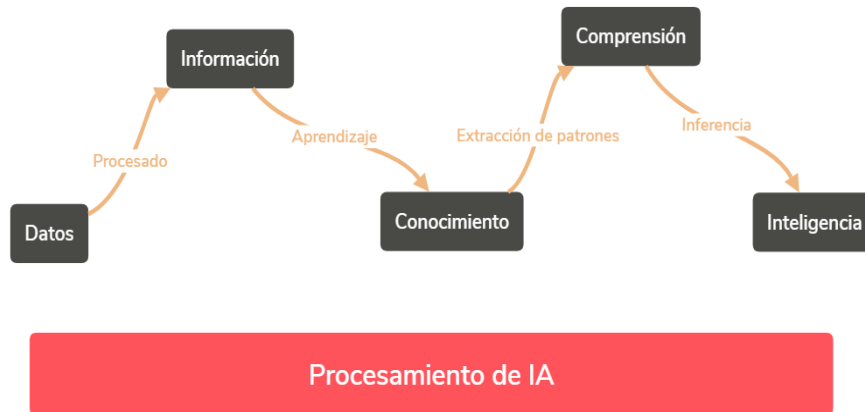


Figura 53. Esquema básico de funcionamiento de la Inteligencia artificial (adaptado de Joshi, 2017)

Una vez se obtienen los datos, se procesan para su conversión en información de valor que, una vez adaptada al sistema, representa el conocimiento previo. Para poder utilizar este conocimiento se tienen que detectar patrones repetitivos y es cuando el sistema comprende la información. En este momento el sistema se considera que está entrenado. Cuando suceden nuevas situaciones se compara con las anteriores, como si fuera un aprendizaje previo, y se intenta el análisis probabilístico de que se repita una situación anterior. En todo momento la información nueva se añade al sistema, generando un dinamismo en el conocimiento del sistema (adaptado de Joshi, 2017).

La inteligencia artificial o *artificial intelligence* (en adelante, **AI**) es una manera de hacer que las máquinas piensen y se comporten inteligentemente a través del software, aplicando la metodología de los procesos cognitivos de las personas (adaptado de Joshi, 2017, p. 8).

Sus aplicaciones al mundo contemporáneo son muy diversas, podemos (Joshi, 2017, p.12-14):

- **La imagen por computador o Computer Vision (CV).** El sistema comprende el contenido de la imagen y extrae información a partir de ella. Un ejemplo es la búsqueda de imágenes en google.
- **NLP o natural language processing.** Es la comprensión de un texto, como sucede en los buscadores de internet
- **Reconocimiento del habla.** Podemos ver los asistentes personales en teléfonos que comprenden lo que decimos.
- **Sistemas expertos.** Son sistemas que están especializados en la toma de decisiones a partir de una base de conocimiento previamente entrenada, de forma automática (computador), semi-supervisada, o supervisada (por una persona).
- **Juegos.** La toma de decisiones en los videojuegos son sistemas de inteligencia artificial actualmente.
- **Robótica.** La robótica actual combina muchos conceptos diferentes, desde la toma de decisiones, a la captura de la imagen e información de todo tipo de sensores.

Tipos de inteligencia artificial

Su revisión es importante para que podamos entender que diferentes ramas de especialización existen y para argumentar su utilización, en caso de necesitarlas para referenciar durante nuestro estudio (Joshi, 2017, p.14-16).

El tipo de inteligencia artificial más utilizado se denomina *Machine learning* o reconocimiento de patrones. Consiste en diseñar un sistema que sea capaz de aprender a partir de los datos, procesados como modelos o *datasets*. Estos datos son el entrenamiento que precisa el sistema para generar predicciones, con un porcentaje de acierto.

Tenemos muchísimos más tipos de inteligencia artificial, según la naturaleza del problema a resolver: **Procesado lógico de la AI**. Son un conjunto de sentencias que expresan hecho y reglas para un problema. Los **algoritmos de búsqueda**, son técnicas muy utilizadas para la selección de posibilidades. A modo de ejemplo, en una partida de ajedrez, es la selección de la ficha a mover. **Representación del conocimiento** hace referencia a la estructura en la que se va a guardar los datos, como si fuera una taxonomía. **Planificación**, es la rama encargada de seleccionar una alternativa que tenga el menor coste para conseguir el objetivo final, sin embargo, la **heurística**, es la capacidad de resolver un problema práctico en el menor tiempo posible, sin considerar las alternativas posteriores. El último tipo a destacar se denomina **Programación genética**, que es la forma de solucionar un problema para obtener la mejor selección de alternativas posible.

2.2.2.7 Conclusiones sobre las innovaciones recientes en las aplicaciones informáticas

Para finalizar el apartado resumiremos estos interesantes aspectos tecnológicos en un esquema conceptual para poder sintetizar y referenciar en nuestro análisis de plataformas tecnológicas.

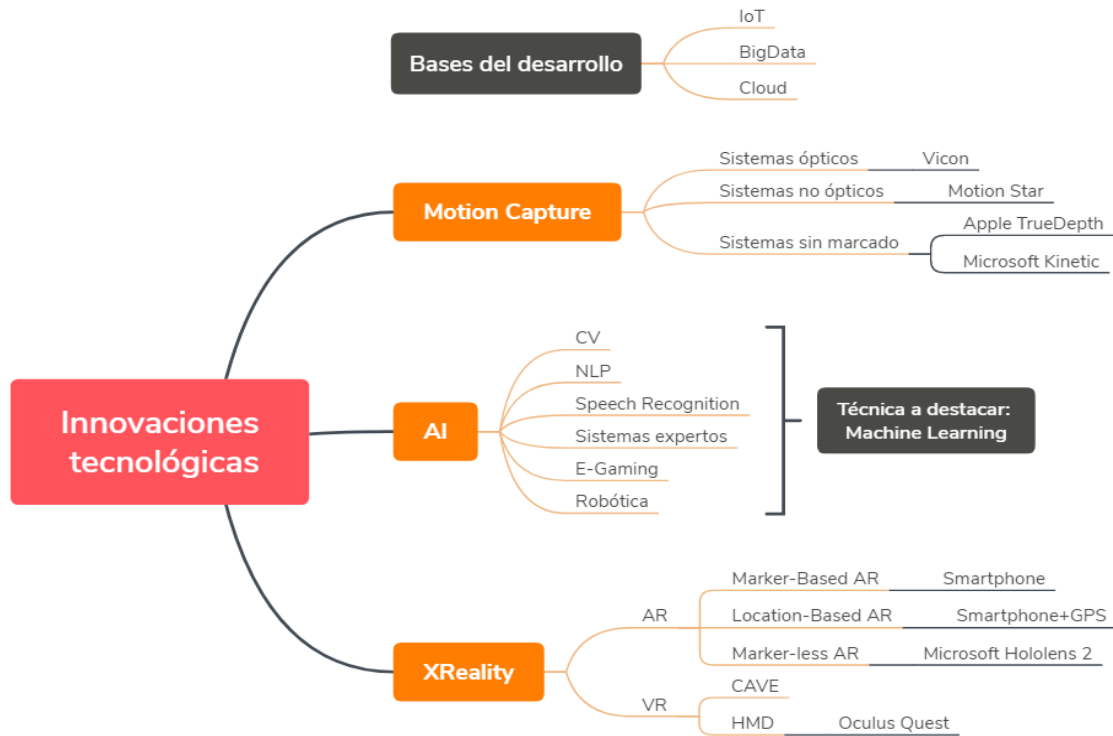


Figura 54. Resumen de los nuevos avances tecnológicos del mercado hasta 2020 (elaboración propia)

Gracias a este apartado hemos podido analizar superficialmente todos los avances que se están dando en el contexto tecnológico y que están cambiando la forma de utilización de los dispositivos cotidianos. Muchos de ellos empiezan a tener aplicación tecnológica en el sector deportivo y algunos tienen poca literatura hasta el momento, como sucede con el caso de la Realidad Aumentada. Pero su análisis es muy interesante para tener en cuenta que posibilidades se darán a corto plazo, tal y como introduce Bandeiras (2019), que parece que será en los próximos Juegos Olímpicos de Tokio 2021 donde veremos su aplicación real.

2.2.3 Aplicaciones informáticas videográficas para deporte

A partir de la revisión bibliográfica del primer capítulo, hemos podido sintetizar todas las herramientas videográficas de la siguiente manera:



Figura 55. Clasificación inicial del software videográfico en deporte (elaboración propia)

Nuestra clasificación inicial para las aplicaciones basadas en vídeo parece ser válida para la gran mayoría de productos existentes y gracias a la revisión terminológica realizada podemos reordenar los sistemas a partir de tecnologías actuales como la inteligencia artificial.

Para nuestra clasificación inicial de las herramientas que utilizan el vídeo, hemos subdividido cada categoría según el uso que le da al vídeo, si es para generar instrumentación o contenidos audiovisuales, o si lo utiliza como base para la aplicación.

- La **generación**. En el caso del uso del vídeo para la generación de contenido, hemos analizado la utilización para el moldeado y construcción de materiales, para la captura del movimiento y la estructuración de universos 3D, como sucede en las experiencias inmersivas, o del cuerpo humano, a partir de la captura del movimiento.
- La **utilización**. Por otro lado, hemos visto cómo se puede utilizar el vídeo para la mejora del ámbito deportivo: simulando al usuario dentro de experiencias inmersivas para el entrenamiento a partir de realidad virtual o favoreciendo entornos lúdicos con realidad aumentada. Su uso en análisis e investigación está bastante presente, ya sea para feedback deportivo, para análisis conductual o análisis de la técnica.

A continuación, desarrollamos ambos conceptos para mostrarla con mayor contraste científico.

2.2.3.1 Análisis contemporáneo de las herramientas generadoras de vídeo

En el apartado anterior hemos podido analizar las tecnologías utilizadas en la generación de vídeo y en las experiencias inmersivas como sucede con la realidad virtual y la realidad aumentada. Los nuevos tipos de dispositivos permiten que, no solo que se pueda **diseñar por ordenador** la construcción de implementos y material deportivo, si no que se pueda **simular que respuesta tendrá el elemento** en un entorno virtual y controlado, sin tener que perder tiempo y esfuerzos buscando un mejor comportamiento del material a través de varias construcciones y, en consecuencia, reduciendo los costes de construcción (Oggiano, 2017).

Las herramientas que generan contenido video gráfico están teniendo un importante auge debido a la evolución de los entornos tridimensionales y la instrumentación existente, con una aplicación al deporte es bastante amplia. De hecho, las grandes compañías del deporte invierten en este entorno con gran interés. Un ejemplo de aplicación es la empresa Adidas que ha buscado asociarse con Carbon Inc, una empresa de impresión en 3D, para la generación de nuevos materiales a partir de elastómeros (plásticos con propiedades elásticas) que cambian su forma y densidad para aumentar el confort en calzado deportivo (Bandeiras, 2019, p.9). Hemos presentando también OpenFoam como ejemplo de aplicación al respecto.

Para un usuario final, cuando grabamos video siempre hemos buscado la preparación del contenido audiovisual obtenido para su utilización posterior, y en docencia es habitual desde hace tiempo el uso de **editores de vídeo** como puede ser *Adobe Premiere* para poder preparar nuestro contenido al uso

que le queremos dar en entornos tan diversos como el scouting, la observación conductual o la docencia (Borges, Conci y Cavallaro, 2013; Prat y Camerino, 2013).

Sin embargo, la aplicación de técnicas de inteligencia artificial a los videos puede facilitar el análisis para realizar la aplicación directa del vídeo para usos tan diversos como la vigilancia, el entorno médico e industrial, y en el caso del deporte, el análisis deportivo y conductual (Borges, Conci y Cavallaro, 2013). En este caso nos encontraríamos con una utilización del vídeo como medio y no como una generación.

Por otro lado, hemos analizado también como la captura de vídeo se puede transformar en entornos tridimensionales a partir de la estimación de su posicionamiento o de todo tipo de sensores con todas las **aplicaciones de Motion Capture o captura del movimiento** (Bandeiras, 2019; Pfister et al, 2014; Clark et al, 2012; Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017; Angladon et al., 2017; Breitbarth et al., 2019).

Además, la realidad aumentada y la realidad virtual precisan de una serie de aplicaciones específicas y de interfaces de usuario de carácter tridimensional y para ello tenemos **los motores de diseño y modelado 3D**, con un gran número de entornos de creación disponibles, siendo *Unity* y *Unreal* los entornos de generación más comunes. Cabe destacar el esfuerzo que realizan empresas como *Qualisys* para la integración de dispositivos de motion capture en los motores de diseño 3D, ofreciendo integración gratuita para su instrumentación en los motores 3D más comunes.

Todos estos entornos han evolucionado muchísimo recientemente. Gracias a estos motores de universos tridimensionales las aplicaciones destinadas a la generación 3D están evolucionando a niveles médicos inesperados en los que los entornos de realidad aumentada y virtual permitirán interactuar de maneras inimaginables hasta el momento, y en los que las técnicas de motion capture permitirán mejorar las utilidades e interacciones con ellos. En el ámbito de la investigación encontramos aportaciones muy interesantes de última generación, como son las siguientes:

- El entorno **Matlab y Simulink** permiten un uso tan específico de simulación del cuerpo humano, que podemos manipular los vectores de fuerza que son aplicados al cuerpo humano. Estas cargas dinámicas y estáticas sobre cualquier parte del cuerpo, en especial los huesos y los músculos, son analizadas durante el movimiento por Czaplicki et al (2017). La presencia de estos modelos puede mejorar sustancialmente el estudio de la biomecánica, pero existen muy pocas referencias en este ámbito, encontrándose sólo 19 resultados en Web Of Science mediante la clave de búsqueda "Matlab" AND "Simulink" AND sports. Matlab y Simulink tienen una interfaz específica para dicho análisis. **No se ha encontrado ningún estudio que cruce estos datos de vectores de fuerza con los obtenidos por sensores en la dinámica deportiva.**

- Existen modelos tridimensionales y aplicaciones prácticas de la captura 4D del movimiento que aportan conceptos innovadores sobre el comportamiento del tejido adiposo durante la práctica deportiva. A través del sistema de **motion capture 3dMD**, Pons-Moll, Romero, Mahmood y Black (2015), han podido modelar con precisión el movimiento del cuerpo humano respecto al índice de masa corporal (IMC) o *body mass index (BMI)*, generando modelos tridimensionales de sujetos reales que responden a cualquier movimiento con total realismo.



Figura 56. Modelos tridimensionales por BMI (Pons-Moll et al., 2015)

Las aplicaciones generadoras de vídeo, son de carácter excesivamente específico, y su utilización parece no estar al alcance de todos los profesionales del deporte. El elevado coste de aplicaciones y dispositivos, o la complejidad y especificidad de su utilización, podrían ser motivo de ello. A pesar de ello, hemos podido analizar las nuevas tecnologías y justificado por la especificidad de la generación del vídeo los siguientes usos principales:

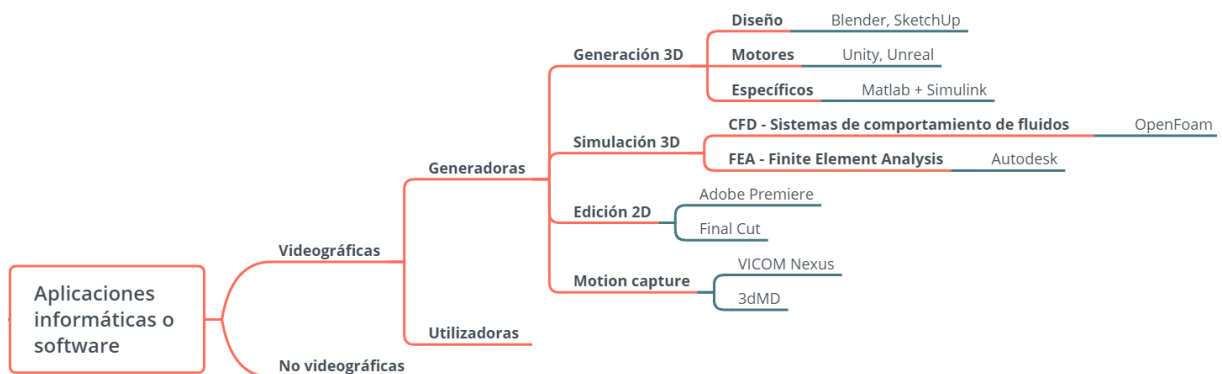


Figura 57. Aplicaciones informáticas generadoras de vídeo en el ámbito de la actividad física y del deporte (Elaboración propia)

Sin duda alguna todas estas aplicaciones evolucionarán muchísimo, a partir de las cámaras de grabación 360°, la generación de entornos tridimensionales y los diversos tipos de realidades e interacciones que permiten. Seguramente algún día podremos entrenar profesionalmente mientras vemos todos los parámetros fisiológicos de nuestros deportistas e interactuamos con los datos en tiempo real en entornos de realidad aumentada. Pero la complejidad, costes y recursos que demandan este tipo de tecnologías es demasiado alto y la evolución en este tipo de herramientas aún está por descubrir. Muchas de ellas no son herramientas en tiempo real, y hemos visto como la utilización del modelado con instrumentación e inteligencia artificial permite que podamos utilizar de forma más sencilla estos vídeos. A continuación, descubriremos que herramientas disponemos en el deporte para la utilización del vídeo.

2.2.3.2 Análisis contemporáneo de las herramientas utilizadoras de vídeo

Cuando realizamos una búsqueda bibliográfica mediante el término **video análisis**, la cantidad de resultados es realmente altísima: 68.565 en Web Of Science, de los que cuáles más de 30.000 son de los últimos 5 años y, entre ellas, existen aportaciones realmente interesantes para la actividad física y el deporte, como expresamos a continuación:

El uso del video deportivo, a través de la gamificación y de los videojuegos, promueve valores positivos en la sociedad y este factor puede **ayudar a promover la salud mental** y generar una herramienta para el apoyo psicológico de utilidad a la sociedad, como se ha intentado promover a través de la aplicación MindMax (Cheng et al., 2020).

No tan sólo nos podemos referir al apoyo psicológico gracias a este tipo de software, sino que en el entrenamiento y la educación encontramos aportaciones interesantes con el uso del vídeo en el ámbito deportivo. En este sentido, debemos considerar que **el foco atencional individual (o FOA) es una variable crítica para el aprendizaje motor y para el rendimiento** (Wul, Orr y Chauvel, 2017). Si tenemos en cuenta las diversas formas de enseñar la técnica deportiva respecto al foco atencional, la práctica deportiva centrada sobre los efectos que generan un movimiento o foco atencional externo facilitan más el aprendizaje que la práctica deportiva centrada en el movimiento del cuerpo humano o foco atencional interno (Wulf, Wächter y Wortmann, 2003). En este sentido, el entrenamiento del foco atencional (interno y externo) se ve facilitado a través de aplicaciones que utilizan el vídeo para la mejora del aprendizaje motor. En conclusión, mediante el uso de aplicaciones que utilizan el vídeo para el aprendizaje motor, podemos generar una mejora de la técnica, ofreciendo un feedback aumentado al mejorar el conocimiento de rendimiento y resultados (Yeoman, Birch y Runswick, 2020).

El análisis del vídeo también se aplica a **detección de movimiento y trayectorias** cuando incluimos imágenes con patrones o técnicas de inteligencia artificial, cuya primera aparición en el deporte fue con la herramienta Hawk-Eye u ojo de halcón en tenis, durante el US Open de 2005 (Taha et al, 2013). El análisis profundo de cada imagen capturada o *frame*, permite la detección de objetos y con ello se pueden realizar técnicas de predicción de carácter más complejo. Este análisis se realiza hoy en día con vídeos en cámara lenta o *slow-motion* en tiempo real, y así **detectar patrones de movimiento y anticiparse a las trayectorias reales de un objeto, mediante un concepto denominado súper-trayectoria** (Wang et al., 2019). En dicho concepto, se realiza un análisis de cada imagen detectando la posición del elemento de interés en un momento dado y se aplica un cálculo probabilístico a bajo nivel para anticiparse al siguiente movimiento, factor que es posible gracias a los siguientes elementos, siguiendo las técnicas de *machine learning* explicadas:

- Información de movimientos anteriores: Todas las decisiones o cambios de posición anteriores existen en un sistema que ha sido entrenado de forma semi supervisada, es decir, validada por un observador real (humano).
- Información geoespacial en el tiempo: posiciona el objeto en un espacio para calcular las trayectorias posibles en cada momento.

- Características de reducción: a partir de la detección de colores y patrones de movimiento.

(Adaptado de Wang et al., 2019)

La detección del movimiento y del posicionamiento en un vídeo tiene muchísima utilidad para la mejora de la práctica deportiva y de la competición, así como para la **mejora de la experiencia del espectador**, como vimos en el primer capítulo en los ejemplos de utilización de ligas profesionales que se ha presentado recientemente en la NBA, a partir de la aplicación Court Vision (publicada por la empresa *Second Spectrum* en 2017 y utilizándose en retransmisiones en directo a partir de 2020) y que está teniendo traslación a todos los deportes. En este sentido, Marinho (2018) ya definía la generación de herramientas de realidad aumentada como un contexto económico potencial para el espectador. Este tipo de productos se basan en dos procesos: **la detección y la identificación de jugadores**.

En este proceso, la identificación de los objetos que aparecen en una imagen es una fase mucho más compleja que la detección. El hecho de utilizar un único vídeo complica muchísimo la detección, debido a la superposición de los planos, pero aún más la identificación. Imagínese un jugador que está de lado y no se puede reconocer su dorsal. En esta línea de trabajo surgen las aplicaciones de inteligencia artificial sobre varios vídeos simultáneos como sugieren Zhang et al (2020). Su investigación ha permitido generar un marco de trabajo basado en 3 componentes:

- Un componente principal, denominado *DeepPlayer*, que realiza la identificación de jugadores a partir del dorsal de competición y la posición habitual del deportista.
- Un mapa de ocupación individual (*IPOM*), que será un modelo 3D de localización habitual de los jugadores en el espacio de juego.
- Una relación de probabilidades (*KSP-ID*) para cada posición identificada con todos los cálculos posibles sobre futuras acciones.

(Adaptado de Zhang et al. 2020)

Es destacable, en ambas investigaciones, la similitud en los tipos de cálculos, ya que estos dos sistemas de inteligencia artificial aplican 3 fases al análisis del vídeo:

- Una base de información previa, con las decisiones tomadas en el pasado.
- Una posición en un momento dado que permite la localización espacial del objeto de estudio.
- Un cálculo de posibilidades sobre la posición y las decisiones previas de la base de información.

Finalizando respecto a las aplicaciones de *machine learning*, como técnica de aplicación de inteligencia artificial en el deporte, podemos empezar a ver su presencia en el mercado y, aunque precisa de una maduración en el sector, tiene gran aplicación en el software para el deporte. La aplicación de la investigación deportiva en este sentido puede tener una rentabilidad económica a partir del desarrollo de aplicaciones más prácticas o sencillas para el usuario final, como sucede con el análisis del movimiento que, al simplificar su uso, permite una aplicación sobre la experiencia del espectador, de forma similar

a como la disminución de costes en la instrumentación deportiva ha facilitado la evolución de los sensores y la *democratización* del uso de la tecnología en el público general.

Algunas de estas aplicaciones de la inteligencia artificial, ya estaban documentadas por Wang, J. (2012). Según este autor, estas aplicaciones prácticas para el deporte son:

- La generación de situaciones deportivas comprometidas para desarrollar la toma de decisiones.
- La creación de oponentes virtuales basados en oponentes reales.
- El análisis de variables fisiológicas y bioquímicas (no precisa vídeo).
- La generación de entornos de información deportiva en 3D para un análisis más profundo.
- La evaluación del efecto del entrenamiento (no precisa vídeo).
- La selección de talento y material deportivo (no precisa vídeo).

(Adaptado de Wang, 2012)

Para sintetizar estos aspectos técnicos, proponemos una ilustración que permite simplificar todas las aportaciones realizadas hasta el momento en el ámbito del uso del vídeo en la actividad física y del deporte:



Figura 58. Innovaciones del uso del vídeo en el software deportivo (elaboración propia)

A partir de esta clasificación podemos observar la importancia del momento en el que se realiza la observación o utilización del vídeo: antes, durante o predictivamente.

Dicho análisis predictivo podría ser implantado en estudios de comportamiento humano e introducir el aprendizaje automatizado como sucede en entornos de patrones de conducta mediante TPA o T-Pattern Analysis, pudiendo simplificar estudios en tendencias de la conducta humana. De hecho, la técnica TPA es una técnica de análisis que demuestra tener aplicación contrastada en el aprendizaje motor, ya sea en deporte, actividad física, educación física, danza y el aprendizaje motor (Camerino et al., 2020; Fernández-Hermógenes et al., 2021). En tal contexto, la utilización de un instrumento que siga las premisas que nota el sistema adhoc OSMOSTI, podría ser de interés (Castañer et al., 2020).

Por tanto, el factor tiempo es un término que es importante en nuestra clasificación, por lo que incluiremos este concepto en nuestra clasificación. Teniendo en cuenta estas aportaciones, añadiendo a las descritas en el primer capítulo, mostramos un esquema más completo en la figura 59.

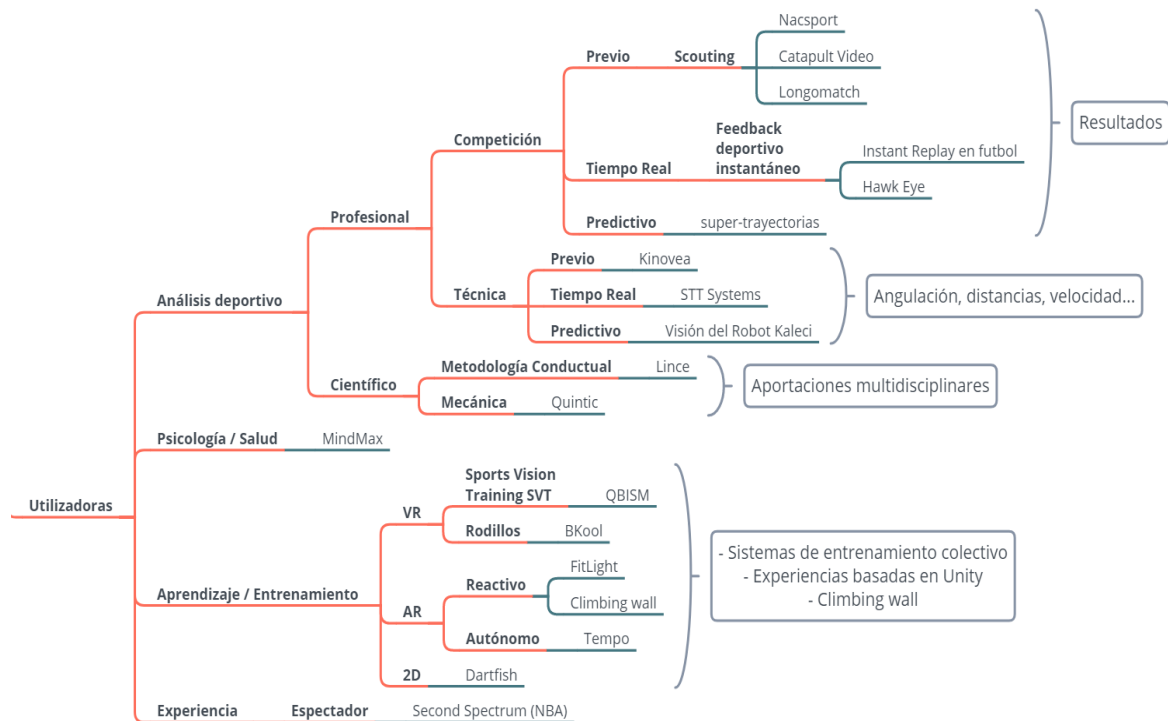


Figura 59. Aproximación inicial a las aplicaciones informáticas que utilizan el vídeo en deporte (elaboración propia)

En esta clasificación inicial podemos observar cómo hemos introducido todas las aplicaciones prácticas detectadas en el primer capítulo. Dentro de esa clasificación inicial hemos intentado categorizar por usos principales las revisiones bibliográficas y productos principales o diferenciadores que encontramos en el mercado. La inclusión de tecnologías como la inteligencia artificial y sus valores predictivos, nos ha obligado a categorizar nuestra jerarquía teniendo en cuenta cuándo se puede utilizar la aplicación respecto a la disponibilidad del vídeo: previo, tiempo real y predictivo. Además, hemos incorporado la experiencia del espectador en este tipo de aplicaciones, pero cuando incorporamos conceptos innovadores, como el uso de la robótica, que analiza las imágenes obtenidas por vídeo mediante inteligencia artificial, nuestro esquema empieza a diversificarse en exceso.

Por otro lado, Balagué, Torrents, Hristovski y Kelso (2017) denotan la complejidad de la organización de los diversos ámbitos de la actividad física al incluir campos de estudio muy diversos como la biomecánica, la fisiología y la psicología entre otros. Esta complejidad organizacional, que será analizada en detalle en el próximo capítulo, la hemos simplificado con una jerarquía conservadora en la que diferenciamos los ámbitos meramente deportivos de los clínicos. Por tanto, diferenciamos las herramientas utilizadoras del vídeo para en ámbitos exclusivos como la psicología y los relativos a la actividad física y del deporte como es el análisis deportivo.

En el caso del análisis deportivo, su clasificación ha podido realizarse de maneras sencilla gracias a las aportaciones de Anguera et al. (2017), que referencian como el incremento de la metodología observacional mediante *mixed methods* provee de un área de estudio concreta que precisa de herramientas específicas. Además, Hernández-Mendo et al. (2014), realizan de manera exclusiva la diferenciación en las herramientas que se utilizan para el análisis deportivo, diferenciando las herramientas para el análisis en dos conceptos diferenciados:

- Por un lado, las herramientas más comerciales y generalistas para el profesional, en donde se incluyen aplicaciones como *LongoMatch*, *NacSport* y *DartFish*, que están centradas en el ámbito del deporte profesional.
- Por otro lado, las herramientas orientadas a la investigación, como pueden ser *Observer-XT*.
- Se denota, además, la carencia de herramientas de carácter mixto o transversales a ambos contextos, ejemplificando la existen de Lince (Gabin et al., 2012) como herramientas adaptadas.

(Adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014)

Se debe tener en cuenta que todas las herramientas que hemos descrito evolucionarán generando un modelo de negocio dinámico a partir de las técnicas de machine learning y la aplicación de la inteligencia artificial en el deporte (Tian et al., 2019). En este sentido el análisis de vídeo mediante estas técnicas de forma automatizada permitirá generar muchísimos datos utilizables en todos los ámbitos deportivos, como puede ser la generación de *playbooks* y la detección de jugadas, el análisis en tiempo real del partido y una multitud de datos que analizados mediante técnicas de **Business Intelligence** permitirán que los entrenadores preparen a los jugadores y formulen estrategias de una manera innovadora (adaptado de Tian et al, 2019). Un ejemplo de ello lo tenemos en la empresa **StatsPerform (STATS LLC)** que generan, a partir del análisis de datos, una serie de herramientas no videográficas para el entrenamiento (Tian et al., 2019, p.14).

Concluimos este apartado para analizar el estado y la clasificación de las herramientas que no están basadas en el vídeo deportivo para la aplicación tecnológica en el deporte.

2.2.4 Aplicaciones informáticas no videográficas para el deporte

Una vez analizado las implicaciones y aproximaciones tecnológicas para el uso del vídeo en las aplicaciones informáticas, procederemos a estudiar qué tipos de uso o características esenciales encontramos en las herramientas informáticas que no utilizan video como foco central de su desarrollo. Veremos

cómo en el rendimiento, el consumo de datos a partir de *DataMining* o *BigData* tiene una gran importancia para calcular los parámetros que el entrenador y el deportista precisan para el entrenamiento. Además, realizaremos un análisis superficial de las herramientas que se pueden utilizar para la gestión del entrenamiento desde un punto de vista científico, tal y como apoyábamos en el primer capítulo sobre los estudios del entrenamiento cibernético de Yuri Verkhoshansky (2009). También descubriremos que aportaciones encontramos desde el punto de vista científico en ámbitos como la biomecánica y la fisiología, así como el uso pedagógico de las herramientas informáticas y, también, introducimos el ámbito de la gestión deportiva desde un punto de vista científico.

Para satisfacer éste análisis hemos utilizado los conceptos “*sports data*” y “*sports analytics*” como claves para nuestra búsqueda bibliográfica. Entre estos el primero hará referencia a los datos obtenidos por sensores y tratamiento de datos, mientras que el concepto de ***Sports analytics*** hace referencia al tratamiento de estos datos e incluye la administración del rendimiento de los deportistas, la comprensión de las estrategias de juego y el desarrollo de táctica empresarial y de competición, parámetros asociados con el éxito deportivo (adaptado de Tian et al., 2019, p.2). Otros autores afirman que la analítica deportiva y el consumo de los datos derivados de la competición pueden predecir o confirmar aspectos como el precio de las entradas a los eventos deportivos, el retorno de la inversión o *ROI* y la relación con el cliente desde el punto de vista empresarial (Mondello y Kamke, 2014). Este tipo de aspectos y su aplicación práctica son conocidos desde hace tiempo para el usuario final en obras tan trascendentes como la publicación de Michael Lewis denominada *Moneyball* (2003). Actualmente el uso de este tipo de estrategias para el desarrollo profesional de los equipos ha evolucionado incluyendo también la captación del espectador (Duquette, Cebula y Mixon, 2019).

A continuación, detallamos las bases de este procesamiento de datos y clasificamos algunas aplicaciones adicionales que añadiremos a las herramientas específicas y de propósito general introducidas en el primer capítulo.

2.2.4.1 El software como una herramienta de medición para el deporte

Las aplicaciones informáticas que no utilizan vídeo han tenido también un gran desarrollo a partir del uso generalizado de los sensores, gracias a los sistemas de posicionamiento GPS y los sistemas mecánicos MEMS que han tenido una gran expansión para la monitorización del deportista (Malone et al., 2017). Estos dispositivos generan una gran cantidad de información que se debería utilizar en la toma de decisiones en el rendimiento deportivo (Malone et al., 2017). Sin embargo, el origen de estos datos y de las métricas tienen poca explicación o fundamento científico (Malone et al., 2017; Sperlich y Holmberg, 2016; Sañudo y Muñoz, 2017).

Desde el punto de vista del software, y como éste obtiene y procesa los datos del sensor, se puede realizar de dos maneras: sin realizar un tratamiento previo de ellos (*raw*) o procesándolos. Algunos tipos de procesamientos de la señal pueden mejorar los datos que genera el dispositivo al aplicar cálculos sobre la señal obtenida e informar de forma más exacta sobre al usuario final. Sin embargo, los algoritmos que usan los fabricantes en su software propietario también requiere de mayor claridad e evidencia científica (Malone et al, 2017). En este tipo de situación, muchos investigadores prefieren obtener los

datos sin procesar (*raw*) y hacer sus propios ajustes para validar las mediciones obtenidas (Malone et al., 2017).

Además, existen toda una serie de parámetros y de calidad del dato que se debe tener muy en cuenta con el **uso de dispositivos GPS**, como son la calibración, el ajuste de los datos obtenidos, los cálculos de velocidad y la estimación de zonas de trabajo, así como la preparación y procedimientos que se utilizan. Malone et al (2017) detallan todo este tipo de información introvertida afirmando que la importancia radica en que estos datos se acaban manipulando por los fabricantes para generar parámetros como son la carga externa a partir de métricas que tampoco tienen fundamento científico. Por ello, los dispositivos GPS no deben ser considerados únicamente para la evaluación de la carga del deportista, sino que también se deben utilizar parámetros aportados por dispositivos más accesibles como son los sensores inerciales o IMUs que aportan datos más significativos (Malone et al., 2017).

Respecto a los datos que pueden aportar los sensores IMU a través del software al entrenamiento, encontramos que tienen una frecuencia de muestreo normalmente mayor (100 Hz) que el de los GPS (5-20 Hz), aportando parámetros estimados a partir del software como son el PlayerLoad™ de CatapultSports o el BodyLoad de GPSSports, que son estimados a partir de los acelerómetros triaxiales y que son construidos a partir de datos más contrastados y publicados. En este sentido su publicación es importante para el contraste científico.

Tomemos como ejemplo el índice PlayerLoad de CatapultSports, que es un parámetro utilizado en deportes como fútbol, rugby y baloncesto con un uso extendido en la región de Oceanía. Su cálculo es bastante sencillo si tenemos en cuenta la aceleración antero-posterior (a_y), la aceleración lateral (a_x) y la aceleración vertical (a_z), a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Player load} = \sqrt{\frac{(a_{y1} - a_{y-1}) + (a_x - a_{x-1}) + (a_z - a_{z-1})}{100}}$$

Figura 60. Fórmula utilizada por el algoritmo de CatapultSports para el cálculo de PlayerLoad (Chambers et al, 2015)

La publicación de estas fórmulas es importante, ya que el uso de dispositivos inerciales, con el tratamiento adecuado por parte del software, permite su uso en interior y **con el correcto tratamiento podemos estimar la intensidad del ejercicio de carácter interno y externo, así como cambios en la fluidez del movimiento y la fatiga aguda y crónica** (Malone et al., 2017). Además, gracias a los sensores inerciales, acelerómetros, giroscopios y magnetómetros podemos estimar, con un correcto aprendizaje de la plataforma, **los movimientos de ejecución del deportista tanto en deportes individuales como en deportes colectivos** (Chambers et al., 2015). Un ejemplo de la importancia del contraste de estas variables y su reutilización lo podemos encontrar en natación: la utilización del software adecuado incorporando un solo sensor situado en la cabeza de un nadador puede aportar información de la precisión de la brazada, la detección de los virajes y la técnica de natación (Chambers et al., 2015).

Como se puede observar hasta el momento, el uso de los datos que proporcionan los sensores son de vital importancia y las técnicas para su tratamiento y estudio tienen un ámbito específico denominado **BigData**. Sintetizando el ecosistema que forman todos los datos obtenidos por los sensores, po-

demostramos definir dos tipos de datos: los datos de sensores corporales o BodySensor y o los datos de sensores posicionales o PositionSensor (Cortsen y Rascher, 2018). Ésta clasificación apoya nuestra diversificación realizada en el apartado 2.1.3 para la instrumentación deportiva.

Esta clasificación de datos nos permite generar el concepto de Datos del Deporte o **Sports-Data**, que está formado por los siguientes tipos de datos para el control del rendimiento (Cortsen y Rascher, 2018):

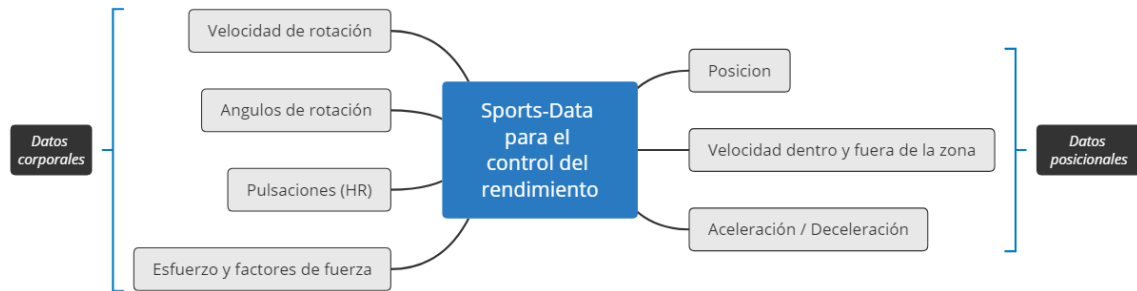


Figura 61. Parámetros utilizados para la evaluación del rendimiento deportivo en aplicaciones informáticas (adaptado de Cortsen y Rascher, 2018)

La conversión de estos parámetros a indicadores que representen el nivel de entrenamiento, la fatiga o el estrés del deportista como métricas están en continua evaluación y su cálculo representa un ámbito dinámico que requiere de investigación. En este ámbito se empiezan a aplicar técnicas de inteligencia artificial, incluyendo técnicas tan innovadoras como la **programación gramatical** para la planificación deportiva (Connor, Fagan y O’Neil, 2019), un concepto muy similar a la programación cibernética que definía Yuri Verkhoshansky (2009).

Estos datos se suelen tratar en un tipo de plataformas digitales denominadas **AMS o Athlete Management System**, que, hasta ahora, tienen poco análisis profundo en el mundo de la investigación. Sin embargo, este tipo de plataformas pueden representar un análisis detallado del índice s-RPE y de la carga interna del entrenamiento de forma detallada (Menaspa et al, 2019). Pese a no encontrar un análisis científico o comparativa contrastada de estas aplicaciones, podemos encontrar muchísima información no contrastada en la red. Algunas de ellas nos pueden servir como base, como la evaluación comercial realizada por Suunto en 2020, destacando las siguientes plataformas por su utilidad: Training Peaks, Today’s Plan, Pkrs.Ai, Staminity, PWRLab, SportsTracks, Coach4pro, Xhale, RunningCoach y Go-Heja; aunque todas ellas son plataformas de pago y con intereses comerciales.

En este tipo concreto de sector, posiblemente por el rendimiento económico que aportan las herramientas, tienen una gran evolución reciente en la que se genera una intersección entre deporte, tecnología y datos que genera un mercado segmentado y dependiente de los *fans* para la obtención de resultados (Cortsen y Rascher, 2018).

A partir de estas aplicaciones de tipo AMS (Athlete Management Systems) se están empezando a incorporar conexiones para la evaluación médica y en este sentido también podemos encontrar aplicaciones como es Kinduct, recientemente lanzada a mediados de 2020, y que intentan acercar ámbitos deportivos y clínicos para la mejora deportiva.

2.2.4.2 El software en la gestión deportiva

En este apartado nos centraremos superficialmente en la evolución tecnológica de las plataformas y los parámetros que están relacionadas con la gestión deportiva, sin tener en cuenta las herramientas de gestión económica. Para ello focalizaremos nuestros esfuerzos en dos tipos de sectores principales: la tecnología que afecta a la gestión del deporte profesional y la tecnología para la gestión en el sector del fitness.

El interés por la **analítica deportiva** (*sports analytics* como clave de búsqueda) desde el ámbito organizacional deportivo ha aumentado mucho en los últimos años llegando a convertirse en un sector competitivo y complejo (Mondello y Kamke, 2014). Sin embargo, pese a los grandes volúmenes de información que existen, los resultados no suelen compartirse y las plataformas colaborativas tienen un uso prácticamente anecdótico (Mondello y Kamke, 2014).

Hemos destacado como el mercado económico del deporte profesional es dependiente de los espectadores (Cortsen y Rascher, 2018) y el uso de la inteligencia artificial y del BigData cambiará en breve el nivel organizacional de las empresas (Marinho y Pereira, 2018).

Para la gestión organizacional existen una serie de aplicaciones que pueden ayudar a mitigar o controlar los cambios, como son las aplicaciones de gestión de relaciones con el cliente o CRM (**Client Relationship Management**), que en el mundo del deporte han permitido que las empresas puedan establecer comunicaciones personales con cada uno de sus clientes y su uso se ha extendido actualmente llegando a ámbitos como es la gestión de clubs deportivos (Furuholt y Skutle, 2007), permitiendo el conocimiento de los hábitos de los clientes y la participación en futuras compras o servicios (Mondello y Kamke, 2017).

Otro aspecto a destacar sería el entorno del *marketing*, o estudio del comportamiento del mercado. En el marketing se han estandarizado 3 tipos de estrategias: en directo, relacional y virtual. Las estrategias en directo se utilizan mediante anuncios publicitarios, las relacionales mediante los vínculos de los círculos sociales de los clientes y las estrategias virtuales se centran en el posicionamiento on-line y la visibilidad en la red (Sañudo et al., 2017).

Dentro del marketing digital, el **posicionamiento web y las herramientas analíticas**, junto con el uso de las herramientas sociales y de la **publicidad on-line** son tipos de aplicaciones informáticas que se deben destacar (Sañudo et al, 2017). Otro factor importante es el uso de **redes sociales** y la disposición de un entorno virtual social y colaborativo en el que los usuarios puedan perfilarse como seguidores de la empresa y podamos incentivarlos a través de técnicas similares a la **gamificación y fidelización** adecuada (adaptado de Sañudo et al., 2017).

2.2.4.3 Software de propósito general

Durante el primer capítulo hemos analizado todas las herramientas de forma multidisciplinar y las hemos distinguido por sector deportivo para saber cómo y de qué manera se utilizan. El software de

propósito general ha sido destacado, así como la aplicación de este tipo de herramientas en varios ámbitos: educación, entrenamiento y gestión. Debido a la magnitud del análisis de estas herramientas evitaremos su contraste científico al ser herramientas no específicas del sector de la actividad física y del deporte. No obstante, procedemos a su categorización a partir de una clasificación general que se incluyó en el primer capítulo.

Se debe añadir que, en el ámbito de la docencia del deporte, el software de propósito general es muy utilizado debido a la no existencia de software educativo específico. Campos-Rius y Sebastiani (2016) clasifican estas herramientas según la utilización, generando una especificación de herramientas bastante detallada:

Tabla 7. Uso de las aplicaciones informáticas de propósito general en el ámbito de la educación física (adaptado de Campos-Rius y Sebastiani, 2016)

TIPO DE ACCIÓN		EJEMPLO	HERRAMIENTA DISPONIBLE
GENERACIÓN DE CONTENIDO		Búsqueda de información, email, videoconferencia, publicación de contenidos	Blogger, Docsity, Educanetowrk, Prezi, Scribd, Slideshare, SpucyNodes, The capsuled, Wordpress, Youtube
CONOCIMIENTO COMPARTIDO		Elaboración cooperativa de contenidos y LMS	Box.net, dropbox, Google Docs, iCloud, Moodle, Wetransfer, Zoho, Classroom, Mindomo, Sync.in, Google Drive
REDES SOCIALES		Participación en redes sociales para la difusión de estados de vida saludable	Storify, Amateur, Delicious, Facebook, Gnos, Tuenti, Twitter, WhatsApp, HootSuite
BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA		Búsqueda de recursos educativos y de información para la actividad física y la salud	Google Academic, Ludos, SuperBodies, SportAqus
UTILIZACIÓN EN EL AULA		Apps relacionadas con la actividad física de utilidad, monitorización, geocaching, evaluación y grabación de vídeo y webquests	CoachBase, PracticeManager, Endomondo, MyTracks, ProGym, Runtastic, OruxMaps, Strava, Wikiloc, RiderState, GeoBlogger, EveryTrail, SiliconCoach, RecPlay, Kinovea, Dartfish

La clasificación de las herramientas de propósito general es de difícil clasificación, pero utilizaremos una clasificación generalista en base a la finalidad de la aplicación y destacaremos algunas de ellas en nuestra clasificación final, que presentamos a continuación.

2.2.4.4 Conclusión sobre las aplicaciones no videográficas

En este apartado hemos revisado el software utilizado en el deporte desde dos puntos de vista: por un lado, hemos buscado conceptos innovadores como el concepto de TrainingLoad y el tratamiento de datos y, por otro lado, hemos analizado superficialmente que uso tienen las herramientas de propósito general.

En cuando a los conceptos innovadores introducidos, hasta el momento hemos estudiado los términos tecnológicos más innovadores como son **Big Data**, **Business Intelligence**, **Data Analysis** y **Sports Data**, conceptos que definimos en inglés por su valor bibliográfico. Para complementar la información del primer capítulo, hemos analizado todas las herramientas de propósito general que se utilizan en deporte y hemos clasificado en base a todos los autores, siguiendo un esquema general que exponemos a continuación:

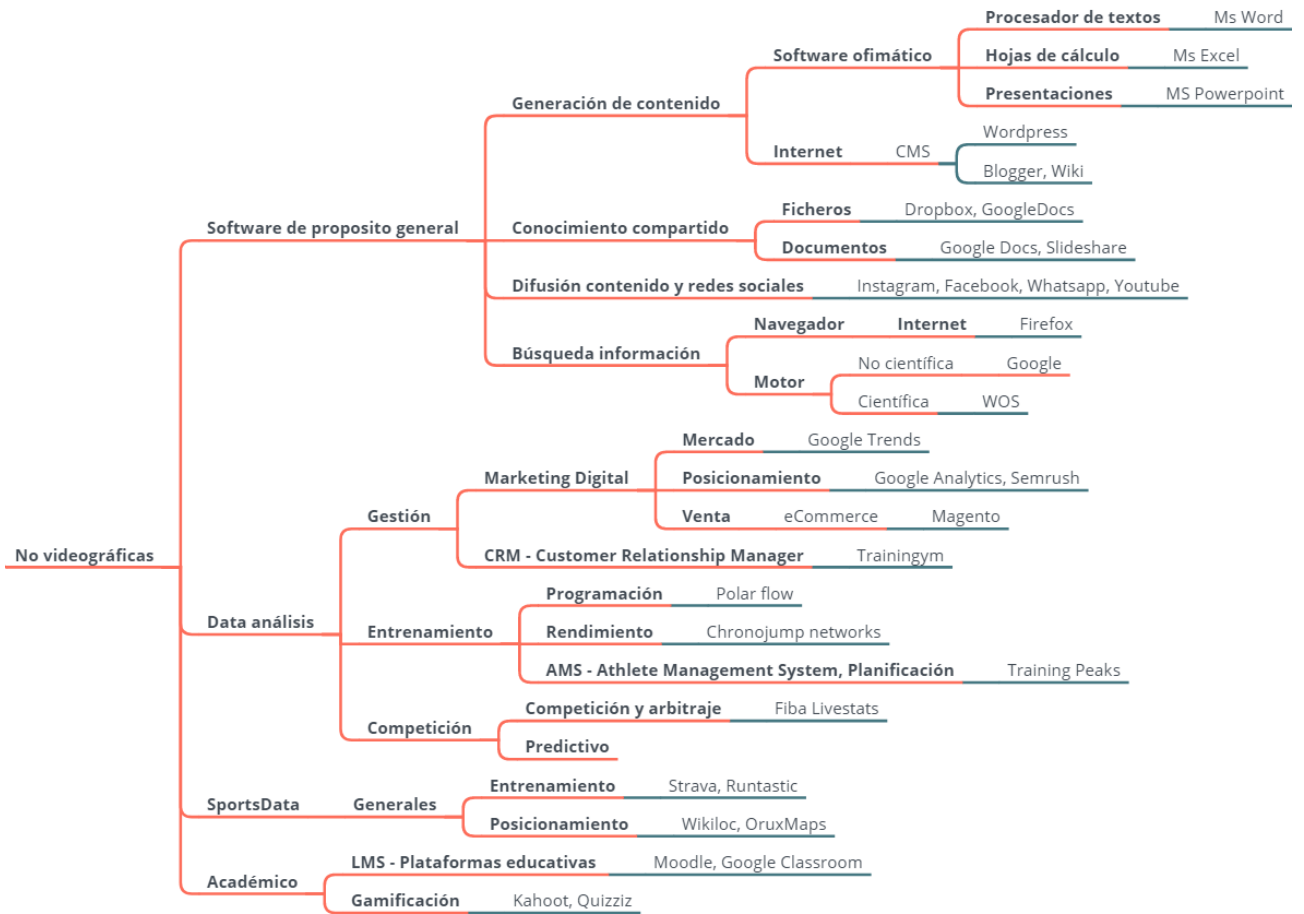


Figura 62. Clasificación del software no video gráfico en deporte (elaboración propia)

El amplio número de aplicaciones disponibles, junto a la gran cantidad de aplicaciones que encontramos para su uso en *Smartphones*, hacen que estemos ante una clasificación extremadamente compleja y que se muestra con carácter superficial. Sin embargo, en nuestro mapa organizativo podemos ver que los términos de *Data Analysis* y *Sports Data*, han facilitado una clasificación base para jerarquizar nuestro ecosistema.

A continuación, analizaremos el último elemento que nos afecta en la generación de las aplicaciones tecnológicas en el deporte: la comunicación.

2.3 La industria 4.0 y como se comparten los datos

La industria 4.0 es un concepto tan innovador que su conceptualización tiene serias limitaciones en el mundo de la investigación debido a la falta de una terminología exacta y precisa. De hecho, existen más de 100 términos íntimamente relacionados que complican su definición (Culot et al, 2020). Esta industria 4.0 se define como la evolución tecnológica aplicada a la industria a partir del impacto de tecnologías emergentes en el ámbito de la fabricación y producción, produciendo transformaciones a largo plazo en el consumidor y la sociedad (adaptado de Culot, p 5, 2020).

Esta transformación de los hábitos del consumidor y de la sociedad normalmente se engloba bajo el término “**Transformación Digital**” (Culot et al., 2020), término que avanzábamos anteriormente en el primer capítulo.

Si analizamos qué factores se deben tener en cuenta para referenciar a un entorno tecnológico de la industria 4.0, Culot et al. (2020) afirman que existen una serie de conceptos clave que se deben tener en cuenta actualmente, detallados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Conceptos clave de la industria 4.0 introducidos en nuestro estudio (adaptado de Culot et al, 2020)

<i>Tipo de factor</i>	<i>Concepto tecnológico</i>	
<i>Dispositivos físicos e interfaz tecnológica</i>	IoT (Internet of Things)	✓
	Sistemas ciber-físicos	
	Tecnologías de visualización	✓
<i>Tecnologías de red y comunicación</i>	Entorno cloud	✓
	Interoperabilidad y ciberseguridad	
	Tecnología blockchain	
<i>Tecnologías de procesamiento de datos</i>	Simulación y modelado	✓
	Machine learning e Inteligencia Artificial	✓
	Análisis BigData	✓
<i>Dispositivos físicos y procesamiento</i>	Impresión 3D	✓
	Robótica avanzada	
	Nuevos materiales	✓
	Sistemas de gestión energéticos	

La revisión bibliográfica que estos autores realizan en base a este concepto nos permite cerrar el capítulo de inmersión tecnológica validando cada uno de los conceptos que han sido ya introducidos en nuestro análisis de hardware y software en el deporte. En la tabla 8 hemos añadido una columna adicional a la derecha con un símbolo que señala los conceptos que han sido introducidos en el capítulo actual.

La industria 4.0 es un factor emergente que tiene aplicación en el deporte y vemos como la evolución de todas las plataformas que hemos revisado y documentado se fundamentan en la base por la evolución tecnológica actual. Como observación adicional entre los factores analizados por Culot et al. (2020),

se debería destacar específicamente el término X-Reality o Cross-Reality (Coleman, 2009). Dicho término, que Culot et engloban bajo el término “Técnicas de visualización” basándose en la clasificación inicial de Chryssolouris et al (2009), engloba simultáneamente conceptos como la Realidad Aumentada (AR en inglés), o la Realidad Virtual (VR en inglés). El término más general conocido como X-Reality se define como el proceso que sucede cuando hay un intercambio de información entre mundos virtuales y reales de forma bidireccional por parte del usuario y el sistema de información. Este intercambio de información se daría con el entorno que el usuario está observando (adaptado de Coleman, 2009).

2.3.1 La importancia de la comunicación entre hardware y software

Las aplicaciones tecnológicas en el deporte no están compuestas de tan sólo dispositivos físicos (*hardware*) y aplicaciones informáticas (*software*). Desde el momento en que empezamos a utilizar el término “aplicaciones tecnológicas **en tiempo real**”, adaptado en el primer capítulo de Gámez et al (2008), y que definíamos como el tipo de aplicaciones tecnológicas que requieren de la transmisión de la información entre los diversos dispositivos y sensores y las aplicaciones que van a utilizar dicha información en el menor tiempo posible, la comunicación de dicha información se convierte en un factor fundamental que requiere de una introducción terminológica.

Existen una multitud de conceptos en las comunicaciones actuales que siguen una serie de protocolos estandarizados y que se deben tener en cuenta en la implementación de soluciones tecnológicas o, en nuestro caso, la definición de nuestra aplicación tecnológica en tiempo real. Para poder definir bien nuestra aplicación, introduciremos los conceptos de WiFi, ANT+, BLE, 5G y LoRaWAN. Estos conceptos nos permitirán aclarar que tecnologías podemos utilizar para la transmisión inalámbrica de información en nuestro sistema.

2.3.1.1 WiFi

La conocida comunicación de tipo WiFi, junto a la comunicación BLE, tienen un uso extendido en todo dispositivo móvil y, en el caso específico de las comunicaciones WiFi son un actual estándar de conexión a internet (Gomez et al., 2012). Los dispositivos móviles que conectan por WiFi utilizan la misma antena para la conexión por Bluetooth y BLE, y, además, tiene el inconveniente de tener un mayor consumo energético (Gomez et al., 2012). Su utilización está indicada para un alcance corto o medio y, si se requiere el envío de un volumen de datos alto, requiere conectividad eléctrica por el gran consumo energético que posee.

2.3.1.2 Bluetooth y BLE

La tecnología Bluetooth ha tenido mucha utilización y su última versión 4.0, denominada BLE (*Bluetooth Low Energy*), supone una tecnología inalámbrica de bajo consumo para comunicaciones de corto alcance (Gomez et al., 2012). Este factor, facilita su utilización en dispositivos portables o wearables que utilizan baterías.

La diferencia de BLE con Bluetooth, no tan solo radica en la utilización de un menor consumo energético, sino que también incluye una serie de características estándar que facilitan la comunicación. Esta

comunicación se genera a través de un sistema de mensajes estandarizado denominado GATT (Generic Attribute Profile) que facilita la lectura de los dispositivos conectados a través de un concepto denominado **servicio** y otro denominado **característica**. Por ejemplo, un dispositivo que tenga un servicio de sensor térmico tendrá la característica de temperatura y esta característica servirá para obtener ese tipo de datos. La seguridad en la comunicación de los datos se a través de un proceso de sincronización denominado emparejamiento (Gomez et al., 2012).

2.3.1.3 ANT, ANT+ y ZigBee

El uso de sensores de bajo coste ha permitido la utilización de dispositivos médicos de bajo consumo energético y la posibilidad de incorporar analíticas médicas y fisiológicas en ámbitos lejanos al laboratorio (Jezek y Moucek, 2017). En el caso de los protocolos de bajo consumo energético, además del mencionado BLE del apartado anterior, tenemos ZigBee definido por Farahani en 2008 cuya orientación actual es el ámbito de las casas inteligentes principalmente y, además, también encontramos el protocolo ANT+ definido por Zaloker en 2014 (Jezek y Moucek, 2017).

Los datos obtenidos se envían a un servidor remoto en donde son procesados y visualizados. Cuando el número de sensores utilizados es grande se define el término de **BAN o Body Area Network**, generando una infraestructura de sensores para recopilar datos del cuerpo humano (Jezek y Moucek, 2017).

La versión inicial de ANT ha sido muy popular por su bajo consumo energético y su evolución, el protocolo ANT+, disminuye dicho consumo al incluir una serie de perfiles de datos (*profiles*), de forma similar a BLE, que facilitan el tratamiento y obtención de la información (Ježek y Mouček, 2017).

La importancia de ambos protocolos, BLE y ANT+, radica en el potencial que tienen para la utilización de sensores al facilitar y estandarizar la comunicación, generando, en el ámbito de salud un doble beneficio:

- Por un lado, se beneficia la prevención de la salud, al permitir la monitorización remota en un ámbito diario.
- Por otro lado, se minimiza el impacto económico en el ámbito de la salud. Este factor es de mayor importancia cuanto más aumenta la población.

(Adaptado de Mehmood et al., 2016)

2.3.1.4 LoRaWan

Cuando precisamos de una comunicación de bajo consumo energético y amplio alcance, debemos optar por protocolos menos habituales de comunicación. Siendo una implementación de LPWAN (Low-Power Wide Area Networking), es el protocolo más extendido para aplicaciones de tipo IoT en redes de largo alcance, llegando a comunicar en varios km de longitud. Sin embargo, este tipo de conectividad espera la utilización de una cantidad de datos baja (adaptado de Adelantado, et al., 2017).

Su aplicación es apta para los siguientes ámbitos:

- **Monitorización en tiempo real**, siendo habitual en agricultura y control ambiental en fases periódicas en donde el dispositivo se conecta de manera intermitente. LoRaWAN no sería una opción para transmisiones de datos en tiempo real, ya que presenta una latencia o retraso en el tiempo para los datos muy alta.
- **Aplicaciones para ciudades inteligentes**. Bajo el término de *Smart cities*, encontramos aparcamientos inteligentes, sistemas de iluminación autónomos e incluso sistemas de recolección de datos de producción de basura. Éste ámbito de aplicación es un pilar económico para el término de industria 4.0.
- **Sistemas logísticos**. El transporte y los sistemas logísticos se consideran el otro gran pilar económico de los dispositivos IoT, y se espera que la conducción autónoma se nutra de este tipo de datos.
- **Video-vigilancia**. La transmisión de video desde dispositivos IP o conectados a internet en base a los protocolos MPEG-4 y H-264 son un aspecto importante. Su utilización podría ser aplicable a dispositivos de detección de movimiento y grabación de video, pero, para ello, se necesita una media de 4 Mbps para transmisión de datos y LoRaWAN tan sólo permite una transmisión entre 0.3-50 kbps. Su aplicación en este sentido es muy limitada.

(Adaptado de Adelantado, et al., 2017)

2.3.1.5 Comunicación móvil 4G y 5G

La comunicación móvil 4G ha sido un estándar desde hace años a nivel internacional para el envío de información a través de dispositivos móviles. Dicha conectividad utiliza una infraestructura de antenas repetidoras de gran tamaño con conectividad diversa entre ellas y ha permitido la utilización de los actuales Smartphones. Su evolución es la discutida red de comunicaciones 5G, que se espera que evolucione todo el sector de las comunicaciones y que se basa en 3 principios: ultra densificación, ondas mmWave y la incorporación de multitud de dispositivos de tipo MIMO (Multiple-input Multiple-output). Las ratios de comunicación se esperan que sean 1000 veces mayores que los habituales a partir de la aplicación de 3 principios:

- Una densidad de espectro de señal muy amplia con una gran cantidad de nodos o elementos que participan en la comunicación a poca distancia.
- Un ancho de banda en un espectro mayor que las comunicaciones tradicionales, siendo una señal más potente.
- Una mayor eficiencia en dicho espectro de señal.

(Adaptado de Andrews et al., 2014)

Sin entrar en un alto nivel técnico ni generar discusión sobre su implantación, podemos definir que su introducción global está en proceso y se espera que tenga una tasa de transferencia muy alta, a partir

de la diversificación de un gran número de dispositivos a nivel global. Para ello se minimizará el uso de grandes antenas y se instalarán un inmenso número de repetidores que pueden operar de forma independiente, de hecho, incluso los semáforos serán capaces de ser repetidores 5G. Esta implantación permitiría la conectividad global con mínima latencia y gran volumen de transferencia de datos.

2.3.2 Resumen de las tecnologías utilizadas para la transmisión de la información

Para sintetizar el contenido anterior, proponemos una tabla resumen que mostramos en la tabla 9 y que intenta sintetizar las diferentes opciones para la transmisión de información en las soluciones tecnológicas. En nuestra tabla resumen clasificamos cada elemento mencionado en base a los siguientes conceptos:

- **Alcance.** El alcance es la distancia con la que podemos enviar la información en nuestra infraestructura. Para ello usaremos 4 categorías: corto (10m aproximadamente), medio (100m aproximadamente), largo (varios kilómetros) o global si la conectividad es cualquier lugar del planeta a través de internet.
- **Latencia.** La latencia es el retraso en la señal desde el momento en el que se envía. Permite la conectividad en tiempo real, por lo que en deporte nos interesa que la latencia sea mínima si queremos que la aplicación sea en tiempo real. En nuestro caso mostraremos sólo una latencia mínima, para tiempo real puro, o alta, si el volumen de datos puede llegar con cierto retraso a la obtención de ellos. Cuanto mayor sea el volumen de datos, mayor será la latencia. Utilizaremos como baremo la transmisión de vídeo a una resolución medio-alta para la clasificación entre baja y alta.
- **Volumen de datos.** Clasificaremos si la tecnología es válida para la transmisión de vídeo.
- **Consumo energético.** Clasificaremos bajo, medio o alto. En el caso de bajo es para sistemas totalmente independientes y en el caso de alto es para sistemas que se recomienda que estén alimentados electrónicamente.

Tabla 9. Cuadro resumen de las tecnologías aplicables a la transmisión inalámbrica de información (elaboración propia)

<i>Tecnología</i>	<i>Alcance</i>	<i>Latencia</i>	<i>Volumen</i>	<i>Consumo</i>
<i>WiFi</i>	Medio	Baja	Alto	Alto
<i>Bluetooth</i>	Corto	Baja	Bajo	Medio
<i>BLE</i>	Corto	Media	Bajo	Bajo
<i>ANT</i>	Corto	Media	Bajo	Medio
<i>ANT+</i>	Corto	Media	Bajo	Bajo
<i>ZigBee</i>	Corto	Media	Bajo	Bajo
<i>LoRaWan</i>	Alto	Alta	Muy Bajo	Muy Bajo
<i>4G</i>	Global	Media	Medio	Alto
<i>5G</i>	Global	Muy Baja	Muy Alto	Alto

Mediante nuestro cuadro resumen, fundamentado por revisión bibliográfica, hemos establecido un marco tecnológico completo, que junto al análisis profundo del uso de la tecnología en el mundo del deporte y de la actividad física nos permite finalizar nuestro mapa conceptual adecuadamente.

El estudio realizado hasta el momento nos permite conocer todos los elementos tecnológicos de forma fundamentada para la satisfacción de nuestro objetivo principal: la generación de una aplicación tecnológica en tiempo real.

2.4 Conclusión

Durante este capítulo hemos analizado en profundidad la mayoría de los conceptos tecnológicos que están relacionados en la implantación de aplicaciones tecnológicas en el deporte. Dicho estudio nos ha permitido la generación de un extenso mapa conceptual que organiza y aclara multitud de terminología y establece relaciones que en el primer capítulo parecían confusas y demasiado complejas.

Para poder realizar este completo análisis hemos tenido que estudiar la realidad tecnológica actual desde diversos puntos de vista. Este concepto ha requerido la introducción de términos técnicos que permiten al lector la comprensión del alcance y posibilidades de la tecnología en el ámbito de la actividad física y del deporte. A través de ejemplos prácticos, hemos intentando simplificar la lectura y, mediante una revisión bibliográfica multidisciplinar, hemos podido aclarar y justificar nuestro marco tecnológico para un uso práctico en el ámbito científico de la actividad física y del deporte. La importancia de este factor radica en los siguientes elementos:

- **Utilización profesional.** El profesional deportivo ha tenido poca utilización de las herramientas tecnológicas de última generación de manera tradicional y el presente estudio puede ayudar a introducir estas tecnologías a partir de una inmersión conceptual.
- **Reconocimiento transversal.** Este factor de impacto o barrera de entrada se da en otras áreas de conocimiento, como puede ser la anatomía, fisiología y biomecánica. Sin embargo, estas áreas están reconocidas por su gran importancia en el desarrollo profesional de la actividad física y del deporte. En el caso de la tecnología esta importancia tiene un carácter utilitario, pero su conocimiento no está expresado realmente. La mayoría de estudios universitarios existentes no introducen de manera conceptual los conocimientos expresados anteriormente y, aunque ya empiezan a haber estudios de tipo Máster en Big Data deportivo que algunas universidades empiezan a impartir, el conocimiento es limitado.
- **Desarrollo profesional.** El conocimiento de las distintas herramientas y tecnologías que existen en el mercado actual nos permite un mejor desarrollo de los profesionales de la actividad física y, sobretodo, la obtención de mejores resultados a partir de la disminución del tiempo invertido para desarrollar las funciones en todos los sectores deportivos. La utilización de las nuevas herramientas descritas puede incrementar el rendimiento del profesional del deporte al disminuir el tiempo requerido para las tareas cotidianas.
- **Transformación digital.** La evolución tecnológica no es algo opcional. Al igual que en su día la revolución industrial supuso un cambio metodológico, la actual revolución industrial 4.0 supone una fase de transformación digital que no puede pasar desapercibida y el mundo del deporte debe adoptarla lo antes posible y con el menor coste asumible. De no ser así, esta transformación será desarrollada desde la iniciativa privada, con unos costes empresariales elevados. En este sentido, la dependencia hacia la empresa privada para la transformación digital incrementará el coste y aumentará la complejidad de esta evolución, generando barreras de entrada muy grandes que el deporte de base no se podrá permitir.

- **Revisión histórica.** La evolución histórica de las herramientas y materiales deportivos es un concepto muy importante para poder estudiar las tendencias del mercado. Además, como elemento más importante para nuestro estudio, el conocimiento de todos los elementos que definen las aplicaciones tecnológicas para el deporte, nos permite detectar y analizar que necesidades existen y orientar nuestro trabajo y objetivo principal del estudio.

Por tanto, nuestro estudio fundamenta la necesidad de profundizar en el conocimiento de las tecnologías de la información y, bajo este punto de vista, justificaremos en el siguiente capítulo la visión sistémica del deporte y así poder conocer cómo se relacionan las diferentes áreas de conocimiento relacionadas en el ámbito de la actividad física y del deporte.

Respecto a los objetivos iniciales del presente estudio, hasta ahora hemos podido justificar y satisfacer los dos objetivos secundarios de nuestro estudio como mostramos a continuación:

Tabla 10. Revisión de objetivos satisfechos al final del capítulo 2 (elaboración propia)

Tipo	Objetivo	
<i>Principal</i>	Crear una aplicación informática gratuita y de código libre, orientada desde la iniciativa universitaria, que facilite la vía e investigación hacia la optimización deportiva para superar las carencias la investigación observacional actual.	
<i>Secundario</i>	Estudiar la realidad del sector deportivo y conocer si las herramientas informáticas actuales y su utilidad está bien orientadas socialmente para el desarrollo de la comunidad investigadora, generando un mapa real del sector informático orientado al deporte.	✓
<i>Secundario</i>	Detectar a partir del mapa de aplicaciones informáticas, carencias en el sector y áreas de investigación potenciales para su futuro desarrollo en el mundo del deporte, incluyendo nuevas metodologías como pueden ser la inteligencia artificial, IoT o dispositivos inteligentes o incluso Big Data.	✓

En cuanto a la detección de carencias en el sector deportivo será objeto de desarrollo en profundidad durante el marco empírico. Por otro lado, en este capítulo hemos establecido la definición terminológica de la mayoría de conceptos de la industria 4.0 relacionados con el deporte. En dicha revisión, el uso del vídeo ha sido un factor diferenciador en las aplicaciones informáticas. Su utilización está en aumento, junto a elementos como BigData, Inteligencia Artificial y un tratamiento masivo de los datos, incluyendo señales de una gran multitud de sensores.

Síntesis del capítulo en relación con el objeto de estudio

Si contemplamos los elementos analizados (el desarrollo de hardware o componentes, las comunicaciones o las aplicaciones), si queremos desarrollar una herramienta gratuita deberemos centrar nuestros esfuerzos en el desarrollo de software, ya que el diseño y desarrollo de hardware tiene una barrera económica de entrada bastante significativa.

La multitud de datos que podemos encontrar en las aplicaciones informáticas van a requerir un software estable que pueda evolucionar en el tiempo. El uso de sensores e instrumentación, así como el análisis de la imagen o incluso la inserción de las realidades alternativas parecen apuntar a que las aplicaciones del futuro estarán integradas de forma central con la utilización del vídeo. Esta importancia del vídeo, que también afecta al espectador y, que se encuentra en el ámbito de la observación con la inteligencia artificial, obliga a que tengamos que definir una herramienta de software basada en vídeo que pueda ser extensible. Si el pilar central de nuestra herramienta permite incorporar datos de fuentes físicas, nos encontraríamos ante una herramienta bastante completa que requiere de una toma de requerimientos y necesidades bastante profunda.

En el próximo capítulo nos centraremos en esa toma de requerimientos bajo el marco teórico, e introduciremos la visión sistémica en la actividad física y el deporte, analizando las diferentes relaciones entre las áreas de la actividad física y del deporte. Gracias a ese análisis podremos definir qué tipos de datos y requerimientos son de vital importancia. Por tanto, en el próximo capítulo nos centraremos en la toma de requerimientos completa para la implantación de nuestra **aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real**, basada en vídeo y que incorpore datos externos para el tratamiento de la información.

Capítulo 3. Necesidades tecnológicas en la observación del deporte

En el primer capítulo hemos podido analizar superficialmente que tipos de herramientas existen en el ámbito de la actividad física y del deporte, generando un marco de trabajo extenso y que iremos definiendo en los siguientes capítulos. En dicho capítulo hemos definido un concepto denominado ***Aplicación Tecnológica para el Deporte***, que ahora en este capítulo vamos a adaptar a los tiempos actuales, añadiendo su dimensión temporal para minimizar la latencia en la espera para la obtención de resultados. De esta manera nos centraremos y trabajaremos con el concepto de ***Aplicación Tecnológica para el Deporte en Tiempo Real (en adelante, ATD-TR)***.

En el segundo capítulo, hemos analizado cada uno de los elementos tecnológicos detectados de forma exhaustiva y así organizar sus aplicaciones y sus desarrollos en diferentes ámbitos, llegando a definir conceptos innovadores y complejos. Para ello, hemos establecido 3 pilares en los que se relaciona la tecnología: los dispositivos, las aplicaciones informáticas y las comunicaciones entre ellos. La relación entre estos elementos genera una serie de resultados y aplicaciones para la actividad física y el deporte de muy extensa y difícil clasificación que hemos intentado plasmar en un único **marco conceptual de las aplicaciones tecnológicas para el deporte**.

Como conclusión a todo lo que hemos ido analizando en estos dos capítulos, a partir de la comprensión del concepto de industria 4.0, podemos concretar que nuestro objetivo de trabajo de esta investigación estará focalizado sobre la generación de una aplicación de tipo software o programa informático gratuita y de código libre, cuya base estará definida sobre el uso del vídeo como elemento principal y que, además, incorporará datos externos de naturaleza fisiológica.

Con este enfoque de trabajo en este tercer capítulo analizaremos la naturaleza de los diferentes tipos de datos que somos capaces de generar en la investigación de la actividad física y el deporte para incorporarlos bajo un punto de vista global o sistémico en nuestra aplicación. Teniendo en cuenta estos factores y este enfoque global integrador, procedemos a desarrollar en este capítulo estos aspectos:

1. **La detección de los tipos de datos y sus parámetros** necesarios de obtener en la actividad física y del deporte y que son de naturaleza cuantitativos, cualitativos.
2. **La integración de estos datos y parámetros** que podamos obtener para su tratamiento desde el punto de vista complejo en una metodología mixta (*Mixed Methods*).
3. **Las necesidades actuales** de las aplicaciones observacionales Sistemáticas en la actividad física y el deporte.
4. **Los requerimientos de nuestra ATD-TR** a través de las perspectivas futuras que se requiere en un análisis observacional de naturaleza *Mixed Methods*.

3.1 Los datos en el ámbito de la actividad física y del deporte

A continuación, descubrimos los tipos de datos a tener en cuenta y su naturaleza. Realizamos una introducción al proceso de investigación para detectar la naturaleza de los estos datos obtenidos en un proceso de investigación tradicional y así ser capaces de poder diseñar un sistema informático que sea capaz de almacenar y tratar la información necesaria y adecuada. Además, estudiaremos el origen de éstos datos y veremos qué diferencias hay entre datos cualitativos y cuantitativos a partir de una revisión bibliográfica adecuada.

3.1.1 Introducción al proceso de investigación

La perspectiva del investigador respecto al objeto de estudio es un factor muy importante en el tratamiento de la información. Esta perspectiva, basada en un principio en las filosofías positivista, post-positivista y constructivista entre otras, implica un proceso de obtención de datos con ciertas necesidades para poder satisfacer el posterior análisis, y así obtener un resultado de rigor científico (adaptado de Greenfield, Greene y Johanson, 2007). La comprensión de este rigor científico nos permitirá modelar un sistema que satisfice las necesidades de la investigación. Por tanto, para poder entender las diferencias entre estas perspectivas, empezaremos por introducir la filosofía positivista y post-positivista.

3.1.1.1 El positivismo y las técnicas de investigación cuantitativas

El origen de la metodología cuantitativa en las Ciencias Sociales con las corrientes positivistas data de finales del siglo XVIII y principios del XIX se inicia, a partir de las obras de Augusto Comte y Emile Durkheim con influencia de Francis Bacon, John Locke y Emmanuel Kant (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, p4-8, 2010).

Este movimiento, denominado positivismo, asume que:

- Existe una realidad tangible y única que puede ser controlada y probada de forma independiente.
- El investigador no debe afectar al objeto de estudio.
- La investigación es independiente del tiempo y del contexto.
- Los eventos son lineales: no hay efecto sin una causa que lo genere, ni causa sin efecto.
- Los valores obtenidos son independientes y libres.

(Greenfield, Greene y Johanson, 2006, p. 45)

Este proceso de investigación se caracteriza por tener unas etapas **secuenciales** en las que se obtienen una serie de **parámetros cuantitativos** que permiten probar en mayor o menor medida la hipótesis del investigador a través de un razonamiento deductivo. Este tipo de razonamiento se da en los diseños experimentales, cuasi-experimentales o correlacionales de investigación (adaptado de Greenfield, Greene y Johanson, 2006).

En cuanto al enfoque o proceso investigador cuantitativo se caracteriza por los siguientes pasos:

- **Planteamiento de un problema de estudio** delimitado y concreto en una hipótesis de trabajo.
- **Revisión de la literatura** para la construcción del marco teórico y la generación de una o varias hipótesis, que se generan antes de recolectar o analizar los datos.
- **Recogida de datos** para fundamentar una medición de los parámetros que se ajustan a la hipótesis.
- **Análisis de los datos** por métodos estadísticos y se interpreta de forma objetiva, en base a la revisión bibliográfica, minimizando el error en los resultados.
- **Deducciones de conclusiones** lo más objetivas posibles y no alterados ni afectados por el investigador que debe seguir la objetividad de los estándares de validez y confiabilidad que debe generar nuevos conocimientos.

En consecuencia, se intenta explicar y predecir una hipótesis buscando regularidades y relaciones causales entre los elementos implicados

(Adaptado de Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010, p.5-6)

Esta corriente en la investigación de la actividad física y el deporte han tenido su desarrollo en campos como la fisiología del esfuerzo, la biomecánica y el entrenamiento.

3.1.1.2 El postpositivismo y las técnicas de investigación cualitativas

A inicios del siglo XX el estudio del comportamiento humano se veía altamente afectado por los métodos de investigación positivistas, al contemplar únicamente parámetros predecibles y tangibles y que tienen difícil aplicación en algunos ámbitos. Por ello, en este momento, surgían movimientos filosóficos que permitían un nuevo enfoque en el ámbito de la investigación al considerar una serie de **variables multidimensionales** y no predecibles, que no podían contemplarse bajo un único punto de vista que relacionaba una causa y su efecto. En este sentido, la corriente postpositivista intentaba comprender el significado de la experiencia humana reconociendo un contexto y la influencia del momento en el que ocurre la experiencia. Bajo este prisma, la mayoría de los resultados se obtenían por inducción en el estudio y éstos reflejan la probabilidad de que se pudieran repetir el mismo hecho ante unas condiciones similares (adaptado de Greenfield, Greene y Johanson, 2006, p.45-46).

Este tipo de concepción implica un marco de trabajo más abierto en el que se obtiene información dinámica a través de muestras durante el experimento y requiere una gran inversión de tiempo en la observación directa de los acontecimientos, normalmente mediante grabaciones de los fenómenos y entrevistas a sus protagonistas (Greenfield, Greene y Johanson, 2006).

Este tipo de concepción multidimensional, a diferencia de la corriente positivista, requiere de una serie de premisas durante el proceso investigador:

- No existe una realidad puramente objetiva ya que esta tiene que sostenerse por una interpretación que siempre es social.
- La tarea fundamental del investigador es entender la complejidad de una experiencia vivencial desde el punto de vista del participante para generar un conocimiento a partir del significado de los hechos y de su experiencia.
- La investigación es el resultado de los valores y creencias del investigador y estas no son independientes de él.
- El conocimiento es construido socialmente por las personas que participan en la investigación. El investigador y los participantes se involucran en un proceso interactivo, cuyo resultado es el conocimiento.

(Greenfield, Greene y Johanson, 2006, p.45)

En este caso, la medición no es numérica e implica un tipo de datos más complejo, como puede ser el vídeo, las imágenes, el texto en la transcripción de las entrevistas u otro tipo de información no lineal. Por otro lado, el flujo de trabajo en las fases de este tipo de investigación son diferentes, ya que se requiere regresar a etapas previas para revisar el diseño del estudio y las muestras iniciales, en un desarrollo de investigación no lineal (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010).

Esta corriente en la investigación de la actividad física y el deporte han tenido su desarrollo en campos como la sociología y la psicología del deporte, así como en la pedagogía deportiva y presenta un enfoque centrado en la subjetividad del observador y en el conocimiento adquirido a través de la experiencia, siendo una rama de investigación bajo un prisma más natural y abierto.

3.1.1.3 Diferencias entre los enfoques cuantitativo y cualitativo

Mientras que el procedimiento de un estudio cuantitativo implica un estudio basado en evidencias constatables que se han producido después de la intervención, el procedimiento cualitativo busca estas evidencias del estudio que se generan por sí mismo, a partir de la propia intervención. Este factor provoca que la obtención de datos sea bastante diferenciada. Este proceso afecta a las características de la toma de datos en donde podemos observar una serie de diferencias que se dan durante la fase de obtención de datos (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2010):

Tabla 11. Diferencias entre datos obtenidos por vía cuantitativa o cualitativa (adaptado de Hernández, Fernández y Baptista, p 11-14, 2010)

Dimensión	Enfoque cuantitativo	Enfoque cualitativo
<i>Meta de investigación</i>	Describir, explicar y predecir fenómenos. Generar y probar teorías.	Describir, comprender e interpretar fenómenos a partir de la percepción.
<i>Tipo de lógica aplicada</i>	Lógica deductiva: de general a particular.	Lógica inductiva: de particular a general.
<i>Relación entre ciencias</i>	Las ciencias físicas y naturales son una unidad. Las ciencias sociales se expresan como ciencias naturales.	Son ciencias diferentes.

<i>Muestra</i>	Grande.	Pequeña.
<i>Naturaleza de los datos</i>	Datos numéricos.	Textos, narraciones, significados, audio, vídeo.
<i>Tipo de datos</i>	Datos confiables y duros (<i>hard data</i>).	Datos profundos y enriquecedores (<i>soft-data</i>).
<i>Vía de obtención de datos</i>	Por instrumentos de medición, de forma uniforme y validada.	El investigador recoge los datos con instrumentos no preestablecidos.
<i>Características del análisis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemático a partir de estadística descriptiva e inferencial - Basado en variables - Impersonal - Se realiza posterior a la recolección de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Varía dependiendo del modo en que hayan sido recolectados los datos - Por inducción analítica - Uso moderado de estadística - Se puede realizar de forma simultánea a la recolección de datos
<i>Forma de los datos analizados</i>	Representación numérica para aplicar estadística.	Textos, imágenes, piezas audiovisuales, documentos y objetos personales
<i>Presentación de resultados</i>	Tablas, diagramas y modelos estadísticos bajo un formato estándar.	El formato cambia: textos, vídeos, mapas, diagramas, matrices y modelos conceptuales

A partir del análisis del proceso de investigación de cada enfoque y de los tipos de datos que generan, podemos sintetizar un pequeño esquema con los aspectos más importantes en los que pueden confluir estos dos enfoques. A partir de un enfoque que combina e integra ambas metodologías, en la figura 63 mostramos de forma gráfica el tratamiento de la información que podríamos tener en cuenta al generar una aplicación tecnológica para el deporte, a partir de un enfoque que combina ambas metodologías, desarrollado a partir de las aportaciones de Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010), sintetizando los contenidos expuestos en la tabla 11.

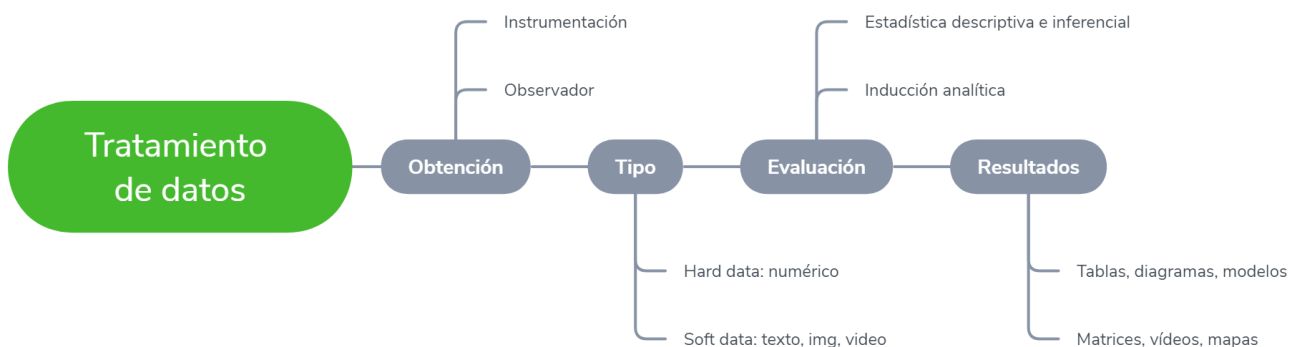


Figura 63. Síntesis del tratamiento de datos requerido en la investigación cualitativa y cuantitativa (elaboración propia)

Estas consideraciones nos permiten sintetizar una serie de conceptos que nuestra aplicación debería contemplar según esta confluencia integradora:

- **El sistema debería ser un sistema en tiempo real**, que permita la realización de estudios desde un punto de vista agnóstico al tipo de investigación realizada y que permita la obtención de datos de forma casi instantánea.

- **El sistema debe permitir la investigación de carácter cuantitativo**, a partir de la obtención de datos numéricos de los diferentes instrumentos medidores en la actividad física y el deporte.
- **El sistema debe permitir la investigación cualitativa**, caracterizada por el aspecto subjetivo que proporciona el investigador o investigadores y que le permita un flujo dinámico en las distintas fases de investigación.
- **Los tipos de datos que la aplicación debe contemplar han de ser dinámicos y variables.**
- **Se debe maximizar el rigor científico en todos los procedimientos realizados con todos los tipos de datos**, generando resultados de carácter estadístico descriptivo e inferencial, además de poder facilitar la incorporación de las aportaciones analíticas de la investigación cualitativa.
- **Los resultados finales deberán simplificar la tarea del investigador**, y a partir de ellos personalizar la generación de los resultados de forma visible en tablas, matrices y diagramas.
-

3.1.2 La visión sistémica como concepto integrador de las ciencias en el deporte

Existen pocos estudios que realicen una integración de datos cualitativos y cuantitativos en un buen análisis bajo un mismo proyecto, siendo este enfoque deficitario en el ámbito de estudio de la actividad física y el deporte y que precisa de un mayor desarrollo (Green, 2007; Bazeley, 2010; Anguera et al., 2017). De hecho, la integración de todos los datos bajo un estudio único no es una tarea sencilla y su desarrollo y evolución desde la observación sistemática puede tener un aporte positivo para resolver los problemas que implica una perspectiva polifacética (Anguera et al., 2017).

Este factor se plasma con una necesidad de integración entre datos cuantitativos y cualitativos para la mejora de la investigación deportiva. Dicha integración tiene una serie de principios comunes que se puedan dar en toda disciplina deportiva si centramos nuestros esfuerzos sobre un contexto dinámico y cambiante (adaptado de Balagué et al., 2017, p.1).

El mundo de la actividad física y el deporte es un ámbito polifacético con una gran diversificación en los campos de investigación que precisa de todas las perspectivas de investigación, generando una gran controversia en cómo esta investigación se lleva a cabo (Neumaier, 2003).

Al analizar todas las ciencias implicadas en el ámbito de la actividad física y del deporte, podemos ver que existe una gran diversidad de opiniones al agrupar los ámbitos científicos en el deporte y que éstas relaciones varían según el autor. Por ejemplo, si utilizamos la clasificación clásica propuesta por Neumaier (2003), podemos distinguir las siguientes disciplinas:

- **Cinesiología y biomecánica:** análisis del movimiento y la optimización de la técnica del movimiento.
- **Mejora del entrenamiento:** gestión del entrenamiento y optimización del rendimiento deportivo.

- **Medicina del deporte:** incluye anatomía, medicina y fisiología deportiva.
- **Historia del deporte:** perspectivas de evolución del deporte y de la actividad física.
- **Sociología y gestión del deporte:** evaluación socioeconómica del deporte y de los factores económicos que están implicados en la actividad física y el deporte.
- **Didáctica y pedagogía del deporte:** estrategias para la transmisión y promoción de ámbitos de vida saludables y educativos de la actividad física y el deporte.
- **Psicología del deporte:** estudio de los mecanismos de autorregulación y la gestión del estado de forma psicológico del deportista.

(Adaptado de Neumaier, p 2 ,2003)

El punto de vista de cada autor revisado que, está relacionada con su propia percepción de los recursos tecnológicos y como se aplican de forma combinada en cada uno de ellas, incide en cada una de las propuestas de clasificación. Por tanto, la utilización de un único enfoque que implica la aplicación de una única herramienta en investigación es un concepto difícil de defender en la actualidad debido a las complejas clasificaciones.

Esta visión integradora se apoya en una visión sistémica y globalizadora del conjunto de ciencias implicadas en el mundo de la actividad física y del deporte. A continuación, introducimos dicha aproximación a partir de la percepción de la tecnología por los usuarios, para profundizar en un marco de trabajo que nos permitirá la utilización de los métodos mixtos (Mixed Methods) como procedimiento transversal e integrador en la investigación de la actividad física y el deporte.

3.1.2.1 Teorías sobre el impacto de la tecnología

Existen una serie de percepciones o teorías sobre como la tecnología afecta al deporte, y su introducción nos puede facilitar la comprensión de los distintos puntos de vista que pueden tener los usuarios o investigadores de nuestra aplicación. Cada una de estas teorías supone una percepción distinta respecto a la adopción de las nuevas tecnologías:

- **Teoría instrumentalista:** Supone el punto de vista más común para la percepción de la tecnología y se basa en que la tecnología es una herramienta para satisfacer los propósitos de los usuarios. Su implantación se percibe desde un punto de vista evolutivo y no como una revolución. Sin embargo, su punto de vista respecto a cómo afecta a los usuarios es neutral.
- **Teoría determinista:** Este punto de vista percibe la tecnología como la principal causa de los cambios sociales y su expansión es intermitente, autónoma y revolucionaria. Dicha teoría aporta un juicio sobre la moralidad de su implantación. La percepción de los usuarios que se sitúan bajo esta teoría puede ser positiva o negativa, pero la teoría en sí se presenta con un posicionamiento neutral y afirma que el objetivo que la tecnología persigue es auto dirigida y no controlable.

- **Teoría substantivista:** Una parte minorista de los usuarios considera que la tecnología no es neutral y su utilización implica un nuevo sistema cultural que reestructurará toda la sociedad bajo un objeto de control. Las aportaciones de esta tecnología son, por tanto, una consecuencia de un objetivo a largo plazo. Lo interesante de esta teoría es que sustenta que la propia tecnología tiene el potencial de seleccionar su propia dirección y que complicará el retorno a formas más naturales.
- **Teoría crítica:** Su utilización se percibe como una fase de duelo en la evolución humana.

(Adaptado de Omoregie, 2016, p.897-899)

3.1.2.2 La aproximación sistémica a las ciencias de la actividad física y del deporte

Otra teoría relacionada en este ámbito del impacto de la tecnología por Omoregie (2016) es la teoría de los Sistemas Dinámicos, que aparece relacionada a partir de la interdisciplinariedad y que presenta la tecnología como un elemento integrador de las ciencias relacionadas en el deporte (Balagué et al., 2017).

La Teoría de los Sistemas Dinámicos es la aplicación de un marco de trabajo aplicable al modelado del rendimiento deportivo y en el que se analiza cada componente como una red de subsistemas (respiratorio, circulatorio, nervioso, esquelético-muscular y perceptual). Cada subsistema está compuesto de una gran cantidad de componentes que interactúan entre sí. Bajo este punto de vista, el movimiento y su coordinación son la respuesta a una serie de procesos auto-organizados en el plano físico y biológico.

La teoría de los Sistemas Dinámicos presenta una serie de conceptos que son interesantes para el tratamiento de la información. A pesar de que existe una gran disparidad en las ciencias implicadas en el mundo de la actividad física y del deporte, sin contemplar este escenario multidisciplinar desde un punto de vista reduccionista, podríamos aplicar una única metodología de investigación integradora y predominante que la relacionara entre todas ellas (adaptado de Balagué et al., 2017, p.2).

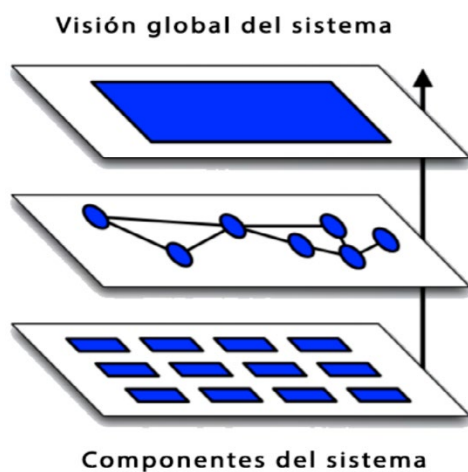


Figura 64. Concepto de de red o sistema dinámico expresado por Newman (2010)

Para poder llegar a dicho punto de vista integrador debemos tener en cuenta los conceptos de **transdisciplinariedad**, **interdisciplinariedad** y **multidisciplinariedad**:

- **Interdisciplinariedad**, implicaría la aplicación de la tecnología deportiva a varias áreas de estudio bajo aproximaciones distintas.
- **Multidisciplinariedad**, implicaría el desarrollo de un marco teórico aplicable a varias disciplinas deportivas.
- **Transdisciplinariedad**, requiere la integración de una serie de fundamentos para la búsqueda de un conocimiento común entre las diversas disciplinas del deporte. En este caso, nos referiríamos al uso simultáneo de varias disciplinas o ciencias aplicadas al mismo tiempo.

(Adaptado de Balagué et al., 2017)

El concepto de transdisciplinariedad ha sido desarrollado en muchas ciencias bajo el término tecnológico denominado **Ciencia de Redes** o **Sistemas Dinámicos**, desarrollado en profundidad por Mark Newman (2010) bajo un punto de vista técnico y matemático. Son varios los autores que fundamentan su utilización como medio integrador (Balagué et al., 2017; Ratten, 2019). Esta percepción de la realidad puede verse expresada en la figura 64 (Newman, 2010), en la que vemos como los diversos componentes de un sistema interactúan entre ellos, pero se organizan independientes a un nivel inferior. Cuando se contempla cada elemento bajo un punto de vista general, los elementos interactúan entre sí por similitud y ofrecen un único comportamiento externo, al igual que sucede en el cuerpo humano a partir de las células y su unión en forma órganos que genera cualquier sistema vivo. Este concepto se aplica desde hace mucho tiempo en el mundo informático y tiene aplicación al mundo real al poder representar casi cualquier concepto bajo un sistema dinámico de redes jerárquicas y relacionadas entre sí.

La denominada teoría de Sistemas Dinámicos, en adelante **DST (Dynamic System Theory)**, implica una aproximación al objeto de estudio bajo una clasificación del problema de forma gradual, representando la complejidad del sistema a partir de la relación que muestran componentes similares y que ofrecen una interacción independiente cuando se observa a nivel granular. Sin embargo, se genera un comportamiento externo dependiente del momento en el que se realiza el análisis cuando se observa el sistema de forma más general (adaptado de Newman, 2010).

Su aplicación al mundo de la investigación y a las ciencias del deporte ofrece una oportunidad para reemplazar el modelo mecanicista que separa las ciencias implicadas en el deporte y propone un gran cambio en cómo percibimos las ciencias implicadas en la actividad física y el deporte (adaptado de Balagué et al., 2012). En consecuencia, esta visión sistémica estratificada permite asociar las diferentes ciencias a partir de sus relaciones, como veremos a continuación.

En esta interacción de elementos, el marco de trabajo se concibe a partir de diferentes aspectos del deporte como son la coordinación motriz, los músculos y las acciones resultantes, así como las interacciones de los participantes a nivel psicológico y, en consecuencia, se relacionan los componentes fisiológicos con las respuestas generadas (adaptado de Balagué et al., 2013, p5). En consecuencia, pese a la segmentación actual en la mayoría de investigaciones, las diversas ciencias como son la fisiología, la biomecánica, el entrenamiento, la psicología y la sociología se presentan bajo un punto de vista integrador (Balagué et al., 2017).

Algunos modelos representan este factor como un conjunto de variables inconexas, pero esta aproximación multidisciplinar ofrece un análisis de las diversas ciencias con gran rigor relacional. En este sentido, y teniendo en cuenta un trabajo transversal a todas las ciencias del deporte, existe la necesidad de científicos y profesionales del deporte que puedan integrar este tipo de información a través de la innovación y el avance tecnológico (Balagué et al., 2017, p.3).

Para poder abordar este tipo de análisis, las diversas ciencias tienen que agruparse bajo dos conceptos:

- **Desde el punto de vista asociativo** mediante un diseño del sistema ascendente (o *bottom-up*) o descendente (top-bottom) del modelo. No existen variables o fenómenos independientes en un sistema vivo a ningún nivel de observación.
- **Desde el punto de vista temporal**, contemplando la implicación de éstas ciencias en diversos momentos de análisis, utilizando el tiempo como factor lineal para el ajuste de los datos. En este caso, cada nivel de implicación tendrá una unidad determinada que producirá el cambio en la variable analizada.

(Adaptado de Balagué et al., 2017, p.3-6)

Una de las conclusiones más importantes de este estudio es que **las diversas ciencias del deporte pueden interactuar entre ellas a partir de la escala de tiempo del valor obtenido y del contexto en el que se encuentran** (Balagué et al., 2017; Ratten, p.4, 2019).

A modo de ejemplo, podemos considerar diferentes las variables fisiológicas a nivel celular, en donde los cambios suceden en intervalos de milisegundos. Sin embargo, en los datos obtenidos a partir de las variables sociales o tomas de decisiones las interacciones son más permanentes y los cambios se dan en intervalos más amplios o más estables. Este tipo de interacción se podría analizar con un carácter ascendente, si consideramos que primero sucede un cambio fisiológico y éste genera una reacción; o mediante un diseño descendente, si una conducta o reacción es la que provoca un cambio fisiológico como respuesta. Además, éstas relaciones entre sistemas son totalmente dinámicas y cambiantes (Balague et al., 2017).

Para poder integrar esta concepción sistémica del cuerpo humano debemos considerar siempre un factor cuantitativo que permita relacionar las entidades con carácter matemático. Este factor implica que los valores obtenidos en cada uno de los estratos definidos deben considerar los siguientes aspectos:

- **Las variables son un concepto multi-contextual.** Su valor tiene un significado en un momento dado, como resultado del comportamiento del sistema en un estado determinado.
- **Este valor denota una serie de explicaciones teóricas** que tienen su propio significado por la evolución temporal, como sucede en las respuestas del comportamiento humano a través de los procesos neuronales.
- **Se trata de un paradigma asociado a un nivel de organización jerárquico**, permitiendo la explicación del sistema a partir de los datos obtenidos y, a la vez, denotando un comportamiento como respuesta.

(Adaptado de Balagué et al., 2017)

Esta propuesta define un punto de vista del investigador al plantear su investigación o marco de trabajo y la relacionaremos en el próximo apartado 3.1.3 con el método *Cross-over* para métodos mixtos (Mixed Methods) y con el proceso de *quantitizing* para la conversión de valores cuantitativos en cualitativos. Además, nos permite desarrollar un contexto en el que podemos integrar el concepto de los denominados métodos mixtos mediante un proceso de transformación de variables cualitativas.

3.1.2.3 La integración de los datos desde el punto de vista sistémico

En el apartado anterior, hemos podido introducir el marco teórico que introduce la DST para estratificar la información como un concepto temporal y como se puede agrupar información obtenida en estratos o capas según su relación a nivel sistémico de cada variable, como si se tratase de las células y órganos de un organismo vivo del cual vemos su respuesta.

Ahora intentaremos justificar como debe ser la generación de ese modelo y que factores se deben tener en cuenta en su diseño. Nuestro análisis irá orientado a obtener que aspectos pueden modelar nuestra aplicación tecnológica del deporte y así permitir su utilización en la investigación.

Cuando analizamos la organización de los niveles realizada por Balagué et al. (2017) a partir de su revisión bibliográfica, podemos ver cómo se distinguen una serie de capas, como son de menor a mayor nivel jerárquico el nivel genético, celular, tejido, orgánico y social. Este tipo de organización ha permitido que se puedan hacer investigaciones para la toma de decisiones, el rendimiento, la coordinación cardio-respiratoria y aspectos sociales, ofreciendo una forma de enfoque que reduce las barreras que separan las diversas ciencias implicadas en el mundo de la actividad física y del deporte (Balagué et al., 2017, p.7).

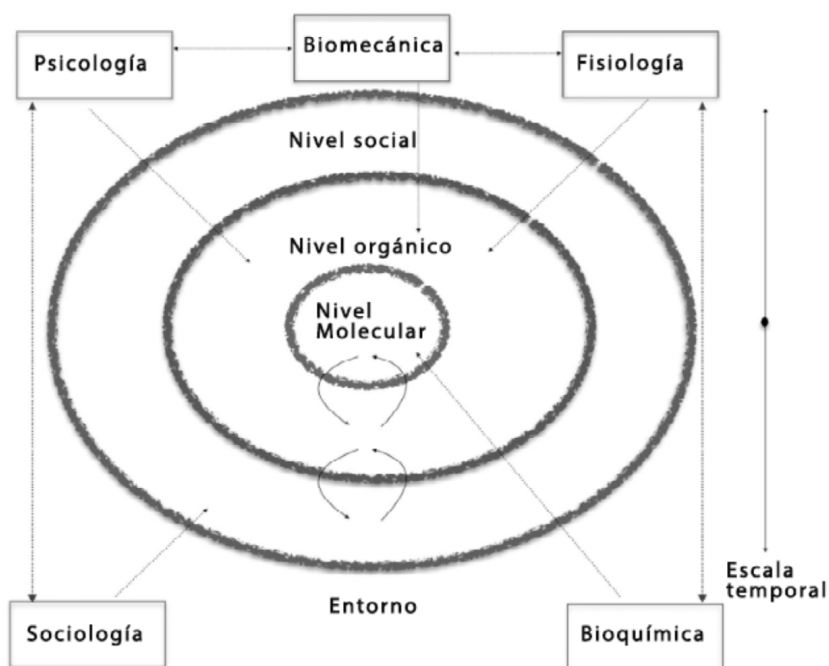


Figura 65. Organización jerárquica de las disciplinas relacionadas en el deporte según la DST (traducido de Balagué et al., 2017)

Si procedemos a una lectura gradual y escalonada de la figura 65 para obtener una percepción sistémica de la investigación en el deporte, podemos comprender que cada disciplina y ciencia que estudia el deporte se relaciona de forma directa con otras afines; obteniendo una serie de resultados que están relacionadas con el momento de la realización del análisis y a su posterior evolución, mostrando la relación del factor tiempo en el análisis. Esta implicación detalla una organización multinivel de la siguiente manera:

- **El nivel molecular** está relacionado con la ciencia bioquímica. Dicha ciencia tiene relación directa con la fisiología y a nivel interno ofrecerá el mínimo nivel de detalle que podamos obtener por variables fisiológicas cuantitativas.
- **El nivel orgánico** se presenta inmediatamente posterior, y en él predominan las ciencias más matemáticas de la actividad física y del deporte. Podemos observar como la fisiología y la biomecánica tienen un mismo nivel de relación. Ambas ciencias resultan ser foco atencional de la mayoría de sensores para el deporte, como hemos visto en la bibliografía revisada. A este nivel también podemos obtener valores relacionados con la psicología a partir del análisis de las ondas cerebrales.
- **El nivel social.** En este nivel tenemos la sociología, la psicología, la pedagogía y en general las ciencias del comportamiento, que obtienen un gran interés en estudios recientes y que enfocamos en este estudio a partir del análisis de métodos mixtos (Mixed Methods) y su integración de los métodos cuantitativos y cualitativos. Este proceso de conversión se analiza con detalle en el apartado 3.1.3. Gran parte de los valores de éste área son de carácter cualitativo, pero

pueden ser transformador en valores cuantitativos a partir de un proceso que veremos en detalle denominado **quantitizing**.

Recordamos que esta relación multinivel debe ser analizada a través de dos aproximaciones que condicionan el nivel molecular: las variables sociales y las interacciones afectan los niveles moleculares (aproximación descendente) o que las variables moleculares afecten a estratos superiores (aproximación ascendente). Por tanto, el estudio de las diversas ciencias implicadas en el ámbito de la actividad física y del deporte se presenta como un concepto abierto que dependerá del diseño del estudio y de su enfoque y aproximación.

Al fin y al cabo, “para comprender la innovación tecnológica en el deporte es importante que el conocimiento que aporta la interdisciplinariedad sea intercambiado y transferido” (Ratten, 2019, p.4).

La posibilidad de realizar una herramienta transversal a partir de dichos estudios se presenta como un concepto innovador e integrador que desarrollaremos con detalle en el capítulo 6 de nuestro marco empírico, en donde discutiremos la estructura del producto resultante a partir de estas aportaciones. Sin embargo, podemos ver como estos conceptos serán enfocados a partir de la siguiente figura:

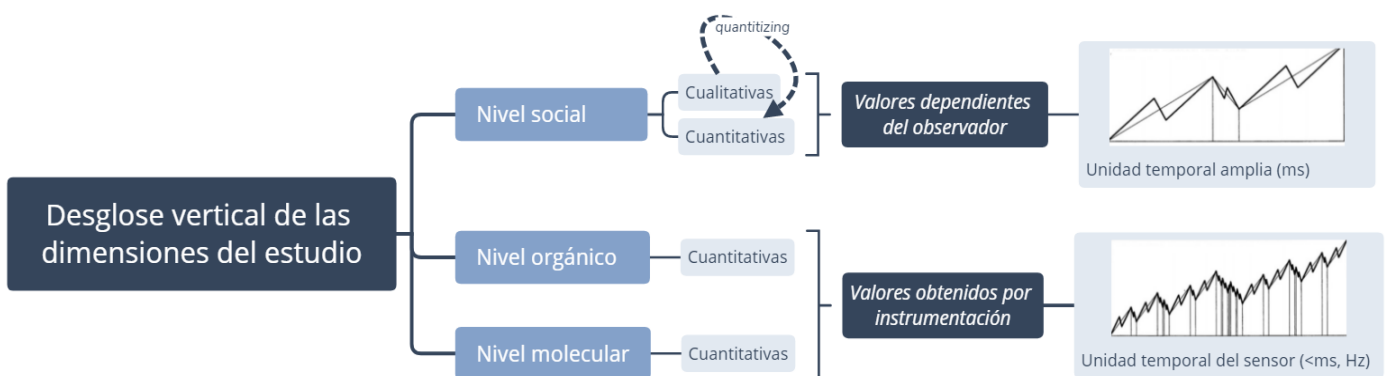


Figura 66. Representación de los parámetros cuantitativos obtenidos por mix-methods bajo un punto de vista sistémico (elaboración propia)

En la figura 66 podemos ver como el proceso de cuantificación aplicado sobre el nivel social de las dimensiones del estudio bajo un punto de vista DST puede permitir la inclusión de cualquier tipo de sensor al estudio del comportamiento deportivo. Para ello, se debe considerar la señal aportada por el sensor, que será un registro temporal continuo o discontinuo, con los episodios de observación del fenómeno que el investigador desea contemplar.

Sin embargo, los datos obtenidos por sensores y los datos registrados en la observación tendrán distintas escalas y deberemos considerar una serie de adaptaciones para poder permitir la aproximación bottom-up o top-bottom. Dicha conversión o adaptación del parámetro cuantitativo, introducido en el siguiente apartado 3.1.3, será indispensable para poder ofrecer diversos niveles de observación al investigador.

La conversión de valores entre los diferentes niveles de aproximación es posible siempre y cuando ésta sea de rango inferior a la utilizada inicialmente (Valdivieso, 1991, p.122), por lo que siempre contemplaremos que variable cuantitativa tiene una precisión temporal mayor para construir a partir de ella el sistema de valores y resultados del proceso. Esta afirmación justifica la aproximación *bottom-up* y *top-down* de la siguiente manera:

- En la aproximación *bottom-up*, se deberá cambiar la escala y reducir el valor convirtiendo las variables cuantitativas en valores discretos, a partir de procedimientos matemáticos como la media, el valor máximo, mínimo, sumativo o cualquier otra adaptación que requiera el estudio para obtener un valor que sea de aplicación con el rango discreto de orden superior.
- En la aproximación *top-down*, deberemos mantener constante el valor ya que proviene de una escala nominal u ordinal a partir del sistema de codificación, así la variable de razón tomará valores equivalentes durante todo el tramo temporal en el que se ha obtenido la medida de registro.

(Adaptado de Valdivieso, 1991, p.123)

3.1.3 La integración de métodos cuantitativos y cualitativos a partir de *Mixed-Methods*

La propuesta de combinación de métodos de investigación cuantitativos y cualitativos diversifica el diseño de una aplicación tecnológica para el deporte y hace más complejo, pero rico, el tratamiento y almacenamiento de los datos que se vayan a utilizar. La introducción y combinación de varias metodologías investigadores facilita el diseño y la realización de cálculos complejos combinados en la confluencia de diversos tipos de datos. En este sentido, nos encontramos con métodos de investigación que han tenido una gran evolución reciente y que pueden apoyar y facilitan la tarea del investigador a partir de una metodología denominada Métodos Mixtos.

Los Métodos Mixtos o *Mixed Methods* están validados por varios autores al proveer de un sistema de gran rigor científico que permite la integración de datos cualitativos y cuantitativos, ofreciendo un gran potencial de aplicación en el ámbito de la investigación de la actividad física y del deporte (Anguera et al, 2017). De hecho, la aplicación de diseños de investigación basados en esta metodología ha tenido un interés creciente en los últimos años en la comunidad científica (Anguera, et al., 2020).

Uno de los motivos causantes de este interés es que facilita poder aplicar la metodología observacional al ámbito de las aplicaciones de vídeo y ofrecer la integración de elementos cuantitativos y cualitativos, a partir de una conversión de los valores cualitativos en cuantitativos a través de un proceso denominado **quantitizing** (Anguera et al., 2020).

Este proceso, que permite la utilización del vídeo como un medio transversal en la investigación, sirve para justificar nuestra propuesta de desarrollo de una herramienta integradora de medios audiovisuales. Bajo las investigaciones aportadas por esta investigadora de la conducta humana y su grupo de investigación podemos ver un proceso bien definido que nos permite comprender este tratamiento de datos, el cual exponemos a continuación.

3.1.3.1 Quantitizing

El denominado *quantitizing* es un proceso de conversión de datos que se puede aplicar a un registro descriptivo para convertirlo en un valor cuantitativo.

Para obtener el registro descriptivo realizaremos un análisis de una observación o conducta utilizando un instrumento de evaluación de la conducta humana o sistema de observación generado *ad-hoc* específicamente para cada tipo de estudio. Este análisis generará una matriz de códigos en donde cada episodio de observación estará ordenado temporalmente por orden de aparición formando una secuencia de registros o episodios de observación, que son analizados mediante este instrumento de observación. La conversión a valores cuantitativos se realiza a partir de una serie de códigos del instrumento. Un diseño siguiendo estas premisas permite la conversión entre fases cuantitativas y cualitativas del estudio sin límites de aplicabilidad (adaptado de Anguera et al., 2020, p.50).

El proceso de cuantificación surge como una vía de integración entre datos cualitativos y cuantitativos (CUAL → CUAN) y facilita la posterior conversión a datos cualitativos con una estructura diferente, generando una etapa final de interpretación de resultados de tipo cualitativa (CUAL → CUAN → CUAL). Al procesar los datos de esta manera se permite realizar estudios observacionales de análisis de la realidad, teniendo en cuenta el contexto del observador en el análisis de la respuesta de los participantes (Anguera et al., 2020, p. 52-53). Dicho proceso se presenta como una posible solución metodológica y elemento facilitador de la propuesta integradora del trabajo conjunto de varias ciencias integradas, tal y como destacábamos en el apartado anterior en el que tratábamos la visión sistémica.

La obtención de datos en esta propuesta metodológica se genera por la observación directa de registros de conducta en situaciones naturales con comportamientos espontáneos. Esta observación directa garantiza la percepción por parte del observador, a través de medios audiovisuales como es la grabación video gráfica, garantizando una precisión y agilidad mayor, o también con la observación indirecta a través de entrevistas o registros en formato de texto (Anguera et al., 2020, p.54).

3.1.3.2 Connecting

Una vez obtenidos los datos del registro observacional se debe transformar esa matriz de datos mediante un proceso conocido como *connecting*. Este proceso permite la conversión bidireccional entre los datos cuantitativos y cualitativos, generando dos colecciones de datos que cambian de formato de forma independiente y que modificará la apariencia de los resultados (adaptado de Anguera et al, p55, 2020).

Esta conversión de datos también se definida por otros autores, como Teddlie y Tashakkori (2009), bajo el concepto de *crossover mixed analysis* y supone una alternativa alentadora a la complejidad de aplicación de los métodos mixtos (Anguera et al., 2020, p. 56).

Teniendo en cuenta la aplicación del proceso de *quantitizing* y cómo encaja en la metodología observacional con la cuantificación a través de *connecting*, se puede permitir la aplicación de forma rigurosa de un método científico que cumple con las siguientes fases: un planteamiento inicial como diseño

observacional, la construcción de un instrumento de evaluación, instrumento de observación, una fase de registro y codificación, instrumento de registro, que permite realizar un control de calidad del dato en una fase de análisis posterior (Anguera et al., 2020, p. 57).

3.1.3.3 Aplicación de los procesos de *quantitizing* y *connecting* a la investigación observacional

Para poder aplicar ambos procesos a la metodología observacional debemos considerar las siguientes etapas en nuestro proceso investigador no lineal:

1. **Establecer las dimensiones del estudio o criterios y categorías que consolidan el instrumento de observación.** Este proceso se realiza a medida del estudio para el estudio o *ad-hoc* aplicando un formato de campo combinado con un sistema de criterios/dimensiones y categorías. Para generar el instrumento consolidado de observación se puede optar por dos alternativas que se pueden combinar:
 - Un sistema de criterios y categorías cerrado y determinado, basado en un marco teórico estable sobre la dimensión de estudio.
 - Un formato de campo con criterios que albergan categorías definidas pero abiertas sin un marco teórico y fundamentación teórica determinado.
2. **Generación de las unidades de observación cualitativas (fase QUAL).** A partir de la secuencia interactiva se detectan una serie de unidades de observación o episodios previamente registrados a partir del concepto de granularidad, segmentando la información a analizar en episodios secuenciales en el tiempo, en donde cada episodio es representativo de una situación que requiere de análisis.
3. **Generación del registro de observación cualitativo (fase QUAL).** Mediante la utilización del instrumento de observación, formado por datos cualitativos, se realiza el análisis de cada episodio y se forma una matriz de códigos que será esencial para el proceso de *quantitizing*. Esta matriz de códigos tendrá por filas las unidades de observación o episodios que se suceden en el tiempo y dispondrá en columnas las diferentes dimensiones que se han observado. El registro generado tendrá todavía carácter cualitativo (fase QUAL).
4. **Proceso de cuantificación (fase QUAN).** Una vez obtenida la matriz de datos cualitativos existen muchas posibilidades para su conversión y tratamiento mediante un análisis cuantitativo, al estar apoyado el proceso en parámetros primarios de orden y duración que presentan un orden progresivo de inclusión (fase QUAN).
5. **Tratamiento de los datos (fase QUAN-QUALI).** Implementación de las técnicas analíticas convencionales, como es el caso de **la estadística descriptiva, las correlaciones ordinales y el análisis de correspondencias, conglomerado o varianzas.**

6. **Análisis de los resultados (fase QUALI).** Descodificación de la matriz de datos cuantitativos en resultados conductuales cualitativos y temporales que permiten la relación entre diversas dimensiones de carácter categórico para la obtención de cálculos como **el análisis secuencial de retardos, el análisis de coordenadas polares y la detección de T-Patterns.**

Adaptado de Anguera et al., 2020, p.58-63, 2020

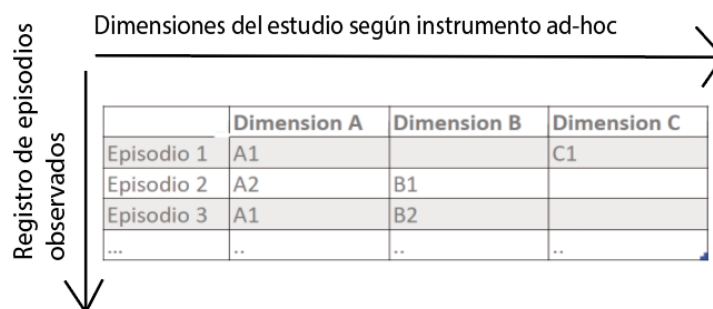


Figura 67. Proceso de registro válido para quantizing según la metodología observacional a partir de Anguera et al (2020)

En la anterior figura 67 podemos ver como es la representación de los datos en un estudio observacional tipo, en donde los diferentes episodios de la observación y las dimensiones del estudio se reflejan en una matriz bidimensional.

Si tenemos en cuenta las afirmaciones propuestas, podemos establecer que, desde el punto de vista analítico del ámbito de investigación, estas bases nos permiten introducir unas premisas metodológicas para poder modelar la arquitectura de nuestra aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real. Como hemos podido justificar, el uso del vídeo se presenta en varias ocasiones como un factor indispensable en el análisis de la actividad física y del deporte.

Este enfoque metodológico ofrece amplias posibilidades y permite realizar una investigación con una aproximación agnóstica permitiendo que los datos no estructurados puedan convertirse a valores cuantificables. Además, la implementación de esta metodología a partir de una aproximación cualitativa y cuantitativa permitiría la integración de los últimos avances tecnológicos para el deporte analizados en los anteriores capítulos, como son entre otros, la inteligencia artificial, la utilización de *big data* y el análisis en tiempo real.

En este proceso de registro aún debemos considerar el concepto introducido como *Hard Data* que haría referencia a los valores obtenidos en la medición de diversos parámetros de la actividad física a partir de la instrumentación o sensores que el estudio desee integrar y que hemos detallado en la visión sistémica.

Hasta ahora, hemos podido diferenciar procesos y metodologías, con etapas diversas que explican el procedimiento con detalle y que forman una base sostenible para la generación de nuestra aplicación tecnológica en tiempo real para el deporte, concepto que se muestra amplio y de compleja aproximación.

Finalizamos el apartado de análisis de las estructuras de datos para el tratamiento de la información de la investigación a partir de la figura 68 en la que podemos distinguir estas fases de la observación conductual y la aplicación de los *Mixed Methods* mediante el proceso de *quantizing* definido por Anguera et, al. (2020).

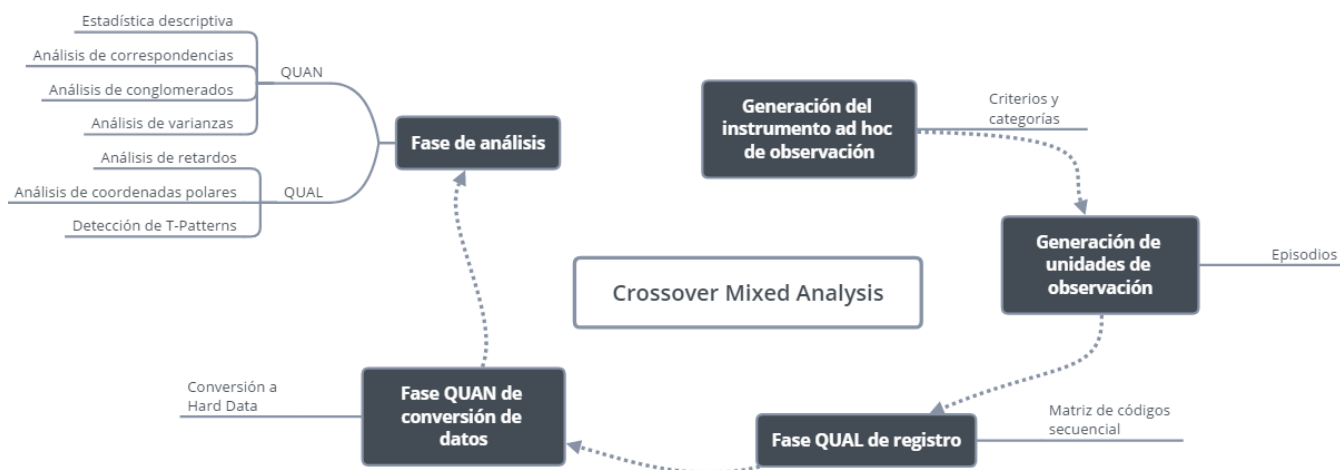


Figura 68. Síntesis de las fases de un análisis mediante *Crossover Mixed Methods* (adaptado de Anguera et al., 2020)

En la anterior figura 68 podemos ver la síntesis de este proceso diferenciando cada fase. Se puede distinguir la fase de generación del instrumento, la del marcado de episodios y la fase de registro que finalizan en un análisis que puede ser cualitativo o cuantitativo, en donde se optará por hacer un tipo de cálculo específico según el tipo de investigación. En esta figura se detallan además los métodos mencionados por los autores y se destaca la fase QUAL→QUAN de cuantificación como un proceso indispensable para la realización del estudio.

3.1.3.4 El tiempo como elemento integrador en la visión sistémica

El proceso definido por la aplicación de técnicas *crossover* para los análisis por métodos mixtos, encaja con la visión sistémica como concepto integrador en el ámbito de la investigación. Este nexo de unión es el resultado de que ambos enfoques de la investigación; por un lado, la teórica a partir del marco de trabajo de la visión sistémica y, por otro lado, la metodológica a través de los métodos mixtos, coinciden en que el tiempo es un componente esencial para el registro de la información. A partir de dicha unión de conceptos se permite la inclusión de parámetros cuantificables y de registro de la conducta del ser humano para el desarrollo de proyectos investigadores de tipo innovador.

Por tanto, podemos construir un proyecto que integre todo tipo de variables si tenemos en cuenta como ocurren los acontecimientos, se suceden y se organizan en la línea temporal con las siguientes premisas:

- Por un lado, desde el punto de vista cualitativo, el tiempo se consideraba como un factor lineal y secuencial en el registro de episodios de observación (Anguera et al., 2019).

- Por otro lado, podemos justificar la interposición de variables cuantitativas en dicho registro a partir de una organización jerárquica en el que cada variable obtenida tengan un registro multi-contextual (Balagué et al., 2017).

Estudiar con detalle como es la organización jerárquica de las variables cuantitativas nos permitirá implantar el proceso de conversión de variables cualitativas adecuadamente en el sistema. Además, la integración de variables cuantitativas y cualitativas justifica el desarrollo de una herramienta integral para la realización de estudios científicos en la actividad física y del deporte.

Esta aplicación tecnológica contemplaría la integración de variables obtenidas a partir de diversos sensores y, además, permitiría la observación conductual bajo una única herramienta que incluiría todas las ciencias del deporte. Cabe decir que este tipo de herramienta no se ha encontrado documentada en ningún producto de la bibliografía revisada, ya que las aplicaciones existentes están centradas en un tipo de dato u otro.

Una vez satisfecho el marco teórico relativo a los tipos de datos que nuestra aplicación tecnológica debe contemplar, procedemos al análisis de la situación actual de las herramientas especializadas en la metodología observacional. Este análisis buscará en todo momento la integración de las ciencias del deporte que aporte un prisma educativo para el investigador y, a la vez, una base crítica para nuestro objeto de estudio, para poder fundamentar aún más el desarrollo de nuestra ATD-TR.

Cuando hayamos revisado las características de las aplicaciones tecnológicas, generaremos las bases del comportamiento interno de nuestra aplicación tecnológica para la investigación y desarrollaremos en qué áreas se podría utilizar esta ATD-TR. Por ello, procedemos a revisar que áreas científicas son de interés y que tipo de relación existe entre el investigador y el estudio. Una vez establecidas los diversos posicionamientos en el mundo de la actividad física y del deporte, analizaremos que necesidades tienen las aplicaciones tecnológicas basadas en la observación.

Por tanto, en siguientes apartados desarrollaremos:

- El estado actual de las aplicaciones informáticas para la metodología observacional.
- Definiremos los requerimientos esenciales de nuestra ATD-TR.
- Analizaremos su utilidad en distintas áreas científicas.

3.2 Estado actual de las aplicaciones observacionales para el deporte

La innovación tecnológica es un objeto de estudio que en los últimos años atrae un gran interés debido al efecto transformador que produce en los sectores industriales. Su utilización ha cambiado todos los procesos de negocio con especial énfasis en aquellos que requieren el uso de dispositivos electrónicos, sensores o aplicaciones móviles. Estas innovaciones han modificado la estructura del deporte a partir del uso que se ha hecho y la forma cómo se está usando la tecnología (Ratten, p.4-5, 2019; Omoregie, 2016). De hecho, esta omnipresencia de la tecnología ha cambiado también nuestra percepción del cuerpo y del deporte, alterando al entrenador, al deportista e incluso al espectador sedentario (Omoregie, 2016). Por eso, cada vez más organizaciones deportivas van a tener que transformarse en agentes de cambio para facilitar el desarrollo de la tecnología y potenciar su desarrollo en la dirección adecuada (Ratten, 2019).

Este proceso hacia la revolución digital ha acelerado el progreso científico, ya que la comunidad científica puede obtener un gran beneficio fruto de una mejora considerable en el tiempo invertido en la investigación en esta área, utilizando herramientas gratuitas y de código abierto que se han desarrollado (Love et al., 2019). Este proceso se justifica por los siguientes aspectos:

- La disponibilidad del **código fuente** que genera la aplicación, permite la comprobación de los cálculos por la comunidad investigadora generando confianza y validez en el uso de la aplicación.
- El hecho de poseer **código abierto**, permite que el investigador lo pueda ajustar a sus necesidades.
- Permite que el programa se pueda convertir y difundir sin coste alguno, facilitando el acceso de las herramientas necesarias a la comunidad investigadora.

(Love et al., 2019, p 2)

Sin embargo, veremos como la labor investigadora en el ámbito deportivo se encuentra con algunas complejidades para adoptar este proceso de transformación digital. A continuación, analizamos la investigación en el ámbito de la observación conductual a partir de cómo se están utilizando estas herramientas en el proceso científico intentando descubrir que factores pueden ser mejorados.

3.2.1 Las utilidades existentes en la observación conductual del deporte

La metodología observacional “se caracteriza por presentar un alto rigor científico y flexibilidad, en distintas fases del estudio, que permite que se pueda analizar el comportamiento espontáneo de forma objetiva y sin influencia externa” (Anguera et al, 2017, p.1). Este tipo de análisis se suele realizar con dos procedimientos:

- Observación directa, utilizando grabaciones de video o sonido.

- Observación indirecta, a través de elementos narrativos, entrevistas o cuestionarios.

(Anguera et al, 2017, p. 2.)

La metodología observacional posee unas consideraciones específicas para la vertiente investigadora en referencia al tratamiento de datos y su utilización. Teniendo en cuenta como se utilizan estos datos, hasta inicios del año 2000 la investigación cuantitativa en el deporte y la actividad física se basaba en técnicas de regresión y análisis discriminativo, mientras que la investigación cualitativa se centraba en entrevistas y análisis de contenido, suponiendo tan sólo un 2% de la producción científica (Anguera et al., 2017, p. 2). Si, además, tenemos en cuenta como los desarrollos científicos actuales buscan la integración de ambos tipos de datos, podemos afirmar que existen pocos proyectos que realicen algo más que operaciones básicas de integración de dichos datos cuantitativos y cualitativos (Bazeley, 2010).

Dicha integración de datos haría referencia al concepto de métodos mixtos (*Mixed Methods*) que hemos revisado en apartados anteriores. A pesar de ello, el número de investigaciones que utilizan los métodos mixtos han incrementado en los últimos 15 años, tanto desde el punto de vista conceptual como metodológico (Anguera et al., 2017), y actualmente hay una amplia cantidad de aplicaciones informáticas y tecnología de diversa índole que se ve facilitada por aplicaciones de acceso abierto (Hernández-Mendo et al., 2014; Love et al., 2019).

Un problema que suelen tener estas aplicaciones de metodología observacional es que **no suelen incluir todas las características necesarias referentes a las fases de codificación, visionado, registro y análisis**, haciendo necesaria la utilización de diferentes aplicaciones para cada una de las etapas de investigación (Hernández-Mendo et al., 2014). Esta dispersión de herramientas informáticas genera dificultades prácticas en la captación, administración de la información y análisis por parte del investigador que tiene una complejidad añadida si las fuentes de datos son dispersas.

Por tanto, cuando el investigador debe gestionar diversas herramientas se encuentra con una usabilidad y manejo específico. Esta tarea, además, se complica cuando el investigador debe estar intercambiando la información entre los distintos programas utilizando una cantidad de formatos, ficheros y datos diversos. En consecuencia, se aumenta innecesariamente la complejidad de la labor investigadora y el tiempo de desarrollo de la investigación en tareas que puede generar errores humanos por la cantidad de pasos necesarios. En la siguiente figura representamos este proceso investigador con las herramientas actuales:



Figura 69. Proceso investigador en metodología observacional con la utilización de aplicaciones informáticas (elaboración propia)

Si, además, consideramos **la utilización metodológica de los métodos mixtos nos podemos encontrar con otra complejidad añadida**, por lo que la integración de nuevas metodologías de investigación en muchos estudios basados en métodos mixtos se encuentra infra desarrollada (Bazeley, p.432, 2010).

Para analizar esta situación, y comprender las diversas herramientas a disposición del investigador, procedemos a revisar bibliográficamente que tipos de aplicaciones se están utilizando, tanto para la observación indirecta como para la observación directa, y así descubrir un poco más como este proceso investigador y que utilidades están al alcance del investigador.

3.2.1.1 Herramientas para la observación indirecta

En la observación indirecta disponemos de una gran cantidad de herramientas informáticas que facilitan el análisis de variables cuantitativas y cualitativas de forma independiente. Estas herramientas permiten la integración de los datos mixtos, permitiendo el flujo de información entre diversas aplicaciones (Bazeley, p433, 2010). Este tipo de aplicaciones se presentan como una serie de herramientas de apoyo, al ser complementarias entre sí, y que podemos clasificar en:

- **Herramientas de propósito general y bases de datos.** El software ofimático se presenta como una serie de aplicaciones que permiten el registro manual y exportación de la información, así como la generación de gráficas y tablas para la presentación de los resultados. Estas aplicaciones permiten la integración de datos numéricos y de texto, permitiendo la inserción de datos de diferente naturaleza desde diversas fuentes o incluso bases de datos. Un ejemplo de este tipo de programas, como hoja de cálculo, es Microsoft Excel.

- **Programas específicos de análisis cualitativo (*qualitative data analysis software* o **QDA**)**, que proporcionan un método de conversión del dato. Dichos programas han evolucionado permitiendo la realización de análisis a través de métodos mixtos y han facilitado la investigación mediante observación indirecta, facilitando el análisis del texto. Ejemplos de este tipo de aplicaciones son NVivo, MAXQDA, Atlas-Ti y QDA Miner, que se presentan como herramientas avanzadas y específicas. A modo de observación, destacar que ninguna de estas herramientas es gratuita y su licencia anual sea cerca a los 1500 euros.
- **Software estadístico y módulos estadísticos para análisis de texto**, que categorizan los datos y los combinan para realizar el cálculo estadístico con gran rigor científico. El software estadístico provee una serie de herramientas de visualización y un cálculo preciso para los datos cuantitativos, así como la generación de gráficos de tipo box-plot, scatter, dendrogramas y gráficos dimensionales. Un ejemplo de este tipo sería el módulo de análisis para texto de encuestas del programa estadístico SPSS, Stata, R, WordStat o JASP Stats (Love et al., 2019). Algunos de ellos, como son R o JASP Stats (basado en R) son gratuitos.
- **Herramientas de aplicación específica**. En algunos tipos de investigaciones podemos incluir una serie de programas informáticos más específicos como son:
 - Herramientas QCA o *Qualitative Comparative Analysis*. Son un tipo de aplicaciones que permiten la comparación a partir del algebra booleana y tablas de verdad. Un ejemplo es la aplicación TOSMANA.
 - Software para el análisis de redes de datos sociales. Permiten la generación de informes para las redes de contactos y la graficación de las relaciones sociales. Un ejemplo es UCINET.
 - Herramientas GIS. Son aplicaciones para mostrar información geográfica a nivel físico, demográfico o estadístico. Existen gran cantidad de aplicaciones de este tipo, a modo de ejemplo tenemos ArcGIS o qGIS.

(Adaptado de Bazeley, 2010, p. 433-438)

3.2.1.2 Herramientas para la observación directa

La digitalización del vídeo ha permitido que éste pueda ser incluido en las herramientas de observación, permitiendo una evolución positiva de las aplicaciones informáticas especializadas en la observación directa (adaptado de Hernandez-Mendo et al., 2014, p.112).

Estas aplicaciones, en el mundo de la actividad física y del deporte, suelen clasificarse por el tipo de usuario que las utiliza, orientándose principalmente a la investigación deportiva o al ámbito deportivo profesional para poder realizar el análisis del rendimiento de deportistas en situaciones reales. Sin embargo, no existen muchas aplicaciones informáticas que permitan simultáneamente un uso profesional

e investigador, por lo que se presentan a los usuarios de manera poca integradora (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014, p.112). Si buscáramos un ejemplo de aplicaciones que presentan un uso multidisciplinar, podemos mencionar HOISAN (Hernández-Mendo, 2012) y Lince (Gabin et al., 2012).

La aplicación de este tipo de herramientas, en el ámbito deportivo profesional, es reciente a través de productos comerciales como son Observer XT, LongoMatch (<https://longomatch.com>), Dart Fish (<https://www.dartfish.com>), o de software libre como Match Vision Studio y Lince. Se debe destacar que en éste ámbito **son pocas las aplicaciones que permiten la utilización de varios vídeos simultáneos** como sucede en el caso de Hoisan y Kinovea (<https://www.kinovea.org/en>) (Hernandez-Mendo et al., 2014).

Entre estas aplicaciones, algunos de los proyectos empiezan siendo de código abierto y gratuito inicialmente, pero precisan rentabilizar la inversión o limitar su transparencia, cambiando su postura inicial y modificando el acceso al código para poder generar un beneficio económico, por lo que se debería contemplar un coste adicional en el desarrollo de las investigaciones al plantear el proyecto. Un caso de este tipo de aplicaciones sería LongoMatch que se generó en 2008 como un producto gratuito y de código abierto, que ha dejado de tener soporte para la comunidad investigadora, dejando de publicar su código y limitando el uso gratuito desde 2013 (fuente: <https://longomatch.com/es/company>).

Si analizamos las características que poseen las aplicaciones destinadas a la observación directa, la mayoría contiene una serie de desequilibrios que quedan expuestos por la bibliografía consultada (Hernandez-Mendo et al, 2014):

- **No se incluyen todas las etapas que requiere la investigación.** Muchas aplicaciones informáticas para el análisis de la conducta mediante observación directa no incluyen las características que son necesarias para las diversas etapas de investigación, como son la codificación, el visionado, el registro y el análisis de resultados obligando al usuario a la utilización de diversos programas para finalizar el estudio.
- **El diseño del instrumento de observación es limitado** en la mayoría de aplicaciones. Esta casuística sucede cuando la aplicación presenta una estructura cerrada en el diseño instrumental y no permite el diseño de instrumentos *ad hoc*, o en programas que no permiten un seguimiento sencillo del proceso de construcción para cada una de las dimensiones del estudio.
- **Carencia de feedback instantáneo.** El investigador requiere de un *feedback* instantáneo en el tratamiento de los datos para constatar la fiabilidad y validez de la herramienta. La mayoría de los programas no permiten este tipo de información, no permiten el cálculo de resultados o complican la integración de otros programas estadísticos, siendo sólo algunos programas que permiten contrastar la calidad del dato registro o el cálculo de la fiabilidad del observador a partir de coeficientes como puede ser el índice Kappa de Cohen.

(Adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014, p.111-112)

En este ámbito podemos encontrar algunos ejemplos de aplicaciones desarrolladas por nuestro grupo de investigación para la observación conductual como son las siguientes:

- **HOISAN** (Hernández-Mendo et al., 2012): Permite la codificación, registro, descripción y manipulación de una o varios vídeos en tiempo real o registrados. A partir del registro de la información, permite la exportación de información con programas específicos (ATLAS.ti, LINCE, THEME) o de carácter general (hojas de cálculo, paquetes estadísticos). Este programa permite el cálculo de índices de correlación, de concordancia, análisis secuencial de retardos, análisis de coordenadas polares y porcentaje de acuerdo.
- **LINCE** (Gabin et al., 2012): Este programa logra superar algunas de las barreras de utilización para el usuario final simplificando el proceso de análisis. Permite la construcción del instrumento de observación y la reproducción rápida del vídeo, teniendo control absoluto de la fase de registro, facilitando algunos cálculos para la calidad del dato y ofreciendo sencillez en la exportación de los datos de la investigación.
- **THEMECODER** (Patternvision, 2001): Permite la investigación observacional centrándose en la detección de T-Patterns (Magnusson, 2006), concepto que implementa la repetición y detección de patrones de conducta, ofreciendo un algoritmo específico para ello. Además, ofrece un sistema para integrar el posicionamiento espacial en el que suceden las acciones como un elemento adicional a la observación, a partir de las zonas que existen en un campo de juego.
- **VIDEOOBSERVER** (<https://www.videoobserver.com>): Programa que se centra en la observación de partidos en directo o diferido para el registro de eventos técnico-tácticos mediante tecnología web. Este conjunto de programas se inició de forma gratuita para la educación, pero actualmente han dejado de dar soporte en esta línea de trabajo para obtener un balance económico que establezca la situación financiera de la inversión requerida en el programa. Una de las principales características que ofrece es el registro de las zonas o ubicaciones en las que sucede la acción observada y la utilización de instrumentos de observación predefinidos para la modalidad deportiva, aunque también permite cierto grado de personalización, así como la importación y exportación de los datos con otras aplicaciones.
- **MOTS y HOISAN** (<https://www.mempas.com>): Programas que facilitan el cálculo de la fiabilidad, precisión y validez de los distintos observadores y que, además, realizan la valoración del estudio mediante la validez inter e intra observador. Para ello, utilizan una serie de métodos estadísticos como puede ser el coeficiente kappa y el coeficiente de correlación intraclase o ICC.

(Adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014, p.112-118)

Estas herramientas generan un ecosistema de aplicaciones que permite la integración y disminución de las aplicaciones necesarias en el análisis observacional directo, como se puede ver en la siguiente figura:

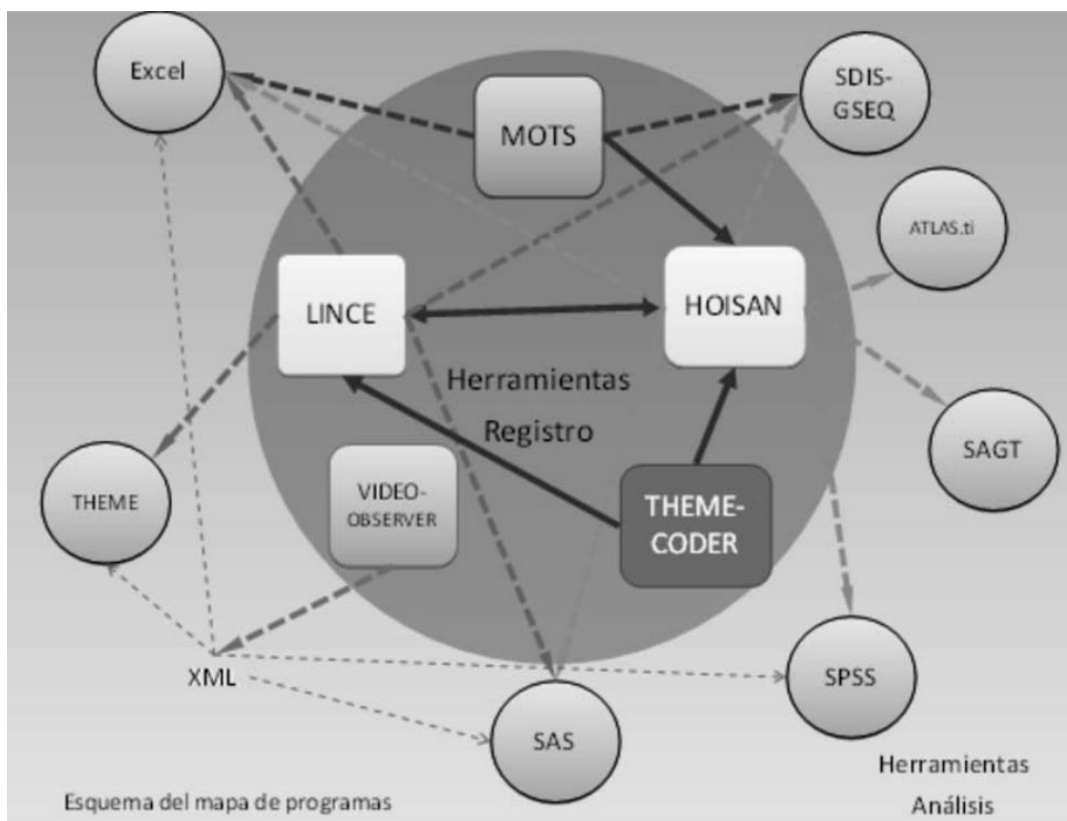


Figura 70. Mapa de programas interconectados para la observación directa (elaborado por Hernandez-Mendo et al., 2014)

A partir de esta clasificación de herramientas ya existentes, podemos sintetizar una serie de características que las aplicaciones de observación directa requieren:

- Gestión de un instrumento observacional personalizable, aunque también existe la posibilidad de estandarizar instrumentos.
- Simplificar la utilización para el usuario final, que puede ser investigador o profesional de la actividad física y del deporte.
- Integrar herramientas externas y facilitar la importación de los otros programas para facilitar la labor investigadora y la libertad del investigador.
- Facilitar el cálculo del porcentaje de acuerdo entre varios observadores a partir del análisis de la fiabilidad interobservador e intraobservador, utilizando índice Kappa o similares.
- Permitir el cálculo estadístico de otros parámetros importantes, como son los índices de correlación y concordancia, el análisis de retardos, el análisis de coordenadas polares y el análisis de patrones de conducta a partir de *T-patterns*.
- Registrar la posición o zona en la que sucede la acción como elemento de observación.
- Posibilitar el registro de la observación en directo o en diferido.

3.2.1.3 Herramientas de soporte a la investigación

Recientemente se han desarrollado una serie de proyectos que facilitan la labor investigadora de la metodología observacional y que merecen ser destacados de forma específica al ser aplicaciones gratuitas y de código abierto:

- **Open Science Framework:** Es una herramienta que promueve el flujo de trabajo en abierto para la investigación en todas las fases de desarrollo y de manera colaborativa. Para ello, facilita en un entorno integrado poder desarrollar la idea de la investigación, el diseño del estudio y el almacenamiento de datos de manera que esté accesible en la web para todos los participantes del proyecto y así para poder generar y publicar informes o estudios científicos (Foster et al., 2017). Esta herramienta gratuita está disponible a través del enlace <https://osf.io/>
- **JASP Stats:** Se trata de una herramienta gratuita de código abierto que facilita la labor investigadora desde el ámbito del cálculo matemático. A través de una interfaz sencilla, permite la realización de cálculos como ANOVAs, regresiones lineales y tablas de contingencia, así como la generación rápida (Love et al, 2019). Esta aplicación está basada en R y disponible en <https://jasp-stats.org/>.

Una vez analizadas las aplicaciones informáticas del sector que nos permiten detectar la realidad y las necesidades del investigador, podemos concretar que necesidades se requieren para la creación de una herramienta informática que facilite la labor investigadora. Por tanto, en el siguiente apartado establecemos esta relación de necesidades o requerimientos que permitirá cumplir el objetivo principal de esta investigación.

3.3 Requerimientos o necesidades de una aplicación tecnológica en el deporte para la investigación observacional

Con el fin de cumplir nuestro objetivo principal de esta investigación de generar una aplicación tecnológica en tiempo real para el deporte, y teniendo en cuenta las aportaciones esenciales de apartados anteriores que han desarrollado las novedades tecnológicas actuales, vamos a resumir las necesidades o requerimientos que precisamos para desarrollar nuestra aplicación informática a partir de soporte documental y bibliográfico.

Se debe tener en cuenta que, a pesar de la disparidad de aplicaciones y el gran número de herramientas que existe en el mercado, hemos sintetizado una serie de necesidades a destacar. Las necesidades detectadas que definen la estructura de una aplicación útil e innovadora para la investigación observacional del deporte, precisan de una ordenación lógica para generar instrumentos válidos y útiles para este análisis. Por tanto, esta relación de necesidades permitirá orientar y validar el producto principal de esta tesis como resultado del estudio de estas condiciones. Dicha validación se realizará en este capítulo 3 de esta tesis al analizar estas necesidades que una vez contrastadas se denominarán requerimientos.

Los **requerimientos** de una aplicación informática son los criterios, objetivos y esperanzas que forman un producto y que permiten satisfacer las necesidades de construcción (adaptado de Shankar et al., 2020, p451). Una de las definiciones más estructuradas que se ha encontrado para requerimiento es “la condición o capacidad que un sistema debe cumplir y que está derivada de las necesidades del usuario” (Shankar et al., p. 452, 2020).

El proceso de análisis que hemos realizado durante la búsqueda bibliográfica previa cumple los estándares, ya que la composición de los requerimientos se debe generar a partir de la descomposición de un sistema, observando cómo se da la interacción entre cada de sus subsistemas implicados (adaptado de Shankar et al., 2020, p. 452).

Durante el proceso de diseño los requerimientos pueden evolucionar y tener consecuencias sobre el resto del producto generado y, por eso, debe verificarse que se cumplan en las fases finales del proyecto para verificar que el sistema cumple con todos los elementos requeridos (Shankar et al., 2020, p.452). Por tanto, definir todos los elementos de nuestra aplicación informática para el deporte en tiempo real es un apartado elemental que permitirá, como hemos mencionado, validar al final de su construcción y si el producto cumple con las expectativas.

Esta agrupación de necesidad se suele clasificar en:

- Los **requerimientos funcionales**, que definen lo que el producto debe cumplir para ser válido, a partir de acciones y hechos. Algunos autores también los definen como los deseos y comportamientos necesarios del sistema (Shankar et al., 2020, p.451).

- Los **requerimientos no funcionales**, por otro lado, no poseen una definición tan estructurada y hacen referencia una serie de atributos que definen el producto desde un punto de vista de calidad (Shankar et al., 2020, p.451).

3.3.1 Requerimientos funcionales de una aplicación para la investigación observacional en el deporte

Para poder presentar las diversas características que hemos analizado anteriormente, utilizaremos las fases de la metodología observacional definidas por Anguera et al (2020). Teniendo en cuenta dichas fases en la investigación, procedemos a clasificar las diversas aportaciones de cada uno de los autores revisados. Para ello, en cada una de las fases de la metodología observacional incluiremos los conceptos que hemos definido en el apartado 3.2 que hacía referencia al estado actual de las aplicaciones observacionales.

Apoiando las necesidades que se han detectado en las aplicaciones informáticas utilizadas en la metodología observacional, introduciremos recomendaciones específicas que se deben seguir en un diseño observacional para que el estudio sea riguroso, tal y como definen Portell et al. (2015) en sus directrices, siguiendo el GREOM, para la evaluación científica basada en la metodología observacional. Estas aportaciones permiten mejorar, sobretodo, nuestros requerimientos hacia la obtención de los resultados que la aplicación debe permitir.

Nuestra clasificación en las fases observacionales permitirá definir requerimientos funcionales que nuestra aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real buscará cumplir como elemento indispensable. Acompañamos cada requerimiento con una codificación secuencial para, posteriormente, generar nuestro instrumento de validación.

Dicha lista de requerimientos funcionales es la siguiente:

I. Aspectos generales de la herramienta y elementos que lo componen

- **REQ-1A: Interfaz con el usuario.** Para evitar caer en desuso se debe proporcionar unas condiciones de usabilidad adecuadas, posibilitando que la aplicación sea accesible, fácil de manejar, intuitiva y amigable estéticamente. Además, se debe posibilitar dos tipos de uso, que puede ser propuesto en dos versiones distintas de la aplicación:
 - **REQ-1A-a: La aplicación presenta una interfaz con el usuario intuitiva y estética.** El sistema debe permitir un uso rápido, sencillo y directo para el entrenador (Izquierdo et al., 2008, p.195).
 - **REQ-1A-b: La aplicación permite un uso avanzado en investigación.** El sistema debe permitir un uso avanzado y con posibilidades más complejas para la investigación (Izquierdo et al., 2008, p.195).

- **REQ-1A-c: La aplicación permite un uso básico por profesionales del deporte.** No abundan las aplicaciones que permitan un uso simultáneo entre el ámbito profesional y científico, por lo que existe una barrera entre investigación y práctica (Hernández-Mendo, et al., 2014, p.112)
- **REQ-1B: La aplicación presenta una curva de aprendizaje baja.** Debe ser sencillo para el usuario final y con una curva de aprendizaje mínima (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014). Éste factor permitirá que se pueda utilizar lo máximo posible por los usuarios siendo cómoda y rápida.
- **REQ-1C: La aplicación permite la integración de otras aplicaciones externas.** Debe facilitar la interconexión de las diversas aplicaciones del mercado en caso necesario (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014).
- **REQ-1D: Permite la incorporación de todas las fases de la investigación.** Debe incluir todas las etapas de la investigación observacional de manera clara (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014).
- **REQ-1E: Proporciona feedback instantáneo.** Debe intentar maximizar el feedback instantáneo hacia el investigador o usuario profesional (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014). Este concepto hace alusión al reciente término que utilizamos bajo el concepto de ATD-TR o aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real, argumentado en capítulos anteriores.

II. Fase de diseño y generación del instrumento de evaluación (Instrumento de Observación):

- **REQ-2A: Permite la importación múltiple de datos.** En cuanto a la importación de datos, muchos programas tienen la capacidad de importar y trabajar con diversos tipos de ficheros. La importación de ficheros HTML, pdf, de audio, video o imágenes, así como datos de tipo numérico y de texto enriquecido en un único proyecto son un factor común en las aplicaciones observacionales (Bazeley, 2010, p.436).
- **REQ-2B: Facilita la reutilización de investigaciones previas.** Se debe posibilitar la reutilización de investigaciones para permitir su evolución y la automatización de los registros de categorías, permitiendo una auditoría detallada de los cambios realizados (Bazeley, 2010, p. 437).
- **REQ-2C: Instrumento de medida.** Debe poseer las condiciones necesarias para realizar las mediciones con rigor científico, permitiendo ser fiable, válido, repetible y preciso (Izquierdo et al., 2008, p194). Para ello, debe reunir, además, las siguientes condiciones:
 - **REQ-2C-a: La generación del instrumento de evaluación tiene un carácter abierto y flexible.** En cuanto a la generación del instrumento de evaluación, la investigación en métodos mixtos requiere de una flexibilidad exploratoria que permita la modificación de la codificación y el diseño si procede (Bazeley, 2010; Anguera et al., 2017). Una de las limitaciones más comunes en las aplicaciones informáticas es el carácter cerrado de

la codificación y la poca reutilización en diversos proyectos o investigaciones (Hernández-Mendo et al., 2014, p112).

- **REQ-2C-b: Se permite una codificación automática del instrumento.** La codificación automática o manual de la herramienta de análisis se considera un factor esencial para el proceso de cuantificación (*quantitizing*) y la aplicación de cálculos estadísticos (Bazeley, 2010, p.443, 2010).
- **REQ-2D: Debe permitir la inclusión de varios vídeos simultáneos.** Existen una serie de requisitos adicionales en las aplicaciones observacionales actuales, según Hernández-Mendo et al. (2014), ya que la utilización de varios vídeos simultáneos está tan sólo al alcance de algunas aplicaciones. Tal y como destaca en su artículo:
 - El diseño de la herramienta de observación *ad hoc* debe ser flexible, abierto y claro.
 - Se debería posibilitar la inclusión de varios vídeos simultáneos.
 - Se debe facilitar un feedback instantáneo en el tratamiento y modificación de datos.

(Adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014)

- **REQ-2E: Debe permitir la aplicación de todo tipo de diseño observacional.** Para garantizar la aplicación práctica hacia el observador se debe garantizar que todo tipo de diseño observacional pueda ser construido para que permita:
 - Un diseño unidimensional o multidimensional.
 - La aplicación sobre una única sesión o múltiples sesiones.
 - La generación de datos secuenciales del estudio.

(Adaptado de Portell et al, 2015, p.286)

III. **Fase de registro de los episodios de información (QUAL)**

- **REQ-3A: El tratamiento de datos es sencillo y en tiempo real.** El tratamiento de datos debe ser rápido, fiable, en tiempo real, sencillo y útil. El hecho de ofrecer una gran cantidad de datos puede tener un efecto negativo en el contexto práctico para usuarios no avanzados, pero es un requerimiento en el ámbito de la investigación, siendo un factor que puede justificar la existencia de dos versiones de aplicación (Gámez et al., 2008, p.195).
- **REQ-3B: La aplicación presenta un dinamismo ejemplar.** Una característica importante de las aplicaciones tecnológicas que se diferencia de un simple instrumento de medida es el carácter

dinámico de la aplicación ofreciendo los datos en una herramienta viva que permita evolucionar el conocimiento aplicado (Gámez et al., 2008, p.195).

- **REQ-3C: Permite la inclusión de tipos de datos concurrentes.** La mayoría de estudios basados en métodos mixtos incluyen más de un tipo de dato concurrente o secuencial para idénticas o distintas fuentes, permitiéndose la inclusión de datos numéricos, categóricos o desestructurados. Por tanto, la cronología de estos datos y la capacidad para coincidir con las diversas fuentes tiene implicación en el análisis (Bazeley, 2010, p.438).
- **REQ-3D: Permite la contabilización y reducción de valores cualitativos.** En este proceso de cuantificación debemos considerar la frecuencia o contabilización de acciones similares para mantener una integridad analítica y poder establecer relaciones e hipótesis estadísticas (Bazeley, 2010, p.444,).
- **REQ-3E: Se debe identificar en todo momento el observador que está realizando el análisis.** Es esencial identificar que observador del estudio está actuando y que tipo de observación realiza, ya sea de tipo participativa, no participativa, participativa y observadora o auto-observadora (Portell et al., 2015; Anguera, 1979).

IV. Fase de análisis de resultados (QUAN)

- **REQ-4A: Permite la generación de consultas específicas.** En cuanto a los cálculos permitidos o consulta de resultados, algunas aplicaciones permiten la consulta de la información registrada a partir de consultas específicas que provocan una respuesta en formato de matriz de datos o similar (Bazeley, 2010, p.441).
- **REQ-4B: Permite la visualización de gráficas de resultados.** La integración y capacidad analítica de la aplicación se ve mejorada cuando la información cuantitativa se visualiza de forma conjunta con la cualitativa. La cantidad de herramientas que permiten, además, mostrar esta información a partir de patrones similares a los seleccionados es muy reducida (Bazeley, p441, 2010). Los datos útiles se deben mostrar en forma de gráficas o tablas numéricas (Izquierdo et al., 2008, p.195).
- **REQ-4C: Permite la visualización de los datos en formato matriz o tabla.** Las técnicas exploratorias estadísticas permiten la interpretación de los resultados en una matriz de datos de forma habitual (Bazeley, 2010, p.448).
- **REQ-4D: Ofrece herramientas para la consolidación del rigor científico.** El uso de una aplicación informática permite aumentar el rigor científico, pero la fiabilidad del estudio debe contrastarse con otras fuentes. Para ello, el sistema puede utilizar índices que permiten calcular el acuerdo y desacuerdo entre varios observadores, como son el índice Kappa de Cohen (adaptado de Bazeley et al, p461, 2010). Este índice se presenta como un índice avalado por la comunidad científica internacional, que puede presentarse junto con el índice de correlación intraclase o ICC (Hernández-Mendo, 2014, p.118).

- **REQ-4E: Debe mostrar información clara de que unidades de observación se han analizado.** Para ello el resultado del estudio debe permitir incluir información clara de los momentos que se han observado y durante cuánto tiempo a partir de regulación de las ocurrencias de los episodios de observación. Una forma de garantizar dicho aspecto es a partir del análisis regular y repetitiva de las unidades de observación (adaptado de Portell et al., 2015).

V. Conclusiones y exportaciones de datos

- **REQ-5A: Permite la exportación a programas estadísticos.** La mayoría de programas actuales no permiten exportar directamente al formato requerido por programas estadísticos o generan gran complejidad para dicha exportación (Hernández-Mendo et al., 2014; Bazeley, 2010, p.435).
- **REQ-5B: Permite la exportación a otros programas compatibles.** El registro de las acciones observadas debe poderse integrar también con otras aplicaciones para facilitar la labor investigadora de carácter abierto (adaptado de Hernández-Mendo et al., 2014).
- **REQ-5C: Los resultados obtenidos en el estudio son fiables.** Para ello, produce pocos errores de cuantificación y demuestra estabilidad, consistencia y dependencias entre las observaciones individuales. Dicha validez se garantiza de manera cualitativa y cuantitativa. En el caso de la validez cuantitativa se utiliza el índice de acuerdo interobservador (adaptado de Portell et al., 2015).

Todos estos requerimientos analizados se presentan como elementos indispensables para validar nuestra aplicación tecnológica y nos permiten definir una herramienta que satisface unas necesidades no del todo cubiertas hasta el momento en el ambiente profesional e investigador de las ciencias del deporte.

Por otro lado, en capítulos anteriores hemos analizado las innovaciones tecnológicas que se están produciendo en todas las áreas en las que se relaciona el deporte. Dicho estudio previo posee gran importancia, ya que nos ha permitido definir una estructura organizativa y, lo que es más importante, detectar que tipos de innovaciones se han generado hasta el momento en nuestro sector para entender su evolución.

Con la finalidad de poder establecer unas líneas de acción hacia dichas innovaciones, procedemos a revisar algunos requerimientos no funcionales que nuestra aplicación podría cumplir. Estas innovaciones no registradas como requerimientos en la revisión bibliográfica permitirán incluir la evolución tecnológica de otras áreas investigadoras.

3.3.2 **Requerimientos no funcionales para un análisis observacional mixto**

En el apartado anterior hemos analizado una serie de requerimientos funcionales que se presentan como un listado de necesidades a cubrir. Como observación subjetiva, debemos tener en cuenta que

los requerimientos previos proponen un límite realmente complejo y difícil de satisfacer; sin embargo, los procesos de transformación digital son cambiantes y esto puede implicar que cuando terminemos de implementar nuestra aplicación, ésta se quede obsoleta o no pueda evolucionar si no consideramos otros aspectos futuros o las tendencias del mercado. Para poder referenciar estas necesidades no descritas utilizaremos el concepto de requerimiento no funcional.

Los requerimientos no funcionales (NFR o *Non-functional Requirements*) demuestran tener una atención significativa para el desarrollo de sistemas y aplicaciones informáticas en la ingeniería del software (Shankar et al., 2020; Zhou, 2004; Borg et al., 2003).

Muchos autores fundamentan su utilización en que son los requerimientos que describen cómo el sistema puede cumplir sus objetivos y satisfacer las necesidades expresadas en los requerimientos funcionales (Shankar et al., p.452, 2020).

Entre los factores que se deben describir para poder satisfacer los requerimientos no funcionales, debemos incluir los siguientes aspectos:

- Consideraciones para mejorar la fiabilidad, seguridad y precisión del sistema.
- Factores culturales que afectan al uso de la plataforma.
- Otros descriptores que no hacen referencia a acciones implementadas por el sistema.

(Adaptado de Shankar et al., 2020, p.452)

Por tanto, para poder definir correctamente esta aplicación tecnológica en tiempo real no podemos centrarnos sólo en las necesidades actuales, sino que debemos ofrecer un prisma amplio y considerar posibles desarrollos futuros que permitan ampliar los límites de la aplicación.

Los aspectos detallados a continuación se muestran como una parte adicional a considerar, a partir de las recomendaciones de estudios y bibliografía más generalista. Analizar estos requerimientos opcionales nos permitirá generar una aplicación tecnológica de calidad que pueda satisfacer nuestro objetivo principal de la tesis.

Por ello, a continuación, analizamos tendencias del mercado, tipos de interacción de los usuarios que permiten matizar el factor de la usabilidad y la inclusión de tecnologías emergentes. El desarrollo y detección de estos requerimientos no funcionales nos permitirá satisfacer con mayor calidad cada una de las necesidades detectadas.

3.3.2.1 La inteligencia artificial como propuesta integradora

En los capítulos anteriores hemos analizado como la inteligencia artificial, la realidad aumentada y virtual, el concepto de Internet de las Cosas o *IoT* y demás conceptos innovadores surgen como una

revolución tecnológica hacia el concepto de la industria 4.0. Este aspecto se define concretamente en el apartado 2.3, en donde analizamos los aspectos tecnológicos de esta revolución tecnológica.

La importancia de la inteligencia artificial surge como un denominador común en las nuevas aplicaciones tecnológicas, y en los próximos años tendremos un auge de aplicaciones en esta línea de trabajo. Este tipo de aprendizaje se constituye como un elemento esencial para una aplicación tecnológica en tiempo real (adaptado de Solozobov, 2019).

A partir de este tipo de tecnología podemos combinar la captura del movimiento en sistemas modernos para el análisis del control postural, la evaluación de la técnica e incluso la inclusión de parámetros cuantitativo relacionados con la mecánica del cuerpo humano, la técnica deportiva y los resultados obtenidos en competición (Clark et al., 2012; Marqués, Cela y Gisbert, 2017; Pueo y Jimenez-Olmedo, 2017).

Este tipo de concepción contemporánea introduce, en los sistemas más modernos, un tipo de aprendizaje motriz que es innovador en el estudio del ser humano. Sin embargo, no se han encontrado aportaciones de este tipo de tecnología a la metodología observacional.

La inclusión de esta característica permitiría considerar el sistema de información como un observador adicional en la investigación. Hasta el momento las aplicaciones informáticas para la metodología observacional basadas en vídeo se utilizan de forma unidireccional (observador → observado) y el registro de todas las acciones ocurre de forma manual, con el consecuente posible error y necesidad de contraste interobservador.

Si consiguiéramos dejar de utilizar el propio sistema de forma unidireccional y que éste permita también aportar un punto de vista adicional sobre las tendencias del sujeto observado y analizado, tendríamos una herramienta que nos permitiría una difusión del conocimiento omnidireccional. Esto permitiría dejar de usar el sistema de información como una simple herramienta para la investigación y facilitaría información adicional e incluso anticipatoria.

Para poder comprender como sería esta generación de conocimiento debemos analizar cómo se genera este aprendizaje. Existen aproximaciones iniciales al aprendizaje del movimiento humano en cuanto a las interacciones del ser humano con la máquina. Este tipo de interacciones implican que podemos generar un aprendizaje humano a partir de un aprendizaje automatizado, utilizando técnicas de inteligencia artificial que favorezcan la toma de decisiones en el aprendizaje del movimiento (Kollegger et al., 2018). Este tipo de sistema, implica dos tipos de sistemas:

- Sistemas unilaterales: En los que generamos conocimiento en el sistema de información para que podamos obtener conocimientos.
- Sistemas bilaterales: El sistema interactúa con el ser humano en un aprendizaje cooperativo.

(Adaptado de Kollegger et al., 2018, p. 152)

Sin duda alguna, la posibilidad de incluir este tipo de perfil dotaría a la herramienta de un uso no visto hasta el momento que se podría aplicar a la observación que utilice vídeo, ya sea en tiempo real o no. Un ejemplo gráfico de este tipo de sistemas lo tenemos en la herramienta *MatchVision* de la **National Basketball League (NBL)** o en el análisis del movimiento humano, que fue analizada en profundidad en el capítulo 2, en el apartado dedicado a las aplicaciones informática videográficas (apartado 2.2.2).

En la bibliografía y recursos consultados, no se ha encontrado ninguna aplicación genérica o específica para la investigación observacional que incluya conceptos de inteligencia artificial aplicable a la investigación.

Teniendo en cuenta estas afirmaciones, proponemos los siguientes requerimientos no funcionales:

- **NFR-1a: El sistema puede incluir técnicas de inteligencia artificial para la detección de movimiento o aprendizaje del sistema.** Este requerimiento satisface la necesidad de generar una respuesta de la inteligencia artificial de manera unilateral, mejorando la información aportada hacia el observador.
- **NFR-1b: El sistema puede incluir técnicas de inteligencia artificial como elemento de aprendizaje del sistema.** Este requerimiento satisface la necesidad de generar una respuesta de la inteligencia artificial de manera bilateral, ofreciendo un sistema anticipatorio de información o generando un observador adicional que produzca un análisis del sistema anticipatorio.

3.3.2.2 Tipo de usabilidad necesaria para el usuario final

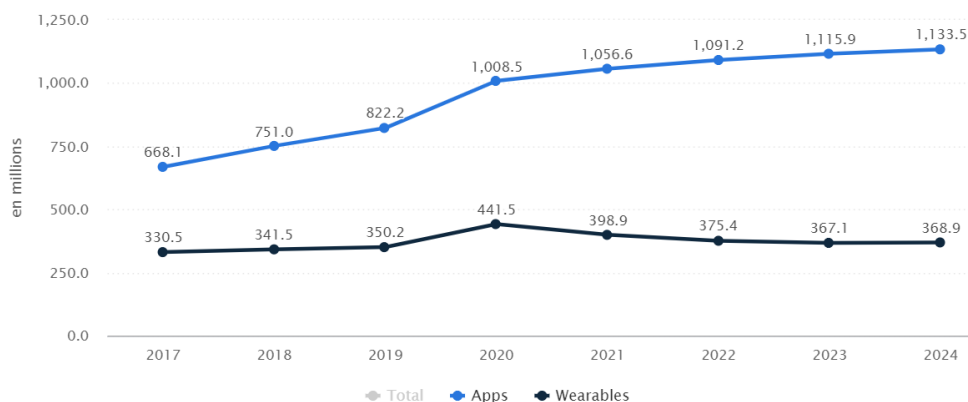
Diversos autores hacen énfasis en la importancia de la interfaz y usabilidad por parte del usuario profesional o científico de la aplicación (Gámez et al., 2008; Hernández-Mendo et al., 2014). Para poder atender y dar respuesta a este requerimiento adecuadamente debemos analizar las tendencias del usuario actual, ya que es éste el agente de cambio de nuestra aplicación durante el proceso de transformación digital (Ratten, p.4-5, 2019; Omoregie, 2016).

Además, hemos reconocido la necesidad de generar una aplicación tecnológica que permita un uso básico para profesionales del deporte (Hernández-Mendo, 2014, p.112).

Para dar respuesta a este requerimiento, deberíamos especificar la tendencia del usuario profesional y, para ello, analizamos esta tendencia a partir de estudios financieros y de inversión económica del mercado actual. Estos estudios financieros tienen validez en conocer las posibilidades de éxito de una empresa o producto a partir del ROI o retorno de inversión, permitiendo descubrir su viabilidad real. Además, podemos comprender la evolución del usuario y que líneas futuras se esperan en su implantación y seguimiento.

Considerando un nivel global en el mundo del *fitness* y del deporte, el número de usuarios de aplicaciones informáticas es mucho mayor que el número de usuarios de dispositivos *wearables*, presentando una tendencia en aumento desde 2019 y se espera que llegue a más de 1.100 millones de usuarios

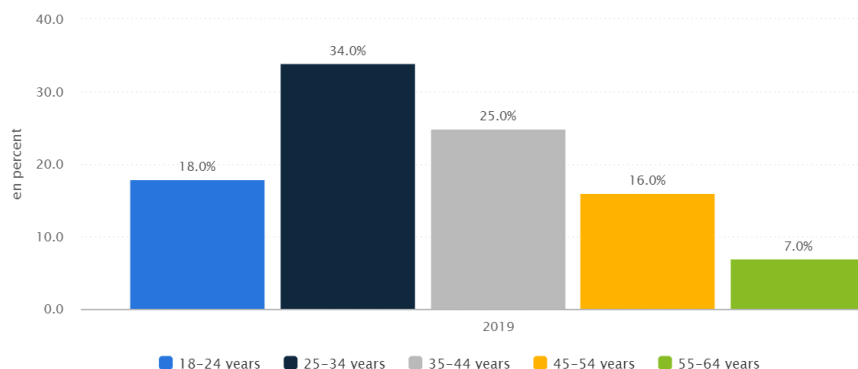
mundiales en los próximos años. Esta cantidad creciente de usuarios hace que la perspectiva económica y de éxito del desarrollo de aplicaciones informáticas respecto al desarrollo de los dispositivos físicos sea muy positiva, a pesar de que el retorno de inversión por usuario es menor en el caso de las aplicaciones informáticas (Statista, 2020). Este volumen de usuarios puede verse gráficamente en la siguiente imagen:



Fuente: Statista (Forecast adjusted for expected impact of COVID-19), mayo 2020

Figura 71. Número de usuarios esperados hasta 2024 en las aplicaciones informáticas (Fuente: Statista, 2020)

En cuanto al rango de edad del usuario de este tipo de aplicaciones, el desarrollo económico potencial de este mercado tiene especial atención en el segmento de usuarios comprendido entre los 25 y los 44 años, con independencia del género y del nivel de ingresos que perciben los usuarios, por lo que se espera que la transformación digital en el sector deportivo sea de carácter general, pero centrada en la mediana edad (Statista, 2020).



Fuente: Statista Global Consumer Survey, octubre 2019

Figura 72. Edad de los usuarios potenciales en las aplicaciones informáticas en el ámbito del fitness (Fuente: Statista, 2020)

Estos conceptos de carácter económico pueden ser importantes en un futuro próximo. De hecho, si la iniciativa universitaria no prevé un plan de investigación en este sentido, es de esperar que dicho vacío de producto venga propuesto desde la empresa privada, que en los últimos años ha desarrollado y minimizado el coste de los dispositivos informáticos, como hemos justificado en capítulos anteriores.

Si la propuesta proviene de una empresa privada, el rendimiento económico de la empresa será una prioridad que impondrá la necesidad de cubrir los gastos mediante el uso de licencias. Este factor conduce a una dirección contraria a nuestro objetivo principal: la creación de una herramienta de uso gratuito y de código abierto desde la iniciativa universitaria.

Por otro lado, teniendo en cuenta este estudio económico desarrollado por la empresa Statista, consideramos los dispositivos de *hardware* y las aplicaciones de *software*, pero de manera focalizada al sector del *fitness*, a partir de los siguientes segmentos:

- El segmento de *wearables* incluye los dispositivos utilizados para el entrenamiento: sensores, medidores de frecuencia cardíaca y medidores de actividad. No se consideran *smartwatches*, ni dispositivos de telefonía móvil.
- El segmento de aplicaciones se centra en las apps o aplicaciones móviles. En este sentido contabiliza las aplicaciones de nutrición, seguimiento y gestión del entrenamiento. Se excluyen las aplicaciones excesivamente específicas o de carácter médico, así como aplicaciones que no sirven para la cuantificación de parámetros del entrenamiento.

(Adaptado del estudio de mercado para el sector de la actividad física de Statista, 2020)

En cuanto a la viabilidad de los proyectos desde el punto de vista económico, uno de los parámetros más utilizados para su evaluación es el retorno de inversión o ROI (*Return of Investment*), que es un factor que afecta al sector privado y al sector público al requerir de una inversión económica para el desarrollo del producto. Esta inversión económica tiene un mayor beneficio para los dispositivos *wearables* que para el desarrollo de aplicaciones, como se puede ver en la siguiente imagen:

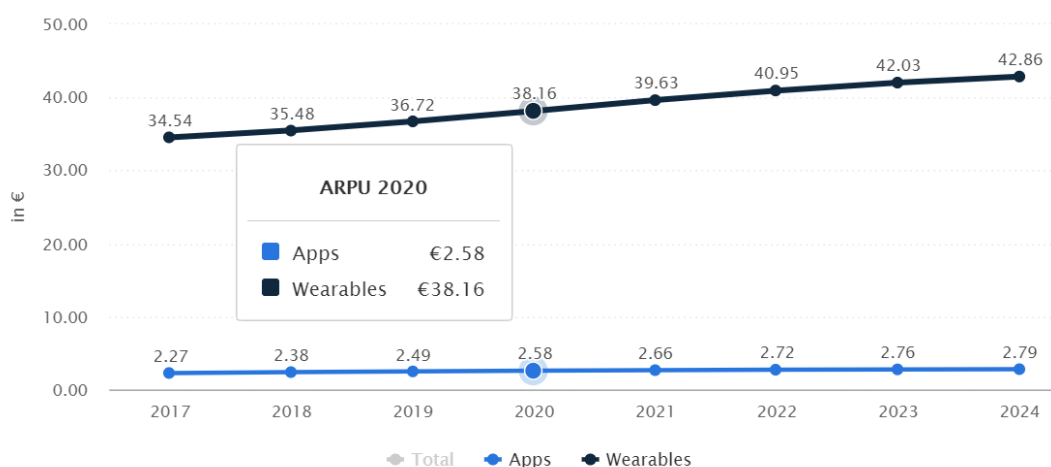


Figura 73. Retorno de inversión medio por usuario o *average revenue per user* o ARPU. Fuente: Statista (2020)

Este retorno medio de inversión por usuario o *ARPU* (*Average Revenue Per User*), es un factor relacionado con el coste del producto. La fabricación de un dispositivo tiene un mayor coste por unidad que el coste que supone un usuario de una aplicación informática y, en consecuencia, se reflejará en el precio del producto final (Adaptado de Statista, 2020).

Sin embargo, el ARPU podría no ser determinante en nuestro estudio ya que la inversión necesaria y el volumen de usuarios y ventas posibles de las aplicaciones informáticas respecto al desarrollo de dispositivos es mucho mayor. La solvencia económica para el desarrollo de un dispositivo *wearable* parece tener un mejor beneficio para el productor, pero, en contra, las barreras económicas de entrada son mucho mayores al requerir no sólo del diseño, sino de la elaboración de un proceso de construcción y distribución. **En el caso de las aplicaciones informáticas el proceso de construcción está relacionado con el tiempo invertido y el canal de difusión es internet.** A continuación, mostramos el ROI total que se espera del mercado a medio plazo comparado con el actual y podemos ver la diferencia de estos valores:

Tabla 12. Previsión de beneficios mundiales para apps y wearables entre 2020 y 2024 (Statista, 2020)

<i>Foco atencional</i>	<i>Año</i>	<i>ARPU</i>	<i>Volumen de ventas</i>	<i>ROI total esperado</i>
<i>Apps</i>	2020	2.58 EUR	1,008.5 millones	2,601.93 millones EUR
<i>Wearables</i>	2020	38.16 EUR	441.5 millones	16,847.64 millones EUR
<i>Apps</i>	2024	2.79 EUR	1,133 millones	3,161.07 millones EUR
<i>Wearables</i>	2024	42.86 EUR	368,9 millones	15,811.054 millones EUR

Este factor determina nuestra justificación del desarrollo de *software* desde el punto de vista económico en varios factores:

- El volumen de usuarios es mucho mayor.
- Las barreras de entrada económicas para el desarrollo de *software* desde la comunidad económica son mínimas y no se requiere inversión inicial si el software se desarrolla desde la universidad y a partir del personal docente e investigador.
- El coste por usuario es mucho menor y éste podría justificar la inversión económica para el mantenimiento del *software*.

Estas consideraciones se ven respaldadas por los nuevos planes de investigación que empiezan a relacionar la empresa privada con las organizaciones públicas a través de asociaciones de impulso de la industria 4.0. Un ejemplo de ello es la asociación de empresas privadas para la investigación *Factories of the Future-Horizon 2020* de la comisión europea generado en 2016 (Büchi et al., 2020).

Con estas bases de conocimiento financiero y de usabilidad de la aplicación podemos definir los siguientes requerimientos no funcionales:

- **NFR-2a: El sistema debe facilitar la accesibilidad móvil.** El auge de aplicaciones informáticas para móviles hace que se deba implementar que el usuario pueda acceder desde dispositivos portables para poder integrar su conocimiento de manera libre e independiente del sistema.
- **NFR-2b: El sistema puede incorporar datos de sensores.** El auge de la industria 4.0 está respaldado por el gran volumen de dispositivos *wearables*. Este factor hace que la realidad actual para

disponer datos cuantitativos reales en la investigación sea un factor de accesibilidad que el *software* debe permitir en un futuro. Dicha inclusión de datos permitirá la aplicación directa de los métodos mixtos sin necesidad de utilizar *software* externo y generando una aplicación nueva que no se ha encontrado documentada en las búsquedas científicas consultadas.

3.3.2.3 Carencias y posibilidades de evolución de las aplicaciones informáticas en el deporte

Las herramientas destinadas al análisis deportivo basadas en vídeo han tenido una evolución notoria en los últimos años (Hernández-Mendo et al., 2014); sin embargo, éstas aplicaciones presentan una serie de carencias recogidas en diversas publicaciones. Respecto a las carencias que existen actualmente en este tipo de aplicaciones podemos destacar, a partir de la bibliografía revisada, una serie de necesidades que no se han contrastado en los requerimientos funcionales.

Por tanto, a partir de la bibliografía consultada añadimos los siguientes aspectos como requerimientos no funcionales:

- **NFR-3a: El uso de diversos vídeos simultáneos se debe facilitar tanto para la herramienta profesional como científica.** Diversas publicaciones, como hemos analizado en los requerimientos, hacen referencia a la carencia de herramientas en las que se pueda integrar diversos vídeos simultáneos, con independencia del uso profesional o científico (Hernández-Mendo et al., 2014; Anguera et al., 2017). En este ámbito, la utilización de varios vídeos simultáneos puede enriquecer y mejorar la investigación (Hernández-Mendo et al., 2014).
- **NFR-3b: El instrumento de evaluación debe ofrecer un carácter abierto también durante la fase de análisis.** El análisis del vídeo, cuando utiliza la observación, presenta normalmente un carácter cerrado o limitado para realizar la codificación o análisis de la observación (Hernández-Mendo et al., 2014, p.112). Además, los sistemas de observación actuales en programas profesionales son excesivamente ortodoxos, utilizando códigos de formato de campo y cuando lo permiten, se alejan de los tipos estandarizados de la metodología observacional, como sucede en *Observer-xt* (Hernández-Mendo et al., 2014, p.112).
- **NFR-3c: El seguimiento de la observación debe ser sencillo.** El seguimiento de la observación es complejo en la mayoría de aplicaciones existentes (Hernández-Mendo et al., 2014, p.112).
- **NFR-3d: El sistema podría posibilitar el análisis de pautas o estudios previos para acelerar la investigación.** La incorporación de pautas previas o estudios previos para el diseño observacional es muy limitada (Hernández-Mendo et al., 2014, p.112). Este factor se vería potenciado con la inclusión de la inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- **NFR-3e: El sistema debe ofrecer alternativas para el análisis en tiempo real o diferido.** Algunos de ellos presentan un comportamiento *web*, como sucede con *videobserver*, que presenta una serie de módulos interconectados que permiten análisis en tiempo real o diferido (Hernández-

Mendo et al., 2014, p.118). *Catapult video* también podría ser considerado desde el punto de vista profesional.

- **NFR-3f: El sistema puede ofrecer interactividad a través de una plataforma web.** Este factor se ve añadido por las observaciones anteriores, en donde la accesibilidad web se muestra como un elemento integrador de diversas tecnologías, en donde los productos más establecidos suelen dar soporte.

Estos requerimientos no funcionales se presentan como hitos realmente innovadores que podrían dar forma a una nueva aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real que no se haya documentado hasta ahora. Sin embargo, se debe considerar que estas prestaciones se muestran de carácter excepcionalmente complejo e innovador, por lo que su desarrollo puede complicar el desarrollo de nuestra ATD-TR bastante.

Teniendo en cuenta los requerimientos funcionales y no funcionales, procedemos a finalizar nuestro marco teórico en las conclusiones que desarrollamos en el próximo apartado. En dichas conclusiones, repasaremos los principales aspectos del estudio anterior desde un prisma documental y científico para determinar las condiciones de las bases de nuestro estudio que son indispensable para cumplir nuestro objetivo principal.

3.4 Conclusiones

Hasta el momento, hemos estudiado en profundidad el contexto tecnológico del mundo de la actividad física y del deporte para poder detectar en que aspectos se precisa un mayor desarrollo, buscando documentar estas necesidades desde un punto de vista científico. Este marco teórico generado, ha tenido un resultado amplio y extenso; sin embargo, en los inicios de la revisión bibliográfica los términos que podíamos utilizar para desarrollar nuestro tema parecían inconexos y confusos, por lo que ha sido complicado encontrar fundamentos estables para definir nuestra aplicación tecnológica para la actividad física y el deporte.

Una vez definidos los objetivos de nuestro estudio, hemos podido empezar una búsqueda bibliográfica para progresivamente determinar los términos específicos que definan con exactitud el marco teórico de esta investigación. Así, nuestro objetivo principal es el desarrollo de una aplicación tecnológica para facilitar la investigación de la actividad física y el deporte y poder generar en el conocimiento del fenómeno del deporte para provocar una mejora de sus resultados y una mejor optimización. Este objetivo, que será desarrollado y justificado en los próximos capítulos, lo hemos concretado y definido a partir de la búsqueda bibliográfica del marco teórico, que es el fruto de poder satisfacer nuestros objetivos secundarios: el estudio de la realidad tecnológica del sector deportivo y la generación de un gran mapa conceptual que nos permita detectar áreas potenciales de desarrollo en la actividad física y el deporte, todo desde un punto de vista científico y contrastado para poder concretar con exactitud cómo debe ser nuestro objetivo principal.

Síntesis del primer capítulo

Para poder conseguir los objetivos secundarios, en el primer capítulo hemos buscado que conceptos estaban definidos en el mundo de la actividad física y del deporte a nivel profesional. A partir de una serie de publicaciones generalistas que nos permitían conocer que se valora en el ámbito competitivo y que necesidades y utilidades existen en el ámbito deportivo para organizar nuestro marco teórico. Estas aproximaciones iniciales han permitido que generáramos un primer mapa conceptual que aparentaba ser disperso y poco concreto y que hemos dotado de sentido cuando hemos definido el término de **aplicación tecnológica para el deporte** (ATD), y mucho más cuando hemos detectado concretado el término de **tiempo real** (TR) como un concepto indispensable hoy en día que aportaba la necesidad de inmediatez hacia el investigador y el profesional.

Esta definición de conceptos nos ha permitido concretar unos términos específicos para una búsqueda bibliográfica más acertada y hemos diferenciado entre el ámbito profesional y científico una primera clasificación de dispositivos físicos o *hardware* y el ámbito lógico o *software* de las aplicaciones informáticas, en donde empezamos a clasificar las herramientas que existen en el sector.

Síntesis del segundo capítulo

Esta diferenciación de conceptos ha podido establecer un marco de trabajo base para un segundo capítulo en el que hemos podido analizar en profundidad cada una de las áreas del deporte establecidas y concretar los términos de una búsqueda bibliográfica más específica, a partir de los dispositivos que se utilizan o de las aplicaciones informáticas para cada uno de los sectores. El resultado de esta búsqueda bibliográfica ha sido la exposición a una terminología detallada que aporta mucha utilidad al profesional del deporte y que expresa con detalle unos resultados a la comunidad investigadora del ámbito de la actividad física y del deporte.

Entre esta terminología hemos podido explorar como ha sido la evolución del material deportivo, el uso de los sensores, su aplicación a todos los ámbitos del deporte y, con mucho mayor detalle, la gran cantidad de aplicaciones y utilidades que se dan en el mundo de la actividad física y del deporte.

En este proceso hemos descubierto las últimas aplicaciones tecnológicas en cada uno de los sectores del deporte, estableciendo las premisas y necesidades que se deben seguir y aportando algunos matices que se esperan descubrir, como un gran avance en los próximos Juegos Olímpicos, centrada en la interacción entre el espectador y la competición. Parece ser que, por primera vez en el mundo de la actividad física y del deporte, la implicación real del espectador podrá alterar las estructuras de la competición a partir de su interacción más cercana.

El desarrollo de tecnologías innovadoras, aglutinado bajo el concepto de industria 4.0, nos ha permitido conocer en detalle como aspectos tan innovadores como la inteligencia artificial, *big data*, los *wearables* y las realidades aumentadas y virtuales empiezan a tener importancia en un mundo en que la pandemia del COVID-19 de 2020 ha forzado a un cambio tecnológico a través de un movimiento denominado Transformación Digital, y que ha acelerado la transición hacia un uso masivo de la tecnología en todos los ámbitos.

Hemos podido analizar todos estos conceptos y fundamentar la creación de un mapa conceptual global para englobar todo el universo tecnológico de aplicación deportiva. Además, hemos podido conocer con exactitud que detalles e innovaciones deben formar parte de nuestra aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real o ATD-TR.

Sin embargo, pese a tener un marco teórico definido, el desarrollo de las aplicaciones informáticas o *software* para la investigación deportiva aparentaba tener deficiencias en un contexto poco definido. El mapa conceptual obtenido mostraba una difusión de términos que aparentaba requerir de un estudio en mayor profundidad y por eso hemos definido esta área de trabajo para desarrollar un tercer capítulo en el que hemos analizábamos las bases que este *software* debe seguir.

Síntesis del tercer capítulo

Debido a ésta dispersión terminológica en el ámbito del *software* dedicado a la investigación en la actividad física y el deporte, y con la finalidad de cubrir las expectativas de nuestro objetivo principal para generar una herramienta de aplicación a la investigación observacional, hemos buscado que necesidades se deben cubrir en la investigación deportiva de este tipo de metodología en un tercer capítulo.

Se mostraba imperativo conocer que tipos de datos se utilizan en este tipo de metodología y como se tratan para definir y concretar que necesidades hay en las aplicaciones informáticas de éste ámbito. Por ello, en este tercer capítulo hemos empezado a analizar la labor investigadora desde un punto de vista filosófico y práctico. Sólo así podemos detectar que puntos claves son necesarios cubrir para el desarrollo de la aplicación tecnológica observacional, conociendo con exactitud las necesidades del proceso investigador observacional en la manipulación y tratamiento de los eventos deportivos.

En este proceso de descubrimiento hemos analizado con bastante rigor el proceso investigador observacional, desde un punto de vista metodológico para las vertientes cuantitativas, cualitativas y hemos detectado que existen metodologías más recientes que permiten una investigación más abierta y natural, como sucede con la investigación a partir de los *Mixed Methods*. Los *Mixed-Methods* se presentan en este punto del estudio como un procedimiento metodológico indispensable que debemos tener en cuenta en el análisis del vídeo y que son determinantes, así como el concepto de observación directa o indirecta.

También hemos analizado como es el proceso estándar de tratamiento de datos en los *Mixed Methods* y analizado conceptualmente el proceso de *quantitizing* y *connecting* y, en consecuencia, hemos descubierto el tiempo y la frecuencia de muestreo es un factor importantísimo para la conexión de los datos cuantitativos y cualitativos. Este factor se muestra como un nexo de unión con la teoría de los sistemas dinámicos y nos aporta un concepto innovador para el desarrollo de una aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real que pueda generar una herramienta integradora a todos los elementos de *software* y *hardware*.

Para poder definir esta herramienta en nuestro marco empírico, precisamos definir todas las características que debe cumplir y, por ello, hemos empezado a analizar en detalle todas las herramientas actuales disponibles para la investigación, tanto para la observación directa con la utilizando del vídeo, como para la observación indirecta mediante herramientas de análisis de entrevistas y datos no visuales.

Durante todo el marco teórico hemos podido observar como el vídeo ha sido un elemento diferenciador para las herramientas utilizadas. Sin embargo, las nuevas herramientas basadas en *machine learning* o *big data* presentan una clasificación mixta al respecto, por lo que hemos definido en este punto que desarrollaremos una herramienta transversal para la investigación, pero que tenga el vídeo como elemento fundamental de su desarrollo.

Una vez hemos analizado todas las herramientas del mercado, hemos realizado un análisis crítico de las herramientas y buscado las carencias documentadas en el sector gracias a autores de prestigio en el ámbito de la investigación mediante metodología *Mixed-Methods*.

Finalizando el marco teórico

Esta visión crítica de las herramientas actuales en investigación ha concretado un factor que intuíamos en el primer y segundo capítulo: existe una dispersión enorme en las herramientas utilizadas.

Este factor complica la labor investigadora, y puede ser un concepto importante en que la investigación en el ámbito de la actividad física y del deporte que aplica la metodología observacional a través

de los *Mixed-Methods* se vea limitada. Por ello, hemos analizado las carencias de éstos ámbitos y, en consecuencia, hemos generado una serie de requerimientos o necesidades a cubrir para nuestra aplicación tecnológica para la investigación del deporte en tiempo.

Para poder clasificar estos requerimientos hemos diferenciado dos tipos de requerimientos:

- **Requerimientos funcionales**, que marcan los aspectos que se deben cumplir para satisfacer el objetivo principal de nuestro estudio.
- **Requerimientos no funcionales**, que marcan los aspectos que pueden hacer la aplicación diferente de futuros desarrollos.

Para poder hacer referencia a estos conceptos que resumen y justifican todo nuestro marco teórico, procedemos a cerrar la conclusión de nuestro marco teórico definiendo los instrumentos que nos permitirán analizar el resultado obtenido y poder concretar si cumplimos o no nuestro objetivo principal de esta investigación.

Concretando el instrumento de validación de nuestro objetivo principal

Para poder validar que hemos realizado una herramienta al final de nuestra tesis que cumpla las necesidades del sector de la investigación en la actividad física y el deporte, hemos estudiado las necesidades documentadas por varios investigadores.

Para poder referenciar correctamente estas afirmaciones hemos generado una codificación secuencial de cada uno de los requerimientos, pero precisamos disminuir su volumen adecuadamente. Por tanto, procedemos a generar una tabla resumen que dará lugar al instrumento de validación con el que analizaremos el resultado de nuestro estudio. Esta tabla resumen se muestra separada para los requerimientos funcionales y para los requerimientos no funcionales.

A continuación, en la tabla 13, mostramos el instrumento de validación para los requerimientos funcionales que nos permitirá validar si nuestra herramienta resultante cumple con las expectativas del sector:

Tabla 13. Requerimientos funcionales de la aplicación tecnológica para la investigación observacional en el deporte (elaboración propia)

Núm.	Código	F. Investigación	Descripción	Documentado por
1	REQ-1A-a	Generalidades	La aplicación presenta una interfaz con el usuario intuitiva y estética	Izquierdo et al, 2008
2	REQ-1A-b	Generalidades	La aplicación permite un uso avanzado en investigación	Izquierdo et al, 2008
3	REQ-1A-c	Generalidades	La aplicación permite un uso básico por profesionales del deporte	Hernández-Mendo et al, 2014
4	REQ-1B	Generalidades	La aplicación presenta una curva de aprendizaje baja	Hernández-Mendo et al, 2014
5	REQ-1C	Generalidades	La aplicación permite la integración de otras aplicaciones externas	Hernández-Mendo et al, 2014

6	REQ-1D	Generalidades	Permite la incorporación de todas las fases de la investigación	Hernández-Mendo et al, 2014; Anguera et al, 2017
7	REQ-1E	Generalidades	Proporciona feedback instantáneo	Hernández-Mendo et al, 2014
8	REQ-2A	Fase de diseño	Permite la importación múltiple de datos	Bazeley, 2010
9	REQ-2B	Fase de diseño	Facilita la reutilización de investigaciones previas	Bazeley, 2010
10	REQ-2C-a	Fase de diseño	La generación del instrumento de evaluación tiene un carácter abierto y flexible.	Bazeley, 2010; Anguera et al, 2017
11	REQ-2C-b	Fase de diseño	Se permite una codificación automática del instrumento	Bazeley, 2010
12	REQ-2D	Fase de diseño	Debe permitir la inclusión de varios vídeos simultáneos	Hernández-Mendo et al, 2014
13	REQ-2E	Fase de diseño	Debe permitir la aplicación de todo tipo de diseño observacional	Portell et al, 2015
14	REQ-3A	Fase de registro	El tratamiento de datos es sencillo y en tiempo real	Izquierdo et al, 2008
15	REQ-3B	Fase de registro	La aplicación presenta un dinamismo ejemplar	Izquierdo et al, 2008
16	REQ-3C	Fase de registro	Permite la inclusión de tipos de datos concurrentes	Bazeley, 2010
17	REQ-3D	Fase de registro	Permite la contabilización y reducción de valores cualitativos	Bazeley, 2010
18	REQ-3E	Fase de registro	Se debe identificar en todo momento el observador que está realizando el análisis.	Portell et al, 2015; Anguera, 1979
19	REQ-4A	Fase de análisis	Permite la generación de consultas específicas	Bazeley, 2010
20	REQ-4B	Fase de análisis	Permite la visualización de gráficas de resultados	Bazeley, 2010
21	REQ-4C	Fase de análisis	Permite la visualización de los datos en formato matriz o tabla	Izquierdo et al, 2008; Bazeley, 2010
22	REQ-4D	Fase de análisis	Ofrece herramientas para la consolidación del rigor científico	Bazeley, 2010
23	REQ-4E	Fase de análisis	Debe mostrar información clara de que unidades de observación se han analizado	Portell et al, 2015
24	REQ-5A	Fase de resultados	Permite la exportación a programas estadísticos.	Bazeley, 2010; Hernández-Mendo et al, 2014;
25	REQ-5B	Fase de resultados	Permite la exportación a otros programas compatibles	Hernández-Mendo et al, 2014
26	REQ-5C	Fase de resultados	Los resultados obtenidos en el estudio son fiables.	Portell et al, 2015

Nótese que se hace referencia a los estudios principales que especifican su necesidad, y que concretamos en qué fase de estudio es requerido. Por otro lado, en la tabla 14, mostramos el instrumento de validación para los requerimientos no funcionales que nos permitirá validar si nuestra herramienta resultante cumple con las necesidades futuras del sector.

Tabla 14. Requerimientos no funcionales de la aplicación tecnológica para la investigación observacional en el deporte (elaboración propia)

Núm.	Código	F. Investigación	Descripción
1	NFR-1a	Fase de análisis	El sistema puede incluir técnicas de inteligencia artificial para la detección de movimiento o aprendizaje del sistema
2	NFR-1b	Fase de análisis	El sistema puede incluir técnicas de inteligencia artificial como elemento de aprendizaje del sistema
3	NFR-2a	Generalidades	El sistema debe facilitar la accesibilidad móvil
4	NFR-2b	Generalidades	El sistema puede incorporar datos de sensores
5	NFR-3a	Generalidades	El uso de diversos vídeos simultáneos se debe facilitar tanto para la herramienta profesional como científica
6	NFR-3b	Fase de análisis	El instrumento de evaluación debe ofrecer un carácter abierto también durante la fase de análisis
7	NFR-3c	Fase de análisis	El seguimiento de la observación debe ser sencillo
8	NFR-3d	Fase de análisis	El sistema podría posibilitar el análisis de pautas o estudios previos para acelerar la investigación
9	NFR-3e	Fase de análisis	El sistema debe ofrecer alternativas para el análisis en tiempo real o diferido
10	NFR-3f	Generalidades	El sistema puede ofrecer interactividad a través de una plataforma web

Mediante la utilización de este listado de requerimientos, podremos analizar el resultado de nuestro estudio y veremos en qué grado cubrimos las necesidades del sector investigador de la actividad física y del deporte. Además, esperamos conceptos innovadores no documentados hasta el momento a partir de los principales aspectos que existen en las aplicaciones tecnológicas de los otros sectores relacionados con la actividad física y el deporte.

Estos elementos nos plantean un proyecto complejo y ambicioso que esperamos definir durante el marco empírico de forma adecuada y, sobretodo, aportar una herramienta innovadora para la investigación de la actividad física y del deporte.

Por tanto, procedemos a finalizar el marco teórico de nuestro estudio para iniciar la implementación de nuestra herramienta.

Parte II. Marco empírico

INTRODUCCIÓN

A lo largo del marco teórico, hemos podido realizar un análisis exhaustivo de diversas innovaciones tecnológicas que se han realizado en el mundo de la actividad física y del deporte para definir las necesidades que existen en el mundo del deporte y detectar algunos aspectos técnicos y algunas carencias que requerían de un estudio en profundidad.

Una vez analizado y estructurado el contexto de las aplicaciones tecnológicas para el deporte, pudimos profundizar en las áreas específicas del *hardware* o dispositivos físicos y diferenciar su evolución, así como los componentes innovadores de aquellos que están presentes en el entrenamiento. En el *software* o aplicaciones en el ámbito de la actividad física también pudimos analizar y clasificar todas las herramientas, incluyendo una serie de términos innovadores, como son el tratamiento de vídeo, la inteligencia artificial y el *big data*. Como resultado, obtuvimos un mapa contextual muy amplio y detallado, siempre fundamentado en investigaciones científicas.

Por ello, en una última parte del marco teórico, pudimos ver como es el proceso investigador en las ciencias del deporte, descubriendo que tipos de investigación existen y conociendo con detalle la importancia de los *Mixed-Methods* y así poder analizar las herramientas de *software* que existen en éste ámbito. En consecuencia, nuestro marco teórico finalizaba detectando unas necesidades en el ámbito profesional e investigador y generando una serie de requerimientos que nuestra aplicación tecnológica debe contemplar.

Habiendo fundamentado todas las necesidades del sistema, en los próximos capítulos implementaremos y validaremos los requerimientos, dando forma y contenido al objetivo principal de esta investigación. Para poder abordar este objetivo adecuadamente diversificaremos nuestro estudio en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 4: Análisis de mercado y desarrollos previos.** Analizaremos las bases en las que podemos fundamentar el estudio, detectando tecnologías y elementos significativos que se deben incluir.
- **Capítulo 5: Análisis de los Requerimientos del sistema base.** Evaluaremos cada requerimiento analizando en profundidad y evaluando su implantación desde el *software* previo.
- **Capítulo 6: Arquitectura del producto resultante.** A partir de la estructura inicial y de la evaluación de los requerimientos podemos estableceremos como debe ser la aplicación y tendremos detectados que aspectos pueden ser complicados.
- **Capítulo 7: Implementación de LINCE PLUS.** Una vez establecida la arquitectura de la aplicación, destacaremos algunos detalles del *software* que ha sido implementado en más de 2 años de desarrollo.
- **Capítulo 8: Evaluación y validación de los requerimientos.** Con el *software* generado, validaremos cada uno de los requerimientos para analizar si hemos cumplido el objetivo adecuadamente.

Capítulo 4. Análisis de mercado y desarrollos previos

Para analizar adecuadamente los requerimientos del sistema, debemos conocer que herramientas existen y sus características principales. En el marco teórico hemos podido analizar un gran abanico de aplicaciones y dispositivos, pero siempre ha sido desde un punto de vista genérico. Por tanto, en este capítulo, analizaremos con mayor detalle las aplicaciones utilizadas en la metodología observacional del deporte y destacaremos puntos importantes y consideraciones sobre su desarrollo.

Este análisis es de gran importancia para las diferentes fases de generación de nuestra aplicación. Dentro de las fases de desarrollo que contemplamos (toma de requerimientos, análisis, definición de la arquitectura, implementación y evaluación de la herramienta), la detección de requerimientos ha sido realizada en capítulos anteriores. En este capítulo realizaremos la fase de análisis de mercado, a partir de una evaluación de aplicaciones similares.

Estos contenidos tienen relación con la figura 47 que mostraba las fases de desarrollo del software orientado a servicios con la clasificación de Kontogogos y Aureiou (2009). De hecho, si consideramos ambas figuras, podemos generar una relación entre las fases de desarrollo de una aplicación y las partes de esta investigación. Para poder situar adecuadamente al lector sobre como procederemos, añadimos la siguiente figura 74 relacionando y explicando en dónde se detalla cada aspecto de la aplicación:

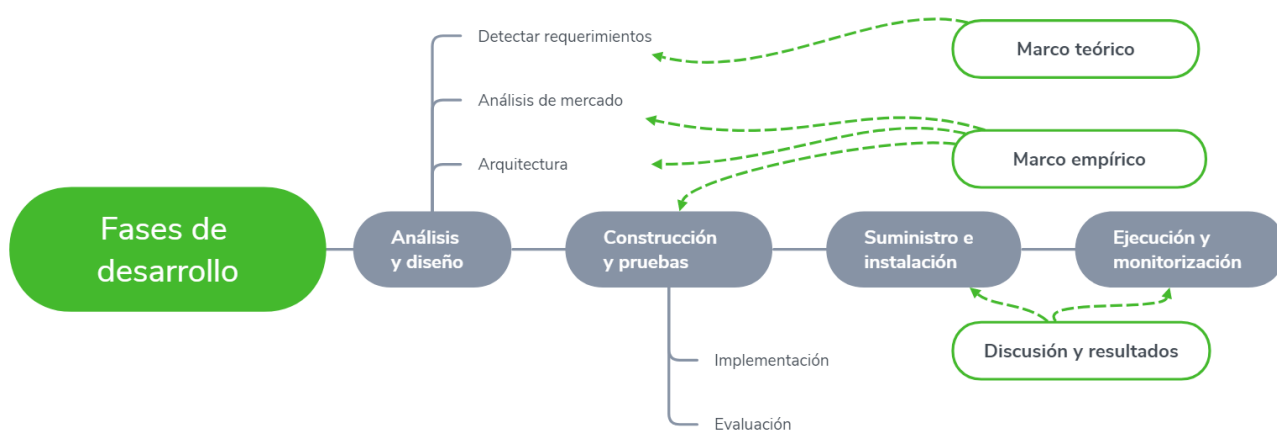


Figura 74. Relación de los apartados de la tesis con las fases del desarrollo de software orientado a servicios (elaboración propia)

A nivel introductorio se debe destacar que, en los años previos a esta tesis, desde 2013 hasta 2019, hemos tenido la posibilidad de ofrecer soporte técnico del software LINCE (Gabin et al., 2012), cuyo código fue liberado a la comunidad para su desarrollo. Siendo liberada la versión 1.0, hemos podido aportar las versiones 1.2 y 1.4, por lo que el análisis de esta aplicación será objeto de interés. Conocer con detalle LINCE nos ha permitido conocer sus complejidades, sus aspectos positivos y sus carencias, por lo que será un aspecto esencial para definir una arquitectura de aplicación adecuada.

Por tanto, en este capítulo desarrollamos los siguientes contenidos:

1. **Herramientas videográficas para la observación conductual del deporte.** Analizaremos la tecnología utilizada y la *interfaz* de usuario.
2. **El software de observación conductual Lince.** A partir del conocimiento de la herramienta Lince, realizada en 2012, realizaremos un análisis en profundidad de la arquitectura buscando aspectos limitantes y que, en consecuencia, impiden una evaluación de esta plataforma.
3. **Necesidades tecnológicas de los programas analizados.** Con el conocimiento obtenido de los programas que se utilizan en la observación conductual para el deporte, mencionaremos aspectos adicionales a los comentados en los requerimientos. Este apartado tendrá una mayor aproximación técnica a la vista en la toma de requerimientos.

4.1 Herramientas videográficas para la observación conductual del deporte

Como se ha comentado con anterioridad, en el capítulo 2 y en el capítulo 3 hemos analizado que aplicaciones videográficas se utilizan actualmente en el ámbito profesional y científico de la actividad física y el deporte, destacando desde una revisión bibliográfica exhaustiva una serie de aplicaciones que deben ser revisadas desde el punto de vista del usuario y añadiendo un carácter técnico adicional para poder conocer cuál es el nivel tecnológico del que partimos. A continuación, analizaremos desde el punto de vista del usuario cada una de estas aplicaciones mencionadas, y comentaremos algunos detalles que pueden ser de interés en nuestro estudio.

Este análisis nos permitirá detectar características técnicas, *interfaces* de usuario conocidas, funcionalidades interesantes y, en un nivel más técnico, que técnicas de programación los fundamentan. Con esta base de conocimiento podemos generar un producto nuevo que reúna ciertas particularidades comunes a los usuarios de otras aplicaciones. Gracias a este análisis podremos destacar ciertas características:

- Generar atracción al usuario al mostrar familiarización con el manejo del programa.
- Conocer detalles técnicos de implementación que orientarán el trabajo y desarrollo del producto.
- Demostrar limitaciones en las tecnologías implicadas.
- Analizar con carácter crítico la implementación de los diversos programas.
- Desarrollar un nuevo producto que satisfice no solo las carencias reflejadas en los estudios científicos, sino que, además, generar una hoja de ruta a largo plazo que genere un producto único aplicando las mejoras detectadas.

Estos conceptos los simplificamos en la siguiente imagen:

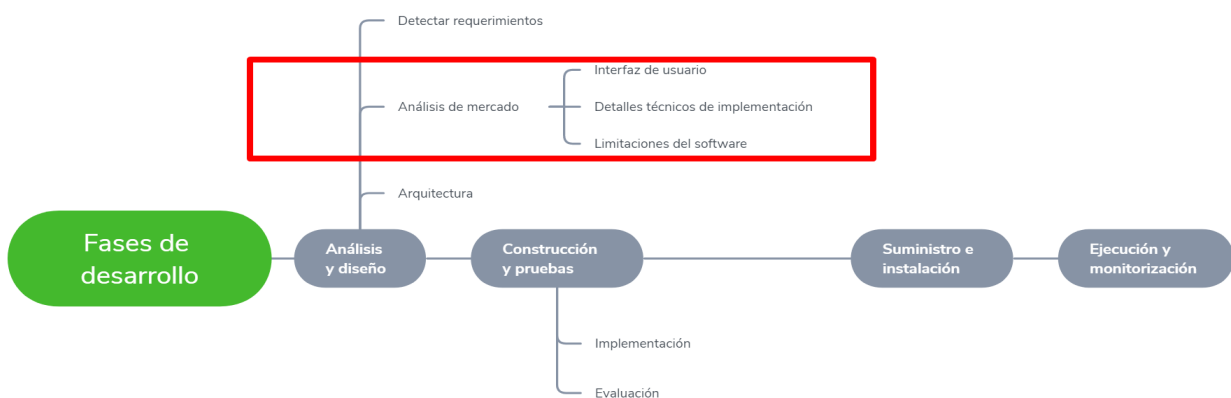


Figura 75. Detalles analizados en las aplicaciones

Las aplicaciones que analizamos son las siguientes:

- Para el análisis observacional directo a partir de la utilización del vídeo: Dartfish, Longomath, Kinovea, Catapult Vision, Mots, Hoisan, Themecoder y Video-observer.

- Para el cálculo de resultados: R Studio, SPSS, Stata, WordStats, JASP Stats.

4.1.1 Aplicaciones de análisis observacional directo

4.1.1.1 Dartfish

Dartfish es un programa para edición de vídeo utilizado en el deporte profesional para análisis de datos. El programa ha evolucionado en los últimos años hacia una serie de herramientas de diversa índole que dan respuesta a las necesidades del deporte profesional.

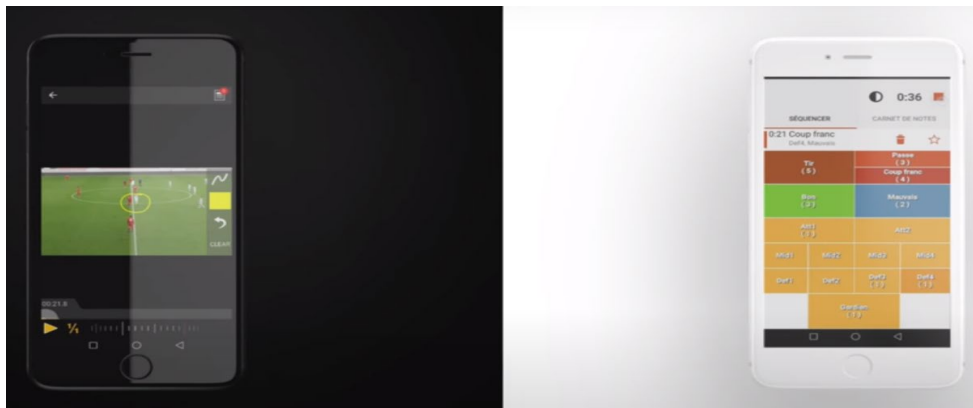


Figura 76. Interfaz móvil de DartFish para el etiquetado del vídeo

Su interfaz móvil tiene cierta similitud a la que presenta el software de observación Lince, permitiendo el etiquetado de conductas y la grabación de vídeo. Un aspecto interesante de su aplicación móvil es la característica de pintado y trazado sobre el vídeo, que permite detallar aspectos relevantes. A partir de la categorización, permite la contabilización de los parámetros analizados. En cuanto a la aplicación de escritorio dispone de una pantalla de marcado de observaciones bastante sencilla y lineal a partir del visionado de un único vídeo y del marcado de escenas o episodios observados.

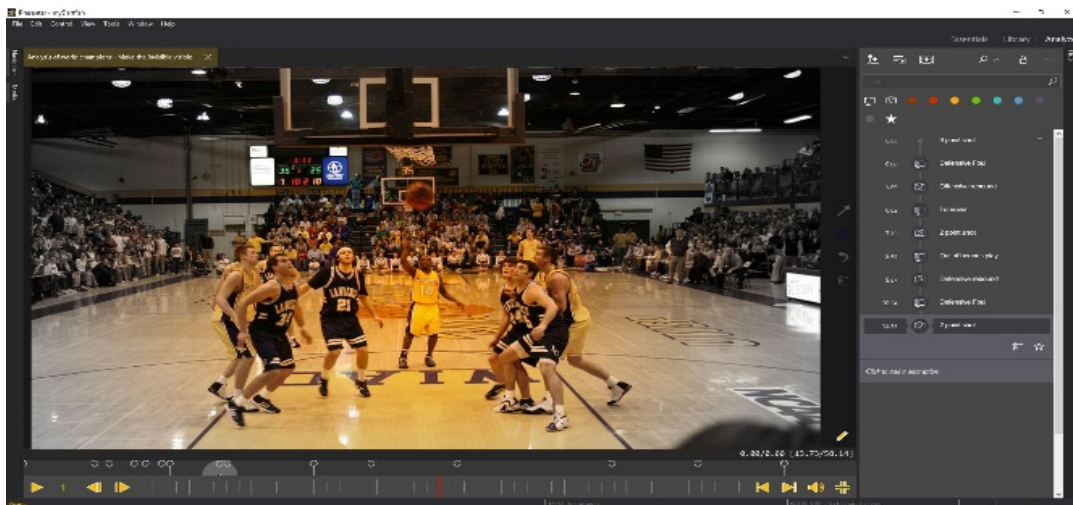


Figura 77. Análisis observacional en la aplicación Dartfish

En este software se pueden observar una serie de paneles que se pueden ir ocultando, y una paleta de colores para el marcado y etiquetado del vídeo. El reproductor presenta un funcionamiento en base a segundos y las escenas o episodios de registro quedan bien establecidos. Por otro lado, el reproductor y etiquetado de las escenas es bastante sencillo e intuitivo.

Tabla 15. Ficha técnica del software de vídeo Dartfish

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - En sus inicios era un programa gratuito - Empezó siendo una herramienta destinada a la captura de vídeo desde el propio programa - Se presenta en varias versiones: <ul style="list-style-type: none"> o Mobile: Para etiquetado y seguimiento de vídeo o 360: Para la optimización del rendimiento del atleta o 360s: Implementa un paquete de mejoras para la competición o Lives: Implementa herramientas de inteligencia artificial
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Empezó a ser un programa gratuito que al darse a conocer cambio el formato por completo y no ofrece licencia gratuita para educación o investigación. - Al realizar el alta reenvía a una página jsp, por lo que está implementada en Java y Javascript. La interfaz móvil tiene comportamiento web. - Ofrece un sistema cloud para albergar los vídeos y realizar el análisis. - El sistema de vídeo se denomina dartfish.tv
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - No tienen proyectos en abierto, ni api de interconexión - Es de pago - Está orientado al desarrollo profesional del deporte, sin tener en cuenta la vertiente investigadora
Coste	<p>Ofrece un período de prueba de 15 días. Al suscribirse redirecciona a una página de pago de un importe de 240 eur.</p> <p>Licencia por tipo usuario. En el momento del análisis los precios son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dartfish Mobile: 5 GBP/mes para usuario móvil - Dartfish 360: 17 GBP/mes para usuario escritorio + móvil - Dartfish 360s: 34 GBP/mes - Dartfish Live s: 55 GBP/mes

4.1.1.2 Longomatch

Es una aplicación para el deporte profesional que utiliza una herramienta de escritorio para el funcionamiento implementada con Qt. Su interfaz es muy similar a la presentada por Dartfish. Permite la generación de gráficas y la exportación a Excel. Un aspecto a destacar es que permite configurar que paneles están activos durante la fase de análisis.

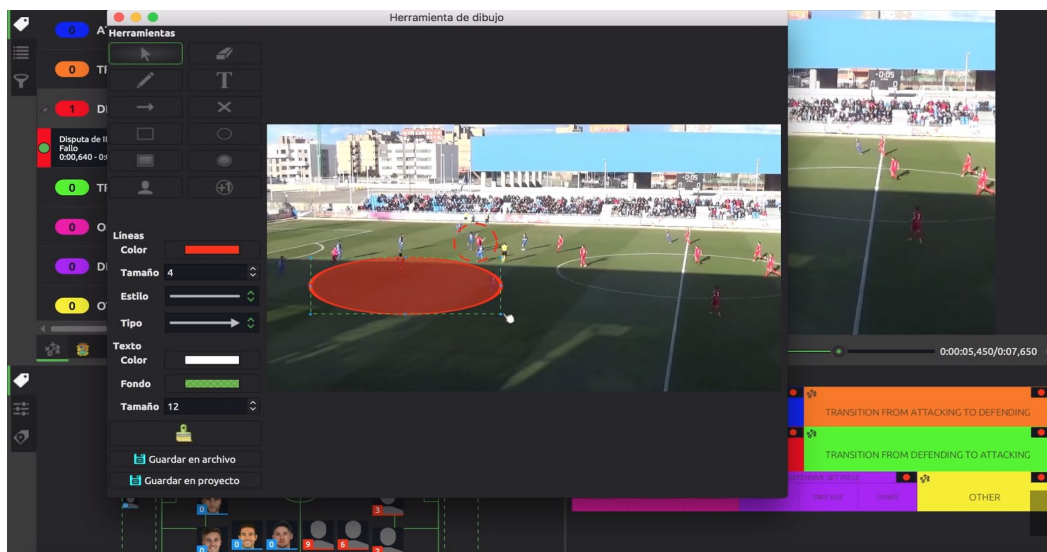


Figura 78. Panel de configuración de proyecto de Longomatch

En la figura 78 podemos ver un panel para el registro de criterios de observación y un panel dedicado a la contabilización de las acciones, así como la asignación de las acciones a jugadores de la plantilla. Cuando se realiza el registro de un episodio de observación se permite la edición del episodio y el editado de la imagen, para la generación de un informe final.

Empezó siendo una herramienta gratuita y de código abierto, pero han abandonado esta opción.

Tabla 16. Ficha técnica del software de vídeo Longomatch

Interfaz de usuario	- La interfaz de usuario parece ser la propia de una aplicación Qt, con buen detalle y calidad, aunque el panel de registro es especialmente sencillo, utilizando un instrumento de evaluación limitado por la herramienta.
Detalles técnicos	- GUI implementada mediante gtk y C# como lenguaje de programación - Es un programa muy completo para el análisis de un partido, con especial énfasis en la generación de informes de scouting en deportes de equipo - Empezó como programa de código abierto, pero se cerró esa línea de desarrollo. - El código fuente de hace 3 años está aún disponible en el siguiente enlace: - https://github.com/LongoMatch/longomatch-core
Limitaciones	- Pensado para el deporte de competición en equipos - Código propietario - Está muy centrado en la edición del vídeo y generación de informes de scouting. - Hasta la versión de inicios de 2021 no permite exportación de datos.
Coste	- Gratuito hasta 5 proyectos - Licencia Starter: 15 eur/mes por usuario - Licencia Pro: 55 eur/mes por usuario

4.1.1.3 Kinovea

Kinovea es un software de análisis deportivo en vídeo que ha tenido gran repercusión en la comunidad profesional e incluso científica, y que ha llegado a ser validado para tal fin (Puig-Divi et al, 2019). Siendo un programa de código abierto y de carácter gratuito, ofrece una serie de características que son

de aplicación al análisis del movimiento humano: seguimiento de trayectorias, reproducción a cámara lenta, transformación de la imagen, comparación de vídeos gracias a la reproducción múltiple, anotación sobre el vídeo y medición de ángulos, así como estimación de distancias y exportación de datos a Excel mediante CSV.

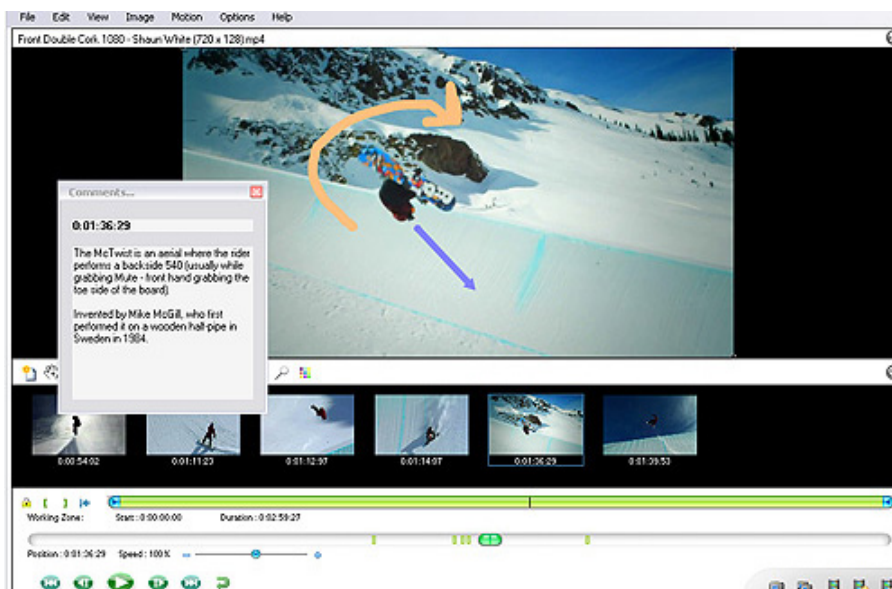


Figura 79. Interfaz de usuario de la aplicación Kinovea

Como herramienta informática ha sido siempre un ejemplo de aplicación y en diversas ocasiones se ha referenciado en las herramientas destinadas a la observación conductual como un ejemplo gracias a la reproducción simultánea de 2 vídeos, así como el sistema de marcado y anotación sobre el vídeo.

Tabla 17. Ficha técnica del software de vídeo Kinovea

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - La interfaz es simple y de fácil de utilización - Parece ser implementada en alguna variante de las librerías Qt
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Es una herramienta de escritorio - Utiliza las librerías FFMpeg para el tratamiento de vídeo - Permite la grabación desde cámaras en tiempo real - Programado en c++ y c# - Es de código abierto - Código fuente disponible en https://github.com/Kinovea/Kinovea
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Su objeto es el análisis del movimiento y no la detección de conductas - Su interfaz está quedando obsoleta - Las aplicaciones de escritorio de este tipo tienen un alto coste de mantenimiento
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Proyecto gratuito y de código abierto por el francés Joan Charmant - Permite las donaciones a través de la plataforma Patreon

4.1.1.4 Catapult Vision

Posiblemente Catapult sea la herramienta más profesional que podamos encontrar en el ámbito de la medición de sensores y vídeo destinada al deporte profesional. La empresa dota de una serie de herramientas para definir un entorno corporativo y con un alto grado de implementación de mejoras, sin

embargo, el coste de sus herramientas es excesivamente elevado y sólo alcanzable para el deporte profesional.

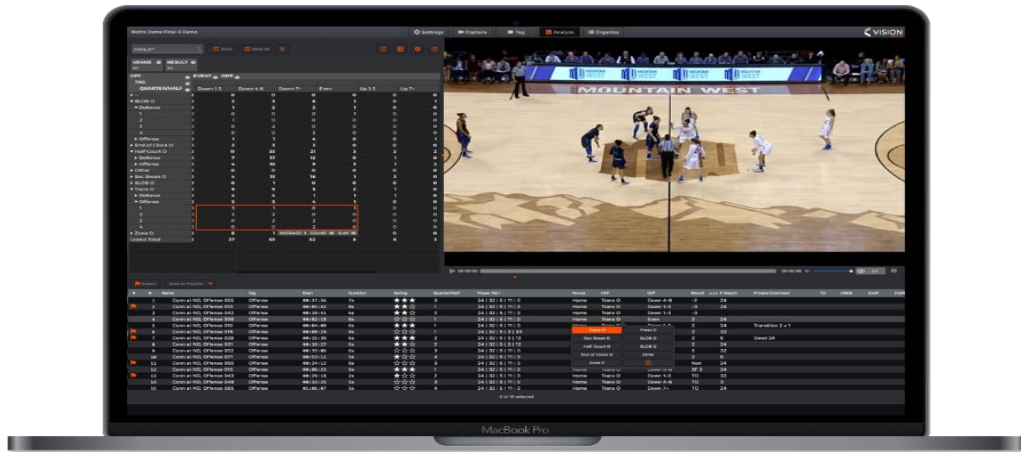


Figura 80. Interfaz de usuario de Catapult Visión

En el caso de la herramienta Catapult Vision, que ha sido lanzada al mercado a finales de 2019, podemos encontrar una interfaz de usuario muy similar a la que mostraba Lince (Gabin et al, 2012) y Longomatch, con un registro temporal de las escenas detectadas y la utilización de un panel principal con un resumen de las estadísticas visualizadas. Permite el etiquetado libre y marcado.

Además, el programa sincroniza los datos de seguimiento de dispositivos portátiles con el video, lo que permite que analistas y entrenadores puedan indicar una mala decisión o incapacidad física en los jugadores. La importación de datos se permite desde aplicaciones tan específicas como son Opta, WyScout y Instat. La exportación puede hacerse a la aplicación móvil de los jugadores, en powerpoint, keynote, pdf o vídeo.

Tabla 18. Ficha técnica del software de vídeo Catapult Vision

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Presenta una interfaz de usuario moderna - Su estructura básica es muy similar a la de otras herramientas del mercado - El comportamiento integra interfaz de escritorio con capacidades de servidor remoto, que permite la autenticación de los servicios
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Es una interfaz de escritorio con comportamiento web - El lenguaje de programación es un aspecto privado del desarrollo - La descarga del programa es a través de un registro privado, previo pago - Implementan <i>teletranstation</i> para mostrar movimientos predictivos dentro del vídeo
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - A nivel técnico no tiene limitaciones, ya que implementa datos cuantitativos (sensores) con cualitativos (observaciones realizadas), generando unas exportaciones potentes. - No es específico de investigación - Está destinado al sector profesional y privado de élite - La utilización, contrastada por <i>webinars</i>, es compleja y altamente específica. Se pueden consultar dicha información en: <ul style="list-style-type: none"> - https://www.catapultsports.com/resources
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Muy alto y solo publicado bajo petición por formulario de contacto

4.1.1.5 Mots

En las aplicaciones destinadas a la observación conductual, MOTS (Castellano et al, 2008) supone un inicio en el desarrollo bastante tangible y que ha tenido soporte e impacto en la investigación del deporte. Sin embargo, esta aplicación ha tenido poco desarrollo evolutivo y ha quedado obsoleta para el usuario desde su publicación en el año 2008.

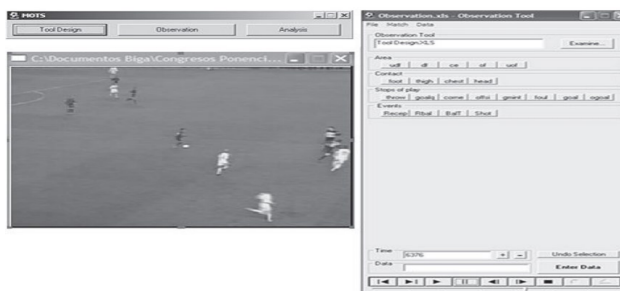


Figura 81. Interfaz de usuario del programa MOTS

A pesar de no haber tenido un desarrollo actual, la aplicación fue fruto de un intenso trabajo para la creación de aplicaciones específicas en la observación del deporte. La descarga del programa se realiza a través del registro en el portal mempapas, pero con complejidades para su ubicación y en una página sin certificado de seguridad, además de no estar indexada en los buscadores de internet. Sin embargo, ha tenido una gran utilización en el ámbito investigador.



Tabla 19. Ficha técnica del software de vídeo MOTS

Interfaz de usuario	- Está obsoleta, usando paneles independientes y basados en la estructura de paneles de las versiones antiguas de Windows, sin soporte del lenguaje por parte de Microsoft.
Detalles técnicos	- Utiliza paneles independientes - Sin desarrollos actuales - Incluye soporte para windows - Es específico de la observación del comportamiento. - Cuando se descarga, el nombre de programa se denomina MatchVision
Limitaciones	- Limitado al sector investigador - Su búsqueda es internet es compleja, no existe indexado su nombre - Es un desarrollo realmente antiguo, bajo interfaz Windows únicamente - No se puede instalar en versiones actuales de sistema Windows (Windows 10)
Coste	- Es un producto comercial que precisa de registro previo

4.1.1.6 Hoisan

Hoisan (Hernández-Mendo et al, 2012) es una aplicación similar a la anterior, pero que ha sido actualizada hasta 2019. Su interfaz está algo más actualizada y se consigue la instalación tras un registro previo en la página web mempays y descarga similar a MOTS. Por otro lado, como crítica constructiva, su interfaz consigue arrancar en entornos Windows actuales, aunque presenta algunos errores y su última publicación, la versión 1.6.3.3.6 es de noviembre de 2014. La utilización requiere de gran conocimiento de utilización, y tiene un impacto positivo en el ámbito investigador.



Figura 82. Interfaz del programa Hoisan

Tabla 20. Ficha técnica del software de vídeo Hoisan

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Interfaz tipo en aplicaciones Windows 2000 - Compleja utilización
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Su tratamiento de datos está validado, ofreciendo unos cálculos muy importantes para la metodología observacional - Buena compatibilidad para la importación, tratamiento y exportación de datos. - Parece ser una publicación actualizada del software MOTS - La nomenclatura de versionado no sigue los estándares actuales (3 cifras separadas por punto), por lo que no se conoce como es el desarrollo real de la aplicación - La persistencia de datos se genera en ficheros Microsoft Access - Parece estar implementada en VisualBasic
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Específico del ámbito investigador - Su uso es complejo, una vez descargada, al seleccionar la aplicación Hoisan, se abre la aplicación anterior MOTS y luego cambia el nombre
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Sólo para entornos Windows y nunca podrá evolucionar a otras plataformas - Gratuito, pero bajo licencia comercial - Requiere de registro previo

4.1.1.7 Themecoder

En el ámbito de la observación conductual la detección de patrones de comportamiento ha tenido un gran impacto y, en este sentido, Themecoder ha sido un software de referencia y utilizado de forma específica en el ámbito de la investigación.

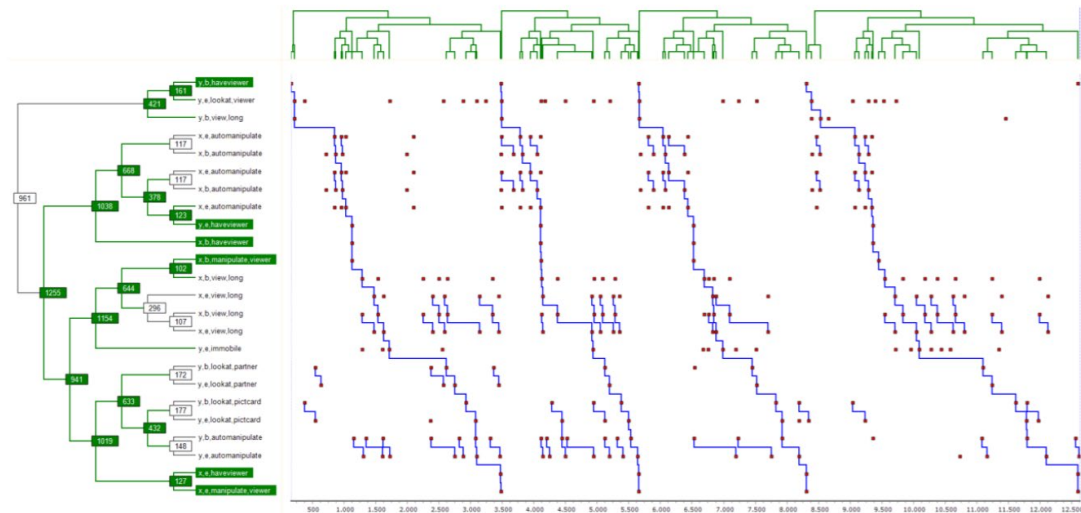


Figura 83. Dendogramas generados por una observación conductual en Themecoder

En cuanto a la interfaz de usuario, el software dispone de un gran motor de generación de gráficas para el usuario, a partir de los datos ya introducidos, ofreciendo una serie de exportaciones muy significativas para la investigación.

Tabla 21. Ficha técnica del software de vídeo Themecoder

Interfaz de usuario	- Aplicación de escritorio en entorno Windows - Buen motor de gráficas para el cálculo y exportación de resultados.
Detalles técnicos	- Supone un gran aporte a partir de la detección de patrones de conducta utilizando T-patterns (Magnusson, 2006) - El tamaño de descarga es realmente pequeño (15 Mb) - Implementado en Delphi para Windows, que tiene soporte reciente para desarrollo móvil - La descarga se puede realizar a partir de un registro previo del usuario - Disponible para descarga en https://patternvision.com/products/theme/
Limitaciones	- Funciona solo en sistema Microsoft Windows, aunque se puede virtualizar - La última versión publicada es de junio 2017 - La búsqueda del software es compleja - Limitado al sector investigador
Coste	- Es gratuito para sector educación e investigación - Requiere de licencia específica para la versión completa, con precio no indicado

4.1.1.8 Video-observer

Este programa empezó a ser un programa gratuito para el ámbito educacional e investigador, pero actualmente se centra en el ámbito profesional del deporte, ofreciendo formación y soporte a la comunidad portuguesa. Es un programa centrado principalmente en deportes de equipo y, en concreto, especializado para fútbol, aunque parece que se puede utilizar en otros deportes.



Figura 84. Interfaz de usuario del software VideoObserver

Su interfaz tiene comportamiento web de forma nativa y se presenta con un nivel de usabilidad sencillo que, además está disponible en varias versiones: cloud o web, escritorio y aplicación móvil en Android.

Tabla 22. Ficha técnica del software de vídeo Video-Observer

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Sencilla e intuitiva - Tecnología web - Es una aplicación de escritorio disponible para windows y mac - Permite la generación de mapas de calor en zonas de juego
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrece una interesante característica de filtrado sobre el registro de observación - Permite el marcado y etiquetado sobre el vídeo, para generar informes - Implementado en versiones móvil, escritorio y web gracias a desarrollo web - Al no tener acceso a la aplicación no se puede evaluar el lenguaje de programación, pero se espera que tenga alto contenido de javascript
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de la conversión de los videos a MP4 - Limitado al sector profesional
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Licencia inicial 250 eur/año - Licencia evolution 525 eur/año - Licencia pro 1500 eur/año

4.1.2 Aplicaciones específicas para el cálculo de resultados

4.1.2.1 R Studio

El software estadístico R (Ihaka et al, 1996) es una *suite* que ha tenido una gran expansión, siendo el noveno lenguaje de programación, según índice Tiobe, y una aplicación de escritorio denominada R-Studio.

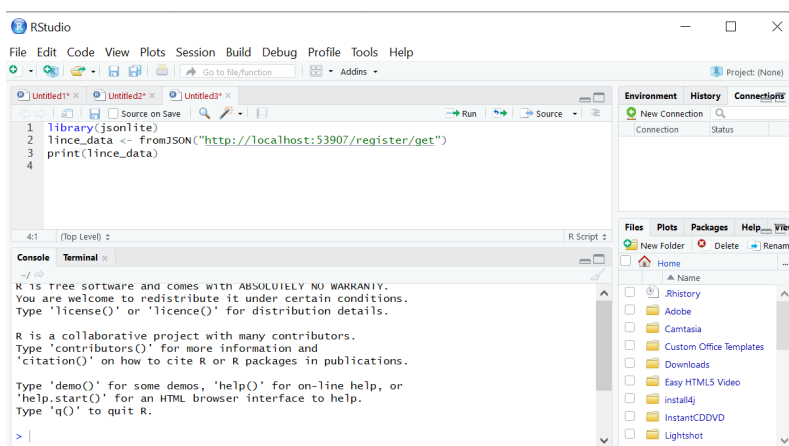


Figura 85. Interfaz de R-Studio

La interfaz se presenta con un alto nivel técnico y es de compleja utilización, pero permite un nivel de adaptación sin límites, ya que, si el usuario lo desea y aprende el lenguaje de programación adecuadamente, puede generar sus propias librerías y publicarlas en el repositorio CRAN para que pueda ser instalado en cualquier sistema y compartido con cualquier usuario de R. Su gran auge reciente se da en el ámbito de la inteligencia artificial, lo que ha permitido que su lenguaje de programación se haya extendido hasta ser el noveno lenguaje de programación más utilizado en el mundo.

Tabla 23. Ficha técnica del software estadístico R-Studio

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Precisa de conocimiento del lenguaje - Aplicación disponible para cualquier entorno de escritorio - Potente motor de gráficas
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Es uno de los grandes aportes a la comunidad investigadora en la realización de cálculos estadísticos y se ha establecido como un estándar de desarrollo - Es la base de otros programas estadísticos - Permite la conectividad a servidores remotos para el cálculo de datos - Extensible a través del lenguaje de programación - Integrable con cualquier entorno y herramienta
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conocimiento del usuario excesivamente elevado - Su utilización fuerza a seguir unas connotaciones específicas de licencia y que el código esté en abierto - Específico del ámbito científico - Se dedica al cálculo de resultados, por lo que es una herramienta adicional - Requiere el uso de otras herramientas para la obtención de datos
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Gratuito y de código abierto

4.1.1.2 SPSS

Hasta la aparición del software estadístico R, el paquete estadístico para las ciencias sociales, *Statistical Package for Social Science* o SPSS fue el programa estadístico por excelencia y que se utilizaba en el ámbito universitario a nivel global, aunque su aplicación estuviera limitada por el coste de la licencia. Su utilización en las ciencias sociales está muy extendida y ofrece la posibilidad de aumentar sus capacidades gracias a la integración de plugins y librerías externas.

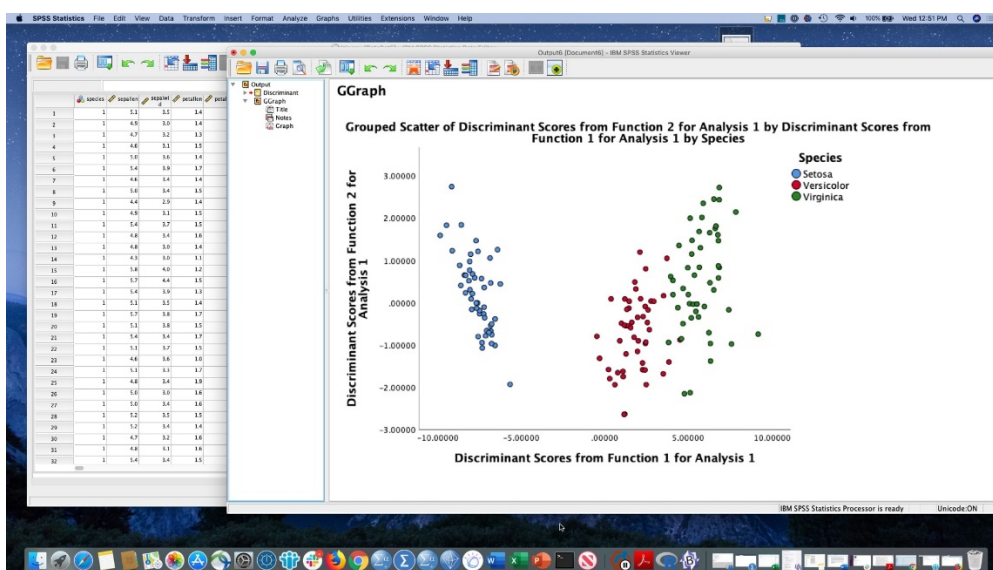


Figura 86. Interfaz de usuario del programa SPSS

Se trata de un software propietario de la multinacional IBM que tiene una similitud de utilización con el programa ofimático Microsoft Excel, en donde los datos se disponen en una matriz de 2 dimensiones y que se ejecutan una serie de procesos en cascada o secuenciales, permitiendo el cálculo de resultados y la generación de gráficos.

Tabla 24. Ficha técnica del software estadístico SPSS

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Su interfaz es específica y requiere de entrenamiento previo - Tiene cierta similitud con las hojas de cálculo
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Incluye herramientas únicas para el tratamiento de datos, como es el botón de análisis socio-económico - Tiene gran trascendencia en el ámbito investigador
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Específico del ámbito científico - Coste muy elevado para su uso habitual - Los usuarios ofrecen un alto nivel de piratería informática derivado del coste - Se dedica al cálculo de resultados, por lo que es una herramienta adicional - Requiere el uso de otras herramientas para la obtención de datos
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Versión v26 Standard: 2850 USD/año - Versión v26 Professional: 5730 USD/año

4.1.2.3 Stata

Stata ofrece una interfaz similar a la del prestigioso SPSS, con una cantidad de licencias que ofrecen una barrera económica de entrada menor para su utilización y una serie de cálculos predeterminados muy accesible, simplificando el uso de las herramientas anteriores para el cálculo de resultados.

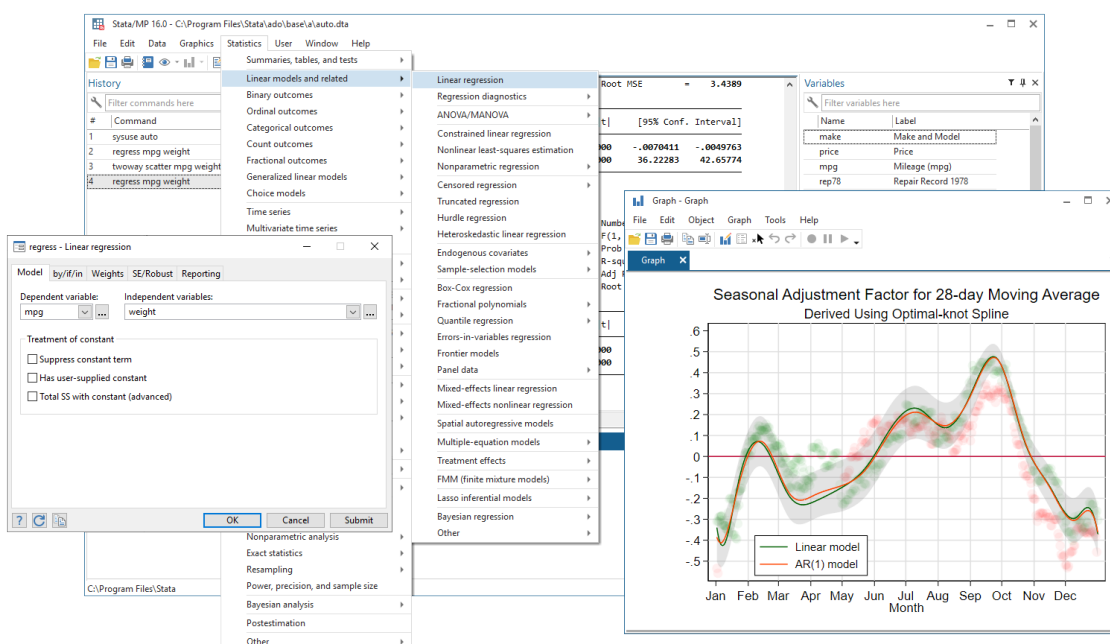


Figura 87. Interfaz de la aplicación Stata

La interfaz de Stata es más sencilla que la de SPSS y la de R-Studio, por lo que presenta una curva de aprendizaje menor, además de incluir una cantidad de cálculos predeterminados de sencilla aplicación.

Tabla 25. Ficha técnica del software estadístico Stata

Interfaz de usuario	<ul style="list-style-type: none"> - Similar al de las hojas de cálculo - Es altamente personalizable y con muchos paneles interactivos - La visualización de resultados es visualmente atractiva
Detalles técnicos	<ul style="list-style-type: none"> - Software estadístico de alto nivel - Ofrece cálculos predeterminados - Se presenta como aplicación de escritorio - Compatible con todo sistema operativo
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Específico del ámbito científico - Se dedica al cálculo de resultados, por lo que es una herramienta adicional - Requiere el uso de otras herramientas para la obtención de datos
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrece un gran nivel de personalización de licencias - Licencia individual para empresas (Stata SE) 765 USD/año - Licencia individual para universidades (Stata SE): 195 USD/año

4.1.2.4 JASP Stats

Las aplicaciones para el cálculo de resultados han tenido un auge muy significativo y cada vez han ido simplificando más su utilización o buscando un uso más polivalente. Sin embargo, parece ser que el coste del producto estaba relacionado con la facilidad de utilización.

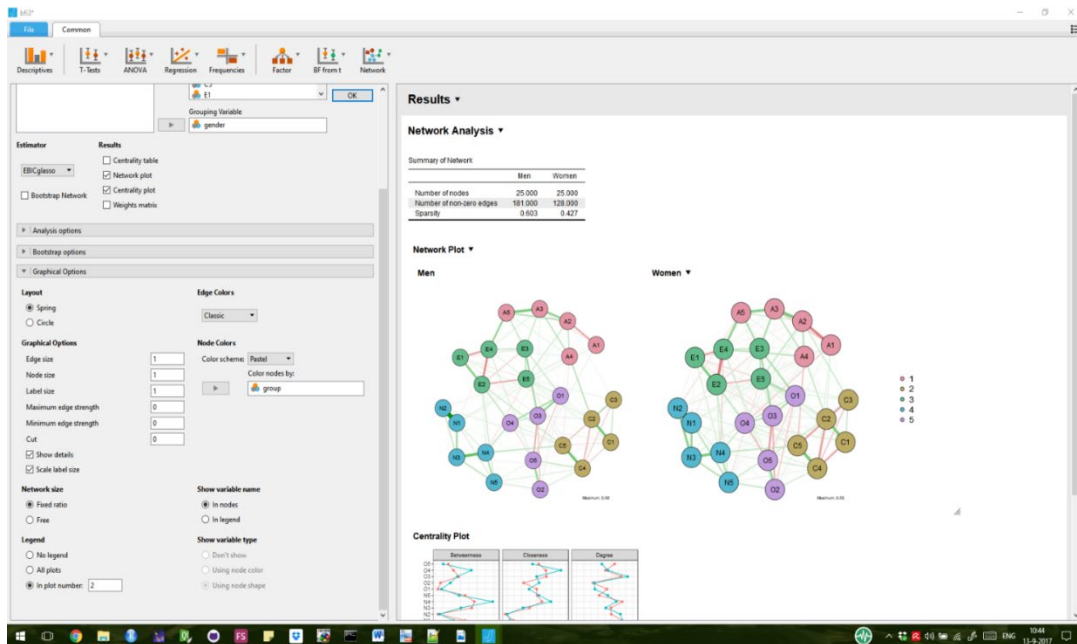


Figura 88. Interfaz de usuario del software estadístico JASP Stats

La aparición de JASP Stats (Love et al, 2019) ha supuesto un cambio de paradigma al respecto y está llamado a ser una aplicación estadística que se convierta en un estándar en el ámbito investigador por su sencillez de utilización.

Su interfaz presenta aspectos comunes en todas las herramientas anteriores, presentando un cálculo de resultados en base a gráficas muy potente y sencillo, integrable en cualquier estudio.

Tabla 26. Ficha técnica del software estadístico JASP Stats

Interfaz de usuario	- La aplicación más sencilla de utilizar para el cálculo estadístico
Detalles técnicos	- Basada y construida a partir del lenguaje de programación R - Código fuente disponible en https://github.com/jasp-stats/jasp-desktop - Es compatible con cualquier sistema operativo - Implementada en Qt
Limitaciones	- Es de carácter investigador - Se dedica al cálculo de resultados, por lo que es una herramienta adicional - Las librerías Qt no tienen exportación posible a entorno web, por lo que está limitada a un comportamiento de aplicación de escritorio
Coste	- Gratuita y de código abierto

4.2 El software de observación conductual Lince

El software de observación conductual Lince (Gabin et al, 2012) tiene una mención especial al ser un software que hemos tenido la posibilidad de perfeccionar y desarrollar al poco tiempo de su publicación. Como aplicación, tiene una serie de características que se deben mencionar directamente:

- Es una aplicación que tiene una trayectoria significativa en el ámbito investigador. En enero del año 2021, tiene 157 citaciones indexadas en WoS, por lo que se considera un proyecto con trascendencia investigadora del cual se está haciendo, además, cierto uso en el ámbito profesional.
- Tiene un desarrollo estable, la aplicación es capaz de funcionar en los sistemas Windows actuales.
- Está basado en el lenguaje de programación Java, que dota de gran estabilidad y portabilidad de la aplicación a nuevos entornos.
- Se trata de una aplicación gratuita y en la que el código fuente está disponible a los usuarios.
- Se dispone de un conocimiento profundo de la aplicación al conocer dicho código fuente.

Estos motivos justifican que el análisis de este software tenga un tratamiento de mayor extensión.

4.2.1 El origen de la aplicación

La aplicación de Lince surge como una iniciativa del grupo de investigación (GRID) que con recursos económicos y financiación estatal desarrolló a partir de un proyecto de final de carrera de informática. Este proyecto, dentro del grupo GRID, lo lideró el laboratorio de observación de la motricidad del INEFC de Lleida (Universitat de Lleida-UdL) después de años de estudio y publicación sobre la observación de las actividades físicas y el deporte (<https://lom.observesport>).

El proyecto está centrado directamente en cubrir las necesidades ya documentadas en la publicación de 2012 sobre la carencia de aplicaciones informáticas para la observación e investigación del ámbito de la actividad física y del deporte.

Su uso ha tenido una extensión bastante positiva en el ámbito investigador alcanzando a finales del año 2020 gran volumen de citaciones en revistas de impacto JCR y, desde su diseño, el objetivo ha sido en todo momento facilitar el registro de las conductas humanas con soporte video gráfico y así poder facilitar la integración del resto de herramientas, por lo que, además de facilitar el registro, permitía la exportación de la información al resto de aplicaciones que forman parte del ecosistema habitual del investigador en las ciencias humanas.

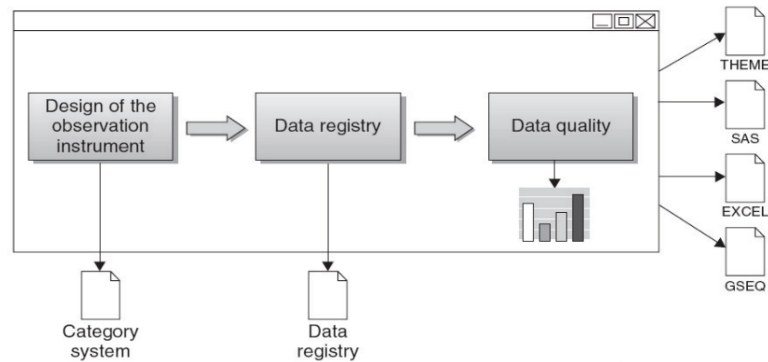


Figura 89. Estructura inicial de la primera versión de Lince (Gabin et al, 2012)

Como se puede observar en la figura 89, la estructura de este software estaba pensada para generar un instrumento de observación, realizar la evaluación y, posterior a cierto control de calidad del dato, realizar una exportación de la información a otros formatos y así poder utilizar otras aplicaciones.

El hecho de que la aplicación requiera de la integración otras herramientas, genera cierta complejidad en el uso que hemos documentado por varios autores y en diversas publicaciones (Terrenghi et al., 2019; Anguera et al., 2017; Hernández-Mendo et al., 2014; 2012; Bazeley, 2010).

Esta complejidad originó la duda y el inicio del presente estudio y, a partir del desarrollo evolutivo de la plataforma, se empezaba a experimentar ciertas complicaciones técnicas a largo plazo y que podrían ser limitantes en el uso de la plataforma con futuras aplicaciones.

Sin embargo, pese a ser una grandísima utilidad para el investigador, se debe hacer una crítica constructiva del estado de la aplicación. Por tanto, en los próximos apartados procedemos a presentar estas complicaciones con un nivel de profundidad necesario como para entender la necesidad de justificar todo el desarrollo a partir de un marco teórico necesario.

4.2.2 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario es bastante similar a las analizadas anteriormente, se dispone de un apartado para la visualización del vídeo, otro para el acceso al instrumento de registro y una zona superior para una visualización de las conductas analizadas en los diversos episodios del estudio, tal y como se muestra a continuación en la figura 90.

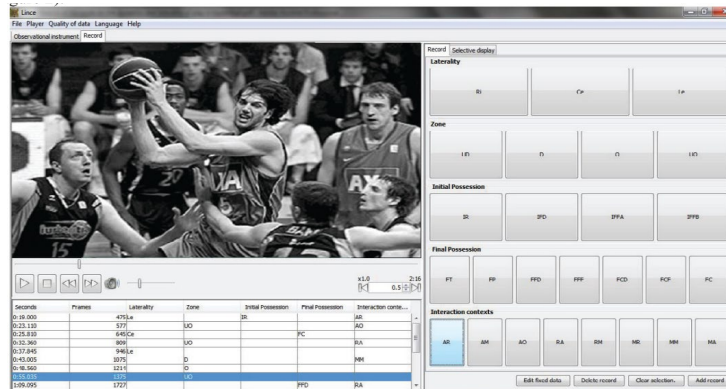


Figura 90. Interfaz de usuario del software Lince

Este tipo de *interfaz* tiene total correlación con todas las aplicaciones analizadas en el apartado 4.1.1 para el análisis observacional y es un patrón habitual tanto para el ámbito deportivo como para el ámbito científico, por lo que su implementación ha sido bastante acertada, ofreciendo un comportamiento sin complicaciones y de fácil manejo y muy bien aceptado por la comunidad investigadora.

Sin embargo, cuando analizamos con detalle el resto de aplicaciones observacionales, podemos ver que, aunque la disposición de los componentes principales es similar en todas las aplicaciones, el aspecto visual de la aplicación está poco actualizado y no es utilizable por dispositivos más modernos, como pueden ser tablets u otros dispositivos móviles o táctiles.

Por otro lado, esta *interfaz* es propia de versiones antiguas de *Microsoft Windows*. Este factor, si se compara con las otras aplicaciones similares más contemporáneas (por ejemplo: Dartfish, Longomatch, Catapult Vision, Video observer) produce cierta reticencia hacia el usuario y su funcionalidad.

Si tenemos en cuenta que “la interfaz de usuario está considerada como uno de los aspectos esenciales en la interacción del ser humano con el ordenador y que está consta en su esencia con la integración de los movimientos humanos como el gesto y la voz” (Guerino y Valentim; 2020), y que, además se genera un aspecto denominado Experiencia de Usuario o UX (*User eXperience*) que garantiza la satisfacción de inmersión de la aplicación en el usuario (Guerino y Valentim; 2020), no podemos dejar de tener en cuenta que, sin duda alguna, el hecho de utilizar una *interfaz* de usuario obsoleta no aporta novedad a la aplicación.

La *interfaz* de Lince está preparada para su funcionamiento en varios sistemas operativos en su naturaleza, en concreto Linux, MacOS y Windows, pero sin embargo sólo se puede utilizar en Windows por el factor limitante del reproductor de vídeo. En su implementación está desarrollada con una serie de librerías de ayuda al programador denominadas AWT.

Estas librerías tuvieron gran éxito en la generación de aplicaciones de escritorio portables, pero, sin embargo, ha tenido reticencia por parte de la empresa que las facilita (Oracle) y han sido progresivamente descatalogadas y, con la liberación de Java 9, el 21 de septiembre de 2017 (Oracle.com, 2017), totalmente excluidas de uso.

Por tanto, la actualización de la interfaz de usuario es un factor limitante y que obligará a la reescritura de todo el código.

4.2.3 Aspectos técnicos del software

El *software* Lince es un ejemplo de practicidad para resolver un proyecto concreto, que ha sido realizado de forma ejemplar y con una transferencia directa. Lo más importante es su sencillez y, sobretodo, que es una aplicación que sin complejidades excepcionales tiene un uso válido en la comunidad investigadora.

Teniendo en cuenta estos detalles, de gran valor por la aportación de la aplicación al ámbito investigador, en 2021 tenemos que tener una serie de aspectos técnicos de relevancia que se deben destacar sin prejuicio y de forma técnica y clara, que se espera que sea recibida por la comunidad de forma positiva:

- La aplicación no utiliza la potencia del lenguaje en el que está implementado, lo cual puede facilitar mucho ciertas tareas de carácter técnico que han tenido una gran complejidad en la implementación.
- La aplicación no utiliza un sistema de gestión de dependencias o *dependency control system*, lo cual le hace excesivamente sensible a vulnerabilidades e imposibilita una correcta actualización del sistema, factor que se recomienda encarecidamente su aplicación (Nett, Mock y Theisohn; 1997). Este sistema de control de dependencias en java se implementa a través de la inclusión de *Maven* o *Gradle*.
- La aplicación está implementada en java 1.4, que tuvo su salida al mercado en febrero de 2002 y debe ser actualizada desde la raíz.
- La gran potencia del *software* radica en el reproductor de vídeo, pero, a la vez, es su gran factor limitante. La utilización de la interfaz de vídeo de VLC y de unas librerías que permiten su utilización, permite que se pueda usar cualquier tipo de vídeo para reproducir. Sin embargo, esta implementación limita que el software sólo pueda ser utilizado en Windows, ya que MacOS y Linux no tienen soporte a esta utilidad dentro de java.
- Al utilizar el reproductor de vídeo de VLC en su interior no permite la ejecución de varios vídeos simultáneos.
- Separa la información en estructuras diferentes para el instrumento de observación y para el registro de la información, por lo que el usuario debe mantener varios ficheros para poder conservar la información del proyecto de investigación.

Tabla 27. Ficha técnica de la aplicación de observación conductual Lince (Gabin et al, 2012)

Interfaz de usuario	- Tiene una interfaz que requiere ser actualizada desde la raíz - Utiliza Swing/AWT
Detalles técnicos	- Es una aplicación sencilla de utilización - Es una aplicación utilizada por la comunidad investigadora

	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene gran potencia para reproducir cualquier formato de vídeo - Sólo utilizable a través de Windows y con la instalación de VLC Player - Tiene buenas características de importación y exportación de ficheros para el investigador
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene dependencia hacia librerías VLC que limitan que pueda ser instalado en sistemas alternativos a Windows - Utiliza versiones obsoletas de java - No utiliza sistemas de gestión de dependencias
Coste	<ul style="list-style-type: none"> - Gratuita y de código abierto

4.2.4 Necesidades del aplicativo

A partir de las observaciones anteriores podemos resumir una serie de premisas a considerar, que son muy importantes para decidir si debemos utilizar el *software* Lince como base de nuestro desarrollo. Si no se consiguen resolver estas premisas, la aplicación no puede ser evolucionada:

- **Se debe actualizar por completo la interfaz de usuario.**
- **Se debe habilitar la inclusión de varios vídeos simultáneos** (Hernández-Mendo et al, 2014), por lo que se debe eliminar la dependencia a VLC. Este factor no sólo tiene un alto impacto, si no que eliminará una de las principales características del software.
- **Se debe incluir un sistema de gestión de dependencias**, a partir de *Maven* o *Gradle*.
- **Se debe actualizar el lenguaje de programación** utilizado y las librerías que utiliza.
- **Se debe conseguir que sea instalable en cualquier sistema operativo.**
- **Se debe conseguir que la interfaz** del usuario permita su utilización en dispositivos móviles o táctiles.

Estas necesidades son un resumen de los aspectos puntualizados anteriormente y, en consecuencia, denotan un gran cambio a implementar. En este momento del estudio nos encontramos ante un escenario que implica los siguientes aspectos:

- El usuario investigador necesita la actualización tangible del software.
- La comunidad investigadora denota muchos conceptos que son necesarios en el desarrollo de la nueva aplicación.
- El usuario investigador precisa la utilización de todos los elementos utilizados hasta el momento (instrumentos, registros observados y vídeos).
- El software ha encontrado un techo que le impide evolucionar debido a que las tecnologías que utiliza están en desuso.

Estos elementos generan que nos situemos ante un curioso paradigma:

- Por un lado, tenemos un programa que potencialmente es una base de desarrollo de nuestra aplicación y una comunidad que espera poder utilizar ese programa o similar con las mismas funcionalidades.
- Por otro lado, tenemos que responder a las expectativas y demanda de la comunidad investigadora con un producto que debe ser similar al anterior, pero que debe implementar muchas características nuevas.

Por ello, a efectos prácticos, se debe ofrecer los mismos resultados con algo totalmente diferente y que ofrezca innovaciones, concepto que intentamos plasmar en la figura 91.

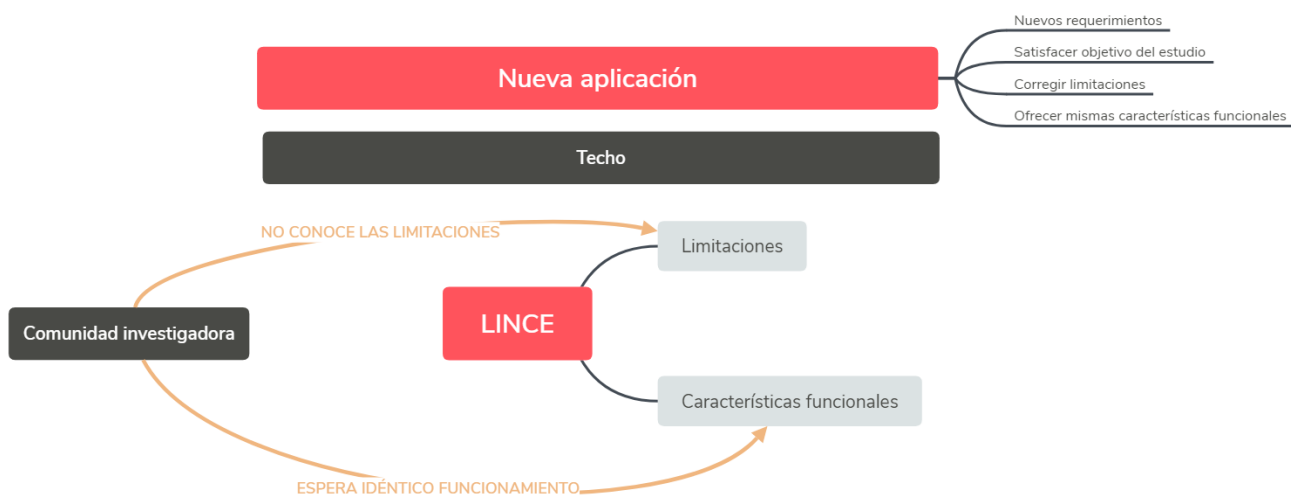


Figura 91. Paradigma que representa la evolución de la aplicación Lince (Gabin et al, 2012)

En esta figura podemos ver visualmente la complejidad de la aplicación ATD-TR que intentamos implementar, presentando unas necesidades complejas que implica que los requisitos de nuestra aplicación sea una base que no tenemos realmente, con nuevos requerimientos extraídos de la revisión bibliográfica.

De forma no técnica este paradigma tiene la equivalencia a como si mostráramos la realización de dos aplicaciones informáticas o de dos etapas de desarrollo bien diferenciadas: una primera etapa para conseguir los mínimos exigibles y otra segunda etapa en la que implementemos las nuevas necesidades.

4.3 Necesidades tecnológicas de los programas analizados

Como hemos podido justificar en los apartados anteriores, a pesar de existir una gran cantidad de aplicaciones de código abierto y gratuito, cada una tiene ciertas particularidades que impiden un correcto desarrollo de las funcionalidades. Sin embargo, tenemos conocimiento de una aplicación de la que podemos nutrirnos de algunos aspectos esenciales, como puede ser la importación y exportación con herramientas externas que se utilizan en el ámbito investigador.

Ninguna de las aplicaciones analizadas ofrece la base real de desarrollo que nos permita evolucionar a una plataforma integral, que permita la inclusión de dispositivos wearables, inteligencia artificial, comportamiento web y la utilización de varios vídeos simultáneos, y mucho menos desde un punto de vista investigador y, por encima de ello, con el código fuente en abierto y que pueda ser utilizada como base y de carácter gratuito.

Estamos, por tanto, ante un paradigma utópico en el que hemos justificado la necesidad de una aplicación nueva, pero que tiene que responder a expectativas previas e implementar nuevos conceptos. Es evidente que este concepto es de una complejidad muy alta.

Si resumimos este capítulo podemos destacar algunos aspectos que deben implicarse en la nueva aplicación tecnológica:

- Las aplicaciones de escritorio permiten trabajar **desconectado de internet** y muchas utilizan este paradigma, además de dotar de privacidad y seguridad a los datos del investigador y participantes.
- Las aplicaciones web ofrecen un **comportamiento accesible por dispositivos móviles** y un nivel de interacción mucho mayor que el que se puede conseguir con una aplicación de escritorio.
- Las aplicaciones analizadas **no representan una base estándar** para nuestro desarrollo.
- Cada aplicación analizada está implementada en **un lenguaje diferente** o con estructura diversa.
- Son pocas las aplicaciones que **permiten el uso de varios vídeos simultáneos**.
- Las aplicaciones que permiten el uso de varios vídeos simultáneos no permiten **el registro de la acción conductual**.
- Las aplicaciones que permiten el uso de varios vídeos simultáneos, la integración de dispositivos físicos o *wearables* y el registro de la acción, **son específicos del sector profesional** y de un alto coste de utilización.

Debido al análisis de las aplicaciones existentes hemos podido sintetizar que no tenemos un desarrollo previo que podamos usar como base de nuestro desarrollo. Por lo que la única opción es crear un proyecto nuevo en el que introduzcamos las diversas características.

En próximos capítulos empezaremos por analizar los requerimientos en profundidad para desarrollar la arquitectura de esta nueva aplicación.

Capítulo 5. Análisis de los requerimientos del sistema base

En el capítulo anterior hemos podido analizar el aspecto visual y técnico de diversas aplicaciones que se utilizan en el ámbito investigador y profesional de la actividad física y del deporte. A partir del análisis detallado de estas aplicaciones hemos podido concluir que ninguna de ellas es una base estructurada para nuestro desarrollo.

Teniendo en cuenta que debemos realizar el desarrollo de nuestra aplicación desde el inicio, pero incluyendo características de otras aplicaciones, como es el caso del *software* Lince, debemos analizar con detalle cada uno de los requerimientos para evaluar cómo podemos realizar su implementación y así realizar una aplicación que cubra el objetivo de este estudio y que sea útil para la comunidad.

En este capítulo nos centraremos en definir cada requerimiento de forma más sencilla para que sea comprensible y podamos generar nuestra aplicación tecnológica para el deporte sin problema de comprensión.

Para poder definir de forma ágil todos los aspectos de los requerimientos definidos anteriormente revisaremos cada requerimiento detectado en el capítulo 3 y los analizaremos bajo el concepto de “historias de usuario” o *user stories*.

User stories

Una historia de usuario es la representación de un requisito en una o dos frases utilizando un lenguaje común. Si consideramos por ejemplo el requerimiento de “se deben importar y exportar los datos de otras aplicaciones”, tenemos que proceder a saber que aplicaciones son, hacer un análisis exhaustivo de estas aplicaciones y conocer con detalle cómo funcionan. Pero, desde el punto de vista de *User Story*, quedaría tan sencillo como lo siguiente:



Figura 92. Ejemplo de historia de usuario

A continuación, realizaremos el análisis de los requerimientos funcionales y no funcionales expresados en la tabla 13 y tabla 14, realizando una comprensión de cada detalle expresado por la bibliografía.

5.1 Conversión de requerimientos funcionales a “historias de usuario”

Para no volver a describir la extensa lista de requerimientos otra vez, detallando con todo tipo de detalle la implementación, hemos transformado todos los requerimientos funcionales en historias de usuario, que detallamos a continuación:

Esta lista de historias de usuario es mucho más rápida de utilizar que la lista de requerimientos funcionales, y, sobretodo más fácil de validar e implementar. Los detalles técnicos se intentan evitar para simplificar la lectura del usuario.

En la esquina superior derecha de cada historia de usuario de la figura 93 hemos detallado algunos aspectos relevantes: un icono parecido a un Lince significa que estaba implementado en Lince 1.4 y una mirilla implica un objetivo realmente complejo en la nueva aplicación.

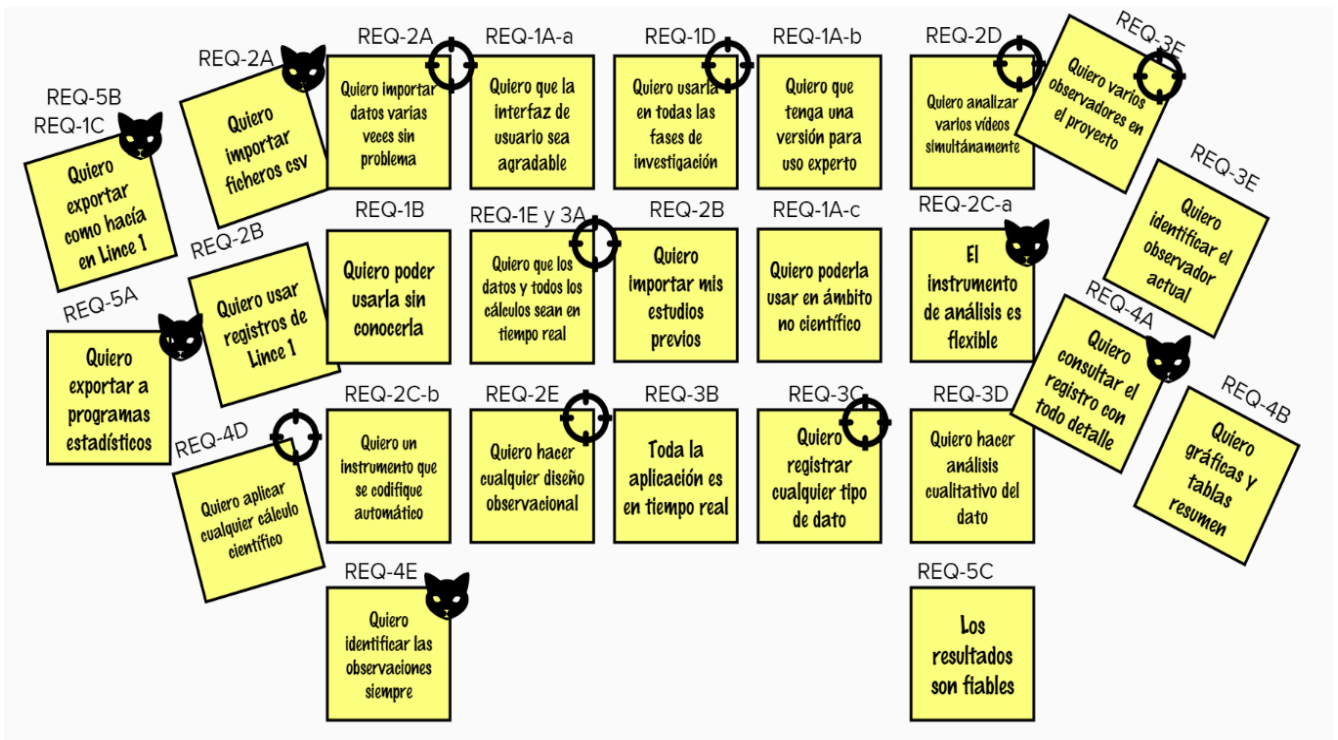


Figura 93. Historias de usuario para los requerimientos funcionales

A continuación, desarrollaremos las necesidades como “historias de usuario”, término que se aplica en informática y que tienen especial interés por su complicación, como se han anotado a partir de la mirilla telescópica que hemos anotado en la figura 93 anterior.

5.1.1 Quiero importar datos varias veces sin problema

El hecho de importar datos del registro parece ser una necesidad prioritaria y una “historia de usuario” a considerar sin ningún lugar a duda. Sin embargo, esta operación trae sus complicaciones tecnológicas ocasionándonos muchos problemas adicionales, si queremos que el usuario pueda importar datos de cualquier aplicación, o de la misma aplicación varias veces.

Hacer una aplicación de importación flexible en diferentes formatos de datos que permita un uso profesional y científico sin que genere conflictos, se presenta como algo de gran complejidad. De hecho,

este factor ha sido motivo de éxito de algunas compañías muy conocidas como es Apple, e implica un gran coste en evaluación de interfaces de usuario. En estas compañías el lema es que “el cliente siempre tiene la razón” y por ello no se ahorran esfuerzos para conseguir esta operación de importación, pero nuestra aplicación al no encontrarse ante clientes debe abordarlo de forma minuciosa para ser una ayuda para la comunidad investigadora.

5.1.2 Quiero usarla en todas las fases de la investigación

Esta necesidad de la investigación observacional tiene mucha potencia y alberga una de las grandes dificultades de los sistemas informáticos existentes ya que precisa de la integración de diferentes funciones desde el registro observacional hasta su análisis. De hecho, ninguna de las aplicaciones que hemos analizados es capaz de generar un estudio de investigación de manera consolidada.

La diversificación de diseños, usos y tipos de investigaciones observacionales que existen es el hándicap y el motivo por el que aún no hemos encontrado ninguna herramienta que permita todas las fases de la investigación a través de metodología observacional y la inclusión del análisis de Métodos Mixtos.

Es un ejemplo de otra afirmación que implica una gran complejidad en su interior

5.1.3 Quiero usar varios vídeos simultáneos

Este es otro factor de gran demanda e “historia de usuario” en todas las publicaciones analizadas, cuyo ejemplo de aplicación refiere siempre a la utilización de varios vídeos que presenta la aplicación Hoisan, del grupo de investigación del GRID y también Kinovea y que le ha dado tanto prestigio.

El factor vídeo será un elemento complejo de implementar, ya que la versión anterior de Lince utilizaba el reproductor de vídeo de VLC en sistema Windows; en nuestra investigación tendremos que buscar una técnica de reproducción de vídeo que funcione en cualquier sistema para que sea suficientemente rápida como la que VLC presentaba. Además, por si no fuera suficiente, necesitamos poder aplicar que reproduzca casi cualquier fichero de vídeo y, de manera simultánea.

Para poder solucionar este problema, tan sólo podremos hacerlo evaluando la herramienta Kinovea y conociendo como lo implementa para, en otro lenguaje de programación como es Java, poder hacer la misma operación o un efecto similar de reproducción de varios vídeos de forma simultánea.

5.1.4 Quiero varios observadores en el proyecto

La versión 1.4 de Lince permitía incluir registros de varios observadores adicionales para proceder al cálculo de la concordancia de fiabilidad interobservador y del mismo observador intraobservador. Sin embargo, este tipo de funcionalidad generaba un comportamiento extraño en la aplicación.

Al principio, en esta opción se separaba el instrumento de observación con el registro, y cada registro era independiente. Así que, para poder hacer un cálculo de este tipo, necesitábamos manejar 3 ficheros distintos: 1 de instrumento y 2 para los observadores. La importación de la observación inicial se podía ver sin problema, pero, sin embargo, la observación del segundo observador era poco interactiva y tan sólo se mostraba el resultado del cálculo, si se podía ejecutar con el instrumento cargado.

Este proceso resultaba poco intuitivo y complicado de uso y generaba un descontrol de los datos analizados, por lo que su implementación ha de cambiar para ser un concepto totalmente innovador y lo debemos construir con otro procedimiento que no sea similar a como lo hacía Lince 1.4.

5.1.5 Quiero registrar cualquier tipo de dato

Si nos referimos a la investigación cualitativa, Lince 1.4 ofrecía la manera de permitir una serie de registros de texto libre que permitían la inclusión de información no formal o adicional, por lo que aparentemente podríamos decir que se ajustaba a este concepto.

Sin embargo, en nuestro estudio hemos catalogado que una aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real (ATD-TR) debe ser un nexo de comunicación entre los dispositivos físicos y la aplicación.

Este factor obliga al análisis de los requerimientos no funcionales, ya que, como veremos más adelante, uno de ellos implica la inclusión de datos obtenidos a partir de mediciones de sensores, como pueden ser las pulsaciones cardíacas o la cantidad de movimiento a partir de sensores inerciales.

Si tenemos en cuenta este tipo de dato, e introducimos los datos cuantitativos a la metodología observacional y los datos cualitativos, tendremos una plataforma óptima para la investigación y la aplicación de los métodos mixtos y, por tanto, este concepto lo encontraremos con detalles en los requerimientos no funcionales que desarrollaremos a continuación.

5.1.6 Quiero hacer cualquier diseño observacional

Todos los apartados anteriores están relacionados con esta “historia de usuario” al influir en este requerimiento los 8 tipos principales de diseños observacionales, así podemos comprobar como el uso de varias sesiones, el análisis de varios observadores, o el seguimiento de varias sesiones son elementos esenciales para poder configurar cualquier diseño.

Este concepto requiere de un análisis específico que será evaluado en el capítulo 10, denominado “Casos de Uso” de la aplicación.

5.1.7 Quiero aplicar cualquier cálculo científico

El cálculo de resultados del estudio y la posibilidad de realizar cualquier cálculo científico del registro observacional, es una fase a contemplar en la “historia de usuario” relacionada con el uso de la aplicación en todas las fases de la investigación.

En las aplicaciones anteriores hemos visto como existe toda una tipología de aplicaciones específicas para el cálculo, y seguramente estamos ante una de las características más ambiciosas de nuestro proyecto.

La complejidad de este tipo de “historia de usuario” es, junto a la inclusión de varios videos simultáneos y la inclusión de los datos de sensores, uno de los conceptos más complejos que pueden hacer que

no cumplamos, en una primera fase de desarrollo de la aplicación todos los requerimientos. Este apartado tendrá especial atención en el capítulo 7 de Implementación de Lince Plus

5.1.8 Quiero que los datos y todos los cálculos sean en tiempo real

Añadir esta “historia de usuario” permitiría a los usuarios conocer los resultados de la observación registrada inmediatamente tras el registro de la información, permitiendo unos resultados parciales que se van completando continuamente. Seguramente estamos ante una complejidad tan elevada que sea casi imposible implementarla adecuadamente. Sin embargo, veremos que ciertas metodologías arquitectónicas, analizadas en el capítulo 6, nos permitirán implementar y satisfacer esta historia de usuario adecuadamente.

5.2 Conversión de requerimientos no funcionales a historias de usuario

A continuación, realizaremos el mismo tipo de gráfico para los requerimientos no funcionales expresados en la tabla 14, al final del tercer capítulo. Estos requerimientos no son imperativos en la aplicación. Sin embargo, son aquellos requerimientos que potencian la aplicación y pueden generar un producto diferenciador del resto. Por tanto, son requerimientos muy importantes para provocar adherencia al usuario.

Si tenemos en cuenta las posibles “historias de usuario” generadas al respecto, podemos definir los siguientes elementos, como se muestra en la figura 94:

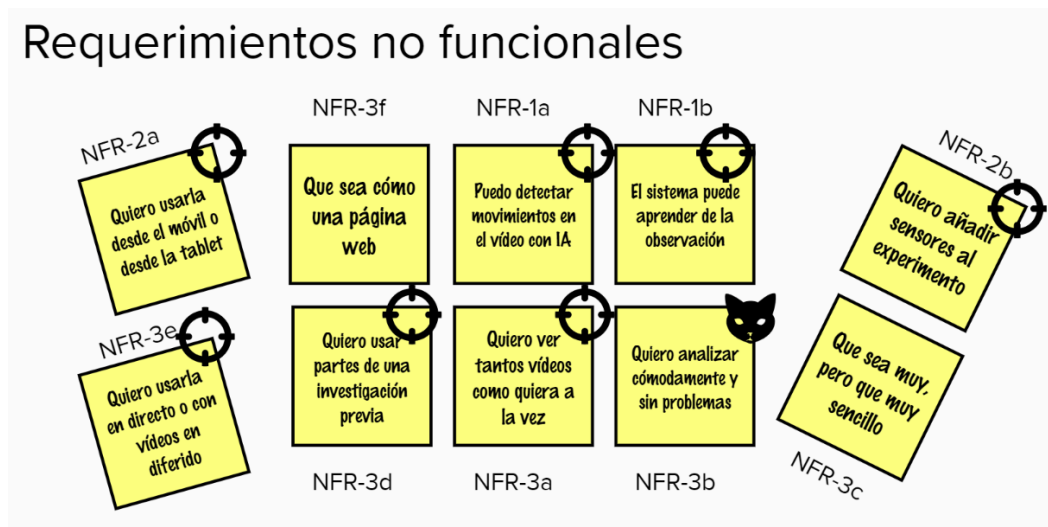


Figura 94. “Historias de usuario” para los requerimientos no funcionales

Como se puede observar, la mayoría de los requerimientos no funcionales son muy complejos de implementar. Sin embargo, veremos cómo los podemos abordar. A continuación, desarrollaremos estas “historias de usuario” que tienen especial interés por su funcionalidad, como se han anotado a partir de la mirilla telescópica de la figura 93.

A pesar de que estos requerimientos funcionales representan las necesidades de la comunidad científica expresada en la bibliografía, estas hacen referencia tan sólo a necesidades que conocen los investigadores y que demandan de su inclusión debido a que existen otras herramientas innovadoras con las que pueden comparar.

Poder satisfacer estas historias de usuario dotará a la herramienta de un carácter único.

5.2.1 Quiero usarla desde el móvil, Tablet (o cualquier dispositivo)

El investigador es un tipo de usuario que habitualmente se encuentra detrás de un ordenador en un laboratorio de investigación. En ocasiones realiza la toma de datos en el campo de experimentación, pero su trabajo y las herramientas que existen hasta el momento están limitadas a un ordenador de escritorio o similar. De hecho, todas las aplicaciones que hemos encontrado para el cálculo de resultados

en la investigación se encuentran limitadas a los sistemas operativos tradicionales de Windows, Linux o MacOS. En el caso de Lince 1.4, hemos visto como estaba limitada al uso en Windows, y muchas aplicaciones de investigación tienen complejidades en su portabilidad.

Sin embargo, en el uso profesional el uso de dispositivos portables es de gran extensión. Hemos visto una gran cantidad de aplicaciones y utilidades en nuestro marco teórico orientadas en este sentido.

Generar una herramienta universal, que permita el uso profesional y científico, con la inclusión de varios investigadores, que se pueda utilizar desde cualquier sistema y que permita todas las fases de la investigación, se presenta, hasta el momento, como un concepto utópico.

Discutiremos este apartado en el resto del estudio, pero será de gran importancia el capítulo 6 sobre la arquitectura del producto resultante.

5.2.2 Quiero usarla con vídeos en directo o en diferido

Este concepto está implementado en varias herramientas de investigación analizadas. Sin embargo, este concepto no implica que sea de sencilla implementación, porque si recordamos la usabilidad de varios vídeos simultáneos y la historia de usuario de un uso sencillo, nos encontramos ante algunas dudas significativas, como puede ser ¿Se permite la grabación en directo y la visualización de un vídeo anterior mientras se hace un registro observacional? ¿Cómo reacciona la aplicación cuando se quiere pausar?

Por tanto, este elemento presenta una gran complejidad en su construcción e implementación que requiere de un desarrollo tecnológico.

5.2.3 Quiero usar partes de una investigación previa

Poder importar investigaciones anteriores podría ser un concepto aparentemente sencillo, pero el hecho de poder seleccionar partes de ella y, además, poder tener varios observadores en nuestro proyecto, tiene una complejidad exponencial.

Esto tiene el peligro de producir una posible eliminación de partes de un registro de otras investigaciones y podría ser un concepto que genere multitud de errores si no se considera desde el inicio de la estructura del proyecto.

En este estudio no se ha podido contrastar ningún software que permita una exclusión de cualquier componente de la investigación.

5.2.4 Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez

Si tenemos en cuenta que ya tenemos elementos de complicación en torno al vídeo, como puede ser la reproducción en cualquier dispositivo o la reproducción de 2 vídeos simultáneamente y de forma sincronizada, ¿Qué pasará si contemplamos cualquier número de vídeos?

Este concepto tiene grandes complejidades asociadas:

- ¿Qué sucede si un vídeo dura más que otro?
- ¿Qué tiempo de la observación se debe registrar para el análisis de la conducta si están en diversos momentos de la visualización?
- ¿Qué sucede si uno de ellos es una grabación en directo?
- ¿Cómo debe comportarse la herramienta para poder manejar todos los vídeos?

Son muchísimos elementos a contemplar, y, seguramente, mientras se realizan estas cuestiones el lector puede situarse en plataformas conocidas y visualizarlas, como podría ser *Youtube* y/o *Vimeo*. Sin embargo, pocas de ellas permiten la reproducción simultánea y, menos aún, el registro observacional.

Por tanto, este elemento implica otro factor de impacto considerable en la aplicación tecnológica que realizamos.

5.2.5 Quiero que el programa detecte movimiento con Inteligencia Artificial

Si hemos considerado todos los elementos anteriores, nos encontramos ante un componente adicional que, seguramente, hace cuestionar la veracidad del estudio: La complejidad de la aplicación es excesivamente elevada en este punto. Sin embargo, hemos visto como el análisis y observación de vídeo ha tenido gran repercusión en las aplicaciones contemporáneas y, seguramente, encontremos soporte de desarrollo en este concepto a partir de modelos de datos ya preestablecidos.

El concepto que será de mayor complejidad será su aplicación directa sobre el estudio y la fiabilidad de los datos analizados y, con mayor detalle, su posible modificación. Este concepto se analizará en el capítulo 7 y, sobretodo, en el capítulo 11 dedicado a la discusión del estudio.

5.2.6 Quiero que el sistema haga el análisis por sí sólo y que aprenda

Otra forma de Inteligencia Artificial eran los sistemas entrenados. La implementación de este tipo de casuística implicará, seguramente, que el investigador entrene al sistema para que este realice la observación con sus criterios.

Este concepto se presenta como un elemento esperanzador para la investigación, pero encuentra muchísimas consideraciones excepcionales, como puede ser la de conocer que es lo que está observando el usuario del programa.

Como es el elemento anterior, será un elemento esencial de la discusión del estudio en el capítulo 11.

5.2.7 Quiero añadir sensores al experimento

Este concepto se presenta como un elemento muy innovador. Sin embargo, es la naturaleza de aplicación de los métodos mixtos, por lo que el investigador ha estado realizando una innumerable cantidad de experimentos previos para la obtención de los datos de diferente naturaleza con GPS y otros dispositivos de obtención de frecuencia cardíaca.

Actualmente se pueden hacer análisis diversificados, en los que el investigador utiliza una serie de herramientas cuantitativas, como puede ser la captura de las pulsaciones de un grupo de observados, y, por otro lado, realiza la grabación de la sesión para el análisis posterior de tipo cualitativo.

Cuando el investigador finaliza el experimento y se dedica en la fase de análisis a intentar cruzar los datos y sincronizarlos en el tiempo suceden una serie de complicaciones enormes que implican la generación de protocolos de actuación para el desarrollo completo de la investigación.

Esta metodología de trabajo no es óptima al permitir el fallo humano durante el proceso, por lo que su automatización, sincronización de datos e implicación en el proceso investigador puede tener gran repercusión en la comunidad.

No se ha registrado ninguna herramienta en el mercado que permita este tipo de análisis.

5.3 Síntesis del análisis de los requerimientos

El uso de las “historias de usuario” permite que podamos alejarnos de una visión más técnica y del aspecto científico temporalmente. Poder analizar la aplicación desde el punto de vista de la persona que utilizará la aplicación permite atender a sus necesidades directamente y a evitar el uso de un lenguaje complicado e incomprensible desde el punto de vista informático.

Hemos podido comprobar, por un lado, la sencillez y la capacidad visual que representan estas “historias de usuario” y, no sólo eso, sino que, además, hemos comprendido con mayor detalle algunos aspectos que denotaban las investigaciones analizadas y que son importantes para la satisfacción de la comunidad investigadora. Por otro lado, hemos añadido nuevas consideraciones al desarrollo de nuestra aplicación tecnológica para el deporte que permiten comprender algunos apartados de especial complejidad.

Simplificar cada uno de los requerimientos complejos que han sido extraídos de artículos científicos y la conversión en “historias de usuario” nos permite centrarnos nuestro objetivo principal, dividir las tareas a implementar en segmentos independientes y compartimentados y evitar la complejidad innecesaria de realizar la aplicación como si fuera un bloque único. En consecuencia, podremos definir ahora aspectos esenciales en el desarrollo de nuestra aplicación que formarán la base o arquitectura de esta aplicación, sin entrar en detalles que puedan complicar o dispersar nuestros esfuerzos. Una vez establecida la base y cubierto las necesidades básicas, iremos añadiendo conceptos de forma progresiva para satisfacer el mayor número de “historias de usuario” posible.

En próximos capítulos analizaremos como pueden ser implementadas todas estas “historias de usuario” y como se pueden agrupar para desarrollar la aplicación de manera eficiente. Empezaremos definiendo una arquitectura para la aplicación, que viene a expresar los fundamentos y la estructura base de nuestro desarrollo. A continuación, realizaremos la implementación de dicha aplicación, que simplificaremos en este estudio para poder facilitar la lectura del usuario.

Teniendo la arquitectura de la aplicación estable y con unas bases de desarrollo tecnológico fundamentadas para permitir la evolución de la plataforma, podremos ir reubicando las “historias de usuario” de forma independiente y pudiendo centrar los esfuerzos para conocer dónde, cómo y cuándo implementarlas.

Finalizaremos la segunda parte de esta investigación evaluando la implementación de estas “historias de usuario” y el estado de la aplicación al respecto, situando una serie de comentarios y estableciendo la base de algunas líneas futuras de desarrollo.

Capítulo 6. Arquitectura de la aplicación informática en tiempo real para el deporte

En apartados anteriores hemos simplificado el concepto de requerimiento técnico desde el punto de vista del usuario al estar compuestas de un lenguaje técnico y poco comprensible. Como resultado, se han obtenido una serie de afirmaciones simples y que son percibidas bajo el punto de vista del usuario final, que, como conocemos, tiene un ámbito científico o profesional. Estas afirmaciones y requerimientos, denominadas “historias de usuario”, han generado en consecuencia una multitud de características que debemos organizar y clasificar en bloques comunes para definir la arquitectura base de aplicación que desarrollaremos.

Empezar a construir una aplicación sin definir una buena arquitectura de base es un error muy común en el desarrollo de aplicaciones y, si fuera ese nuestro enfoque, nos podríamos encontrar con limitaciones significativas, como podría ser el hecho de que el reproductor de video sólo funcionase en sistemas operativos Windows o que no se permita una reproducción simultánea de varios vídeos, siendo ésta la gran limitación de la versión anterior de Lince. Estas características deben tenerse en cuenta antes de empezar a programar la aplicación, o nos podemos encontrar con diversos impedimentos en el desarrollo que obliguen a empezar de cero. Teniendo en cuenta el conocimiento de la aplicación Lince, y que la nueva aplicación mejore la anterior versión y añada multitud de características nuevas, denominaremos la nueva aplicación como **LINCE PLUS**.

En este capítulo definiremos los bloques o módulos que componen LINCE PLUS. Cada módulo se especializará en resolver una serie de los requerimientos o “historias de usuario” agrupándolas en aspectos comunes para que las podamos resolver mediante tecnologías similares que se puedan implementar. En consecuencia, en este capítulo detallaremos aspectos determinantes para los siguientes elementos:

- Módulo de la aplicación y agrupación de historias de usuario.
- Módulo de interfaz de usuario.
- Módulo de integración de aplicaciones.
- Módulo de cálculo estadístico.
- Módulo de vídeo.
- Módulo principal de la aplicación.
- Distribución en la aplicación para su instalación.

6.1 La agrupación de historias de usuario como módulos de aplicación

Las historias de usuario han simplificado mucho los requerimientos para poder entender de manera sencilla la aplicación, permitiendo establecer un punto de inicio claro y sencillo para nuestra aplicación. Sin embargo, este listado de historias es caótico y precisa de una organización general que nos permita detallar cada uno de los aspectos esenciales de nuestra aplicación.

Para poder organizar esta información, revisaremos las “historias de usuario” y detallaremos en cada una de ellas una serie de conceptos o numeraciones. Con la finalidad de poder agrupar las “historias de usuario” en funcionalidades similares diferenciaremos en aspectos visuales, integración con herramientas auxiliares, cálculo de resultados, tratamiento de la imagen y características adicionales. En consecuencia, situaremos una numeración en cada una de estas necesidades del usuario a partir de la clasificación propuesta en la tabla 28:

Tabla 28. Propuesta de agrupación para las historias de usuario

Identificador	Concepto
1	Historias de usuario relacionadas con aspectos visuales
2	Historias de usuario relacionadas con la integración de otras herramientas
3	Historias de usuario relacionadas con funcionalidades científicas y cálculos
4	Historias de usuario específicas del tratamiento de la imagen
5	Otras historias de usuario sin clasificación definida

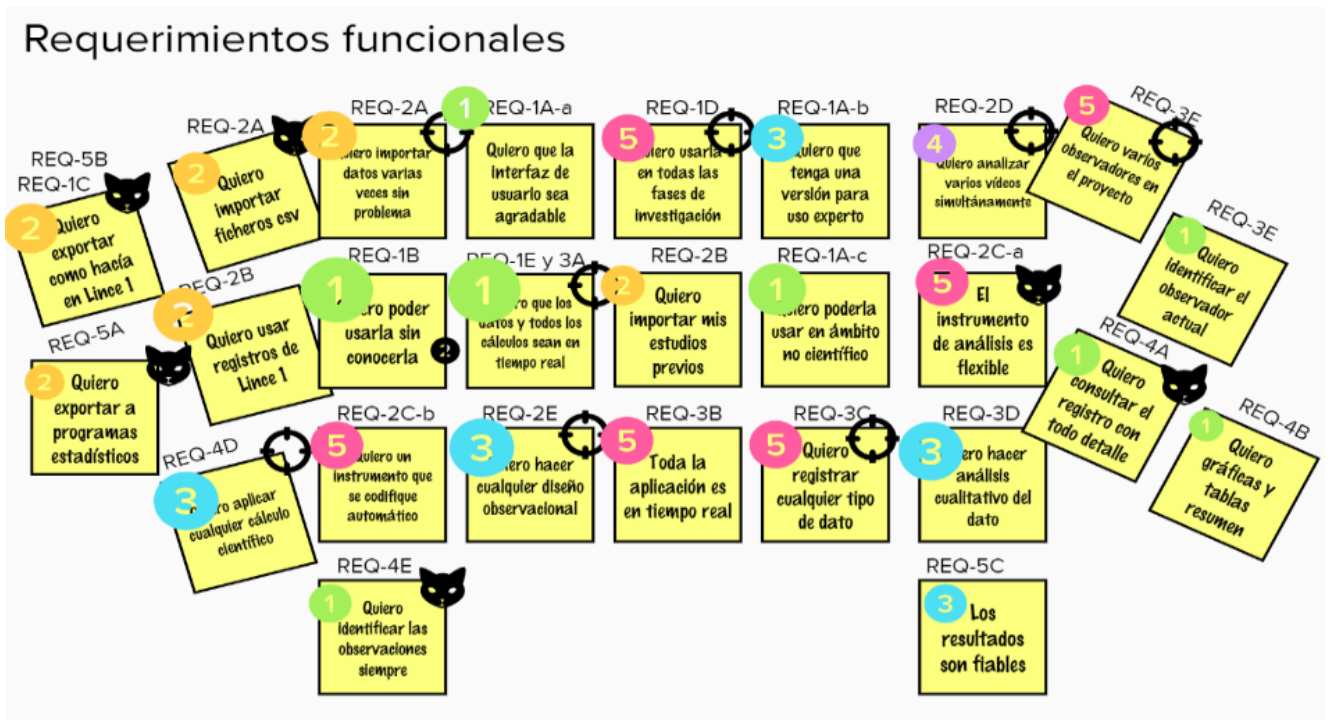


Figura 95. Clasificación de las historias de usuario de requerimientos funcionales en módulos de aplicación

Además, en la figura 95 podemos ver esta agrupación de funcionalidades propuesta. En la esquina superior izquierda de cada historia de usuario hemos situado la clasificación que consideramos relacionada a partir de la agrupación mostrada en la tabla 28.

Esta clasificación de historias de usuario la realizaremos también para los requerimientos no funcionales de la aplicación y, en consecuencia, podremos clasificar todas las historias de usuario enfocadas hacia la arquitectura de la aplicación.

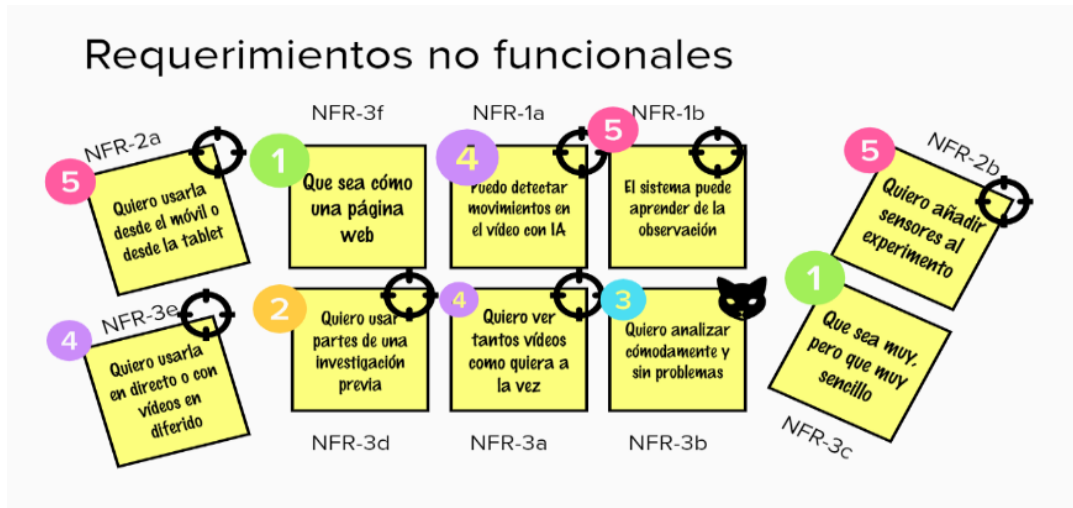


Figura 96. Clasificación de las historias de usuario para requerimientos no funcionales en módulos de aplicación

En la figura 96 podemos observar la misma clasificación de historias de usuario que observamos en la Figura 95 para los requerimientos funcionales, por lo que nos encontramos ante una unificación de todas las “historias de usuario” según la finalidad en su aplicación. Esta clasificación sintética nos permite reorganizar los requerimientos del usuario y poder hacer un análisis adecuado, que permita generar los diferentes componentes que formarán la aplicación. Esta clasificación final se puede observar en la tabla 29, en donde incluimos cada componente que están relacionadas:

Tabla 29. Clasificación de historias de usuario en módulos de aplicación

Módulo	Historia de usuario
Historias de usuario relacionadas con aspectos visuales	Quiero que la interfaz de usuario sea agradable
	Quiero poder usarla sin conocerla
	Quiero poder usarla en ámbito no científico o profesional
	Quiero que los datos y todos los cálculos realizados sean en tiempo real
	Quiero identificar siempre las observaciones o registros realizados
	Quiero identificar al observador actual
	Quiero consultar el registro observacional con todo tipo de detalle
	Quiero gráficas y tablas resumen
Historias de usuario relacionadas con la integración de otras aplicaciones o herramientas	Quiero exportar como se hacía en Lince 1.4
	Quiero exportar a programas estadísticos
	Quiero importar ficheros ctv.

	Quiero importar registros de Lince 1
	Quiero importar datos varias veces sin problema
	Quiero importar estudios previos
	Quiero usar partes de una investigación previa
Historias de usuario relacionadas con funcionalidades científicas y cálculos	Quiero aplicar cualquier cálculo científico
	Quiero hacer cualquier diseño observacional
	Quiero que tenga una versión para uso experto o científico
	Quiero hacer análisis cualitativo del dato
	Quiero que los resultados sean fiables
	Quiero analizar cómodamente y sin problemas
Historias de usuario específicas del tratamiento de la imagen	Quiero visualizar varios vídeos simultáneamente
	Quiero detectar movimiento en el vídeo a partir de Inteligencia Artificial
	Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez
	Quiero usarla en directo o con vídeos en diferido
Otras historias de usuario o historias de usuario sin clasificación definida	Quiero usarla desde el móvil o desde la Tablet
	Quiero que el sistema pueda aprender de la observación
	Quiero añadir sensores al experimento
	Quiero que el instrumento se codifique automáticamente
	Quiero que la aplicación sea en tiempo real
	Quiero registrar cualquier tipo de datos
	Quiero usarla en todas las fases de la investigación
	Quiero varios observadores en el proyecto
Quiero que el instrumento de análisis sea flexible	

Una vez hemos agrupado las necesidades de usuario en una serie de módulos que formarán la aplicación, podemos proceder a definir los hitos arquitectónicos. A continuación, procedemos a analizar esta agrupación de funcionalidades por apartados, procediendo a un análisis más técnico de cada una de ellas y basándonos en la tabla anterior, generando una arquitectura inicial para cada uno de los aspectos esenciales de la aplicación que vamos a generar.

6.2 Características del módulo de interfaz de usuario

El módulo de interfaz de usuario intentará satisfacer todos los aspectos visuales de la aplicación y necesidades del usuario, representando todos los aspectos esenciales que precisa un usuario científico y, a la vez, las necesidades de uso profesional en la actividad física y del deporte. Estas características se analizan, en este apartado, desde el punto de vista de interacción con la aplicación. Para ello, debe satisfacer en detalle las características de la tabla 30.

Tabla 30. Aspectos esenciales del módulo de interfaz de usuario

Historias de usuario relacionadas con aspectos visuales	Quiero que la interfaz de usuario sea agradable
	Quiero poder usarla sin conocerla
	Quiero poder usarla en ámbito no científico
	Quiero que los datos y todos los cálculos sean en tiempo real
	Quiero identificar las observaciones o registros siempre
	Quiero identificar al observador actual
	Quiero consultar el registro con todo tipo de detalle
	Quiero gráficas y tablas resumen

Si analizamos estos requerimientos de usuario, podemos desarrollar algunos aspectos generales que deberemos tener en cuenta al desarrollar la base de nuestra aplicación:

- Que la interfaz sea sencilla obligará a automatizar muchas operaciones manuales con la finalidad de reducir las acciones por parte del usuario, generando dificultades en el apartado de programación prediciendo aspectos técnicos para simplificar la interfaz de usuario.
- El hecho de que sea agradable implicará buscar las últimas tendencias visuales del mercado y comportamientos de aplicación, analizando nuevas tecnologías y evaluando aplicaciones similares.
- Que una aplicación se pueda utilizar sin conocimiento implica que sea natural, y para eso, debe tener un aspecto similar a otras aplicaciones actuales y, a partir de un conocimiento transversal, permitir un uso familiar de la aplicación.
- Un uso no científico de la aplicación implica que la naturalidad de uso se exprese también en los términos utilizados por la aplicación, como son las opciones de menú y los mensajes que muestra la aplicación, sin perder rigor científico, pero simplificando algunos términos.
- Que los registros u observaciones se puedan ver con detalle en cada momento implicará romper momentáneamente con la simplificación de la interfaz, permitiendo cambiar con una simple acción un detalle e implicando un mensaje con datos que requiere una complicación en las pantallas. Esta muestra de datos debe ser momentánea y con un cambio de contexto ágil.
- Contemplar varios observadores simultáneos en la aplicación implica identificar el usuario actual en todo momento y, para ello, tendremos que disponer de un elemento identificador típico para su perfil de usuario y una selección de usuario que sea sencilla.

- La utilización de gráficas y tablas resumen es un estándar en la mayoría de aplicaciones de carácter técnico, pero tenemos que considerar que deben ser sencillas y dinámicas. Un elemento a considerar en este apartado es que deben simplificar la tarea del programador y, a ser posible, que sean interactivas.

6.2.1 Solución arquitectónica relacionada con la interfaz

Todas las necesidades mencionadas se relacionan al uso sencillo y amigable de la interfaz de usuario. Si observamos muchas de las aplicaciones de carácter técnico que han sido analizadas en apartados anteriores, hemos podido conocer como la mayoría de aplicaciones de escritorio se alejan de un uso sencillo y que son un tipo de aplicación utilizada, sobretodo, para aplicaciones técnicas y que requieren un conocimiento concreto. Como ejemplo de las aplicaciones a las que nos referimos encontramos Microsoft Word, Microsoft Excel, Adobe Premiere, Adobe Photoshop o el programa estadístico SPSS.

Por otro lado, no todo usuario informático es experto, por lo que debemos contemplar que tipo de aplicaciones podemos encontrar que muestren aspectos sencillos de utilización para buscar cierta familiaridad. Al considerar ambos tipos de aplicaciones mencionadas, podríamos clasificarlas en dos tipos:

- Aplicaciones de uso común, como son Spotify, Netflix o similares. Estas aplicaciones intentan tener una interfaz sencilla, alejada del uso complejo que existe en las aplicaciones de sistema, para garantizar una experiencia de usuario inmediata. La metodología más habitual para este tipo de aplicaciones es HTML5 y CSS para su diseño, introduciendo un tipo de interfaz muy atractiva y dinámica a partir del comportamiento web en un entorno de escritorio.
- Por otro lado, tenemos aplicaciones más complejas, siendo muy utilizadas en ordenadores de sobremesa y portátiles, pero que tienen un carácter más técnico. Adobe Photoshop o Microsoft Word son un ejemplo de este tipo de aplicaciones. Este tipo de aplicaciones requieren de un aprendizaje previo y presentan una interfaz de usuario más compleja y con muchas más opciones y detalles.

Si tenemos en cuenta estas consideraciones y todas las historias de usuario analizadas, tenemos que decantarnos sin lugar a duda por HTML5 y el lenguaje web para generar una interfaz de usuario más atractiva, optando por elementos más técnicos en la versión científica de nuestra aplicación a partir de la utilización de este lenguaje web. La mayoría de aplicaciones técnicas que podemos encontrar no permiten una interacción del usuario sencilla e implican un aprendizaje previo. Sin embargo, nuestra aplicación debe permitir contemplar tanto el usuario principiante como el usuario experto.

6.2.2 La interfaz web como ejemplo de solución práctica

A pesar de que el lenguaje web para ser la solución más adecuada, debemos analizar con detalle que aspectos técnicos implicará en el desarrollo. Al establecer HTML5 como lenguaje esencial en el que implementar todas las historias de usuario, nos podemos encontrar con una serie de problemas:

- El vídeo en HTML5. Existe soporte de vídeo en HTML5, sin embargo, podemos encontrar problemas de reproducción en la aplicación. La aplicación de escritorio de Spotify, que no reproduce el vídeo

directamente, mientras que la aplicación móvil ofrece una experiencia de usuario distinta, permitiendo la reproducción de vídeos mientras el usuario escucha sus canciones favoritas. Debemos buscar el motivo de esta reducción de funcionalidad, considerando que los ordenadores son más potentes que los dispositivos móviles.

- La compatibilidad de java con HTML5 en una aplicación de escritorio. El lenguaje de programación que hemos definido para nuestra aplicación y el lenguaje en el que está basado la primera versión de Lince es Java. ¿Cómo podemos establecer HTML5 para la visualización de todos los componentes en una aplicación de escritorio en Java? Responder esta cuestión será un factor de vital solución para establecer la base de funcionamiento de nuestra aplicación. Tras una extensa búsqueda técnica, hemos podido comprobar que el soporte de HTML5 en una aplicación de escritorio en Java no está muy documentada.

En cuanto a la utilización de HTML5 en una aplicación de escritorio, podemos comprobar que se suele utilizar un navegador interno en la aplicación, y la aplicación en sí tiene muy poca lógica o procesamiento de datos. Es decir, todo el tratamiento de datos se hace en un servidor de internet. Este factor implica que este tipo de aplicaciones no puedan ser utilizadas sin conexión a internet o que ofrezcan una funcionalidad limitada. Existen marcos de desarrollo de aplicaciones de escritorio en HTML5 puro como puede ser Electron (<https://www.electronjs.org/>), pero tenemos que hacer una evaluación profunda para conocer si la aplicación soportará todas las funcionalidades del cálculo requerido por un investigador. Optar por una tecnología web pura implica un problema adicional, al alejarnos de la aproximación de Java y de cualquier portabilidad de código que pudiéramos realizar de Lince 1.

En consecuencia, tenemos que sintetizar los conceptos relacionados con el comportamiento web, y debemos destacar los siguientes aspectos relevantes:

- Nuestra aplicación tiene que ser de escritorio.
- Debemos soportar un gran volumen de cálculos y de forma fiable, por lo que no se puede basar en HTML5 o javascript.
- Nuestra aplicación debería utilizar HTML5 para la mejora de experiencia de usuario.

Cuando se utiliza HTML5, el lenguaje estándar de los navegadores web, debemos utilizar un lenguaje adicional, denominado Javascript, para realizar la interacción con el usuario. Sin embargo, javascript, que es similar en su sintaxis a Java, tiene muy poca potencia de cálculo estadístico y limitada funcionalidad de tratamiento de ficheros cuando se utiliza bajo el navegador web. Por el contrario, es el lenguaje por excelencia para el manejo de la experiencia de usuario o UX (User eXperience) y permite elevar la interacción de éste al máximo nivel.

6.2.3 Stack tecnológico para la capa de presentación

A partir del análisis que acabamos de realizar, especificamos lo siguiente: Intentaremos utilizar una aplicación de escritorio basada en Java, mediante una interfaz de usuario en HTML5 y con una interfaz

de usuario que se gestionará por Javascript, en concreto mediante el framework React al ser la clara tendencia del mercado actual.



Figura 97. Stack tecnológico para la capa de usuario

Esta estructura de aplicación es un estándar en los servidores web y tiene muy buen resultado y soporte por la comunidad, lo que facilita y garantiza un desarrollo a largo plazo. El hecho de basar nuestra aplicación en HTML5 hace que apostemos por un estándar que está muy lejos de dejar de ser utilizado.

Además, si en el futuro la aplicación crece mucho, y requiere en consecuencia ampliarse y ser accesible en internet, podremos migrar parte del código a un entorno web puro. Por otro lado, al utilizar diversos lenguajes de programación, evitamos centrar todo nuestro desarrollo en una única tecnología, facilitando la reutilización de código y expansión de la herramienta a nuevas tendencias. Como aspecto negativo, es el conocimiento de la tecnología y la necesidad multidisciplinar que tendremos en el desarrollo.

6.3 Características del módulo de integración

El módulo de integración pretende dar respuesta a las necesidades del usuario para utilizar otros programas, importar documentos o proyectos de otras herramientas y poder utilizar el conocimiento generado en la aplicación desde y hacia ellas a partir de opciones de exportación de la información.

Tabla 31. Aspectos esenciales del módulo de integración

Requerimientos de los usuario relacionadas con la integración de otras aplicaciones o herramientas	Quiero exportar como se hacía en Lince 1.4
	Quiero exportar a programas estadísticos
	Quiero importar ficheros csv
	Quiero usar registros de Lince 1
	Quiero importar datos varias veces sin problema
	Quiero importar estudios previos
	Quiero usar partes de una investigación previa

La compatibilidad de la aplicación es un factor importante para atraer al usuario de otras aplicaciones y, en consecuencia, la reutilización de proyectos anteriores a partir de opciones de importación es determinante. Aunque generemos una aplicación que incluye todas las funcionalidades de otras herramientas y que represente sea un bloque de trabajo único en todas las fases de la investigación observacional, debemos permitir que el usuario decida como quiere trabajar, y que pueda sentirse libre en la utilización y desarrollar su trabajo como está acostumbrado. Este factor debería implicar que, si el usuario lo desea, pueda utilizar otras herramientas en diversas fases del proceso investigador.

Para conseguir tal fin no podemos considerar sólo como se importan los datos, sino que la exportación de los datos tiene igual importancia. Además, deberemos incluir todas las funcionalidades de Lince 1 y posibilitar cualquier tipo de compatibilidad en los flujos de información. Para poder abordar este detalle de implementación, estableceremos un módulo específico que incluya las funcionalidades de Lince 1.4 que podamos migrar. Este módulo reutilizará todo el código posible y, además, realizará una conversión de datos de nuestra aplicación LINCE PLUS a la versión de Lince anterior, tal y como se describe en la siguiente figura.

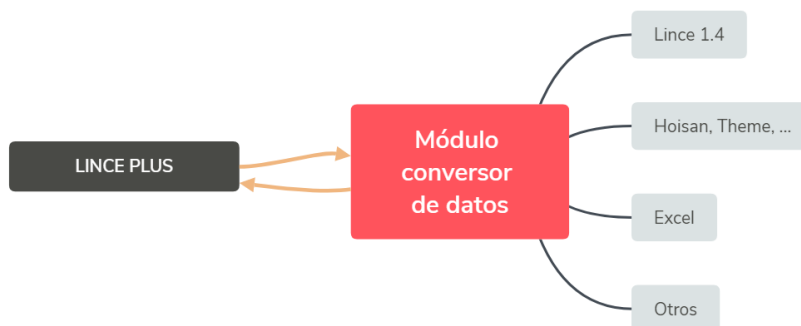


Figura 98. Esquema de funcionamiento del módulo de integración

Para el desarrollo e implementación del módulo de integración, desconocemos hasta qué punto podremos reutilizar las capacidades de Lince 1.4. Sin entrar en detalles de implementación, parece ser que nos encontraremos con barreras arquitectónicas derivadas de las otras historias de usuario, como puede ser, tener varios observadores en el proyecto, siendo una característica completamente nueva y que la versión anterior no contemplaba.

Por ello, en la figura 98, definimos un módulo específico de nuestra aplicación que convertirá los datos entre nuestra aplicación LINCE PLUS y las otras aplicaciones que ya interconectaba Lince 1.4, como con HOISAN, Excel y Theme. Este proceso de conversión lo haremos de forma independiente a nuestro programa e intentando imitar como lo realizaba la versión anterior de anterior para tener flexibilidad en el manejo de los datos y configuraciones, y poder desacoplar lo máximo posible a Lince 1.4.

Como consideración adicional, tenemos que tener en cuenta que tenemos historias de usuario que alteran este paradigma y que no se pueden reflejar en el anterior diagrama, ofreciendo nuevas funcionalidades, entre las que destacan:

- La importación de estudios previos: El programa debe facilitar la carga de estudios realizados con el programa, independientemente al diseño del estudio. Este concepto no se refiere a una conversión de datos entre programas, si no a la importación de estudios previos realizados con el nuevo programa informático.
- La importación de partes de una investigación previa: Cuando el usuario decida importar un proyecto anterior, deberá poder segmentar la información y descartar los aspectos que no le interesen.
- La importación repetitiva de un proyecto. Esta opción será un uso extensivo al denotado en el apartado anterior. Importar varias veces un mismo proyecto implica poder generar errores, como pueden ser los datos repetidos o las observaciones de otros usuarios sobre el mismo registro. Si importamos un proyecto de forma parcial, tendríamos que poder seleccionar otros proyectos similares y aplicarlos a nuestra fuente de datos.

6.3.1 Tratamiento de los datos

El tratamiento de datos hace referencia a cómo se gestiona la información del proyecto de manera interna. Como aspecto introductorio para la implementación de este módulo, se debe destacar que la primera versión de Lince contiene un elemento de curioso desarrollo: Cada proyecto de investigación consta de dos ficheros, un instrumento de evaluación y un registro de observación. Es decir, para cada investigación el usuario debía utilizar los dos ficheros, la pérdida de uno de ellos, suponía no poder ejecutar el proyecto y, en consecuencia, la pérdida de información.

Consideramos que este aspecto debe revisarse, ya que una de las grandes molestias del investigador es tener que estar manejando varios ficheros durante la investigación entre los diferentes programas, y, en este caso, aumentamos la complejidad y uso desde la propia herramienta de investigación. Como ejemplo gráfico de esta información podemos considerar que para realizar cualquier observación el investigador debía contemplar las siguientes fuentes de información con la versión anterior de Lince:

- Un fichero de vídeo (.avi, .mp4, etc)
- Un fichero de instrumento de observación con extensión de fichero .ilince
- Un fichero de registro de observación con extensión de fichero .rlince
- La exportación de la investigación en formato theme o excel

Esto supone que, para analizar un vídeo, el usuario debía mantener 4 tipos de ficheros distintos, siendo este número exponencial al número de observaciones realizadas. Sin lugar a dudas, se debe buscar una manera de implementar todas estas características de forma independiente a las versiones anteriores de Lince y facilitando la carga de ficheros lo máximo posible, pensando en cómo podemos minimizar al máximo el número de ficheros implicados para facilitar el tratamiento de la información por parte del investigador. Además, el juego de pruebas para tal efecto tiene que poder ser válido con todas las versiones anteriores de la aplicación.

6.4 Características del módulo de cálculo estadístico

La realización de un módulo de cálculo estadístico se presenta como un elemento esencial para que la herramienta pueda ser utilizada en todas las fases de investigación. Este factor supone, además, un elemento diferenciador de las otras herramientas que han sido analizadas hasta el momento. Por otro lado, la complejidad de los cálculos que se requieren en toda investigación implica que, de forma agnóstica y para que no afecte a los otros componentes del software, sea provisto como un módulo independiente.

Por tanto, el módulo de cálculo estadístico contemplará las historias de usuario expresadas en la tabla 32, y que detallamos a continuación:

Tabla 32. Aspectos esenciales del módulo de cálculo estadístico

Historias de usuario relacionadas con funcionalidades científicas y cálculos	Quiero aplicar cualquier cálculo científico
	Quiero hacer cualquier diseño observacional
	Quiero que tenga una versión para uso experto
	Quiero hacer análisis cualitativo del dato
	Quiero que los resultados sean fiables
	Quiero analizar cómodamente y sin problemas

Estas historias de usuario son realmente claras y evidentes, como puede ser la historia de usuario que hace referencia a que los resultados sean fiables, pero esta simplicidad aparente conlleva una gran complejidad de implementación.

Si observamos las herramientas de investigación que se utilizan para el tratamiento del dato en la investigación observacional, que hemos detallado en capítulos anteriores, encontramos una gran determinación para el cálculo de resultados a partir de la utilización de software estadístico como puede ser R, SPSS y Stata (Love et al., 2019, p2; Bazeley, 2010, p436). Estas herramientas son específicas para la investigación, implicación una gran complejidad de utilización y presentan una alta complejidad para su implementación, aspecto derivado de la gran polivalencia del software y la gran variedad de cálculos estadísticos que existen. En el aspecto visual de estas herramientas, y relacionando el objetivo de sencillez de utilización, debemos destacar la aplicación JASPStats, cuyo cálculo estadístico es más visual y sencillo, pero también debemos destacar que es un software de reciente aparición y que ha sido publicado posteriormente a nuestro software.

Por tanto, debemos encontrar una manera de que, desde una aplicación escrita en Java, podamos realizar todos los cálculos estadísticos y que, además, sean realizados de manera sencilla y sin generar problemas adicionales al usuario, como podría ser la instalación de software adicional.

Este aspecto entra en conflicto con algunos detalles vistos con anterioridad, como son:

- La utilización de HTML5 como interfaz de usuario principal: La única herramienta de cálculo estadístico implementada en HTML5 o lenguaje web que conocemos se denomina Jupyter y fue desarrollada en 2015 para el tratamiento de datos masivos o Big Data. Su implementación está realizada en lenguaje de programación Python y es una estructura compleja de valorar y utilizar.
- La utilización de Java como lenguaje de programación base en nuestro proyecto supone una gran barrera en este sentido, debido a la poca presencia que tiene en este tipo de aplicaciones. Además, las herramientas existentes en el primer análisis de lenguaje de programación para el cálculo estadístico son fiables, pero excesivamente complejas. Y, por otro lado, los lenguajes de programación R y Python, tienen un gran éxito en la comunidad investigadora en la parte de tratamiento de datos, y todos ellos parecen estar alejados de una implementación realizada en Java. Un ejemplo de aplicación conocido en el tratamiento de la información desde un punto de vista científico y disponible a la comunidad en abierto, es la conocida aplicación ChronoJump, que ha sido implementada en Python.

Por tanto, el hecho de utilizar Java como lenguaje de programación puede encontrar barreras arquitectónicas muy significativas para el éxito del proyecto.

6.4.1 Aproximaciones posibles de nuestra aplicación en el cálculo de resultados

Parece ser que la utilización de Java como lenguaje de programación nos presenta una serie de complejidades en el ámbito del cálculo de resultados con carácter estadístico. A pesar de ser un lenguaje de programación más establecido en el ámbito profesional que Python o R y ser muy utilizado en proyectos de gran magnitud, muchas empresas optan por otros lenguajes de programación para el tratamiento científico de los datos, para el análisis de BigData o para el tratamiento de la información con inteligencia artificial (Narayan et al., 2018, p1).

Por tanto, la implementación de un sistema de estas características puede encontrar una gran limitante en este aspecto si no conseguimos solucionar este factor. Debemos evaluar qué alternativas tenemos y si las librerías conocidas en Java para el tratamiento de la información son fuentes fiables o que nos permitan el nivel exigido para una herramienta de carácter científico.

Java nos permite la integración de herramientas de reconocido prestigio como son las librerías DeepLearning4Java o DL4J, que permiten la integración de elementos de aprendizaje automatizado o *Machine Learning* para introducir Inteligencia Artificial, o una serie de librerías como son Apache Commons Math (Singh et al., 2018; Koc et al., 2020).

El uso de java para el cálculo de resultados encuentra en la comunidad científica relacionada con la informática puntos de vista muy diversos. Programadores expertos en la web stats.stackexchange.com relacionan Java con la estadística bajo la siguiente sentencia: “utilizar Java para el análisis estadístico es como utilizar un martillo para introducir tornillos”. Sin embargo, este concepto dista bastante de la realidad, ya que el lenguaje Java posee cierta trascendencia científica. Un caso claro de éxito es la aparición del software Weka para el aprendizaje semiautomático o *Machine Learning* (Frank et al., 2004).

Sin duda alguna estamos ante un apartado de gran complejidad que requiere la implementación de todo tipo de prototipos y pruebas de concepto (PoC, *Proof of Concept*) posible. Por tanto, desarrollaremos una aproximación específica a este concepto en el capítulo 7: Implementación de LINCE PLUS.

6.5 Características del módulo de tratamiento de vídeo

El tratamiento de vídeo es otro detalle significativo en la implementación de LINCE PLUS. Aunque existan muchas aplicaciones para el tratamiento y visualización de vídeo en el mercado, pocas tienen una serie de requerimientos como los nuestros: posibilidad de varios vídeos simultáneos, velocidades, tratamiento científico de la información y ejecución de cálculos en tiempo real.

Antes de empezar el análisis detallado, procedamos a revisar las historias de usuario que están relacionadas, como son las expresadas en la tabla 33:

Tabla 33. Aspectos esenciales del módulo de tratamiento de vídeo

Historias de usuario específicas del tratamiento de la imagen	Quiero visualizar varios vídeos simultáneamente
	Quiero detectar movimiento en el vídeo a partir de Inteligencia Artificial
	Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez
	Quiero usarla en directo o con vídeos en diferido

Si analizamos las historias de usuario de la Tabla 33, podemos sintetizar que el usuario actual está acostumbrado a poder editar vídeos, visualizarlos sin problema y, aunque en menor medida, está acostumbrado o desea poder visualizar varios vídeos de manera simultánea, como sucede con Kinovea.

La solución más rápida parece ser, al ser de código abierto, utilizar la implementación de Kinovea. Sin embargo, Kinovea está implementado en C++ y C#. C# es un lenguaje de programación propiedad de Microsoft, por lo que su portabilidad a otros sistemas operativos es de complicada resolución, y en este caso Kinovea se encuentra con la gran limitación de no poder utilizarse en dispositivos Apple si no es con un emulador.

Es decir, uno de los limitantes que tiene Kinovea y que no puede ser pasado por alto al contradecir uno de nuestros requerimientos como es la compatibilidad con todo sistema operativo, es que solo es compatible con sistemas Windows. Su gran dependencia sobre librerías del sistema provoca que sea poco probable que se pueda llegar a utilizar en otros entornos, a no ser que se utilice un emulador de software.

6.5.1 Análisis de las incompatibilidades de los sistemas existentes

Tanto Kinovea como Lince tienen buenas características de reproducción de vídeo, pero si miramos con detalle ambos, en donde ambos han sido, hasta el momento, un claro ejemplo de implementación, nos encontramos con una gran limitante: tan sólo pueden ejecutarse en Microsoft Windows. A continuación, evaluamos este factor de compatibilidad de forma progresiva.

6.5.1.1 ¿Qué debe suceder para que tengamos esta limitación?

- En el caso de Lince, desarrollado en Java, nos encontramos que utiliza un software externo denominado VLC para la reproducción. Este es el motivo de que la aplicación instale o requiera VLC en el

sistema para poder ejecutarse. Este programa interno tan sólo puede ejecutarse en Windows y desde Java. Además, pese a tener una velocidad de reproducción excelente, nos limita que sólo podamos visualizar un solo vídeo. Como aspecto positivo es que VLC es el mejor reproductor de vídeo del mercado, ofreciendo unas capacidades de compatibilidad de formatos de vídeo y velocidad de reproducción difícilmente mejorables, pero, sin embargo, la librería que permite su integración en Java está totalmente obsoleta.

- En el caso de Kinovea, que está basado en C#, tiene poca portabilidad directa a otros sistemas. Es decir, sólo puede ejecutarse en Windows. Puede reproducir varios vídeos simultáneos, pero debemos buscar con detalle cómo es esta implementación para entender que tecnología nos permitiría.
- Cuando analizamos otras aplicaciones que utilizan vídeo, podemos encontrar implementaciones diversas, pero pocas o ninguna de las analizadas permite la inclusión de varios vídeos simultáneos o aporta una funcionalidad limitada. Además, en el contexto actual, debemos poder reproducir a cámara lenta si fuese posible y, cuando consideramos este factor de reproducción las alternativas posibles se reducen drásticamente.

Por tanto, nos encontramos con unos retos significativos: que pueda ejecutarse en varios sistemas, que permita diversas velocidades de reproducción y que permita la reproducción de varios vídeos simultáneos. Estos retos se añaden a la historia de usuario para permitir la grabación en directo y parece ser que tiene una clara incompatibilidad con la necesidad de que el software pueda reproducirse en varios sistemas operativos.

6.5.1.2 Otras implementaciones existentes

El usuario actual está acostumbrado a la reproducción de elementos multimedia sin problema alguno. Tal es el caso de la proliferación de aplicaciones como son Netflix, Youtube, Vimeo, Spotify y todo el ecosistema de herramientas de *broadcasting* o transmisión de contenidos multimedia. Estas aplicaciones web permiten que se pueda reproducir cualquier vídeo emitido en internet sin problema y en cualquier sistema.

Si analizamos con detalle el comportamiento de todas estas aplicaciones nos encontramos con un elemento común: **HTML5 o lenguaje web**.

En nuestra arquitectura ya hemos analizado su utilización en la capa de usuario, por lo que no deberíamos tener mucha complejidad añadida. Sin embargo, si observamos las aplicaciones anteriores, pocas aplicaciones permiten la reproducción simultánea de vídeo y la grabación de vídeo parece verse limitada.

Tan sólo hay un tipo de aplicación que permita el vídeo simultáneo y que ha proliferado muchísimo con la pandemia del COVID-19: **las aplicaciones de videoconferencia** (Moszkowicz et al., 2020; Mukhopadhyay et al., 2020). Este tipo de aplicaciones permiten ver la grabación de varias fuentes en tiempo real y, en consecuencia, la reproducción de varios vídeos o fuentes de datos a partir de HTML5 en su mayoría, por lo que realizar la aproximación a partir de HTML5 parece ser una aproximación acertada.

Por otro lado, en cuanto a la reproducción de varios vídeos simultáneos, si analizamos la aplicación Kinovea junto con las aplicaciones de videoconferencia nos encontramos que la mayoría hacen referencia o que utilizan en su interior una aplicación de consola para el tratamiento de vídeo denominada **FFMpeg**.

Analicemos con mayor detalle estas dos implementaciones: la reproducción de vídeo por HTML5 y la conversión de formatos de vídeo a partir de FFMpeg.

6.5.2 Características de las implementaciones existentes

6.5.2.1 La reproducción del vídeo a partir de HTML5

Hemos destacado la utilización de un navegador interno en algunas aplicaciones informáticas de propósito general, pero su utilización tiene ciertos problemas en las aplicaciones de escritorio. Este tipo de problemas puede comprobarse en como algunas aplicaciones de millones de usuario, como es la aplicación Spotify para la reproducción de música, ofrecen vídeo en la aplicación de móvil, pero, en contra, no ofrecen dicha reproducción de vídeo en la aplicación de escritorio.

El motivo tiene un gran carácter técnico que intentaremos definir sin entrar en mucho detalle: el problema reside en las licencias de reproducción para cada uno de los formatos de vídeo existentes. Es decir, cada formato de vídeo requiere de una licencia del creador del formato para su reproducción.

Para poder comprender un poco más esta afirmación, debemos situarnos en cómo funcionan estas aplicaciones para reproducir el vídeo. Dicho proceso, a nivel superficial es el siguiente:

- La aplicación de escritorio dispone de un navegador de internet a pequeña escala como método para mostrar el contenido HTML5. Este navegador tiene una funcionalidad limitada para disminuir el tamaño que ocupa y el nivel de procesamiento de datos y memoria.
- Además, para garantizar la seguridad del usuario, el navegador tiene limitaciones en la accesibilidad de datos. Por otro lado, ofrece las funciones básicas que se requieren en un comportamiento web. Es lo que se conoce como micro navegador.
- Existen multitud de micro-navegadores para poder ser utilizados en aplicaciones informáticas de escritorio. Entre ellos, para poder establecer un estándar de navegador de internet reducido, la empresa Google generó hace años el denominado Chromium que era la versión reducida de su conocido navegador Chrome, y que ofrece una serie de limitaciones que se están trabajando.
- La aplicación de escritorio, que tiene privilegios de ejecución sobre el sistema operativo, debe ofrecer unas garantías de seguridad hacia la utilización del micro navegador, ya que éste puede suponer un fallo grave de seguridad al permitir la navegación de cualquier documento web, lo que implica que cualquier página de internet tiene que estar limitada. Por tanto, debe limitar la funcionalidad y el acceso a ficheros.

Estos factores producen un ecosistema de compatibilidad mínima hacia HTML5 que puede ser gran utilidad en muchos contextos. El gran problema que encontramos es que, en cuanto a la reproducción de ficheros multimedia, cada formato de vídeo requiere de una licencia de ejecución y de unas utilidades denominadas *códecs*. Los *códecs* son necesarios para reproducir cualquier vídeo.

El problema de los códecs

Los códecs son propietarios y la mayoría de implementaciones de micro navegadores que pueden incluirse en las aplicaciones de escritorio no incluyen la licencia para su reproducción. En el caso de que implementáramos la aplicación de escritorio utilizando el lenguaje QT podríamos introducir unas librerías adicionales a partir del motor QT WebEngine, pero, en nuestro caso, al utilizar Java, nos encontramos con las limitaciones que nos pueda ofrecer *Chromium* como navegador introducido en *JavaFX*.

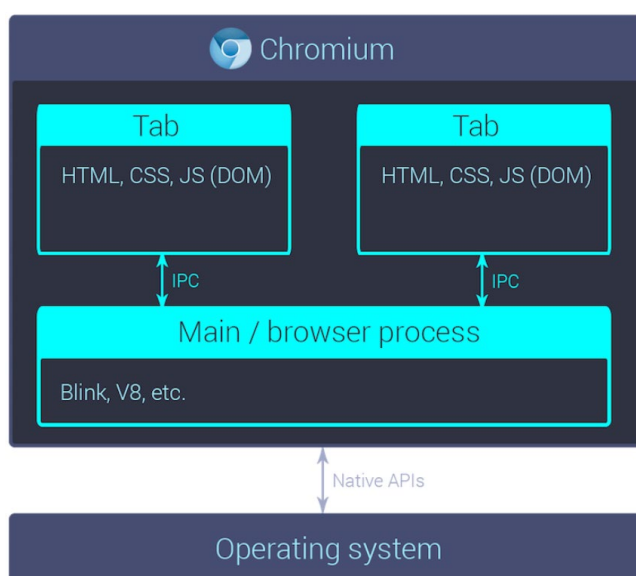


Figura 99. Diagrama para la integración de un navegador Chromium con una aplicación de escritorio

Aparentemente la opción sencilla parece ser optar por una implementación en lenguaje QT. Sin embargo, tendríamos la obligación de migrar el código y empezar una aplicación de cero. No existiría manera posible de reutilizar los conocimientos que tenemos en el lenguaje de programación Java y, sobre todo, limitaríamos una posible adaptación del código a una plataforma web pura. Además, las implementaciones de librerías de cálculo estadístico en QT se presentan como algo mucho más inferior a Java (el cual ya tiene sus propias complicaciones). Por tanto, la utilización de QT debe ser evitada ya que sólo facilitaría la reproducción de vídeo y no sabemos cómo se comportaría con varios vídeos simultáneos

Evidentemente, es un proceso complejo de explicar, pero tendremos que buscar una alternativa a este posible impedimento. Este proceso se explicará con detalle en el capítulo 7.

6.5.2.2 La modificación de un vídeo a partir de la aplicación de sistema FFMPEG

La otra alternativa que tenemos para evitar los problemas de licencia que supone la utilización de un navegador limitado como es Chromium para mostrar contenido multimedia, radica en limitar el formato de vídeo reproducible al que nos permita ejecutar el micro navegador web.

Es decir, si el navegador nos soporta un único formato de vídeo, podríamos modificar el formato del vídeo original y adaptarlo para que pueda ser reproducido en el navegador Chromium.

Este proceso se puede presentar algo pesado y lento, al requerir la conversión del vídeo, pero puede ser una opción a considerar en un caso problemático. Al ser una librería específica para el tratamiento de vídeo, nos abriría una serie de posibilidades adicionales, como son las siguientes:

- Permitiría la extracción de segmentos del vídeo.
- Maximizaría la compatibilidad del sistema con cualquier formato de vídeo.
- Permitiría generar capturas del vídeo y adaptaciones.

Para este tratamiento de vídeo tan sólo hemos encontrado una utilidad que permita su utilización adecuadamente en cualquier sistema: la librería FFMPEG.



Figura 100. Librería FFmpeg para el tratamiento de vídeo

Esta librería se presenta como la única solución portable de carácter abierto y que permite la inclusión y modificación de vídeos en aplicaciones de escritorio. Sin embargo, su portabilidad es muy específica del sistema (necesitas instalar una versión específica para Windows, otra para MacOS y otra para Linux). Con lo cual, al generar la aplicación de sistema nos encontraremos con grandes impedimentos. Otra complejidad añadida es que su integración con Java tiene poca o nula documentación.

6.5.3 Solución propuesta para el problema arquitectónico a partir de PoC

No podemos definir con exactitud qué solución será la adecuada Para la resolución de este problema. No solucionar este problema nos puede limitar por completo el desarrollo de la aplicación. Para poder proponer una solución a este aspecto basaremos nuestro desarrollo en un módulo específico que permita definir y acotar con exactitud el problema de manera empírica, realizando diferentes pruebas de implementación y que nos permita valorar que opción es la más viable.

Para esta aproximación, realizaremos una serie de prototipos técnicos o PoC (*Proof of Concept*), que es un término informático utilizado para hacer pruebas de tecnologías diversas y ver su comportamiento de forma independiente al sistema.

A nivel arquitectónico, proponemos los siguientes prototipos a implementar:

- La incorporación y prueba de cualquier formato de vídeo a partir de navegador embebido en Java, a partir del framework JavaFX y la implementación de éste a Chromium.
- La incorporación de navegadores alternativos que maximicen las capacidades del navegador.
- La implementación de un servicio de *transcoding* o cambio de códec en el vídeo para garantizar la compatibilidad a partir de FFmpeg.

Estos prototipos serán también discutidos en el capítulo 7. En cuanto a las historias de usuario relativas a la inteligencia artificial debemos destacar que no podremos analizar una detección de movimiento hasta que no encontremos aproximación es la correcta.

A continuación, tras evaluar los módulos conceptuales de la aplicación, discutiremos los aspectos esenciales para la puesta en marcha o ejecución de la aplicación y para el desarrollo de un instalador que, a diferencia de la versión anterior de Lince, pueda permitir la ejecución del código en cualquier sistema disponible.

6.6 Características del módulo principal de la aplicación

A partir de las características anteriores, podemos decir que intentar dar forma a una aplicación de escritorio en Java que pueda ejecutar HTML5 es la opción más viable, sin embargo, tenemos una gran cantidad de “historias de usuario” que considerar adicionalmente y que aún no hemos contemplado, tal y como se muestran en la siguiente tabla 34:

Tabla 34. Aspectos generales que la aplicación puede implementar

Otras historias de usuario sin clasificación definida	Quiero usarla desde el móvil o desde la Tablet
	Quiero que el sistema pueda aprender de la observación
	Quiero añadir sensores al experimento
	Quiero que el instrumento se codifique automáticamente
	Quiero que la aplicación sea en tiempo real
	Quiero registrar cualquier tipo de datos
	Quiero usarla en todas las fases de la investigación
	Quiero varios observadores en el proyecto
	Quiero que el instrumento de análisis sea flexible

Estos requerimientos parecen ser algo más sencillos, pero no es así. La complejidad añadida viene dada por la tecnología a la que tenemos que dar soporte según el análisis realizado y este factor vuelve a entrar en conflicto con lenguaje de programación y la compatibilidad de las plataformas. Nuestra aplicación tecnológica en tiempo real para el deporte consiste hasta el momento en un grandísimo puzzle en el que las piezas deben ir encajando y cada vez que consideremos una característica adicional, nos eleva mucho más la complejidad de la aplicación, no sólo por el concepto a desarrollar, sino por la dependencia que tiene con las otras piezas que ya han sido colocadas.

6.6.1 Complejidades de los requerimientos del usuario pendientes de analizar

A partir de la selección de una tecnología basada en Java y HTML5, parece ser que podríamos satisfacer la mayoría o casi todas las historias de usuario sin tener limitaciones tecnológicas. El motivo de este análisis es evitar el gran problema con el que nos podríamos encontrar al desarrollar la tecnología: escoger una metodología que no puede producir un producto solvente o que no podamos solucionar ninguna de las historias de usuario, generando una limitación en la aplicación e impidiendo un desarrollo futuro, como sucede con muchísimas de las aplicaciones analizadas en el mercado.

A partir de todo el análisis realizado en apartados anteriores, debemos considerar las historias de usuario que se muestran en la tabla 34, entre las que debemos destacar los siguientes elementos:

- Que la aplicación pueda ser usada desde móvil o Tablet es un proceso complejo, pero, al utilizar el lenguaje estandarizado de HTML5, podríamos, de alguna manera llegar a conectar con otros dispositivos a partir de su navegador web. Podríamos tener limitaciones en la reproducción de vídeo o con otras características innovadoras como ya hemos mencionado.

- Que el sistema, de carácter independiente, pueda aprender a partir de la observación realizada por el usuario es un aspecto de gran complejidad que debe ser analizado a partir de una aplicación que sea funcional. Por tanto, debe ser una característica, al igual que el análisis de movimiento en el vídeo, que se desarrolle a partir de un prototipo funcional. Se presenta como un elemento esperanzador, pero son funcionalidades altamente dependientes del producto en sí y que no podemos condicionar nuestro desarrollo u otras características de nuestro programa para poder incluir esta funcionalidad. Además, para que pueda aprender el sistema sobre el registro un observador, el observador debe poder utilizar la aplicación, sino, no podemos considerar ningún aprendizaje. Por tanto, debemos tener la aplicación funcionando para poder satisfacer esta historia de usuario.
- La inclusión de sensores al experimento es, como mínimo, otro de los grandes hitos de nuestro sistema. Los sensores actuales trabajan, en su mayoría, a partir de 2 protocolos de comunicación ANT+ y BLE, ambos accesibles desde el teléfono móvil. En el caso de las aplicaciones de escritorio nos encontramos con limitaciones del sistema operativo y de la máquina, como explicamos a continuación. Procedamos con un breve análisis de los protocolos de comunicación de los sensores actuales:
 - En el caso de BLE o Bluetooth Low Energy, es un protocolo definido casi en exclusividad para el contexto de dispositivo móvil. No se han encontrado librerías de compatibilidad que sean transferibles a todos los sistemas (Windows, Mac, Linux). Curiosamente, el sistema que presenta menos compatibilidad es el sistema Windows, contrario a la reproducción de vídeo múltiple, ya que para MacOS y Linux encontramos BlueZ.
 - En el caso de ANT+, nos encontramos con una complejidad añadida: los portátiles no tienen sensor ANT+, mientras que casi todos los teléfonos móviles lo tienen integrado. Se debe utilizar un adaptador de este protocolo para el ordenador, y esto implica que nos podemos encontrar con un problema de compatibilidad, tanto física como de aplicación, lo que hace que sea un proceso complejo de abordar. Es decir, debemos considerar los adaptadores ANT+ del mercado.
- Por otro lado, el hecho de que la aplicación sea en tiempo real, y que tenga varios observadores concurrentes y simultáneos va a generar unos condicionantes de ejecución significativos. Es decir, desde una aplicación de escritorio vamos a tener que dar acceso a otros usuarios, y todo ello tiene que poder mantener la privacidad de la investigación.
- Las otras historias de usuario, relativas a la estructura del instrumento, tienen poco contenido o implicación arquitectónica, y, si solucionamos todas las historias de usuario mencionadas anteriormente, tendríamos que ser capaces de desarrollarla adecuadamente.

6.6.2 Soluciones arquitectónicas para el módulo principal

En el apartado anterior hemos podido comprobar que los requerimientos de los usuarios, que se expresan en un carácter sencillo, esconden una gran cantidad de conceptos técnicos y complejidades de alto nivel.

Para poder dar respuesta a todas las historias de usuario y establecer un marco tecnológico que responda a todas las complejidades técnicas del proyecto realizaremos una serie de etapas y prototipos o pruebas de concepto con la finalidad de responder a las historias de usuario con un contexto tecnológico concreto.

Por tanto, desarrollaremos nuestra aplicación en las siguientes etapas:

6.6.2.1 Generación del primer prototipo web o PoC con estructura cliente-servidor

Para permitir la interacción de varios usuarios simultáneos debemos implementar una estructura cliente-servidor, similar a cómo funcionan los servidores de internet y las páginas web a las que se conecta un usuario. Veamos como detalle diversos elementos de esta estructura:

- **El lenguaje de programación.** La aplicación de escritorio será una aplicación de lenguaje Java desarrollada, como mínimo, en su versión 8. El hecho de utilizar Java implica un desarrollo de aplicación más lento, pero, por otro lado, conlleva posibilidades futuras sin límite. El auge de este lenguaje de programación se ha mantenido en sus 25 años de historia por la adaptación al cambio que tiene y en los últimos años ha sido el primer o segundo lenguaje de programación más utilizado en el mundo.
- **La estructura gráfica de la aplicación.** La nueva aplicación intentará adaptar la versión de Lince anterior. La versión anterior de Lince estaba hecha en unas librerías totalmente obsoletas, denominadas Swing/AWT por lo que deberemos intentar adaptar a una interfaz de escritorio más moderna basada en las librerías JavaFX. Para esta adaptación de código, se espera una gran cantidad de problemas que se deben resolver uno a uno. A pesar de ello, las librerías JavaFX para la creación de la interfaz de usuario fueron creadas en 2011 (Lince v1.4 salió en 2012). JavaFX se considera una librería madura, pero se debe considerar una aproximación muy superficial, ya que se espera su descatalogación en 2025.
- **Las librerías que permiten la gestión de la información.** Para dar respuesta a las peticiones de usuarios concurrentes o simultáneos, deberemos implementar una estructura de servidor web. Esta estructura de comportamiento web debe ser analizada para satisfacer las necesidades que el usuario tiene para una reproducción de vídeo rápida y eficaz. Por tanto, esperando que la aplicación tenga una gran complejidad en su interior, utilizaremos lo que se denomina un marco de trabajo o framework de desarrollo que sea rápido y estable. En el momento de la investigación se valoran las posibilidades de Quarkus o Spring framework. Quarkus supone un gran elemento innovador y Spring la base de toda aplicación empresarial actual basada en Java.



Figura 101. Spring o Quarkus como Frameworks o marcos de trabajo en java para proyectos profesionales

- **Nuestro prototipo de aplicación es un proyecto único.** Es muy importante destacar que, al buscar la estructura base del proyecto, no hemos podido encontrar ninguna integración de ambas tecnologías (escritorio y spring/quarkus) o similar. Es decir, que se inicie una aplicación de escritorio liviana y que, de forma transparente, tenga un comportamiento de servidor web se presenta como un prototipo bastante atípico. Debido a la falta de información al respecto, nuestra aplicación híbrida de Spring framework con JavaFX se presenta como una estructura de desarrollo altamente compleja. Todos los ejemplos encontrados se limitan a utilizar recursos de internet en el navegador Chromium, pero sin hacer un uso complejo de cálculos o tratamiento de la información, y mucho menos de tratamiento de vídeo.

Esta primera estructura de aplicación se presenta como un desafío arquitectónico único y será la base de nuestra aplicación.

6.6.2.2 Desarrollo de un PoC para la gestión de sensores

Nuestra posible aplicación cliente-servidor tiene unas complejidades añadidas, como es la integración de sensores y el tratamiento exhaustivo de la información de carácter cuantitativo y cualitativo. La integración de sensores en una aplicación Java se presenta como una tarea muy compleja y de muy bajo nivel (es decir, cercana al lenguaje máquina) tras realizar una búsqueda de información inicial.

Tal y como se ha analizado en los capítulos destinados al análisis de los sensores y de la tecnología asociada, parece ser que deberemos desarrollar un prototipo que integre dispositivos BLE (Bluetooth Low Energy) o ANT+. Sin embargo, el soporte de estos sensores en entorno Java parece ser un elemento de altísima complejidad, tal y como hemos podido evidenciar en una búsqueda de información inicial en multitud de páginas web:

- La mayoría de sistemas destinados a la integración de wearables son compatibles con sistemas Linux y MacOS, como sucede con BlueZ, la única implementación encontrada para BLE en Java. Sin embargo, la compatibilidad de esta misma tecnología con sistema Windows es más compleja o limitada.
- En el caso de que exista la compatibilidad con un sistema, su utilización desde Java es excesivamente compleja y el soporte del lenguaje aparenta estar distanciado de este tipo de sensores, lo que aparenta esconder motivos no justificados.
- En nuestra aplicación debemos considerar el acceso al dispositivo de varias maneras, desde teléfonos, desde el ordenador principal o desde un navegador web, por lo que se deben evaluar todos los canales y seleccionar cuál de ellos es el que más se ajusta a nuestras necesidades.

Sin embargo, este prototipo de implementación podría desarrollarse de forma externa al proyecto o de forma interna. Se recomienda hacer un proyecto piloto de manera externa para que no afecte al código de la aplicación. Una vez validado el prototipo funcional de conectividad IoT, se incorporará al proyecto base como si fuera un módulo adicional y si cumple con las expectativas del proyecto. Para encontrar el prototipo válido tendremos que optar por los siguientes modelos de implementación:

- Se debe valorar el desarrollo de este prototipo a partir de HTML5 y JS. Utilizando la tecnología web y el uso del navegador podemos acceder a una serie de funcionalidades experimentales.
- Se debe valorar un prototipo como aplicación de escritorio en sistemas MacOS y Windows. Este prototipo es de compleja utilización, ya que el protocolo BLE no parece estar orientado a una implementación en java.
- Se debe valorar el desarrollo del prototipo como aplicación móvil independiente. Los dispositivos móviles son los dispositivos que más se ajustan al protocolo de comunicación BLE y ANT+ y, de hecho, son la medida base que están usando la mayoría de fabricantes actuales.

Una vez se hayan desarrollado los prototipos, se debe seleccionar cuál de ellos responde mejor al proyecto para poder satisfacer las historias de usuario que están relacionadas y realizar la integración de los datos con en el sistema LINCE PLUS.

6.6.2.3 Generación del módulo principal de la aplicación

Hasta este punto hemos analizado cómo será el funcionamiento interno de la aplicación, pero no la estructura que debe presentar. Teniendo en cuenta que los diferentes prototipos deben poder trabajar en un futuro de forma integrada, se propone que el desarrollo de los diversos prototipos que implementan las diferentes historias de usuario se pueda ir añadiendo a la aplicación principal de uno en uno, como si fueran diferentes conexiones independientes o piezas de un puzle que queremos completar.

Este proceso es de gran complejidad, al tener que enlazar el código continuamente a partir de lo que se denomina conectores o plug-ins. Si optamos por un desarrollo de prototipos secuencial, en el que validamos los prototipos y los vamos incorporando, éstos se pueden ir adaptando y encajando poco a poco a la aplicación principal y no tendríamos que encontrar grandes barreras. Por tanto, el flujo de trabajo implica generar un prototipo, validarlo e incorporarlo a la aplicación principal.

Hasta que cada prototipo no esté finalizado y validado, no se debería incorporar el prototipo al proyecto. Cuando esté finalizado se añadirá al proyecto, generando el concepto de ramas de desarrollo, como si se tratara de un árbol y de su crecimiento. Este proceso es un proceso largo y complejo de detallar, pero nos permitirá hacer que la aplicación crezca en la línea adecuada y con el menor número de modificaciones incorrectas.

Para disminuir la complejidad de insertar las nuevas funcionalidades al proyecto, estableceremos el concepto de **módulo**. Un módulo será una parte de la aplicación destinada y centrada en satisfacer una serie de requerimientos o historias de usuario, tal y como hemos definido en la agrupación de historias de usuario.

Para la generación de estos módulos, Java nos permite una gestión muy hábil a partir de los sistemas de gestión de dependencias multi-módulo. Un ejemplo de estos sistemas de gestión de dependencias sería *Apache Maven* o *Gradle*. Para nuestro proyecto utilizaremos Maven por el grado de madurez y la solidez que aporta al proyecto.

En cuanto a los módulos de la aplicación, definiremos los siguientes módulos (Figura 102):

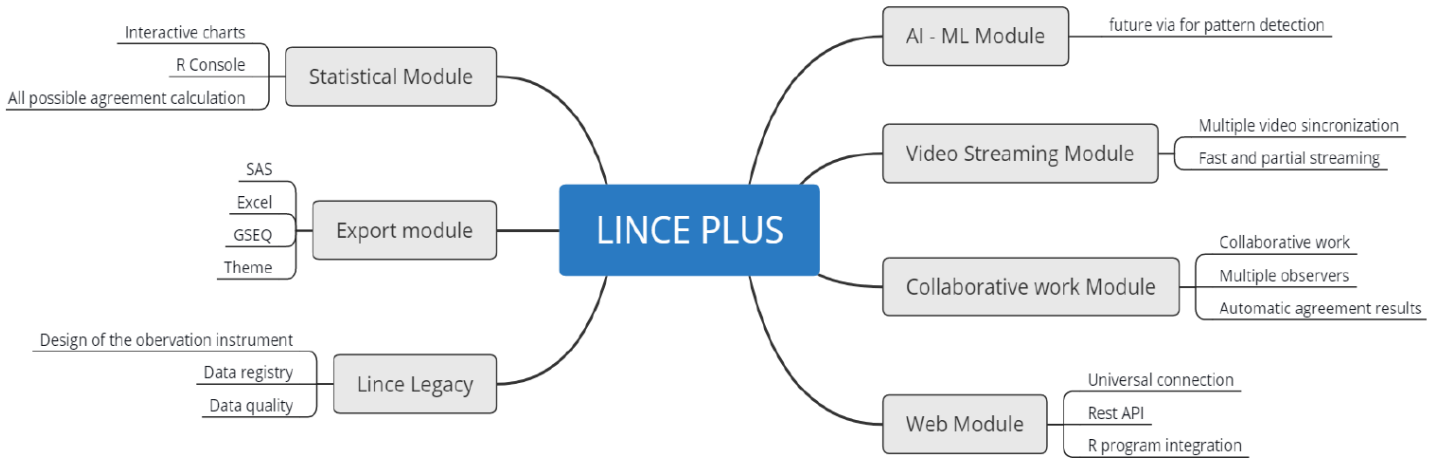


Figura 102. Estructura resultante de la aplicación LINCE PLUS

En la figura 102 podemos ver estos módulos y como han sido definidos para la aplicación. Son bloques de funcionalidades que representan estructuras interconectadas para cada una de las características del proyecto: el módulo estadístico, el módulo de exportación de datos y de compatibilidad con Lince v1.4, el módulo para el tratamiento de vídeo y el módulo para inteligencia artificial. Todos ellos tienen un soporte de un módulo de trabajo colaborativo y otro especializado para la funcionalidad web. La aplicación se encargará de interconectar los diversos módulos y permitir que funcionen adecuadamente y, además, nos permite una trazabilidad de cada una de las historias de usuario, pudiendo resolver los problemas de forma intuitiva al buscar por funcionalidad.

El desarrollo de cada uno de estos módulos se definirá con exactitud en el capítulo 7, en donde intentaremos exponer la información con un gran rigor técnico, pero intentando simplificar lo máximo posible la estructura para facilitar la comprensión del usuario.

6.7 Características de distribución y empaquetado de la aplicación

Realizar una aplicación de escritorio sin tener en cuenta como es el empaquetado y firma de la aplicación para facilitar su instalación puede ser un gran error que sólo descubriríamos al final del proyecto. En el ámbito informático, y en el desarrollo de las aplicaciones de escritorio se debe considerar el proceso de distribución de la aplicación como un elemento esencial y desde el inicio del proyecto.

Al definir una aplicación de escritorio, debemos tener en cuenta que se debe generar un fichero que el usuario pueda descargar e instalar en su sistema como una aplicación más. Este tipo de distribución, denominado empaquetado, no es un proceso trivial.

La complejidad que encontramos en este proceso de empaquetado radica en que la aplicación debe funcionar en todo sistema Windows, Linux y Macos. Por tanto, se debe generar la aplicación para cada uno de ellos y, además, se debe validar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado, ya que podemos tener incompatibilidades y complicaciones desconocidas.

El gran problema que tendremos en la instalación desde Java es el mismo problema con el que nos encontramos en Lince 1.4:

- Debemos encontrar como generar un instalador para cada uno de los sistemas operativos.
- Este instalador debe ser independiente de otras aplicaciones del sistema, es decir, debe generar el mínimo problema posible y no requerir que el usuario tenga que tener instaladas otras aplicaciones que necesitamos para que funcione la aplicación. Es decir, dejará de utilizar nuestra aplicación por dificultades en la instalación.

Este problema era de compleja resolución en la versión anterior de Lince por varios motivos. Por un lado, teníamos la dificultad y la dependencia de Lince 1.4 para la instalación de Java y, además, teníamos la gran dependencia de la aplicación para la reproducción de vídeo a partir de la aplicación VLC. Lince 1.4 resolvía este problema requiriendo la instalación de java en el sistema e instalando el reproductor de vídeo VLC.

Para resolver este problema, lo que hacía la aplicación era instalar previamente ambas aplicaciones, lo cual era un proceso un poco más largo, pero que podría generar conflictos: ¿Qué ocurre si el usuario ya tiene instalado ya estos programas? ¿Qué versión instalamos? ¿Y si el usuario tiene una versión más nueva que la que necesitamos y vamos instalar una versión antigua?

Muchas veces nos hemos encontrado como usuarios con estos errores de incompatibilidad y suponen una gran molestia hacia el usuario, que acaban de manera muy simple: el usuario dejar de usar la aplicación por su complejidad. Para solucionar estos problemas tendremos que invertir mucho tiempo en la realización de pruebas y prototipos, que deberán seguir los siguientes principios:

- El instalador no debe tener dependencia alguna de aplicaciones externas o auxiliares para su ejecución. En el caso de las aplicaciones en java nos encontraremos con dificultades añadidas que se deben resolver.

- El instalador debe funcionar en todo sistema operativo, por lo que, como mínimo, se debe generar un instalador para Windows y otro para Mac.
- El instalador debe ser sencillo de configurar para nosotros y de ejecutar para el usuario final.
- La aplicación tiene que funcionar correctamente, independientemente del sistema.

En el empaquetado y distribución de Java, nos encontramos con una gran cantidad de herramientas, pero, casi todas ellas se dividen en dos sectores:

- Las herramientas de empaquetado gratuitas tienen un soporte bastante limitado y generan incompatibilidades en algunos sistemas.
- Las herramientas de empaquetado empresariales ofrecen un gran soporte y sencillez para la configuración, sin embargo, tienen un alto coste anual que no podemos mantener.
- Para poder empaquetar adecuadamente la aplicación, debemos pagar una licencia de desarrollo y firma, por lo que implica el pago de una cuota anual a una entidad que valide nuestra identificación con Apple o a Microsoft y que así permitan la instalación de la aplicación. El coste de esta licencia de firma digital con, por ejemplo, la entidad digicert, supone un coste de 688 USD anuales.

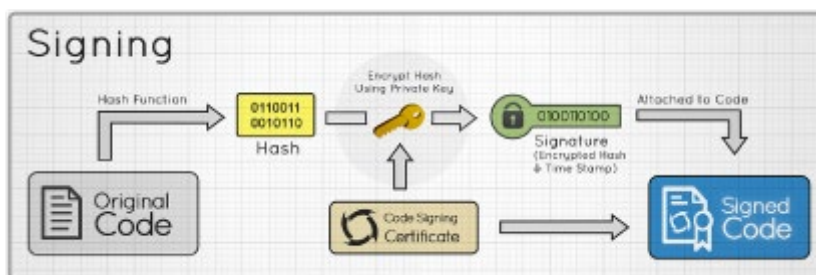


Figura 103. Concepto de firma de aplicación o CSR: *Certificate signing request* (digicert.com, 2021)

En la figura 103 podemos observar en que consiste el proceso de firma digital de la aplicación, y que garantiza que cuando se genera el instalable de la aplicación, ésta se firma con un certificado que está en posesión del autor del programa autorizado y no por cualquier otro usuario. De esta manera se evita la posibilidad de que se incluya código malicioso en el programa y que se distribuya a los usuarios en un instalador modificado. Este motivo es el que se esconde tras los mensajes de “esta aplicación no está autorizada para ser instalada”. Sin embargo, para obtener el certificado digital, se debe realizar por un intermediario o entidad certificadora que pueda mantener un registro del certificado, y este proceso implica un coste.

Si tenemos en cuenta estos principios, la distribución del programa implica los siguientes costes:

- Aplicación Install4J para la generación de binarios multiplataforma: 1.699 EUR
- Código CSR para distribución multiplataforma: 565.12 EUR (688 USD)

Al plantear la aplicación como una herramienta gratuita y de código abierto, deberemos solucionar el problema que implica una distribución con un coste anual de 2,264.12 euros.

La aplicación anterior de Lince utilizaba un instalador mediante Inno Setup, una aplicación gratuita, pero debemos recordar que su distribución a Mac no era posible, y también tenía problemas de distribución generados a partir de la necesidad de instalar otras aplicaciones para su correcto funcionamiento. Todos estos factores (empaquetado, firma, distribución y eliminación de aplicaciones auxiliares) afectan mucho al desarrollo de una aplicación gratuita, por lo que tendremos que valorar como podemos generar la aplicación, su distribución, instalación y actualización con detalle.

6.8 Conclusiones sobre la arquitectura de la aplicación

En la configuración de la arquitectura que hemos realizado nos hemos encontrado con problemas de distribución, problemas arquitectónicos y alta complejidad de datos que requieren un cálculo de alta precisión.

Además, el desarrollo de cada uno de los prototipos propuestos generará una gran inversión de tiempo, no sólo en pruebas, si no en lectura y búsqueda de información. Independientemente de ser una tesis y el fruto de una investigación, la cantidad de impedimentos económicos que podemos encontrar durante el desarrollo, así como impedimentos arquitectónicos, generarán un gran dilema en el desarrollo de la aplicación. La solución propuesta parece ser accesible, pero el desarrollo puede ser tan grande que podemos llegar a un bloqueo en el desarrollo, tanto de complejidad, como de tiempo, como económico.

Sin duda alguna, estamos ante una aplicación de complicadísima arquitectura, y puede ser que no lleguemos a satisfacer algunas de las historias de usuario que hemos definido. Si logramos satisfacer cada una de las historias de usuario, puede que nos encontremos ante una aplicación única para la comunidad investigadora. Veamos en el siguiente capítulo como ha sido el resultado.

En el próximo capítulo desarrollaremos los elementos de complejidad técnica, analizando todas estas problemáticas dadas en el desarrollo y conociendo el estado de la implementación, así como el producto resultante.

Capítulo 7. Implementación de LINCE PLUS

En el capítulo 6 hemos podido conocer algunos de los detalles que tiene que contemplar la aplicación tecnológica en tiempo real para el deporte y que es fruto y objetivo principal de esta tesis, siendo una aplicación que denominaremos LINCE PLUS.

Hasta ahora hemos podido introducir una serie de complejidades que solucionar los retos que proponen las historias de usuario y, en consecuencia, cubrir las expectativas y necesidades del investigador y del profesional del ámbito de la actividad física y del deporte. Esta complejidad arquitectónica ha requerido introducir términos tecnológicos que pueden ser de gran complejidad para el lector. A pesar de esta complejidad, se debe destacar que en todo momento se ha intentado minimizar los aspectos técnicos relacionados con la informática al ser un estudio dedicado al ámbito del deporte y no de la Ingeniería, pero que se deben conocer ciertos términos para que el estudio sea riguroso y técnicamente hábil.

En este capítulo estamos obligados a introducir algunos términos adicionales que dan forma a LINCE PLUS y que deben explicarse con la rigurosidad necesaria para los lectores más avanzados y curiosos. Este tecnicismo se intenta abordar en este capítulo a partir de los diferentes prototipos que han definido nuestra aplicación: supone el resumen de más de 5 años de trabajo, de generación de prototipos, de pruebas y pruebas arquitectónicas de piezas que parecían inconexas, y de un total de 3,5 millones de líneas de código implicadas en la generación del proyecto. Sin duda alguna, es el capítulo que más potencia y significado alberga de toda la tesis y que espero que sea de interés para la comunidad investigadora. A continuación, definiremos los siguientes apartados:

- Conceptos tecnológicos de interés para la comunidad investigadora y la ingeniería: Introduciremos los conceptos arquitectónicos que se han llegado a implementar y que son de gran valor para la ingeniería informática, además de discutir decisiones en el desarrollo tecnológico.
- Aspectos esenciales del desarrollo de la aplicación: En este apartado introduciremos las complejidades arquitectónicas y estableceremos las fases de desarrollo del producto a partir de los módulos definidos en el capítulo 6.
- Acuerdos con empresas colaboradoras y premios conseguidos: El desarrollo de LINCE PLUS no podría ser posible sin haberse definido como una herramienta de código abierto y que haya solicitado activamente la colaboración a empresas
- Problemas e hitos destacados en la implementación de LINCE PLUS: En este apartado destacaremos apartado de gran interés por la aproximación realizada.
- Conclusiones del desarrollo de la aplicación.

7.1 Conceptos tecnológicos de interés que aporta LINCE PLUS a la comunidad investigadora

LINCE PLUS es una aplicación altamente compleja en su interior. Su desarrollo introduce una serie de prototipos y consta de muchos conceptos que consideramos innovadores y que no conocemos que se encuentren detallados en otros productos o proyectos similares.

Como aplicación tecnológica, siempre precisará de una actualización continua para poder mantener este carácter innovador. Además, las aplicaciones siempre contienen pequeños errores y mejoras a introducir, por lo que su desarrollo no es un punto y aparte. Es un proceso continuo que desconocemos a donde nos llevará.

Durante este proceso de desarrollo de 5 años, con una puesta en producción o generación del primer instalable en junio de 2019, hemos podido percibir la necesidad de cambio continuo y de reestructuración, en donde, la necesidad creciente de soporte a la comunidad y la redacción de esta tesis, han tenido que dar paso a una serie de elementos que suceden de forma simultánea, como son.

- La necesidad de dar soporte, cierta formación o enfoque a los usuarios investigadores.
- La corrección de errores o mejoras en la aplicación.
- El desarrollo de características y prototipos nuevos.
- La búsqueda de colaboraciones y acuerdos para facilitar su implementación.
- La generación de un sistema de tickets para que los usuarios puedan informar de necesidades.
- La generación de un canal de YouTube para subir vídeos de formación y uso de la aplicación.
- La grabación de los vídeos para que el usuario pueda conocer el potencial de la aplicación.
- La redacción de artículos de impacto para garantizar su difusión.
- La redacción de la tesis para acabar la formación académica.
- La actualización de la herramienta y publicación de las diferentes versiones.

Estos elementos son actividades totalmente independientes que requieren una gran cantidad de tiempo y que no contemplamos como elemento arquitectónico. En este sentido, al ser una única persona para desarrollar todas estas actividades, he podido experimentar cierta dispersión. Sin embargo, LINCE PLUS ha podido cubrir todas las necesidades básicas de las historias de usuario y cada vez ha ido mejorando su aspecto hasta llegar a un nivel inesperado. A continuación, destacaremos las principales funcionalidades que hemos conseguido cubrir.

7.1.1 El desarrollo de una aplicación de escritorio con arquitectura cliente-servidor

LINCE PLUS se instala y arranca como una aplicación de escritorio para el usuario. En el momento del arranque, podemos ver una pantalla de inicio que informa de la versión que tiene instalada el usuario y, al arrancar, la misma aplicación si tiene acceso a internet comprueba si es la última versión publicada, por lo que se permite al usuario la descarga e instalación si lo desea de nuevas versiones.

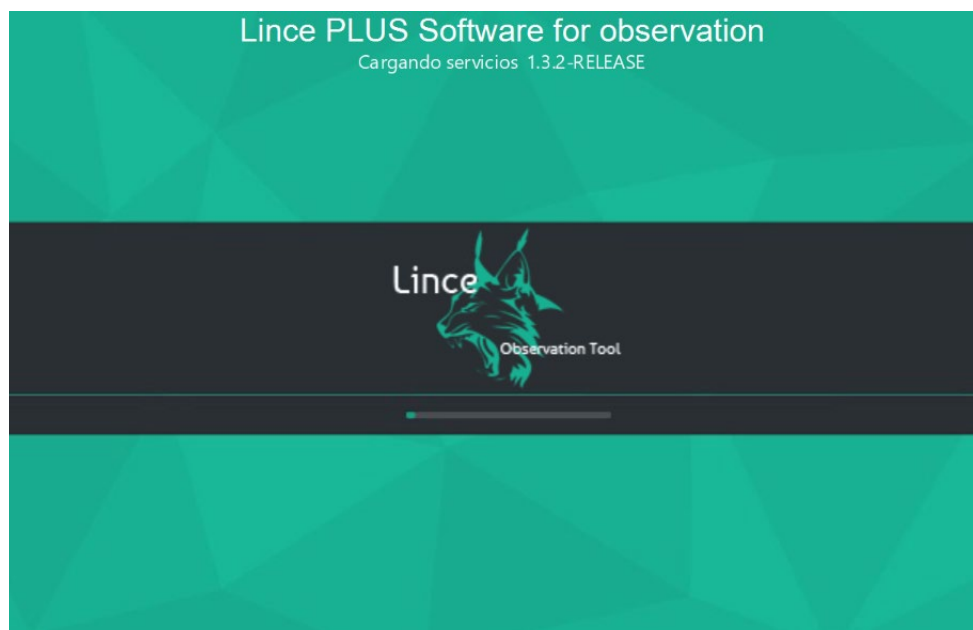


Figura 104. Pantalla de inicio de LINCE PLUS

Una vez los servicios se han inicializado accedemos a la aplicación. Pero es en esta pantalla de arranque donde ocurre uno de los elementos más esenciales de nuestra aplicación y del que estamos más orgullosos. La aplicación está generando un servidor de internet, sin tener que estar conectado a internet, y permite que se pueda acceder desde cualquier dispositivo.

Además, para garantizar la seguridad de la información, el servidor de internet cambia en cada arranque, por lo que podemos utilizar la aplicación sin tener que estar pendiente de la pérdida de información por algún ataque malicioso. Actualmente se está evaluando la posibilidad de cifrar los datos y garantizar un usuario y contraseña en cada arranque, pero este elemento está pendiente de implementación al elevar la complejidad hacia el usuario.

Además, en este momento se carga el último proyecto del usuario y, además, se realiza una copia de seguridad de los datos cada 2 minutos por si tuviéramos pérdida de información inesperada, como pueden ser cortes de suministro eléctrico sin guardar la aplicación, o eliminación de información de manera inesperada.

Este factor nos permite una capa de seguridad y accesibilidad a la información realmente excepcional y posibilita el acceso de todos los usuarios que queramos, siempre que acceden a partir del ordenador donde se ejecuta la aplicación LINCE PLUS. Este acceso es privado, ya que en estructura de red sólo se

da acceso si se está conectado a la misma red local o acceso WIFI, siendo el router de la conexión a internet el que impide el acceso a terceros.

7.1.1.1 La accesibilidad de varios usuarios a la aplicación LINCE PLUS

A pesar de esta limitación, se posibilita al usuario que publique el acceso a la aplicación a otros usuarios que estén conectados a internet en ubicaciones remotas. Pero, para poder satisfacer esta conectividad, se requiere de un conocimiento técnico informático elevado y de privilegios de administración en la red de trabajo. Sin embargo, si el usuario desea, se puede configurar el router o la infraestructura para que dé acceso a la máquina y así garantizar hasta el cierre de la aplicación el acceso a la herramienta.

En el ámbito seguro, dentro de la red local, se permite que los usuarios se puedan conectar sin problemas. Para facilitar esta conectividad, se han introducido dos elementos:

- Con el navegador de internet, a partir la dirección del ordenador donde se ejecuta LINCE PLUS.
- Con un código QR para facilitar el acceso en dispositivos táctiles como son tablets y móviles.

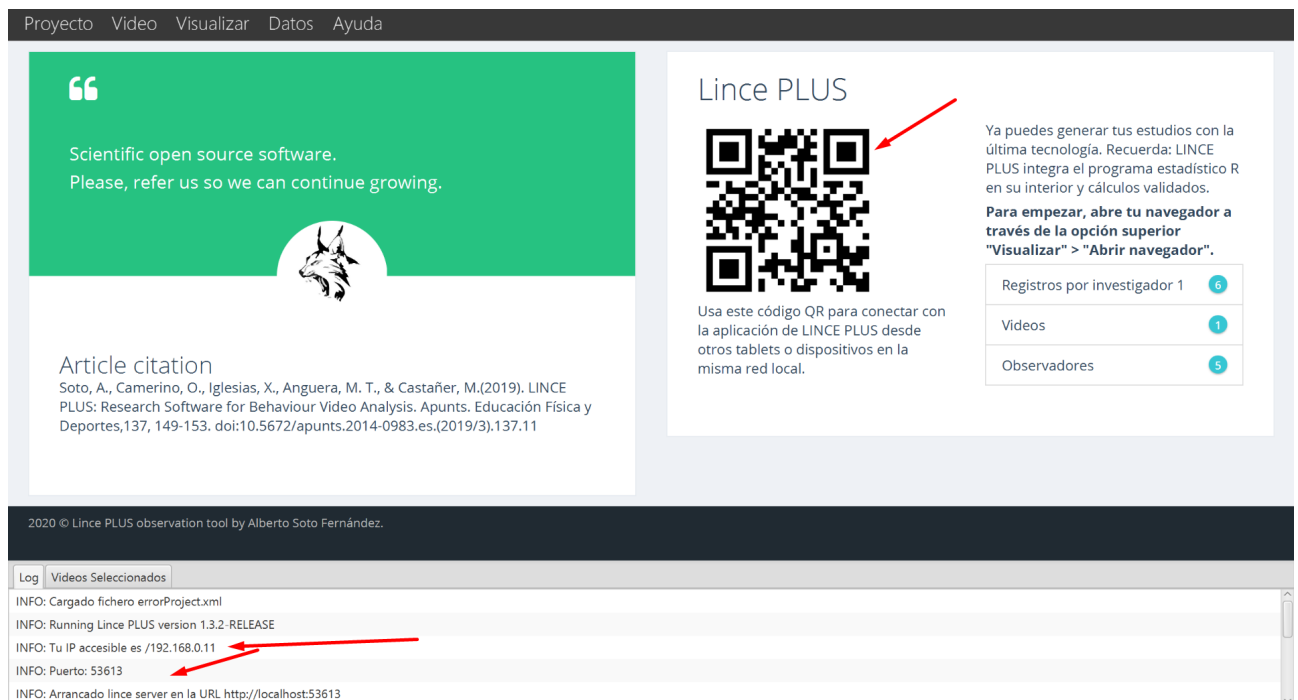


Figura 105. Pantalla principal de LINCE PLUS, destacando accesibilidad remota

Cuando el usuario escanea el código QR le redirecciona directamente a la ubicación de LINCE PLUS y permite el acceso a la aplicación a partir de la interfaz web.

Muchos usuarios no utilizan estas características y se encuentran con multitud de dudas al respecto, pero son detalles técnicos que simplemente provocan que la aplicación funcione sencillamente y ofrecemos un modo experto para poder generar experiencias de investigación más específicas.

Hasta la introducción del código QR, tuvimos muchas complejidades para dar a conocer que se pueden conectar diversos usuarios investigadores a la aplicación para el análisis observacional, por lo que este elemento, de sencilla implementación, ha facilitado dicha conectividad. Para el usuario convencional no implica ninguna complicación adicional.

7.1.1.2 Privacidad y ejecución de LINCE PLUS sin conectividad a internet

Otro elemento a destacar hacia el usuario es que no se precisa conectividad a internet. El hecho de ser una aplicación en entorno web invita al usuario a pensar que tiene que estar conectado a internet. Sin embargo, se permite sin ningún problema que el usuario pueda usar la aplicación sin ninguna conectividad, incluso en dispositivos portátiles en modo avión.

Este elemento se ha permitido al introducir que la propia aplicación sea un servidor de internet en sí mismo y, al trabajar sobre la misma máquina, se puede permitir el acceso sin que exista ninguna conectividad.

La importancia de este elemento radica en la privacidad de los datos. Si se está utilizando la herramienta en un análisis observacional en una investigación de carácter médico nos encontramos ante el máximo nivel de privacidad de los datos. Este nivel de privacidad sólo se ve superado por el análisis del comportamiento en investigaciones que incluyan conceptos ideológicos o religiosos. En ambos sentidos se debe utilizar la herramienta en modo avión, para permitir cerrar el acceso fuera de la máquina y permitir un análisis privado por completo.

Sin entrar en muchos detalles, LINCE PLUS garantiza la privacidad de los datos y el único elemento que se publica es en el arranque de la aplicación, en donde para realizar una analítica de uso, se envía de forma anónima un evento de utilizando de aplicación, como veremos en el capítulo 9 de análisis de datos.

Lo más importante en la confidencialidad de los datos es que LINCE PLUS no implica ninguna vulnerabilidad a los datos del equipo y que no se permite el acceso a ningún elemento del ordenador que no estén relacionado con la investigación. Los únicos elementos expuestos son los siguientes:

- Los vídeos seleccionados para la reproducción y análisis
- La información del proyecto en curso

A pesar de esta carga de información, se recuerda al usuario que puede ejecutar la aplicación en modo avión si desea que esta información no sea accesible a internet bajo ningún concepto, sin tener en cuenta como esté configurada la aplicación.

Además, la conectividad móvil nos ofrece la creación de una conexión WIFI privada a partir del teléfono. Este concepto es de gran utilidad si se quiere utilizar LINCE PLUS en, por ejemplo, una competición deportiva. A partir de la creación de una WIFI privada se garantiza cualquier uso compartido de la información, permitiendo, además, el trabajo en equipo. Si se encuentra una vulnerabilidad adicional el reinicio de la aplicación creará una versión nueva del servidor en una ubicación distinta. Por lo que la aplicación muta en cada arranque, ofreciendo nuevas posibilidades de utilización.

7.1.2 La utilización de varios vídeos simultáneos

Uno de los grandes hitos a conseguir era la reproducción de cualquier tipo de vídeo, en cualquier sistema y, además, que se puedan reproducir varios vídeos de forma simultánea. Estos requisitos de implementación implicaban, además, los siguientes elementos:

- La reproducción de cualquier tipo de vídeo
- La reproducción de varios vídeos simultáneos
- La reproducción de estos vídeos de manera sincronizada
- La reproducción a cámara lenta de los vídeos, que se debe permitir de forma independiente o de forma sincronizada
- La detección del movimiento en el vídeo

Este elemento sólo se encontraba documentado en la aplicación Kinovea que, además, permite el trazado e ilustración de los vídeos y el seguimiento de la información. Pero debemos recordar que Kinovea tiene las siguientes limitaciones:

- No permite ni permitirá su ejecución en todos los sistemas operativos
- No permite el acceso de varios usuarios a la aplicación

La complejidad arquitectónica de estos elementos esconde muchos detalles de implementación que se deben considerar, uno de los cuales eran, como se destacó en el capítulo 7, la utilización y autorización de los diferentes *códecs* del vídeo. Veamos cómo es la reproducción de vídeo en LINCE PLUS.

7.1.2.1 La reproducción de vídeo en cualquier sistema

Una de las grandes complejidades en una aplicación de escritorio era la reproducción de vídeo y que, además, se pueda realizar en cualquier sistema que lo ejecute. Este factor se añade a las funcionalidades anteriores, como es el acceso de varios observadores de manera simultánea.

La superación de este elemento arquitectónico ha sido otro de los pilares de la aplicación y que se debe destacar por la gran complejidad que alberga en su interior. Una estructura cliente-servidor nos obliga a tener en cuenta una serie de elementos en la reproducción de vídeo, teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Un ejemplo de reproducción de vídeo en estructura cliente-servidor serían las aplicaciones de Youtube, Netflix o Vimeo. Todas ellas con multitud de usuarios conectados.
- Estas plataformas permiten el acceso a la información con acceso privado o público y, además, permiten la publicación de vídeos en directo.
- Ninguna de ellas permite la reproducción a cámara lenta por defecto y mucho menos el tratamiento de la información o detección de movimiento.
- Tenemos aplicaciones privadas que permiten el análisis de la información, como puede ser Catapult Vision, que es de reciente aparición.
- Todas las aplicaciones web que incluyen las características anteriores son de pago, con licencias muy elevadas y que no podemos integrar bajo ningún concepto.
- Todas ellas (Vimeo, Youtube, Netflix, Catapult Vision) funcionan con estructura cliente-servidor.

Para poder solucionar estos elementos arquitectónicos hemos tenido muchos retos técnicos, la generación de más de 10 prototipos distintos y uno los elementos más complejos que han llegado a casi impedir la implementación de nuestro software.

El canal de comunicación, HTML5, tiene gran poder de reproducción y se presenta como el único elemento común entre las plataformas mencionadas, sin embargo, cada una de ellas reproduce y ejecuta los contenidos con una capacidad de cálculo y tratamiento de la información que tiene un coste de mantenimiento elevadísimo: no podemos generar un servicio de Youtube de forma sencilla.

La generación del prototipo final, que debía funcionar por HTML5, ha sido tremendamente complicada.

En el apartado 7.1.2.6, que se encuentra a continuación, detallaremos el resultado final

7.1.2.2 La reproducción de cualquier tipo de vídeo

La reproducción de cualquier tipo de video en cualquier sistema es factible a partir de HTML5. El hecho de tener una estructura cliente-servidor, nos permite, en consecuencia, poder desarrollar las características de las plataformas Vimeo, Youtube, Netflix, Catapult.

A pesar de no estar documentado, se debe poder realizar de alguna manera, pero el gran impedimento que nos encontramos es la reproducción del vídeo en navegadores Chromium que están embebidos en la aplicación de escritorio.

Este impedimento es bloqueante y, pese a la multitud de prototipos que realizábamos ninguno conseguía superar el impedimento de reproducción. Sin embargo, de manera fortuita y gracias a la arquitectura cliente-servidor, nos encontramos con una casuística curiosa: si las aplicaciones tipo YouTube

pueden hacerlo, nosotros también podríamos hacerlo. La solución para este elemento radica en un comportamiento curioso de nuestra aplicación: la utilización del navegador que estará seguro instalado en el usuario.

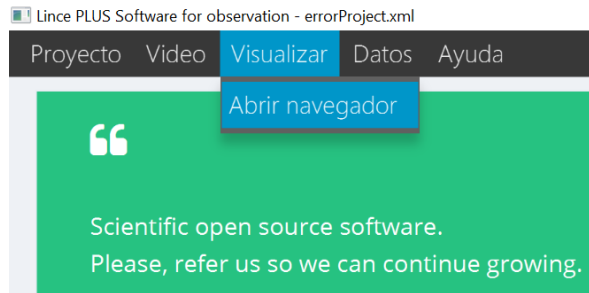


Figura 106. Opción para abrir el navegador del usuario

Si forzamos al usuario a usar su navegador, que ya utiliza Youtube o Vimeo, podemos evitar la generación de los complejos acuerdos de licencia de reproducción para la aplicación de escritorio. Esta solución, que es un poco incómoda para el usuario, no tiene ningún límite de aplicación y, lo más importante, ha permitido el trabajo colaborativo de la aplicación.

Llegar a esta conclusión fue fruto de muchos impedimentos arquitectónicos y de ruptura de acuerdos como el que introducimos en los primeros prototipos a partir de la librería JxBrowser, que tiene un coste de 5300 USD por proyecto, pero que pudimos integrar de forma gratuita al ser un proyecto de investigación.



Figura 107. JxBrowser fue una primera aproximación de inclusión de vídeo en la aplicación en 2015, con el primer prototipo

La librería JxBrowser nos permitía mejorar el comportamiento de la aplicación de escritorio, pero, al incluir las capacidades de reproducción de vídeo, nos vimos con un muro de complejidad que no pudimos solucionar hasta que simplificamos, en 2018, el comportamiento a partir de la utilización del propio navegador.

Este elemento se añade a la complejidad de los vídeos soportados en HTML5. No todos los vídeos se pueden soportar en html5, ya que los antiguos vídeos AVI tienen un peso muy elevado. Sin embargo, el estándar actual de MP4, que está optimizado para el uso en internet es muy sencillo de ejecutar.

¿Cómo podemos permitir la ejecución de los vídeos AVI o MPG?

Para resolver este dilema tuvimos que hacer una búsqueda en el core de Kinovea. Kinovea utiliza la librería MMPEG y ésta se acerca mucho al lenguaje que necesita el sistema operativo. Sin embargo, la inclusión de esta librería es muy compleja a nivel de aplicación en el mundo java. Para poder solventar este problema tuvimos que hacer ingeniería inversa, a partir de la lectura de código y de relaciones internas entre varias librerías hasta que encontramos una librería codificada que parecía ejecutar ese código.

A partir de la inclusión de la librería, que no tiene documentación existente en internet, pudimos solucionar la ejecución de MMPEG en cualquier sistema. Sin embargo, nos encontrábamos con que podíamos reproducir el vídeo, pero nuestro canal de comunicación –HTML5- no nos permitía su reproducción. Para generar un símil a este concepto es como si aprendiéramos a hablar un nuevo lenguaje complicado, pero las personas con las que hablamos no nos entienden.

¿Cómo solucionamos el problema de comprensión con el reproductor?

Esta solución radica en la misma que en el lenguaje de las personas. Si no podemos hablar con las personas que nos rodean, la solución es simple: traduce el contenido. Para poder dar solución a este dilema debíamos habilitar al sistema de unas nuevas características que se denominan *transcoding*. Es decir, podemos abrir y ejecutar el fichero de vídeo antiguo, pero debemos convertirlo al usuario para que se pueda utilizar en internet, y todo esto de una manera muy sencilla para el usuario.

LINCE PLUS integra transcoding en una arquitectura cliente-servidor, permitiendo la selección de cualquier tipo de vídeo y, si no es compatible con el estándar de internet, lo transforma a MP4. Esta característica se hace ejecuta automáticamente y de forma transparente al usuario y, como consecuencia, de la transformación, se aumenta el tiempo de carga, guardando el fichero resultante en la misma ubicación del vídeo seleccionado, guardando en el proyecto el nuevo vídeo.

Esta solución ha sido posible tras 2 años de prototipos continuos.

7.1.2.3 La reproducción simultánea de varios vídeos

Una vez hemos podido reproducir el vídeo en HTML 5 y, gracias a la arquitectura cliente-servidor, hemos podido implementar de manera sencilla la reproducción de uno o varios vídeos. El único límite en la reproducción de varios vídeos se reduce a la capacidad de computo de la máquina donde se ejecuta el vídeo y a la transmisión del fichero debido al tamaño del vídeo.

Por tanto, gracias a una buena toma de decisiones arquitectónicas, la reproducción de varios vídeos simultáneos se permite de forma sencilla en LINCE PLUS.

Sin embargo, nos encontramos con un dilema para el usuario generado por la libertad de acciones:

¿Qué tiempo de reproducción de vídeo debemos considerar en el registro de la información observada?

La opción que hemos introducido es la más simple y que garantiza la mayor flexibilidad posible: utilizamos el tiempo de observación del primer video observado y los otros vídeos son simplemente adicionales. El usuario debe responsabilizarse de la selección de vídeos adecuada para no generar problemas de visualización o de realizar el tratamiento de vídeo adecuado para su observación.

7.1.2.4 La reproducción a cámara lenta y el control sincronizado de la observación

Al implementar nuestro reproductor de vídeo, que ha sido desarrollado en React y con todo tipo de detalles, incluyendo el control de teclado, nos hemos encontrado con una funcionalidad compleja, como puede ser la reproducción de vídeos a cámara lenta o acelerada, tal y como realiza la aplicación de referencia en este aspecto, que es Kinovea.

Como elemento adicional, hemos incluido una barra de reproducción para vídeo incluido, además de una barra general para el control sincronizado de la reproducción en todos los vídeos seleccionados, permitiendo no sólo la reproducción de dos vídeos, sino de cualquier número de vídeos, ajustando el tamaño de la pantalla y decidiendo que número de vídeos queremos ver por cada fila.

El resultado es muy satisfactorio y permite un control absoluto de la velocidad de reproducción, permitiendo la reproducción a cámara lenta o rápida de forma sincronizada, la reproducción individual de cada vídeo o ajustarlos al mismo momento, permitiendo que la sincronización de la información sea lo más fluida y sencilla posible.

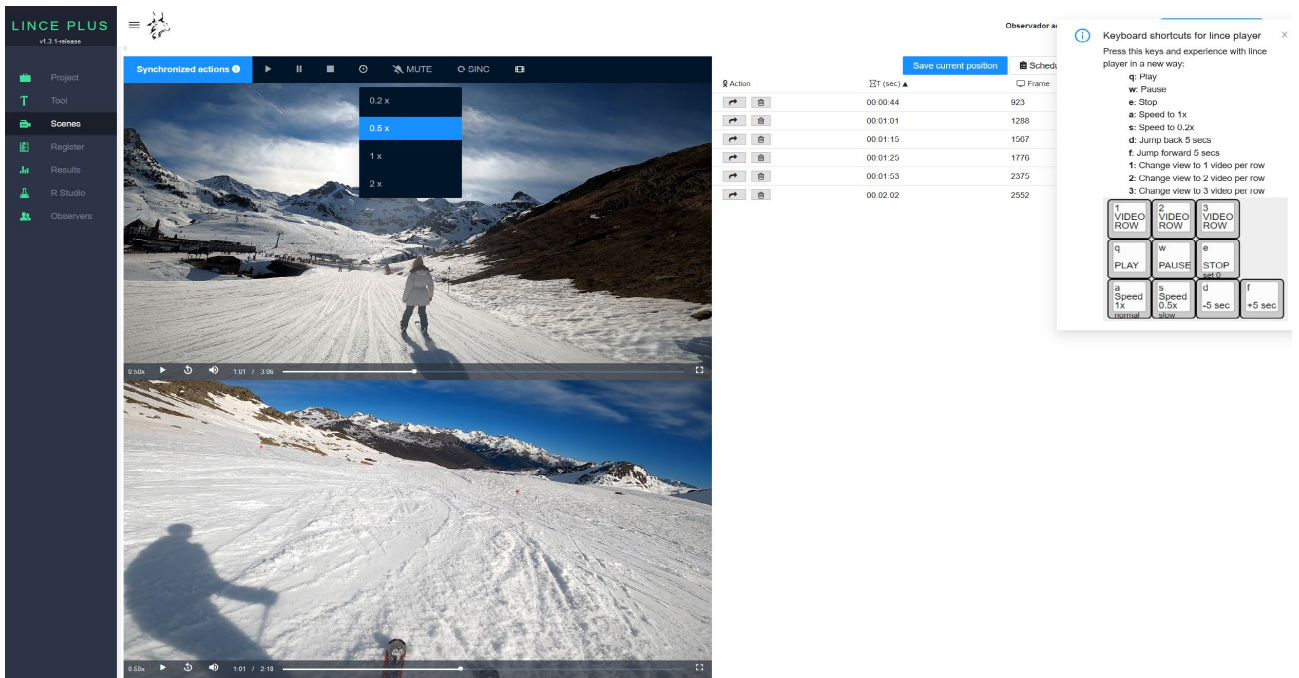


Figura 108. Reproductor de video de LINCE PLUS, destacando velocidad de reproducción y control de teclado con varios vídeos

En la figura 108 podemos ver como LINCE PLUS permite el control simultáneo de varios vídeos, controlando la velocidad de reproducción y manteniendo diversos vídeos con diferentes duraciones. El control de teclado se ha implementado en las últimas versiones, facilitando la interacción y registro de la

información, permitiendo el control en todo momento de cada elemento que se precisa en la observación para el deporte.

El nivel de reproducción y la velocidad con la que se ejecuta el vídeo depende del navegador en el que se ejecute, pero, en este sentido, no supone un gran problema ya que sólo se tiene que cambiar de navegador para ejecutar un vídeo u otro. Hemos notado que la mejor experiencia de reproducción se puede obtener a través del navegador Chrome, siendo un curioso detalle ya que Chromium, la versión reducida que podíamos utilizar en la aplicación de escritorio no permite la reproducción compatible de vídeo.

Por otro lado, en Firefox hemos notado que el rendimiento es algo menor, sobre todo en la reproducción de vídeos de alta calidad o 4K. Pero, al fin y al cabo, no se trata de un error de LINCE PLUS, si no del navegador que usamos para reproducirla.

7.1.2.5 PoC: La detección del movimiento en el vídeo

El análisis del movimiento y la detección del cuerpo humano es uno de los elementos más curiosos e innovadores que se han dado a nivel tecnológico en los últimos años. Pese a tratarse de un conocimiento muy básico su introducción debe evaluarse sin tener en cuenta el proyecto y a partir de un prototipo que debe incluirse en LINCE PLUS.

El desarrollo de la aplicación ha sido un trabajo significativo de varios años y, cuando la herramienta está estabilizada se puede plantear la introducción de nuevas características o funcionalidades. En el caso de la detección de movimiento y el cálculo de las angulaciones del cuerpo humano debemos poder comprobar cómo sería esta introducción y la aproximación más adecuada.

Tras diversos prototipos funcionales, hemos decidido seleccionar el prototipo que presentamos a continuación, ya que su inclusión en el proyecto es relativamente sencilla. En la figura 109 podemos ver este prototipo funcional que podría incluirse en LINCE PLUS, con un impacto relativamente bajo sobre la aplicación.

En dicha figura se puede comprobar cómo, en tiempo real, se detectan diversos puntos de detección facial, así como las extremidades y caja torácica, permitiendo un número de posibilidades ilimitadas.

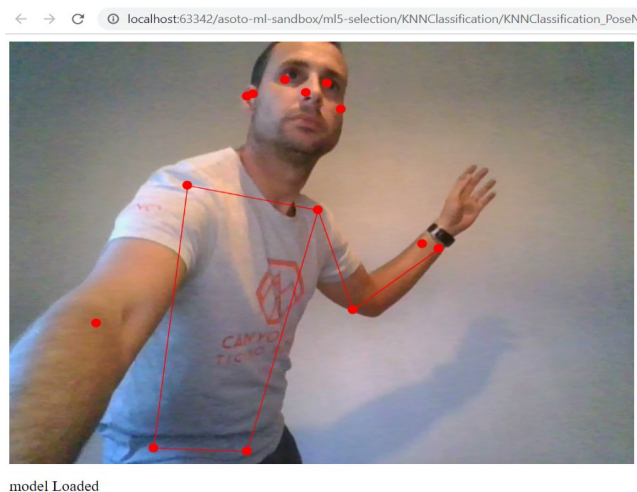


Figura 109. Prototipo para la detección de movimiento en el análisis observacional de la herramienta LINCE PLUS

Gracias a este prototipo, podríamos incorporar a LINCE PLUS el análisis observacional del cuerpo humano, generando una nueva fuente de datos cuantitativa a partir del cálculo de las angulaciones e información kinestésica al estudio científico.

7.1.2.6 El resultado final

La experiencia que se genera en el usuario es excelente, permitiendo una respuesta muy rápida del reproductor y consideramos que se han cubierto con creces las expectativas sobre la herramienta en este sentido.

El reproductor de vídeo ha sido uno de los elementos más complejos y que más dificultades han generado en la aplicación. Tras multitud de prototipos y multitud de complicaciones en un entorno con muy poca dificultad hemos podido dar solución a un factor esencial para que LINCE PLUS se convierta en una herramienta única.

En cuanto a la inteligencia artificial y detección de movimiento, hemos considerado que no debe ser implementado aún en la herramienta, ya que el coste temporal y el esfuerzo final debe realizarse sobre una plataforma madura y que tenga un impacto sobre la sociedad. Al fin y al cabo, se debe recordar que el prototipo realizado se ha generado de forma externa a la aplicación y la integración de esta información implica una gran cantidad de cambios.

Por otro lado, se ha generado un motor de renderizado para los vídeos bajo Spring framework, que permite que se pueda realizar el concepto de transcoding o conversión del códec dependiendo del usuario y que, además, tiene una velocidad de procesamiento muy alta.

A efectos prácticos, estas afirmaciones indican que al final, tras mucho esfuerzo, hemos podido crear un pequeño motor de vídeos como si fuera Youtube, permitiendo el salto de escenas y la transmisión de la información de manera muy rápida.

El servicio de renderizado de vídeo se presentó en la Open Expo 2019, un concurso nacional de programación que organizó Magnolia CMS, y consiguió ser un proyecto finalista, aunque en esta ocasión no pudimos optar a un premio ganador, como sucedió en 2018 con el módulo de cálculo de resultados.

Sin embargo, la implementación y aproximación de LINCE PLUS para el tratamiento de vídeo consigue ofrecer una funcionalidad mejor que la solicitada, implementando características que sólo están disponibles en servicios como Youtube o Netflix. Estas características son las siguientes:

- Permitimos el transcoding y cambio de formato de vídeo gracias a la implementación de FFmpeg
- Implementamos el concepto de *Progressive download* que permite la descarga de parte del vídeo, acelerando la transmisión como sucede en Youtube.
- Introducimos prototipos de Inteligencia Artificial para la detección del movimiento.
- Permitimos la reproducción simultánea de tantos vídeos como desee el usuario, pudiendo integrarse hasta 5 vídeos simultáneos si el usuario lo desea. El límite se ha introducido por usabilidad.

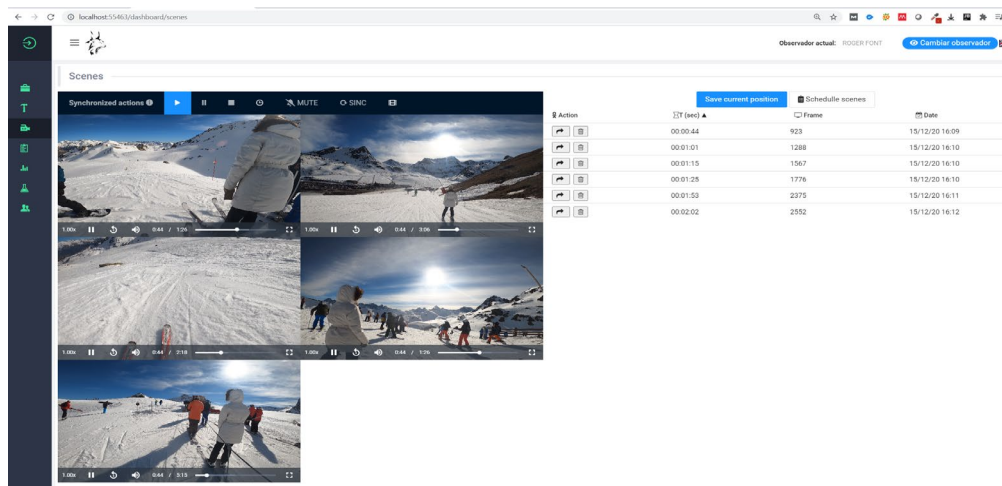


Figura 110. Reproducción simultánea de 5 vídeos sincronizados en el tiempo

7.1.3 El cálculo de resultados desde LINCE PLUS

El tratamiento de la información, el cálculo de resultados desde la propia aplicación y la necesidad de no tener que recurrir a otras aplicaciones externas para ello, han sido requerimientos base en la creación de nuestra herramienta y, en consecuencia, una de las necesidades a cubrir más importantes de todo el proyecto.

En cuanto a la aproximación a dichos requerimientos y teniendo en cuenta el punto de vista tecnológico, el hecho de utilizar el lenguaje de programación Java ha complicado mucho que podamos cumplir con estas necesidades del usuario.

En la resolución de estos conceptos, la búsqueda de información y la realización de continuas pruebas de librerías y nuevos conceptos han sido un factor que en momentos ha llegado a ser desmotivante,

porque era tan complejo dar con una solución adecuada que el sistema se estaba complicando en exceso.

Sin embargo, gracias a esta búsqueda inmersiva de código y de librerías hemos podido encontrar dos elementos esenciales para nuestra aplicación, que nos permiten cubrir las necesidades del proyecto. A continuación, definiremos estas librerías, como las hemos utilizado y cuál es el resultado final para el usuario.

7.1.3.1 Herramientas y librerías incorporadas a LINCE PLUS

Tras una gran búsqueda bibliográfica y técnica, hemos podido encontrar dos publicaciones científicas, asociadas a dos productos independientes que nos permiten dotar a nuestra herramienta de una posibilidad de cálculo infinita.

- **Renjin.** El encuentro fortuito de Renjin como adaptador del prestigioso lenguaje de programación R a Java fue un acierto y una gran alegría en el desarrollo. Hasta que encontramos Renjin, el desarrollo de multitud de prototipos e intentos que buscaban una potencia de cálculo necesaria para cualquier estudio científico era frustrante. Sin embargo, Renjin, que incorpora el motor de R en su interior, permite su ejecución desde un entorno Java y que puede integrarse en cualquier aplicación.
- **DKpro-stats.** Por otro lado, el cálculo de resultados de investigaciones de tipo cualitativo requiere un tipo de análisis que Lince 1.4 empezaba a introducir. Lince 1.4 permitía el cálculo del acuerdo y fiabilidad interobservador y estaba implementado en lenguaje Java, pero no se ha encontrado una validación o artículo concreto que definiera la ejecución y testeo de dicho cálculo. Sin embargo, gracias a la incorporación de esa parte del core de Lince 1.4 podíamos afirmar que el cálculo del índice Kappa existía en nuestro proyecto y que podríamos utilizarlo con unas pequeñas adaptaciones. El gran problema que encontramos en el desarrollo fue en el momento de tener que implementar la fiabilidad interobservador mediante Krippendorff. Tras diversos intentos, tuvimos la suerte de encontrar una publicación de la universidad técnica de Darmstadt en Alemania (Technische Universität Darmstadt) y que permitía cálculos validados para la fiabilidad intra e interobservador, además de otros cálculos adicionales.

Ambas herramientas han sido un pilar fundamental para implementar en LINCE PLUS una potencia de cálculo sin límites y que, gracias a la arquitectura cliente-servidor que LINCE PLUS aporta, permite extender a límites impensables nuestra aplicación.

7.1.3.2 Posibilidades estadísticas de LINCE PLUS

Como hemos mencionado, nuestra herramienta permite una potencia de cálculo sin precedentes, y detallar cada uno de esos aspectos precisa de una gran cantidad de información. Sin embargo, intentaremos simplificar toda la información básica en este apartado, a partir de las distintas aproximaciones que podemos tener para el cálculo de resultados en LINCE PLUS.

Definiremos la potencia de cálculo en 3 áreas de utilización: la utilización de las capacidades estadísticas desde LINCE PLUS, las posibilidades de cálculo destinadas a la fiabilidad interobservador e intraobservador y, por otro lado, la integración de LINCE PLUS a herramientas externas, siendo éste un aspecto muy innovador.

- **Capacidades estadísticas desde LINCE PLUS.** Como hemos mencionado, la integración del motor de R en LINCE PLUS ha permitido generar una capacidad de cálculo ilimitada. El usuario puede programar su propio código desde la aplicación web y realizar consultas en tiempo real sobre los resultados. Este concepto, unido a la capacidad de trabajo cooperativo, permite que podamos tener a un investigador estadístico realizando los cálculos desde la aplicación, mientras otros investigadores realizan la observación y registro de los episodios, todos ellos simultáneamente y sin necesidad de tener la investigación finalizada. Este concepto, que parece romper el ciclo de trabajo secuencial habitual, permite adelantar trabajo final e ir adaptando o facilitando los cálculos mientras obtenemos resultados parciales sobre los episodios ya analizados.

Este concepto de integración ha ganado un concurso nacional de programación, en la convocatoria nacional del concurso Retos Digitales del congreso Open Expo 2018, un concurso de programación para el software en abierto organizado por la empresa internacional Magnolia CMS en el congreso nacional de herramientas de código abierto Open Expo, que se realiza anualmente.

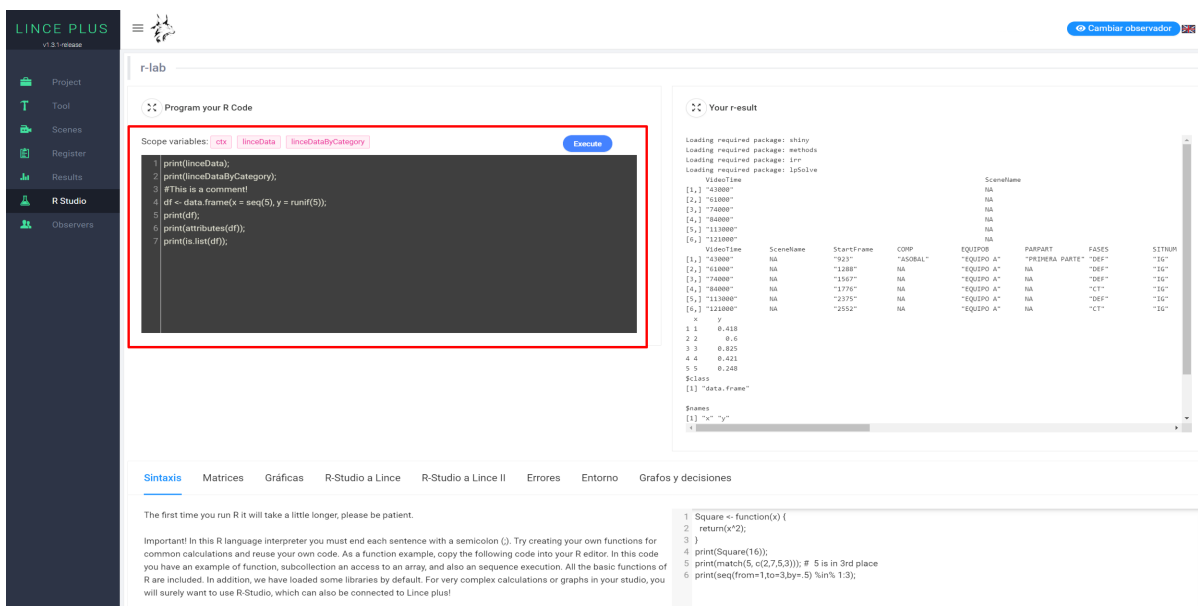


Figura 111. Pantalla para el cálculo estadístico de LINCE PLUS

Las posibilidades que se presentan a partir de esta pantalla de ejecución en tiempo real, permite realizar el cálculo que se desee. En la pantalla negra de la figura 111, se puede programar en lenguaje R y LINCE PLUS integra todo el estudio del observador principal como variables, además de otros datos del contexto del estudio, que permiten generar un programa estadístico a medida. Al seleccionar “ejecutar” el programa se calcula en LINCE PLUS y los resultados se muestran en la pantalla de la derecha.

La única limitación que encuentra es que la generación de gráficas no se puede utilizar desde el entorno web. Sin embargo, ofrecemos alternativas para tal fin.

Además, en la zona inferior de la pantalla, se puede ver una serie de mensajes informativos que describen los pasos más importantes para los cálculos, así como simulación de cálculos estadísticos por R, como sería la fiabilidad mediante el índice Krippendorff y otro tipo de cálculos.

- **Fiabilidad inter e intra observador.** El cálculo de la fiabilidad inter e intraobservador se permite de forma directa a partir de la integración y conexión de la librería DKpro-stats. LINCE PLUS ha generado un apartado web específico para simplificar al máximo el cálculo de la fiabilidad a partir de índices Kappa, Krippendorff, la generación de las matrices de contingencia y con validación de algunos aspectos elementales.

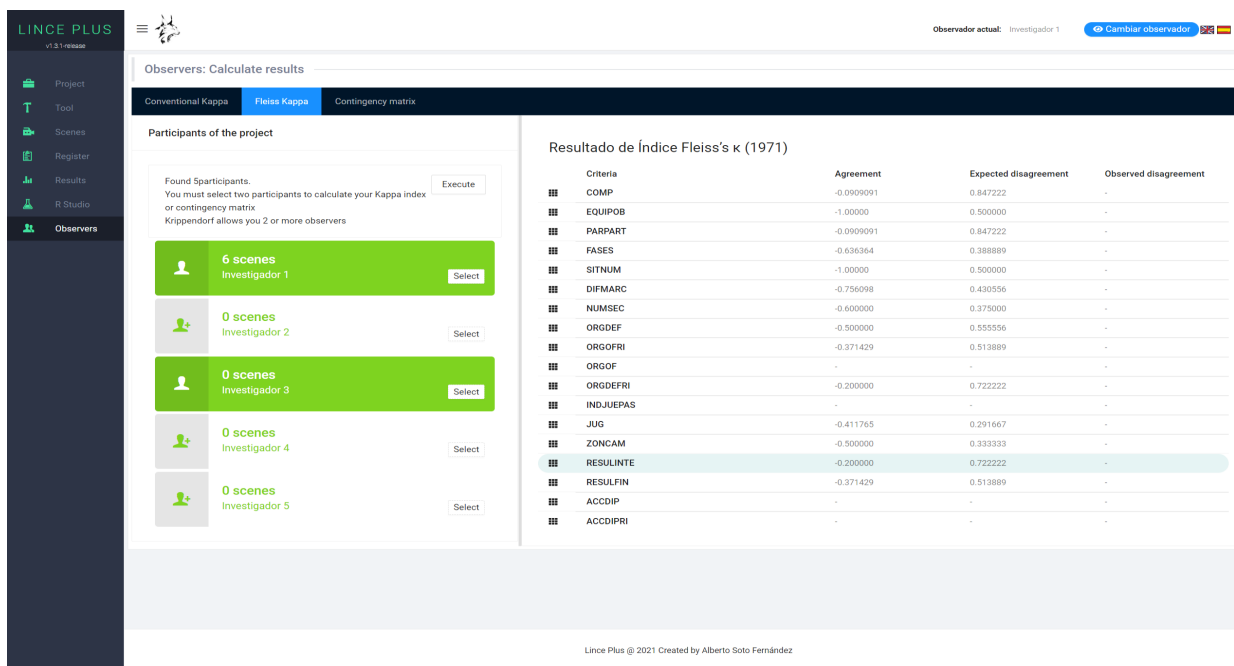


Figura 112. Cálculo de fiabilidad inter e intra observador en LINCE PLUS

El cálculo de este tipo de acuerdo se presenta de una manera muy sencilla, a partir de la selección de los observadores deseados, pudiendo ver el registro y número de episodios que han observado como una vista previa en un solo clic. Una vez se han seleccionado, tan sólo debemos seleccionar la opción deseada para el cálculo en la barra superior y proceder a la obtención de resultados en cuestión de ms.

Esta simplicidad de interacción se permite gracias a la integración de HTML5, JS y el framework ReactJS.

- **Integración de LINCE PLUS en otras aplicaciones externas.**

Si ninguna de estas aproximaciones pudiera cubrir con las expectativas del investigador, se permite la integración de LINCE PLUS y su ejecución en R-Studio para que consuma, en tiempo real, los datos de

la investigación. Es decir, si tenemos un estadístico en nuestro proyecto que conozca R-Studio, permitimos la comunicación en tiempo real con el programa. Este paso simplifica muchísimo el cálculo de resultados, ya que no se tiene que exportar ningún fichero ni esperar a que la investigación acabe: El estadístico puede conectarse directamente a LINCE PLUS, como si fuera una Tablet o dispositivo móvil.

Para facilitar este tipo de conectividad, se ofrecen tutoriales interactivos dentro de LINCE PLUS, además de tener publicada documentación y de ofrecer este tipo de información a partir del canal de Youtube.

La gran ventaja de este método es la posibilidad de crear las gráficas deseadas para el estudio o de incluir librerías o paquetes de R que sean muy específicos y no se hayan incluido en LINCE PLUS.

Para realizar este proceso, el investigador debe seguir los pasos descritos en el apartado de cálculo R, y es tan sencillo como se demuestra en este procedimiento:

- Se instala el paquete de R que permite la integración de sistemas externos
- Se ejecuta la línea que conecta R con LINCE PLUS, y en ese momento LINCE PLUS devolverá la información del proyecto y se guardará en una variable.

7.1.3.3 Conclusiones sobre el cálculo de resultados en LINCE PLUS

Hemos podido comprobar que la potencia de cálculo de resultado en LINCE PLUS, tras 2 años de puesta en producción, está totalmente infravalorada. Los científicos que están usando la aplicación hasta el momento realizan una serie de cálculos básicos y continúan exportando los datos a Excel para su tratamiento.

Sin embargo, la potencia de LINCE PLUS en este sentido es realmente increíble. Consideramos que este concepto se debe evaluar por el usuario final y, aunque seguro que podemos mejorarlo aún más, debemos recalcar que ha sido un componente que ha ganado un premio nacional por algún motivo.

La integración que hemos ofrecido, a partir del uso amigable de la interfaz web, permite que podamos hacer cualquier cálculo estadístico y permitimos una potencia de cálculo del nivel de BigData.

Sin embargo, una de las historias de usuario más esenciales que teníamos era “que fuera sencilla de utilizar” y, en este sentido, la programación a partir del lenguaje R puede suponer una gran barrera para el usuario. Por otro lado, supone la satisfacción de las necesidades de otras historias de usuario, como “que se pueda permitir un uso profesional y científico a partir de un modo experto”.

La integración de R supone aportar el máximo nivel de detalle requerido para un modo experto de la aplicación y se presenta de una manera sencilla a partir de la interfaz web, con tutoriales y pasos concretos que permiten su utilización básica.

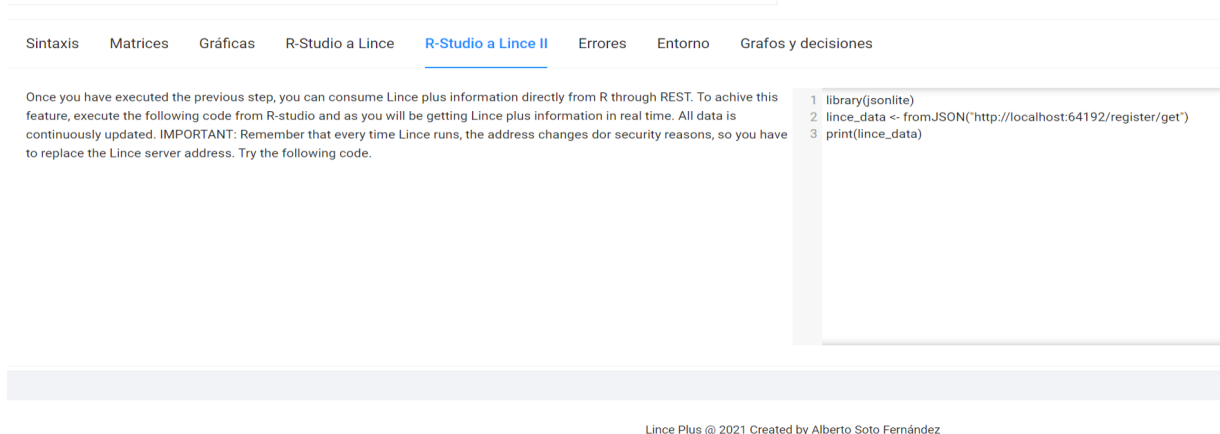


Figura 113 Detalle del tutorial con ejemplos de código de R de la aplicación LINCE PLUS

Por otro lado, en cuando al cálculo del acuerdo inter o intra observador, LINCE PLUS permite el cálculo sencillo, integrado desde la herramienta, de cualquier parámetro necesario. Además, se permite la visualización de cierto tipo de gráficas que permiten ver tendencias en las conductas de forma visual.

Como mejoras a introducir, debemos destacar que se podría simplificar aún más el cálculo estadístico, adaptarlo a un ambiente multiobservador de forma sencilla y disponer de una serie de botones preconfigurados con los cálculos más comunes, además de ofrecer la opción de que LINCE PLUS guarde tus cálculos favoritos. Pero, para este fin, se precisa el apoyo institucional para generar una versión que expanda las posibilidades a tal fin, ya que todos estos procesos son muy complejos para un solo programador y es imposible satisfacer todos los aspectos que se puedan imaginar.

LINCE PLUS es un programa que está en continuo desarrollo y cuesta cada vez más poder atender las necesidades de todos los usuarios, el soporte y formación para su uso, la divulgación de la herramienta y generación de los diversos elementos comunicativos, así como investigaciones al respecto.

Para finalizar este apartado, debemos destacar que las posibilidades de LINCE son increíbles para el cálculo de resultados. En este aspecto y, a pesar del poco conocimiento en el área del cálculo estadístico a partir de R que existe en la mayoría de investigadores, hemos generado una herramienta que permite que sea la única aplicación utilizada en toda la investigación y este era una de los aspectos más complejos de nuestras historias de usuario.

7.1.4 La interfaz gráfica de LINCE PLUS

Otro concepto importante en la implementación a destacar era la sencillez de uso. La sencillez de uso de las aplicaciones web actuales reside, sobretodo, en la tecnología web debido a la gran evolución que la tecnología ha tenido de los últimos años.

Como hemos detallado en diversos apartados anteriores, el entorno web es un contexto aplicable a cualquier dispositivo: teléfonos móviles, tablets, ordenadores de escritorio y portátiles, así como televisiones y cualquier dispositivo con conectividad a internet, llegando incluso a los relojes actuales o espejos que utilizan la palabra “*Smart*” o inteligente para denotar esta conectividad (como sucede con los

Smartwatches, *Smartphones* y los recientes *Smartmirrors*. Gracias a la planificación de la arquitectura que presenta LINCE PLUS, hemos podido integrar esta tecnología, basada en HTML5, CSS Y JS.

El desarrollo de nuestra aplicación, con 5 años de prototipos e intentos de aproximaciones como prueba de concepto, ha ido acompañado de una carrera contrarreloj en la que, en el ámbito web, cada vez que terminábamos un prototipo, una nueva tecnología del ámbito web surgía y nos cambiaba los planes, creando un caos tecnológico que, cuando la aplicación se encontraba estable, hemos tenido que organizar.

Este caos tecnológico surgía como fruto de la interacción del usuario con la aplicación, en donde nos encontrábamos con una serie de barreras tecnológicas para la aplicación de los estándares de desarrollo.

7.1.4.1 El caos tecnológico escondido tras javascript en Chromium

Al igual que sucedía con la reproducción de vídeo, el uso de Chromium como navegador incluido dentro de la aplicación nos permite introducir la tecnología web (*html-css.js*), pero, una vez más, nos encontramos con limitaciones para el uso de nuevos avances tecnológicos.

El hecho de iniciar el desarrollo en la aplicación de escritorio nos forzaba a usar una versión tradicional de javascript, como son *vanillaJS* o también como *Jquery*. Sin embargo, al utilizar Chromium nos encontramos con problemas de desarrollo muy significativos, como eran la reproducción de todo tipo vídeo o la integración de las últimas tendencias tecnológicas en la arquitectura web.

A continuación, explicamos cómo es el desarrollo de la compleja estructura web que se esconde tras la implementación de LINCE PLUS, a partir de los diseños integrales de la interfaz de usuario que se han realizado durante 5 años.

7.1.4.2 El primer prototipo funcional basado en jQuery y bootstrap

En el momento en el que empezamos el desarrollo de nuestra aplicación, buscábamos una versión estable de javascript y, en 2016, el estándar era *jQuery* y *Bootstrap*. Estas dos librerías o *microframeworks* permitían la maquetación y presentación de una aplicación web responsiva y con todo tipo de compatibilidades.

Por tanto, en 2016, teníamos centralizado nuestro foco de desarrollo en el prototipo de renderizado de vídeo. En conclusión, la usabilidad de la aplicación de ese momento podía alcanzarse mediante las librerías de *jquery* y de *bootstrap*. A la vez, el ecosistema que presentaban las denominadas SPA o *Single Page App*, estaba poco maduro y su implementación se esperaba para marcos de trabajo muy concretos.

Una SPA, como en ese momento presentaba *Angular* de la empresa Google, tenía un desarrollo anárquico y poco reutilizable en el año de inicio del proyecto. De hecho, en aquel momento, yo era un desarrollador especializado en *Angular v1* (que después generó *VUEjs*), y la segunda versión que introdujo Google, conocida como *Angular 2*, suponía un cambio tan grande que implicaba desechar todo el trabajo

realizado y empezar a realizarlo de cero. Tuvimos suerte de no elegir dicha tecnología como base de desarrollo.

En consecuencia, empezamos el desarrollo con las librerías convencionales y dicho prototipo pudo ser incluido y ejecutado en la interfaz de escritorio. Sin embargo, cuando incluimos el prototipo de vídeo, nos dimos cuenta de la complejidad y de la problemática que se nos escondía ante tal propuesta: no podíamos reproducir vídeo en el navegador que se muestra en la aplicación de escritorio.

Por tanto, tuvimos que ver cómo solucionar el problema y, centrándonos en el desarrollo del prototipo de vídeo dejamos de centrarnos en la usabilidad de la aplicación para centrarnos en el diseño de la aplicación. Expliquemos con detalles estas diferencias:

- **Interacción:** La usabilidad de la aplicación es como funciona y como puede interactuar el usuario con la aplicación.
- **Diseño:** El diseño de la aplicación es como se ve la aplicación y como están dispuestos los distintos elementos en la pantalla, y también cómo reacciona la aplicación al acceso desde diversos dispositivos y tamaños de pantalla, ámbito conocido como diseño *responsive*.

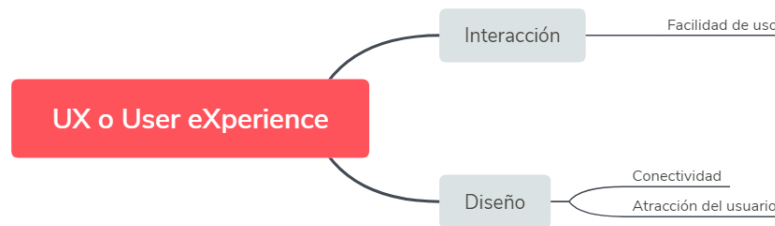


Figura 114. Elementos que componen la experiencia de usuario o UX

Ambos conceptos forman la denominada UX o User eXperience, como se muestra en la figura 114. Estos elementos, a pesar de estar relacionados, pueden tener flujos de desarrollo independientes. De hecho, el diseño puede ser conseguido a partir de los componentes HTML y CSS de la página, y la parte de interacción desarrollada por Javascript. Por tanto, aunque tienen cierta relación, pueden tener flujos de desarrollo independientes.

Sin entrar en mayor detalle, la primera versión de LINCE PLUS introdujo un diseño muy agradable, pero la parte de interacción se veía altamente limitada. Estos comportamientos introdujeron problemas de usabilidad en los primeros usuarios de la aplicación de junio 2019, por lo que tuvimos que hacer un planteamiento de inicio sobre cómo establecer y ejecutar la interacción del registro con el vídeo y que las diversas partes de la aplicación puedan interactuar entre sí para facilitar la automatización de los elementos de usuario.

Un ejemplo muy sencillo ocurre cuando sucede la acción de registro de los episodios de observación, que implican al acceso a información durante la reproducción de un vídeo, como explicamos en la figura 115. Cuando el usuario visualiza un vídeo, que está en reproducción, y selecciona cualquier parte del instrumento denota que quiere registrar un episodio. En ese momento la aplicación podría parar la reproducción del vídeo, y de todos los demás en reproducción, para proceder al etiquetado y, al guardar,

que se actualice el registro y se continúe con la reproducción del vídeo. Este proceso, por ejemplo, no puede suceder igual si tenemos una grabación en directo porque el vídeo está en directo y no se puede pausar. Por tanto, el desarrollo de una buena experiencia de usuario tiene grandes complejidades, ya que cada componente de la página debe interactuar con los otros que existen y este concepto es el que desarrolla la tecnología SPA que mencionábamos anteriormente.

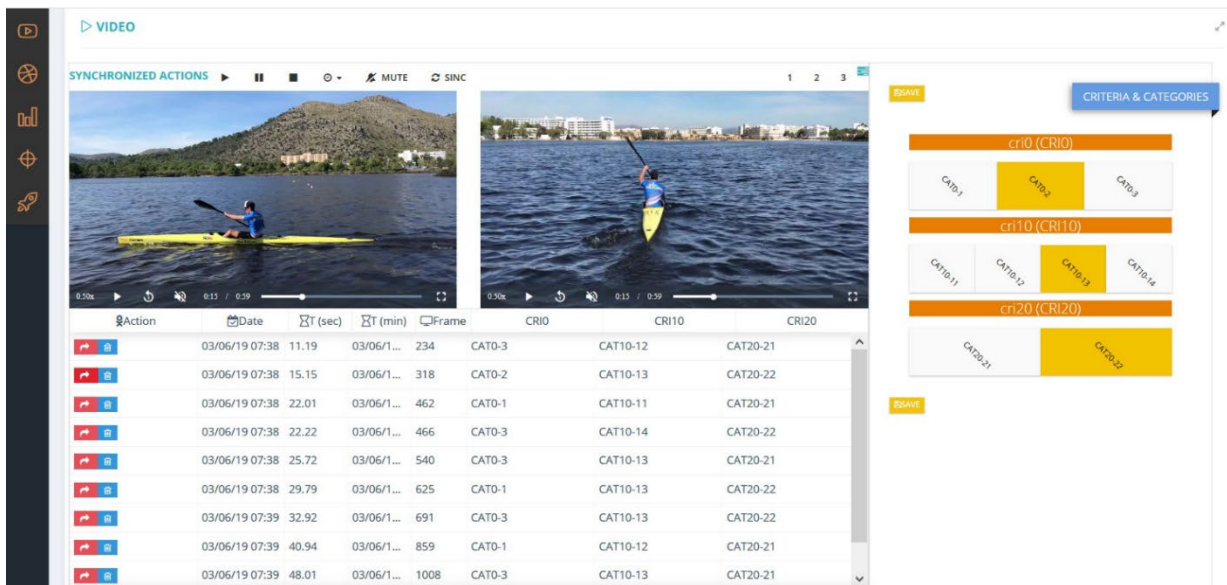


Figura 115. Primer diseño de aplicación para LINCE PLUS

En la figura 115 podemos ver las 3 zonas principales en las que se divide el registro de la información en la aplicación: el reproductor de vídeo en la zona superior izquierda, el registro de la información en la zona inferior izquierda y el instrumento de observación a la derecha. Si entendemos que la información entre cada uno de los componentes que muestra la pantalla tiene múltiples comportamientos, podemos entender que grandes complejidades se encuentran tras la interfaz de usuario cuando buscamos una simplicidad en el uso de la aplicación. Cada acción generada por el usuario deberá reproducir, marcar o realizar unas acciones que impliquen el flujo de información hacia LINCE PLUS. Además, se debe intentar que este flujo de información sea transparente por el usuario y minimizando el número de acciones posibles.

Un ejemplo de esta problemática sería clicar en una observación del registro. Se espera que el vídeo se cargue en el momento preciso de reproducción y que el instrumento de observación se cargue con las acciones seleccionadas, destacando con sencillez las conductas observadas. Además, cualquier cambio en la observación debe persistir con la mayor sencillez posible.

En el ámbito de la programación, todas estas acciones requieren anticiparse a la posible conducta del usuario y, este concepto, implica grandes complejidades y un gran conocimiento del entorno del usuario.

7.1.4.3 La primera versión de LINCE PLUS, como híbrido entre React y Jquery

Como hemos visto en el apartado anterior, el diseño convencional de la aplicación nos ofrecía un elemento robusto y estable, pero, sin embargo, nos limitaba mucho en la interacción de la aplicación y ofrecía una complicación excesiva.

El primer prototipo tuvo un desarrollo de 3 años (2016-2019) y, durante ese tiempo, las tecnologías más conocidas para mejorar la interacción de usuario a partir de javascript eran muy diferentes entre sí: Angular de Google, VueJS que es un proyecto ramificado de Angular y ReactJS, de la empresa Facebook.

En nuestro caso y, debido a la naturalidad del lenguaje al programar, escogimos React. Mi descontento con la tecnología Angular v1 me hacía evitar cualquier aproximación de Angular y, en consecuencia, de Vue. Cuando Google publicó la versión 2 de AngularJS, provocó tantos cambios que se tenía que aprender desde el principio su utilización. En el caso de ReactJS, ofrece una naturalidad al programar que se convierte en sencillez.

En el momento de la publicación de la primera versión de LINCE PLUS, a inicios de 2019, ya empezamos a introducir nuevos cambios significativos para permitir que el registro de la información fuera lo más sencillo posible. En dicha aproximación, y buscando la compatibilidad de la interfaz de usuario empezamos a introducir React, en una compleja relación de librerías convencionales como son jQuery y Bootstrap y que, al integrarse y dar los primeros resultados se obtuvo un código realmente complejo e innecesario.

Ese proceso, de avance y retroceso de tecnología provocaba una relación muy curiosa de conceptos y direcciones de desarrollo de avance, retroceso de tecnología y comportamientos extraños de la aplicación. Hemos intentado plasmar de forma visual este concepto a partir de la relación tecnología – ux – producto, que a partir de la compatibilidad forzada (backwards) y de una evolución de la aplicación (frontwards), genera un resultado anómalo o extraño (ankwards), como se muestra en la figura 116.

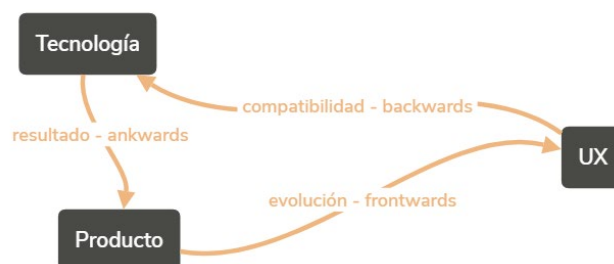


Figura 116. Problemas surgidos en la segunda versión de la aplicación

Por tanto, la integración de los nuevos conocimientos, fruto de la creación de pruebas de desarrollo y de la mejora de la usabilidad del producto tenían grandes problemas de integración, como se puede observar en la figura 116. Estos problemas de integración, no perceptibles para muchos usuarios, aumentaban la complejidad de la aplicación y, cada nuevo requerimiento o petición de los primeros usuarios provocaba que fuera cada vez más complicado su desarrollo.

Un ejemplo de esta complejidad, podría ser, a partir de la figura 115, que algún usuario decidiera que el registro de la información se pudiera ordenar por dimensión, o que cuando se cambiara el observador actual, el registro se actualizara sin realizar ninguna pérdida de información.

7.1.4.4 La reestructuración del código y versión final

La evolución de la aplicación y la propia búsqueda de una experiencia de usuario positiva generó un momento crítico en el desarrollo de la aplicación al plantear una reestructuración de todo el código de la interfaz web. Esta reestructuración presentaba romper con todo el trabajo previo de la parte web, pero, por otro lado, ofrecía la posibilidad de corregir todos los errores de complejidad al convertir la aplicación web en un término denominado SPA o *Single Page App*, y gracias a la arquitectura mixta de nuestra aplicación, pudimos cambiar toda la capa de presentación y mejorar la interfaz de usuario permitiendo aumentar al máximo la experiencia de usuario.

La nueva estructura, que se implementó en tan sólo 3 meses de intenso trabajo, permitía una capacidad de interconectividad inmejorable y corregía muchísimas limitaciones de las versiones anteriores. Esta versión, denominada LINCE PLUS v1.3.0 y publicada el 30 de junio de 2020 incluye las últimas tecnologías del mercado y ofrecía una comunicación más fluida hacia el usuario, permitiendo cambios de registro y de usuario activo, así como el control de toda la información de la aplicación en un punto centralizado gracias a la aplicación de *middlewares* en *ReactJS*.

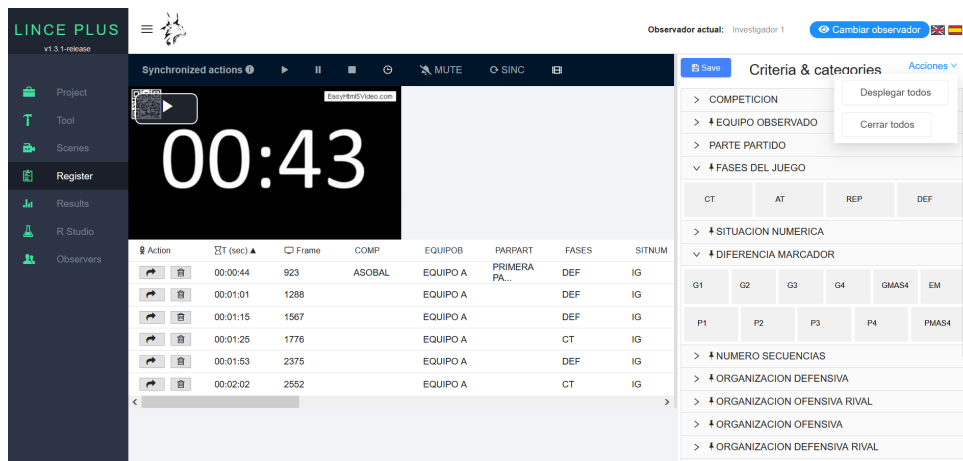


Figura 117. Rediseño de la aplicación LINCE PLUS introducido en la versión v1.3.0

La nueva estructura de la denominada capa de presentación nos ofrece nuevas posibilidades a partir de la reutilización de algunos componentes anteriores que ya estaban implementados con *ReactJS*. Ofrece la inclusión de todo un catálogo nuevo de funcionalidades que posibilitan, entre otras características, la interacción con gráficas y diagramas básicos sobre el registro observado en el apartado de resultados y, además, una interacción mejorada hacia los registros realizados por otros observadores.

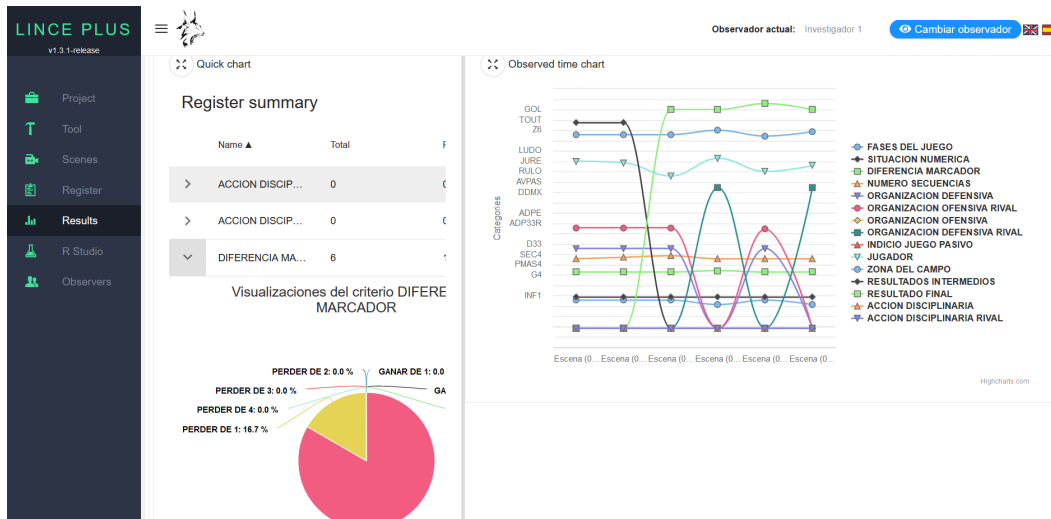


Figura 118. Gráficas interactivas de LINCE PLUS

En la figura 118 podemos ver ese nuevo comportamiento que integra el desarrollo de una SPA con ReactJS. En este caso, permitimos la creación de gráficas con la distribución regular de las acciones observadas en gráficos sencillos que muestran la contabilización de las conductas observadas por criterio de observación. Si el usuario cambiara de registro activo para consultar las acciones de otro usuario, podríamos ver, sin necesidad de refrescar la pantalla ni de realizar ninguna acción adicional, las gráficas relacionadas con el otro usuario.

7.1.5 Conclusiones sobre los conceptos tecnológicos más relevantes

El desarrollo tecnológico de LINCE PLUS incluye muchos más detalles que los que se han analizado en este apartado. Sin embargo, hemos intentado plasmar de manera poco técnica algunos conceptos que tienen relación con gran complejidad que se esconde en cada una de las historias de usuario analizadas.

El hecho de poder implementar la arquitectura base de los detalles más relevantes, como son, la reproducción múltiple de vídeo, la ejecución en cualquier sistema operativo, el cálculo de resultados de forma íntegra y una interacción de aplicación centrada en el usuario supone la base de desarrollo que necesitamos para poder cumplir con cada una de las historias de usuario.

En el siguiente apartado veremos cómo hemos podido alcanzar esta arquitectura y que necesidades hemos tenido en cada uno de los conceptos tecnológicos más esenciales y que han permitido que generemos LINCE PLUS.

7.2 Aspectos esenciales del desarrollo de la aplicación

En este apartado analizaremos que aspectos han sido fundamentales para poder realizar la implementación de LINCE PLUS y que han facilitado la consecución de los objetivos principales. Con la finalidad de poder detallar como hemos podido satisfacer las historias de usuario de una forma objetiva y, teniendo en cuenta que ha tenido el desarrollo de un único programador, procedemos a introducir una serie de conceptos y aprendizajes que han sido esenciales durante el proceso de creación de nuestra ATD-TR.

Para poder realizar la implementación de LINCE PLUS hemos tenido que realizar una serie de medidas de carácter no técnico que, si no hubiera sido por estas medidas, no hubiéramos podido finalizar el desarrollo adecuadamente. Estas medidas son las siguientes:

- La generación continua de prototipos externos a la aplicación.
- El desarrollo de código en abierto y empezar con un proyecto de referencia.
- Los acuerdos de colaboración con empresas.
- La participación y consecución de premios en concursos de programación
- El feedback de la comunidad investigadora.

7.2.1 La generación continua de prototipos externos a la aplicación

El desarrollo de un proyecto con tantas complicaciones y características independientes es realmente complejo y haber realizado cada historia de usuario como un concepto único ha sido un factor de éxito.

Cuando debemos realizar pruebas de concepto y prototipos buscando como solucionar cada de uno de los problemas que se encuentran tras las historias de usuario que hemos analizado podemos realizar dos aproximaciones:

- Realizar el desarrollo en el proyecto validando el correcto funcionamiento.
- Realizar prototipos que funcionen independientemente al proyecto y luego realizar la integración en el proyecto.

Si tenemos en cuenta la primera opción, realizando el desarrollo de manera directa y mejorando cada uno de los elementos nos encontramos con una serie de características a destacar:

- **Ventajas del desarrollo interno:** El desarrollo interno permite realizar el trabajo directamente, acelerando el proceso de creación y dando un resultado tangible. Este es un factor que permite el trabajo progresivo y la satisfacción de los requerimientos.
- **Desventajas del desarrollo interno:** El gran problema que nos encontramos en esta aproximación se da en el desarrollo de aspectos técnicos que desconocemos. Si empezamos a

hacer pruebas necesitaremos modificar el código y, con ello, modificar partes de la aplicación que ya funcionan para ajustarse al nuevo modelo. Sin embargo, si el concepto que estamos desarrollando no es satisfactorio o la aproximación que estamos teniendo es errónea, veremos que necesitaremos modificar otra vez el código que ya funcionaba, teniendo que ir recuperando versiones anteriores del código y con la posibilidad de generar errores nuevos.

Por otro lado, si desarrollamos el proyecto como un prototipo continuo en base al concepto de PoC o *Proof of Concept* nos encontramos las siguientes características que se deben considerar. Como ejemplos de PoC en LINCE PLUS han sido el reproductor de vídeo, el servidor de streaming, la interfaz de usuario en React con Monorepo, el desarrollo de la aplicación de escritorio con comportamiento web y el motor estadístico:

- **Ventajas del desarrollo por PoC:** Al acotar un concepto innovador, del cual no tenemos experiencia previa, como un proyecto independiente, nos centramos tan solo en los problemas relativos al funcionamiento que queremos conseguir. Esto permite que nos olvidemos del proyecto que tenemos en marcha y desarrollemos esas características que nos interesen. Si nuestra idea o aproximación no tiene solución, simplemente desechamos el prototipo sin afectar al proyecto. En las grandes empresas el desarrollo de prototipos independientes permite la reutilización de los conceptos más innovadores.
- **Desventajas del desarrollo por PoC:** La mayor desventaja y que es realmente preocupante es el impacto en la velocidad de desarrollo. El desarrollo del proyecto se ralentiza muchísimo y, en consecuencia, genera una desmotivación muy grande por la lentitud de los avances. Además, el nuevo desarrollo encuentra complicaciones de integración con el proyecto. Es decir, una vez hemos conseguido satisfacer la historia de usuario tenemos un trabajo adicional para integrar ese comportamiento en el proyecto.

Evidentemente, no todo el proyecto ha sido desarrollado en base a prototipos, pero, sin embargo, los módulos que tenían una gran complejidad han sido numerosos. Por tanto, si consideramos todo el tiempo invertido en la realización de prototipos podríamos poner en duda que el proyecto haya sido eficiente energéticamente.

Sin embargo, como veremos en el apartado de participación y consecución de premios a partir de la participación en concursos de programación, la aproximación ha tenido una doble vertiente positiva. Por un lado, la satisfacción de las historias de usuario que veremos en el capítulo 8 de evaluación y validación de los requerimientos. Por otro lado, hemos conseguido ganar diversos premios de programación gracias al desarrollo en PoC.

Teniendo en cuenta estos aspectos, consideramos que el desarrollo en base a PoC ha sido un factor de impacto en el proyecto y de gran utilidad.

7.2.2 El desarrollo de código en abierto y empezar con un proyecto de referencia

Que una aplicación esté desarrollada en código abierto o bien que sea *open source*, significa que todo el código que permite su construcción sea público a la comunidad y que pueda ser editado por terceros siempre y cuando no se comprometa la autoría del código.

El desarrollo de aplicaciones precisa de una base de conocimiento, ya que, si no fuera así, muchos proyectos estarían repitiendo una y otra vez los mismos pasos. En nuestro caso, el hecho de fundamentar nuestro código como un proyecto en abierto tiene una serie de ventajas que están dispuestas normalmente en grandes empresas:

- Permitimos que otros programadores participen en el proyecto.
- Permitimos que la comunidad pueda contrastar la veracidad de los algoritmos que tiene la aplicación.
- Nos permite solicitar soporte a empresas a partir de acuerdos de colaboración, como veremos en el apartado siguiente.
- Y, el más importante, nos permite utilizar código de aplicaciones similares.

La importancia del código en abierto suele estar al alcance de las grandes empresas o de los proyectos que surgen fruto del mero conocimiento. En nuestro caso, al tratarse de un proyecto de investigación, tiene unas connotaciones derivadas de la expresión del conocimiento.

El hecho de utilizar conocimiento anterior, como es el caso de incorporar el núcleo de R en nuestra aplicación, nos fuerza a incluir esa parte de la aplicación, publicar su uso y, además, seguir desarrollando el proyecto en base al agradecimiento de las investigaciones previas. Por lo tanto, podríamos decir que el desarrollo en abierto es fruto de la reutilización o inclusión de librerías y, además, permite que compartamos con la comunidad investigadora nuestros avances.

Sin embargo, podríamos encontrarnos con un gran problema: Si una empresa quisiera sacar un beneficio económico de la aplicación, podría extender la aplicación sin más y, en consecuencia, desarrollar un proyecto incluyendo nuestros desarrollos gratuitos, pero realizando una serie de cobros a los usuarios.

Este factor es un gran problema en los proyectos pequeños, ya que, al no disponer de fuente de ingresos, acaban siendo proyectos abandonados y absorbidos por otras compañías. Hoy en día nos encontramos que los gigantes tecnológicos están adoptando este tipo de prácticas.

Por ejemplo, en el caso de los sistemas operativos, la mayoría de servidores de internet son de dos tipos RHEL o CentOS. RHEL o Red Hat Enterprise Linux es de pago mientras que centos es gratuito. Hace poco, debido a la complejidad del sistema CentOS, RHEL adquirió y compró CentOS, favoreciendo la integración y mejora continua de ambos sistemas operativos.

Sin embargo, en julio de 2019, la conocida empresa tecnológica IBM compró RedHat y todos los proyectos en los que estaban implicados por un valor de 34.000 millones de dólares. Por tanto, gracias a esta operación, IBM se convertía en dueño directo de casi todos los servidores que manejan internet. Según el IDC publicado de 2019 estaríamos hablando de un 33.9% de los servidores a nivel mundial. Explicar estos datos tiene sentido en el momento en el que explicamos que IBM ha decidido cerrar el desarrollo de CentOS, quedando el desarrollo gratuito huérfano y obligando a una migración con coste a muchas empresas.

Por tanto, una vez explicada la problemática con un ejemplo multimillonario, podríamos entender que el código fuente de LINCE PLUS fuera utilizado por una empresa y obtener un beneficio de un desarrollo ajeno.

Sin embargo, pese a ese gran impedimento, los 3 puntos iniciales en los que permitimos la veracidad, la comprensión y la viabilidad del proyecto a la comunidad investigadora, son factores que tienen mucha más importancia que la posible compensación económica de otras empresas.

Por otro lado, el hecho de partir de un proyecto inicial, que ya estaba desarrollado en código abierto como es el caso de LINCE (Gabin et al, 2012), permite conocer ciertos aspectos importantes y ha permitido establecer unas bases de desarrollo y, sobretodo, establecer un estándar de los mínimos esperados por la aplicación.

En nuestro caso, al desarrollar LINCE PLUS, hemos podido reutilizar muy poco código de la aplicación inicial, quedándose reducido a tan sólo la parte de exportación a Excel y algunos detalles adicionales. Este era un factor que no pensábamos que fuera tan poco reutilizable, pero, sin embargo, el hecho de ser una aplicación que ha introducido un grandísimo impacto en la comunidad investigadora, ha establecido un estándar complejo de conseguir.

Tener disponible la versión de Lince 1.4, conocer su funcionamiento, y sobretodo, intentar replicar su comportamiento hasta el más mínimo detalle hacia el usuario junto con el desarrollo de prototipos han supuesto un reto de programación que escondía una gran satisfacción personal.

7.2.3 Los acuerdos de colaboración con empresas

Durante el desarrollo de las pruebas de concepto nos hemos encontrado con una gran cantidad de impedimentos que no hubieran sido posible solucionar si no fuera por el soporte de algunas empresas. El hecho de realizar el desarrollo de nuestra aplicación como una iniciativa de código abiertos nos ha dado la enorme posibilidad de buscar colaboraciones con empresas de gran impacto.

En este apartado destacamos cada una de las empresas que han apoyado el proyecto y que han permitido la consecución del proyecto.

- **JxBrowser.** Esta empresa, con sede en Ucrania y en Montenegro, facilita el desarrollo de aplicaciones híbridas integrando un comportamiento web en aplicaciones de escritorio. Su soporte inicial permitió que el desarrollo de LINCE PLUS encontraré sus primeros frutos. Sin embargo, tuvimos que abandonar su implicación en el proyecto al no contemplar ninguna licencia de desarrollo de vídeo.

Esto implica que nos encontremos el gran impedimento de no poder reproducir vídeos en la aplicación de escritorio como hemos mencionado en el apartado 7.1.2 sobre la utilización de varios vídeos simultáneos.

➔ El coste de la licencia de desarrollo para un proyecto basado en Jx Browser es de 5.300 dólares.

- **Install4J.** Esta aplicación es la responsable de que podamos instalar nuestra aplicación LINCE PLUS en Windows y en MacOS y que funcione correctamente sin la necesidad de instalar Java en las máquinas. Por tanto, permite el denominado empaquetado y distribución de la aplicación. Esta aplicación es vital para el correcto funcionamiento de LINCE PLUS y sin su soporte no habiéramos tenido opción hábil y sencilla de poder instalar y ejecutar la aplicación en cualquier ordenador.

➔ El coste de la licencia de desarrollo para un proyecto con Install4J es de 2.398 euros

- **Jetbrains IntelliJ.** Para desarrollar la aplicación adecuadamente necesitamos un entorno que nos permita el desarrollo hábil del código y cuando más completa sea la herramienta más conceptos nos permitirá introducir y con la mayor velocidad posible. Este concepto se denomina IDE o *Integrated Development Environment* y es un tipo de aplicación que se encuentra disponible en muchos formatos. A pesar de existir las versiones gratuitas de algunos como Eclipse, la empresa de JetBrains contiene un IDE que es realmente espectacular y sencillo, facilitando y agilizando el desarrollo. De hecho, es el mejor IDE del mercado. Su licencia se ha utilizado durante 5 años.

➔ El coste de licencia del IDE de JetBrains es de 650 euros por año x 5 años = 3.250 euros.

- **Suunto y Movesense.** Suunto ha sido un sponsor parcial del proyecto, aportando sensores de medición cardiaca y de movimiento al proyecto a partir de un coste cero. Poder utilizar sus sensores ha aportado un gran conocimiento al proyecto, siendo nuestro proyecto un proyecto colaborador de la entidad y que están esperando que podamos publicar una versión estable con el uso de sensores

➔ El soporte de Suunto consta en una aportación de 200 euros en dispositivos físicos y descuentos para compras.

Sin duda alguna todos estos acuerdos han facilitado el desarrollo del proyecto. Además, no debemos olvidar otros proyectos que han permitido el crecimiento de LINCE PLUS: R, Java de Oracle, Spring, Magnolia CMS, Maven, Github, etc.

Los acuerdos que hemos realizado de manera activa, gracias a la solicitud y respuesta de las empresas colaboradoras ha tenido un impacto económico en dotaciones de 10.221,57 euros.

7.2.4 La participación y consecución de premios en concursos de programación

El esfuerzo de desarrollo de las diversas pruebas de concepto que se han visto desarrolladas en LINCE PLUS ha tenido un aspecto motivador a partir de concursos nacionales. La participación que hemos realizado ha sido posible gracias a las convocatorias ofrecidas por la empresa Magnolia CMS a partir de la sede existente en España y de la colaboración de, entre otros profesionales, de Miguel Abreu y Angélica

Sáez que propusieron durante 3 años este concurso en el congreso de informática con código abierto de Open Expo en Madrid.

Magnolia CMS está considerado el mejor entorno para la creación de páginas web, siendo un gestor de contenido a nivel corporativo que se utiliza por bancos, gobiernos y otras páginas de gran volumen de visitas, como es el caso de Voetbal International que llega a tener más de 65.000 visitas simultáneas.

Este concurso, celebrado durante 3 años en Madrid, ofrecía un premio económico para el ganador de un concurso de programación que implicara mejoras para la aplicación Magnolia CMS, que está basada en Java. El hecho de ser un experto en ese entorno y, de estar desarrollando LINCE PLUS en el mismo lenguaje de programación, implicaba una posibilidad y una forma adicional de autofinanciación, ofreciendo un reto adicional a la consecución del proyecto. Durante los 3 años que ha sido convocado el concurso de programación (ediciones de Retos Digitales Magnolia CMS 2017, 2018 y 2019) ha coincidido con el desarrollo de LINCE PLUS.

Este factor ha sido de gran importancia ya que, en busca de equilibrar la inversión temporal invertida en nuestra aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real, hemos podido dar un uso a los prototipos funcionales de LINCE PLUS de interfaz de usuario, reproducción de vídeo y cálculo estadístico.

Los proyectos que fueron desarrollados como pruebas de concepto en LINCE PLUS, han sido adaptados al entorno de Magnolia CMS para poder participar en un concurso. El resultado ha sido que siempre nos hemos clasificado para la final y que, en una de las tres convocatorias, he tenido el placer de ser el ganador del concurso al presentar la integración para BigData en Magnolia CMS, adaptando el módulo de cálculo de R en Magnolia CMS.

La participación en este concurso ha supuesto un reto de innovación al poder competir a nivel nacional con otros programadores profesionales de las empresas que trabajan diariamente con Magnolia CMS. Tener la posibilidad de ganar el concurso se presentaba como un factor motivante desde el punto de vista de competición y como un reto de programación.

Este concurso ha sido un elemento clave para mantener la motivación y valorar el impacto que estamos realizando sobre la comunidad tecnológica y no sólo sobre la comunidad investigadora.

7.2.5 El feedback de la comunidad investigadora

Uno de los aspectos más complejos de satisfacer ha sido el continuo soporte desde las etapas iniciales a los primeros usuarios de la aplicación con la primera versión de LINCE PLUS en julio de 2019.

En las primeras versiones de LINCE PLUS había muchas asperezas a resolver. Con la finalidad de generar una aplicación que sea sencilla de utilizar, nos hemos encontrado con una gran de dificultades que, si no fuera por el punto de vista de los primeros usuarios y de los primeros talleres, no habiéramos podido detectar.

La primera presentación fue en un curso de técnicos de piragüismo organizado por la Federación Balear de Piragüismo. Gracias a la puesta en práctica de 20 de usuarios simultáneos, pudimos ver que dificultades nos encontrábamos en un diseño multiobservador.

En otro taller, en este caso en el INEFC de Lleida, pudimos ver como la instalación de la aplicación respondía de forma muy distinta según el ordenador y este factor nos obligó a cambiar el instalador y buscar el soporte de install4J para poder satisfacer las demandas de portabilidad y sencillez de instalación.

Por otro lado, y en una gran cantidad de peticiones de soporte telemático a diversas universidades, hemos podido completar y revisar cada uno de los problemas con los que se ha encontrado el usuario sin conocimiento previo.

Este factor es de vital importancia en el desarrollo del proyecto ya que, si no fuera por el usuario inexperto en el manejo de LINCE PLUS, no habríamos podido detectar ningún error. La contraprestación a esta puesta en práctica parcial es que los primeros usuarios pueden percibir una aplicación poco madura y con dificultades, pero que, sin embargo, es necesario que sea probada en grupos piloto.

El feedback de la comunidad que utiliza LINCE PLUS no es solo correctivo, sino que también ofrece un feedback desde parte del usuario que siempre ha sido positivo. La respuesta y comentarios obtenidos en diversos congresos o con investigadores que respaldan esta herramienta ha sido otro motor que ha impulsado la motivación y la confianza en el proyecto, y que ha hecho percibir que no se trata de un solo programador, sino que es el fruto de un grupo de investigación que ofrece una mejora para la comunidad científica. Este cambio de percepción permite que cada vez que desarrollas la aplicación sea un momento de inspiración.

Otro factor de gran importancia ha sido el soporte para la implantación inicial del proyecto por el grupo de investigación y por los precursores de LINCE PLUS que han impulsado esta iniciativa desde el INEFC.

7.3 Problemas encontrados durante la implementación de LINCE PLUS

En este apartado analizaremos los grandes problemas que nos hemos encontrado durante el desarrollo de la aplicación LINCE PLUS, realizando la aproximación desde un punto de vista poco técnico para facilitar la lectura.

El desarrollo de una aplicación de este nivel se encuentra con muchos impedimentos ocasionados por la inversión de tiempo que se requiere. Estos impedimentos temporales, que no son sólo tecnológicos, derivan a su vez de la complejidad que se esconde tras un proyecto de esta magnitud.

La realización de un proyecto complejo y gratuito, pese a contar con el soporte económico inicial del INEFC, esconde una gran cantidad de complicaciones.

Cuando se aborda este tipo de proyectos se hace siempre sin pensar en que connotaciones temporales se esconde tras esa complejidad y, en este sentido, el análisis inicial de la aplicación se valoró en unas 525 horas de desarrollo. Esta valoración implica un trabajo a jornada completa de unas 14 semanas de duración, por lo que implicaba una duración completa de unos 3 meses y medio. Sin embargo, como hemos mencionado, el desarrollo de LINCE PLUS ha durado 5 años.

Este grave error de aproximación ha generado una serie de problemas en cascada que no se valoraron en su inicio y que han implicado un desarrollo mucho mayor. Los problemas encontrados han sido los siguientes:

- El tiempo invertido en el desarrollo de prototipos y pruebas de concepto y la pérdida de motivación en la búsqueda de conceptos únicos.
- Los problemas de compatibilidad entre diversos sistemas.
- La inversión temporal requerida para el soporte a la comunidad.
- Los problemas tecnológicos.
- La evolución de las plataformas durante el tiempo de desarrollo.
- El poco soporte de la comunidad en congresos en los que se ha participado

7.3.1 El tiempo invertido en el desarrollo de prototipos y pruebas de concepto

Como bien hemos mencionado con anterioridad, el proyecto de LINCE PLUS tuvo una valoración inicial totalmente infravalorada y que nos ha comprometido el desarrollo en algunos puntos de la aplicación.

Evidentemente, si de una valoración de 3 meses y medio o, a lo sumo, medio año de desarrollo, nos hemos ido a unos 5 años es por un fallo de valoración por parte del programador realmente grande.

Este fallo de valoración ha venido condicionado al valorar superficialmente aspectos que no se esperaban, como ha sido el tiempo invertido en el desarrollo de prototipos, el tiempo invertido en atender a la comunidad y el tiempo invertido en el desarrollo evolutivo de la plataforma, entre otros.

Bajo un punto de vista subjetivo, cada uno de los aspectos que se analizaron inicialmente tuvo una valoración muy superficial y, en este aspecto, podemos observar como en la tabla 35 se hace poca mención a la reproducción de vídeo y, por otro lado, se esperaba poder desarrollar la aplicación en base al código inicial de Lince 1.4.

Sin embargo, ninguno de los elementos contempla la búsqueda documental, el desarrollo de prototipos o el juego de pruebas y soporte necesario para probar la aplicación. A continuación, mostramos la tabla 35 para entender cómo fue la aproximación inicial.

Tabla 35. Valoración inicial de tiempo requerido para implementar LINCE PLUS

<i>Concepto</i>	<i>Descripción</i>	<i>Tipo</i>	<i>Horas aproximadas</i>
<i>Kappa</i>	Se debe revisar la comparación de Kappa y la posible integración o selección de otros registros. En primera instancia, integrar el Kappa antiguo.	Importante	20
<i>Selección categoría</i>	Al seleccionar las categorías se debe marcar el criterio cuando los instrumentos son muy grandes, para facilitar la observación	Básica	5
<i>Módulo analítica</i>	Integrar google analytics para conocer la expansión, uso y alcance de Lince3	Básica	20
<i>Multiregistro</i>	Generar un perfil de usuario para cada usuario conectado, y permitir compartir o no el registro de visualización para poder comparar los resultados de varios observadores simultáneos. Se integraría con Kappa directamente	Expansión	80
<i>Videotutoriales</i>	Generar videos explicando el funcionamiento de lince. Subir a YouTube creando un canal e integrarlos en un módulo de ayuda en Lince.	Básica	40
<i>Módulo VisualExport</i>	Realizar un módulo de export que permita generar un documento de resumen con las imágenes o minivideos incrustados en html que se pueda imprimir o guardar en pdf. Cada video o gif animado con un selector de tiempo previo/posterior al marcaje de la escena.	Expansión	80
<i>Integración estadística</i>	Reestructurar el api Rest, y preparar los datos para un análisis externo. Comprobar el distinto software (r, spss o matlab) para integrarlo de forma interna o externa a Lince. En caso de ser externa, via api REST, hacer un módulo de ejemplo.	Expansión	100
<i>Mejoras visuales</i>	Modificar el aspecto visual, rediseñar estilos y facilitar la interacción de usuario. El panel de video tiene que ser flotante y seguir al usuario.	Básica	20
<i>Módulo documental</i>	Mejorar el módulo de escenas y visualización para la integración o carga de un documento PDF. Integrar el número de página en lugar de video	Importante	50
<i>Módulo settings</i>	Settings de configuración para gestionar frames por segundo, cargar registros adicionales (Kappa), ver sesiones activas, descargar en cada uno de los formatos desde web, tipo visualización (video o pdf)	Básica	20
<i>Horas mantenimiento correctivo</i>	Previsión de horas de corrección de errores postimplantación. Estudiar la posibilidad de introducir tickets fácilmente para la detección de errores.	Importante	50

<i>Mejora gráficas</i>	Evaluar las estadísticas mostradas y ofrecer una serie de gráficas mejoradas. Resintetizar el uso de Ids para dichas gráficas	Básica	40
			TOTALES

Por poner un ejemplo, la ejecución del índice Kappa, que ya estaba integrada en la primera versión de Lince, no ha podido ser utilizada en absoluto, por lo que hemos tenido que implementar el desarrollo y hacer una inversión de tiempo bastante grande tanto a nivel científico como a nivel técnico de programación.

Este grave error de aproximación ha tenido una serie de efectos colaterales:

- Poco a poco se iba obteniendo un punto de vista subjetivo de lentitud y, en consecuencia, pensar que no podríamos llevar a cabo el proyecto de forma satisfactoria. Como veremos a continuación, este factor implica una pérdida de motivación.
- La inversión de una cantidad enorme de horas, que en ocasiones tiene poca repercusión sobre la comunidad.
- La evolución de la tecnología, como veremos en el apartado 7.3.6

En consecuencia, este factor genera desde la búsqueda de conceptos únicos una pérdida de motivación. Dicha pérdida de motivación es un aspecto habitual en todo proceso investigador. Sin embargo, cuando se intenta realizar una aproximación a multitud de prototipos sin que ninguno de ellos resuelva el problema de forma positiva y no se encuentra ninguna información al respecto en ningún medio de consulta la frustración se presenta como una constante.

Consideramos que el desarrollo de LINCE PLUS ha implicado una serie de conceptos que no están documentados y que, pese a que requiere de una mejora continua, es un gran hito en el desarrollo tecnológico.

7.3.2 Los problemas de compatibilidad entre diversos sistemas

El desarrollo de una aplicación multiplataforma que funcione en todo dispositivo es un factor que se ve como algo habitual hoy en día, sin embargo, el coste de estas aplicaciones es muy elevado y el número de programadores destinado a tal fin es, como mínimo 1 o 2 programadores para cada plataforma.

Ser un único programador en un proyecto multiplataforma tiene grandes complicaciones como son:

- La necesidad de formación en el uso de cada entorno.
- La necesidad imperativa de tener un dispositivo de cada tipo para realizar el juego de pruebas oportuno. Esto implica portátil Mac, portátil PC, Tablet, dispositivos móviles Android y Iphone.
- El constante juego de pruebas en cada uno de los dispositivos

Este factor implicó la búsqueda de información continua y, gracias al soporte de las entidades que hemos podido colaborar en el apartado 7.2.3 hemos solucionado los diversos problemas. En cuanto a la necesidad de diversos dispositivos, hemos podido cubrir las necesidades a partir de las pruebas ocasionales y de la adopción progresiva de los dispositivos.

7.3.3 La inversión temporal requerida para el soporte a la comunidad

Una gran dificultad que hemos encontrado durante el desarrollo de la aplicación es la necesidad creciente que ha tenido la comunidad de usuarios y que ha sido exponencial. Durante el desarrollo de la aplicación y, con la aparición de los primeros problemas tras la primera instalación de LINCE PLUS, se han tenido que realizar una serie de medidas continuas hacia los usuarios.

Las medidas que se han realizado y que se siguen realizando son, principalmente, las siguientes:

- **El soporte a los usuarios por correo electrónico.** El soporte a los usuarios por correo electrónico es un factor que no debe pasarse por alto, ya que la redacción es un proceso lento. En ocasiones requerían de soporte telemático, de formación o de corrección de errores en la aplicación.
- **La generación de guías de usuario.** Las guías de usuario han tenido un peso importante por la formalidad que requieren, sin embargo, su elaboración es un trabajo minucioso que requiere de una inversión importante y que, por desgracia, no llega a ofrecer el resultado esperado. El motivo de esta observación poco positiva al respecto es que las guías de usuario necesitan también de un soporte continuo y de una actualización, por lo que son un elemento de complejidad adicional.
- **La notificación de las actualizaciones a los usuarios.** Al principio se notificaba a los usuarios inscritos por correo electrónico, pero, dada la problemática evidente de este tipo de práctica empezamos a desarrollar nuestro propio sistema de notificación. El sistema que llevan la mayoría de aplicaciones es un sistema que requiere de un servicio en exclusiva para la descarga de la aplicación y la notificación a los usuarios. En nuestro caso, introducimos un gestor de actualizaciones ad-hoc a la plataforma, permitiendo cuando se abre la consulta de la última versión publicada y notificando al usuario con un mensaje de advertencia. Esta característica fue introducida a inicios del año 2020 y ha tenido una buena recepción, permitiendo conocer de dónde proveen los usuarios y el flujo de analítica que evaluaremos en el capítulo 9 de análisis de datos.
- **Videoconferencias para la formación de usuarios.** Cuando el soporte por correo electrónico no era suficiente se han tenido que hacer una serie de formaciones en línea en el manejo básico de la aplicación. Este elemento personal ha aportado de gran feedback positivo a la aplicación, pero, en contra, ha requerido de una inversión de tiempo muy elevada que desconocemos si tendrá sus frutos en base al soporte directo a la plataforma y a su mención en artículos científicos de impacto
- **Talleres presenciales de formación.** Adicionalmente se han realizado algunos talleres de formación presenciales que han requerido de un desplazamiento físico para la difusión de LINCE PLUS.

Estos talleres tienen la posibilidad de nutrir al uso de la aplicación con un feedback más inmediato y real, y ofrecen un tipo de conductas más espontáneas en el uso de la aplicación.

- **El soporte directo a los usuarios a partir de conectividad remota.** Cuando ninguno de los métodos anteriores era suficiente generábamos soporte directo a los usuarios, pudiendo conectarnos a su ordenador para evaluar los problemas más específicos y así solucionando dichos problemas en el ordenador o generando un informe para hacer la corrección en el programa adecuadamente.
- **La generación de video tutoriales y la publicación de un canal en Youtube.** Gracias a la iniciativa de investigadores como Alfonso Valero Valenzuela, que inició la publicación de los primeros vídeos de la aplicación hemos generado un canal de Youtube que debe crecer y mejorar mucho para poder mostrar a los usuarios cada detalle de la aplicación, ya que muchos usuarios no conocen el potencial de la herramienta.

Este tipo de actividades han implicado cada vez más tiempo, factor que en ocasiones se han intercalado con el desarrollo de la aplicación y con la redacción de la tesis, siendo un factor altamente complejo de explicar, pero que ha finalizado en algunas ocasiones en un bloqueo de tareas a realizar por la alta demanda de cada elemento.

Debo mencionar que la gestión del soporte y la redirección de parte de estas peticiones por parte de los directores de la tesis ha permitido el avance en el desarrollo de la aplicación y en la redacción de esta tesis, por lo que han posibilitado que se haga una gestión efectiva del tiempo invertido en el desarrollo.

7.3.4 Los problemas tecnológicos derivados de la evolución de las plataformas

En el proceso de desarrollo de una aplicación no nos encontramos tan sólo con los problemas de desarrollo o de realización de la aplicación. Existen una serie de problemas tecnológicos adicionales y que son de gran importancia y totalmente infravalorados

Si la aplicación tarda 5 años en implementarse la tecnología que está alrededor de ella irá evolucionando. Es, por tanto, de vital importancia que la aplicación se adapte a esta evolución de la tecnología. Los problemas más complejos que nos hemos encontrado han sido los siguientes:

- **La modificación por parte de Apple de los requerimientos para la instalación de aplicaciones.** Apple modificó a mediados de 2020 sus condicionantes para instalar programas y ahora requieren que la aplicación esté firmada por ellos, generando una demanda adicional de licencias de desarrollo y un coste que no nos podemos permitir, ya que esa licencia tiene un precio elevado y es anual. Cuando LINCE PLUS consiguió solucionar que pueda ser instalado en Mac, nos encontramos que el instalador tenía complejidad. Este factor no tiene solución hasta que podamos firmar la aplicación correctamente y, por ahora, requiere de un paso adicional al usuario para poder instalarla. Al principio suponía un inconveniente, pero parece ser que los usuarios pueden ejecutar LINCE PLUS adecuadamente.

- **El desarrollo evolutivo de las plataformas.** Las aplicaciones cambian y el software en el que se basan tiene una evolución continua. Este problema es de compleja solución ya que requiere adaptar nuestra aplicación a cada uno de esos cambios o, en contra, generará la obsolescencia de nuestra aplicación. En consecuencia, implica que la aplicación esté en continuo desarrollo y este es un factor que consume tiempo y energía.

Esta demanda de desarrollo continuo es de gran importancia y requiere del soporte de la comunidad y de la evolución de la plataforma para poder ser un producto vivo o, en consecuencia, nos encontraremos con una inversión de tiempo elevada que acabará en un producto obsoleto.

7.4 Validación del desarrollo de LINCE PLUS con las historias de usuario

Una vez hemos desarrollado nuestra aplicación, deberíamos conocer en qué estado hemos podido satisfacer con las necesidades y expectativas del proyecto.

Para poder cubrir con estas necesidades, podríamos hacerlo de dos maneras:

- Realizar un análisis superficial de manera subjetiva. En los próximos apartados detallaremos cual es el estado de implementación de cada historia de usuario.
- Hacer un análisis exhaustivo a partir de encuestas a los usuarios. Detallaremos las complicaciones de este aspecto en el apartado 7.4.8.

7.4.1 Evaluación de las historias de usuario

En este apartado analizaremos como ha sido el estado de la implementación de LINCE PLUS a partir de las historias de usuario, determinando de manera subjetiva cuales son los puntos fuertes y las debilidades de la aplicación desde el punto de vista de implementación.

Al realizar un análisis subjetivo de cada una de las historias de usuario, podemos comprobar cuál es el estado de desarrollo de cada una de ellas y ver, en una tabla resumen, el estado actual del proyecto, destacando algunos aspectos de relevancia.

Para realizar este análisis, procedemos a utilizar la clasificación de historias de usuario en módulos de aplicación descrita en la tabla 29. En dicha tabla, ofrecíamos un resumen de los requerimientos por funcionalidad y nos permite detectar si alguno de los elementos requiere de un mayor desarrollo o, por otro lado, muestra un desarrollo aceptable y, por tanto, puede cubrir con las necesidades esperadas.

Cada uno de los módulos será evaluado como si fuera una rúbrica de autoevaluación con una escala de Likert de 1-4 sobre cada historia de usuario, ofreciendo una valoración final de cada módulo y, como resultado final, una valoración inicial sobre el desarrollo de LINCE PLUS y como puede satisfacer las necesidades documentadas. Esta escala de Likert de 1 a 4 puntos que hemos seguido, seguirá la siguiente valoración:

1. La historia de usuario no ha podido cumplirse y nuestro proyecto no contempla ninguna manera de integrarla.
2. La historia de usuario no ha podido cumplirse, pero nuestro proyecto contempla su desarrollo futuro al haberse encontrado una prueba de concepto que es válida.
3. La historia de usuario ha podido cumplirse, pero encuentra limitaciones o precisa de un mejor desarrollo.
4. Tanto la prueba de concepto, como la implementación en LINCE PLUS, cumple con las expectativas y necesarias por la comunidad investigadora.

A continuación, evaluaremos los diversos módulos que componen la aplicación, puntuando cada historia de usuario y destacando unas valoraciones personales al respecto.

7.4.2 Valoración de las historias de usuario relacionadas con aspectos visuales

Las historias de usuario analizadas en el capítulo 6 que hacían referencia a la usabilidad y la interfaz de usuario han sido desarrolladas en base a HTML5 y ReactJS, sobre una aplicación JavaFX que lanza Spring Boot en su inicio, generando una interfaz que es muy compleja técnicamente, pero con una interacción de usuario lo más sencilla posible.

Tabla 36. Valoración de las historias de usuario relacionadas con aspectos visuales

Agrupación	Historia de usuario	Valoración
Interfaz de usuario	Quiero que la interfaz de usuario sea agradable	4
	Quiero poder usarla sin conocerla	4
	Quiero poder usarla en ámbito no científico	4
	Quiero que los datos y todos los cálculos sean en tiempo real	4
	Quiero identificar las observaciones o registros siempre	4
	Quiero identificar al observador actual	4
	Quiero consultar el registro con todo tipo de detalle	4
	Quiero gráficas y tablas resumen	4
Valoración media		4

La interacción con la aplicación ha sido un detalle muy trabajado y que en la primera versión de LINCE PLUS, publicada en Julio de 2019, presentaba grandes carencias. Gracias al desarrollo en espiral y a la integración en bloque de ReactJS, AntDesign y otras tecnologías de última generación, hemos podido generar una herramienta que cumple con todos los requerimientos que hemos encontrado, por lo que consideramos que estas historias de usuarios han sido cubiertas con creces, permitiendo la accesibilidad desde cualquier dispositivo y de una manera sencilla.

7.4.3 Valoración de las historias de usuario para la integración de aplicaciones

La integración y reutilización de estudios previos, así como la posibilidad de exportar a otros programas, junto con la posibilidad de incorporar estudios realizados con la versión anterior de Lince y varios estudios anteriores de LINCE PLUS han hecho que el módulo de integraciones haya crecido. Lamentablemente, en la mayoría de elementos hemos podido reutilizar muy poco código de la versión de Lince anterior, por lo que cubrir con cada una de estas historias de usuario ha supuesto un trabajo minucioso que ha podido ser mejorado de forma progresiva.

Debemos destacar en este apartado, que el soporte de la comunidad y el continuo feedback del usuario, así como el contacto por email directo y la función de los tutores han sido elementos indispensables para la correcta superación de las historias de usuario, ya que muchos de estos elementos no se podrían detectar si no fuera por un amplio conjunto de ejemplos que sólo el usuario final puede proporcionar.

Tabla 37. Valoración de las historias de usuario relacionadas con la integración de otras aplicaciones

Agrupación	Historia de usuario	Valoración
Integración de aplicaciones	Quiero exportar como se hacía en Lince 1.4	4
	Quiero exportar a programas estadísticos	4
	Quiero importar ficheros csv	4
	Quiero usar registros de Lince 1	4
	Quiero importar datos varias veces sin problema	4
	Quiero importar estudios previos	4
	Quiero usar partes de una investigación previa	3
Valoración media		4

La integración de LINCE PLUS con otras aplicaciones ha sido un pilar indispensable de la aplicación. Como hemos mencionado, ha sido un factor de compleja elaboración y que sólo ha podido implementarse adecuadamente a través de prueba y error, y en este caso, nos hemos encontrado con casuísticas y comportamientos de aplicación muy específicos, como pueda ser que el código de una de las dimensiones del estudio esté repetido, o que el registro observacional tenga incoherencias, apuntando categorías del instrumento que han cambiado.

La conclusión de esta implementación es satisfactoria, aunque tan sólo puede ser el usuario el que nos informe de posibles errores que se puedan dar en el tratamiento de la información.

7.4.4 Valoración de las historias de usuario para el cálculo de resultados

El cálculo de resultados ha sido desde el inicio un aspecto de gran complejidad y de muy dudosa satisfacción, debido a las complejidades que presenta Java para el cálculo estadístico respecto a otros lenguajes de programación. Sin embargo, recordamos que LINCE PLUS integra ahora todo el motor estadístico del lenguaje R, además de tener una potencia de cálculo sin límites.

Tabla 38. Valoración de las historias de usuario para el cálculo de resultados

Agrupación	Historia de usuario	Valoración
Cálculo de resultados	Quiero aplicar cualquier cálculo científico	4
	Quiero hacer cualquier diseño observacional	4
	Quiero que tenga una versión para uso experto	4
	Quiero hacer análisis cualitativo del dato	4
	Quiero que los resultados sean fiables	4
	Quiero analizar cómodamente y sin problemas	4
Valoración media		4

El módulo estadístico de LINCE PLUS es, seguramente, uno de los motores más potentes que existen en ninguna herramienta de cálculo y que la comunidad infrutiliza. El hecho de haber ganado un concurso nacional de programación a partir de la integración de este módulo en el prestigioso sistema web Magnolia CMS es un ejemplo de las grandes posibilidades que permite.

La fiabilidad en los resultados, la utilización de gráficas interactivas y la posibilidad de programar el cálculo estadístico deseado sin límites deben ser factores que deberían ser conocidos y expandidos en la comunidad científica.

En cuanto se permita la inclusión de datos cuantitativos a partir de la obtención de variables fisiológicas gracias al uso de sensores, el software será capaz de realizar todo tipo de cálculo orientado a los Mixed-Methods, pudiendo ser el único software que se utilice en cualquier investigación relacionada con el comportamiento humano. Sin embargo, recordamos que este caso de uso no es una historia de usuario requerida y, por tanto, no afecta a la valoración inicial del software.

7.4.5 Valoración de las historias de usuario para el tratamiento de la imagen

El otro aspecto que suponía un gran inconveniente en el desarrollo de la aplicación y que representa una gran complejidad era la integración de varios vídeos simultáneos, con diversas velocidades de reproducción, pudiendo integrar cualquier vídeo y siendo lo más rápido posible.

Para superar estas historias de usuario, LINCE PLUS genera un motor de streaming para la reproducción de los vídeos en cualquier dispositivo que se conecte a través del código QR y permitimos la selección de cualquier formato de vídeo habitual. En caso de ser un formato que no es compatible con el entorno web, LINCE PLUS realiza la conversión automática del vídeo y lo incorpora de manera automática, mientras, además, realiza copia de seguridad de cada uno de los datos utilizados y obtenidos, simplificando al máximo este tipo de tareas para el usuario final.

Tabla 39. Valoración de las historias de usuario relacionadas con la observación del estudio

Agrupación	Historia de usuario	Valoración
Tratamiento de la imagen y observación	Quiero visualizar varios vídeos simultáneamente	4
	Quiero detectar movimiento en el vídeo a partir de Inteligencia Artificial	2
	Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez	4
	Quiero usarla en directo o con vídeos en diferido	4
Valoración media		3.5

El motor de Streaming o renderizado de vídeos en LINCE PLUS ha sido fruto de un durísimo trabajo de perfeccionamiento continuo y que no hemos encontrado documentado. La complejidad de este motor de visualización de vídeo es difícilmente descriptible, ya que existe muy poca documentación en internet sobre el proceso que hemos implementado y que tiene las mismas características base que el motor de Youtube, pero la potencia de cálculo de un ordenador personal.

El prototipo de detección de movimiento sobre el vídeo y sobre la grabación de tiempo real ha sido implementado satisfactoriamente y ofrece unas características aptas para su inclusión en futuras versiones. Por otro lado, para soportar la grabación y registro de la información en directo, se proporciona un cronómetro para realizar el registro de los episodios, que puede ser acompañado con una grabación en diferido y que se incluya posteriormente.

La grabación del vídeo en directo desde la aplicación no ha sido un requerimiento registrado.

7.4.6 Valoración de las historias de usuario para la mejora de la experiencia

A partir de los elementos que aparecían en otros estudios o áreas de aplicación, decidimos incluir una serie de historias de usuario o requerimientos no funcionales que permitían mejorar la experiencia del usuario. La mayoría de este tipo de requerimientos no se encontraban referenciado en la bibliografía consultada, pero, sin embargo, son un conjunto de funcionalidades extraídas de aplicaciones tecnológicas del sector deportivo y que destacamos en el análisis que pueden representar un gran impacto a corto o medio plazo. Otras historias de usuario, como poder tener varios observadores o poder ser utilizada en todas las fases de investigación tienen un origen discutido por la comunidad científica. En este caso, se han agrupado de carácter general en esta clasificación de historias de usuario por su carácter transversal.

Tabla 40. Valoración de las historias de usuario que mejoran la experiencia

Agrupación	Historia de usuario	Valoración
Sin clasificación definida para la mejora de la experiencia	Quiero usarla desde el móvil o desde la Tablet	4
	Quiero que el sistema pueda aprender de la observación	1
	Quiero añadir sensores al experimento	2
	Quiero que el instrumento se codifique automáticamente	4
	Quiero que la aplicación sea en tiempo real	4
	Quiero registrar cualquier tipo de dato	4
	Quiero usarla en todas las fases de la investigación	4
	Quiero varios observadores en el proyecto	4
	Quiero que el instrumento de análisis sea flexible	4
	Valoración media	3.5

La mayoría de historias de usuario que han sido implementados en este conjunto de requerimientos han sido implementadas satisfactoriamente y se ofrecen con un carácter fiable y sencillo. En este apartado debemos destacar dos elementos como son el aprendizaje del sistema y la inclusión de sensores al experimento. Ambos elementos han tenido una valoración y evolución de prototipado, pero precisan de un mejor desarrollo, como veremos a continuación:

- En el caso de la inclusión de sensores se han realizado 3 pruebas de concepto: aplicación móvil, desarrollo de BLE desde la aplicación de escritorio y conectividad bluetooth desde la interfaz web. Entre los 3 desarrollos no hemos seleccionado ninguno para su inclusión en LINCE PLUS ya que precisan de mayor maduración y desarrollo, por lo que se encuentran en fase experimental.

- En el caso del sistema de aprendizaje automático en base a la observación, ha sido un elemento que hemos incluido en el vídeo para la detección de movimiento, pero que necesitamos que tenga un desarrollo futuro para permitir que el sistema pueda predecir las siguientes acciones del sujeto observado. Este factor, que parece muy futurístico, sería factible sin ningún problema, pero requiere de un desarrollo específico que puede dar lugar a muchos elementos nuevos de investigación.

7.4.7 Resultado de la valoración de las historias de usuario

El resultado final de implementación de LINCE PLUS parece ser muy satisfactorio al evaluar según la escala propuesta, ofreciendo una valoración media de 3.77 sobre 4 puntos para las 35 historias de usuario que hemos analizado, tal y como se muestra en la tabla resumen a continuación:

Tabla 41. Valoración global de las historias de usuario del Proyecto LINCE PLUS

1	Quiero que la interfaz de usuario sea agradable	4
2	Quiero poder usarla sin conocerla	4
3	Quiero poder usarla en ámbito no científico	4
4	Quiero que los datos y todos los cálculos sean en tiempo real	4
5	Quiero identificar las observaciones o registros siempre	4
6	Quiero identificar al observador actual	4
7	Quiero consultar el registro con todo tipo de detalle	4
8	Quiero gráficas y tablas resumen	4
9	Quiero que el instrumento de análisis sea flexible	4
10	Quiero exportar como se hacía en Lince 1.4	4
11	Quiero exportar a programas estadísticos	4
12	Quiero importar ficheros csv	4
13	Quiero usar registros de Lince 1	4
14	Quiero importar datos varias veces sin problema	4
15	Quiero importar estudios previos	4
16	Quiero usar partes de una investigación previa	3
17	Quiero aplicar cualquier cálculo científico	4
18	Quiero hacer cualquier diseño observacional	4
19	Quiero que tenga una versión para uso experto	4
20	Quiero hacer análisis cualitativo del dato	4
21	Quiero que los resultados sean fiables	4
22	Quiero analizar cómodamente y sin problemas	4
23	Quiero visualizar varios vídeos simultáneamente	4
24	Quiero detectar movimiento en el vídeo a partir de Inteligencia Artificial	2
25	Quiero ver tantos vídeos como quiera a la vez	4
26	Quiero usarla en directo o con vídeos en diferido	4
27	Quiero usarla desde el móvil o desde la Tablet	4
28	Quiero que el sistema pueda aprender de la observación	1
29	Quiero añadir sensores al experimento	2
30	Quiero que el instrumento se codifique automáticamente	4
31	Quiero que la aplicación sea en tiempo real	4
32	Quiero registrar cualquier tipo de dato	4
33	Quiero usarla en todas las fases de la investigación	4
34	Quiero varios observadores en el proyecto	4
35	Quiero que el instrumento de análisis sea flexible	4
	Valoración media final	3.77

Consideramos que esta valoración, a pesar de ser subjetiva, cubre con las necesidades y el conocimiento que precisamos para atender a los objetivos y necesidades que LINCE PLUS intenta satisfacer. La mayoría de estos requerimientos han sido expresados en toda la bibliografía consultada y, en consecuencia, parece ser que cubre con las demandas que requiere la comunidad investigadora.

Sin duda alguna, ninguna de estas valoraciones puede atender a la gran dificultad que ha representado poder satisfacer cada una de estas necesidades y que esperamos que mejore el proceso investigador.

7.4.8 El análisis de resultados a partir de la experiencia de usuario

El desarrollo de LINCE PLUS es un proyecto que no puede ser evaluado de forma subjetiva, ya que su finalidad es simplificar el desarrollo de la investigación observacional y para ello debe ser evaluado por el usuario final.

Inicialmente teníamos previsto realizar una encuesta global a los usuarios de LINCE PLUS, pero, como veremos en el capítulo 8 de análisis de resultados el crecimiento de la plataforma ha sido exponencial, llegando a un volumen de 10.000 usuarios en un año y medio de implantación.

La aplicación permite la generación de un mensaje a los usuarios activos, pero nos hemos encontrado que el mensaje está preparado para informar de que existe una versión reciente de la aplicación e invitar a la descarga de la nueva actualización.

Proceder a la actualización de la aplicación para que permita la activación de encuestas en la plataforma es una posibilidad, pero esta posibilidad requiere de un desarrollo específico de la aplicación. Además, nos encontramos con algunos impedimentos adicionales:

- El mensaje de encuesta de satisfacción puede ser percibido negativamente o no causar ningún efecto sobre el usuario.
- En caso de que genere efecto sobre el usuario y que todo usuario proceda a dicha encuesta de satisfacción sobre las historias de usuario puede generar un volumen de datos realmente significativo que tiene que tratarse de forma independiente.
- La generación de la encuesta de satisfacción requiere de un estudio específico y de una preparación que excede a los objetivos del estudio.
- Dicha encuesta requiere modificar el código fuente de la aplicación, con el consecuente problema y complicación que requiere. En estos momentos la aplicación se considera estable y desarrollar específicamente esta característica es algo que desaconsejamos.
- Por otro lado, el volumen y preparación de una encuesta de carácter significativo requiere de un estudio específico y de una preparación que son el objetivo principal ni secundario de esta tesis.

En este sentido, consideramos que la evaluación de los resultados es importante, pero que debemos priorizar otros aspectos en esta tesis: recordemos que, en síntesis, el objetivo principal de la tesis es el

desarrollo de la aplicación y su validación puede ser un estudio adicional. Por otro lado, los requerimientos secundarios de la tesis son el estudio de mercado y la detección de necesidades tecnológicas en el ámbito deportivo.

Sin embargo, como se verá en el análisis de datos obtenidos, tenemos ciertas métricas adicionales a la valoración de los requerimientos que nos permiten obtener unos resultados adicionales.

7.5 Conclusiones sobre el desarrollo de la aplicación

El desarrollo de LINCE PLUS ha sido un proyecto de excepcional complejidad y que en muchos momentos he decidido que estaba afrontando un hito excesivamente complicado, como si fuera una carrera de larga distancia que nunca se acaba. Sin embargo, gracias al esfuerzo realizado y al soporte del grupo de investigación este esfuerzo ha culminado en un proyecto tecnológico que puede crecer hasta límites insospechados. Para este crecimiento, el apoyo de la comunidad tiene una importancia vital, pero, sobre todo, el apoyo institucional que es el que podría permitir que se puedan realizar este tipo de iniciativas.

En este capítulo hemos intentado destacar de forma introductoria algunos conceptos de esta complejidad tecnológica, como son la interfaz gráfica, el cálculo de resultados, el complejo proceso que supone crear una aplicación multiplataforma y la absorbente tarea de conseguir que tengamos una reproducción de vídeo de gran nivel en todo el sistema.

En un segundo apartado de este capítulo hemos podido como conocer que estas funcionalidades han podido ser desarrolladas gracias a una serie de medidas generales como son la generación de prototipos, el desarrollo del proyecto como una propuesta de código abierto y ofrecido a la comunidad de manera gratuita, buscando una colaboración activa con empresas para que nos aporten las mejores herramientas de desarrollo de software, además de realizar una participar y ganar concursos de programación a nivel estatal. Todo este proceso, además, ha ido acompañado de un soporte continuo a la comunidad investigadora.

Por otro lado, este desarrollo de la aplicación ha tenido grandes problemas que no han sido fácil resolver. Hemos podido comprobar en este capítulo, en un tercer apartado, como la inversión de tiempo en el desarrollo, los serios problemas de compatibilidad y que el soporte a la comunidad ha requerido cada vez más tiempo, llegando a complicar el desarrollo de la aplicación en algunos momentos.

Al finalizar el capítulo, hemos realizado una valoración de cómo se encuentra desarrollada cada historia de usuario y que puede requerir de un estudio adicional sobre la opinión por parte del usuario final.

El hecho de ser un proyecto tecnológicamente multidisciplinar ha provocado un cambio continuo y un gran desarrollo profesional en el ámbito tecnológico. Este desarrollo profesional tecnológico ha supuesto un gran aprendizaje y, en consecuencia, un desarrollo personal y profesional en el ámbito de las ciencias de la actividad física y del deporte, así como en el ámbito informático. El resultado es un proyecto que ha supuesto un desarrollo muy duro y complejo para un único programador que ha aportado muy buenos momentos y un grandísimo conocimiento.

En consecuencia, esperamos que el proyecto desarrollado pueda satisfacer las demandas requeridas por la comunidad científica. Finalizamos en consecuencia la segunda parte de esta tesis, que hace referencia a la implementación justificada de la herramienta, empezando con un análisis exhaustivo de apli-

caciones iniciales, el análisis de los requerimientos y necesidades, así como su transformación en historias de usuario y la traducción de los requerimientos a una arquitectura de aplicación que introducimos superficialmente, para al finalizar esta parte, realizar la evaluación.

Una vez realizado el estudio técnico del proyecto, procedamos a continuación a evaluar el resultado de nuestra aplicación en la tercera y última parte de este estudio.

Parte III. Resultado

INTRODUCCIÓN

Como bien hemos destacado en nuestro estudio, hemos intentado centrar nuestros esfuerzos en la creación de una aplicación tecnológica para el deporte que cubra las necesidades de las ciencias del deporte desde la perspectiva de la metodología Observacional Sistemática, siendo impulsada desde la iniciativa universitaria y ofrecida de manera gratuita a la comunidad. Por otro lado, y como objetivos secundarios, hemos tenido la intención de estudiar la realidad tecnológica actual del sector deportivo y de las ciencias del deporte y, además, obtener una serie de carencias y áreas de investigación potenciales.

Durante el recorrido de esta tesis hemos podido establecer hasta este punto como un marco teórico inicial, desarrollado en la primera parte de la tesis, permitía plantear el desarrollo de los avances tecnológicos en la actividad física y del deporte. Gracias a dicho estudio hemos podido detectar una serie de necesidades desde una perspectiva profesional e investigadora que hemos fundamentado en lo que denominamos requerimientos y necesidades de la aplicación.

Una vez hemos podido obtener los requerimientos de la aplicación, hemos podido desarrollar nuestra aplicación tecnológica para el deporte en tiempo real, transformando los requerimientos iniciales en un concepto más sencillo de analizar denominado historias de usuario y que hemos desarrollado durante el bloque de contenidos anterior.

Para terminar esta tesis, analizaremos el software LINCE PLUS, en base a la extensión, uso y posibilidades que brinda a la comunidad. Por otro lado, dispondremos de una última parte IV, con una serie de anexos que describirán más adelante.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

1. Extensión y uso de la plataforma
2. Casos de uso
3. Discusión
4. Conclusiones

Capítulo 8. Extensión y uso de la plataforma

LINCE PLUS ha sido una aplicación tecnológica muy difícil de implementar. Las grandes complejidades técnicas del proyecto y las amplias historias de usuario que surgen de un profundo marco teórico han supuesto un proyecto de grandes perspectivas, compleja implementación y que ha necesitado mucho tiempo y dedicación. Pero, sobre todo, ha representado un proyecto que en todo momento ha tenido el gran pilar de que debe mostrarse al usuario como una herramienta sencilla, escondiendo todo el potencial de la herramienta hasta que el usuario desee.

En este capítulo, podremos descubrir cómo esta sencillez al usuario se ha traducido en un volumen de expansión de la plataforma. Para ello, analizaremos superficialmente los siguientes detalles:

1. Detectaremos que fases ha tenido LINCE PLUS en su implantación.
2. Descubriremos la extensión de uso de la plataforma y analizaremos el comportamiento del usuario en cada una de las fases de implantación.
3. Detectaremos como es el impacto que tiene sobre la comunidad investigadora.
4. Extraeremos una serie de conclusiones al respecto para cerrar el capítulo.

8.1 Fases de implantación de LINCE PLUS

El desarrollo de LINCE PLUS ha sido muy largo y en ocasiones ha ofrecido unas complicaciones que parecían que llegábamos a un muro tras otro de conceptos y complejidades tecnológicas, y que, en muchas ocasiones, parecía que llegar a ofrecer un producto tangible a la comunidad era algo imposible, siendo un desarrollo continuo de prototipos de gran complejidad.

Sin embargo, una vez hemos finalizado el proyecto, hemos podido diferenciar una serie de fases de implantación que han surgido de forma natural y no programada en el tiempo, pero que son el fruto de un desarrollo de aplicación en espiral, en donde, cuando se consigue una base que funciona, se debe ir exponiendo a los usuarios para tener un feedback sobre su uso y el impacto que tiene sobre la comunidad.

Para entender el concepto de desarrollo de una aplicación en espiral, debemos imaginar un proyecto que sigue una serie de fases de planificación, de análisis, de implementación y de evaluación del programa desarrollado, repitiendo estas fases hasta que hemos conseguido el producto esperado. Estos conceptos se pueden visualizar en la próxima figura 119.

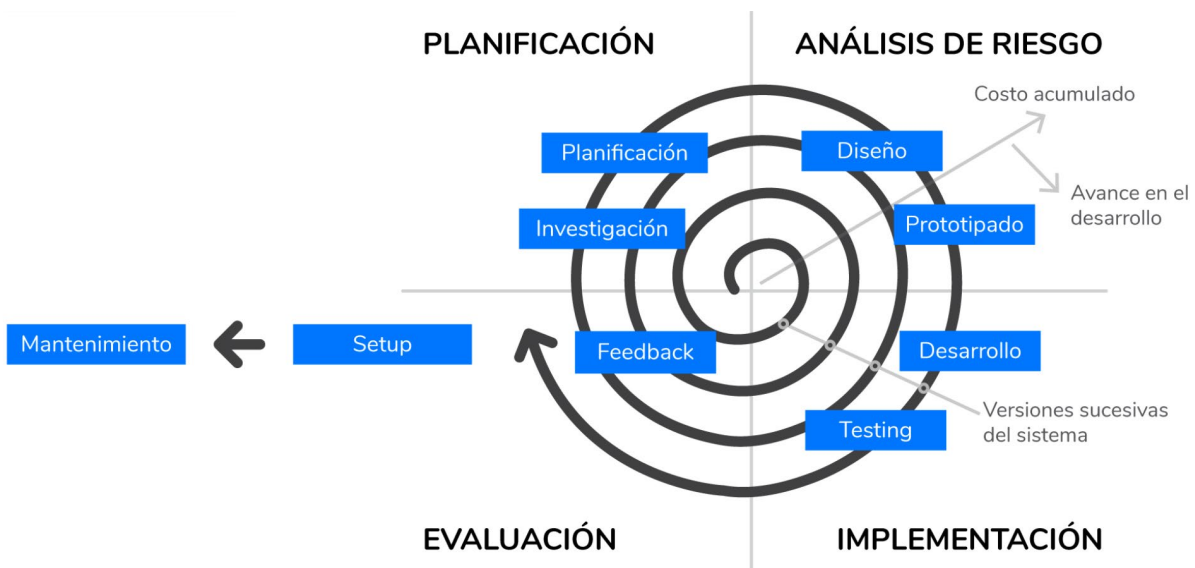


Figura 119. Modelo de desarrollo en espiral en la ingeniería del software

Tal y como podemos ver en la anterior figura 119, necesitábamos un momento para obtener algún feedback sobre el uso de la aplicación y poder desarrollar mejoras en siguientes fases de investigación y futuros prototipos. En consecuencia, y teniendo en cuenta estos momentos que hemos obtenido un feedback como referente principal, podemos diferenciar tres fases de evaluación, que se detallan a continuación:

- Fase I o fase temprana de feedback, con una versión alpha (febrero 2016 – mayo 2019). Esta fase, de gran extensión temporal, es una fase de poco impacto, mucha investigación y la realización continua de prototipos que acabo en una versión que de LINCE PLUS que no fue liberada como tal a la comunidad por los problemas que presentaba en la reproducción del vídeo y que intentaba unir los conceptos de la versión anterior de Lince, con grandes problemas de ejecución. El público que tuvo acceso a la versión de Lince 2.x fue muy reducido, ofreciéndose tan sólo a pequeñas comunidades o talleres a entrenadores

para obtener un feedback inmediato, sin posibilidad de utilizar la aplicación fuera de la fase de experimentación. Los usuarios potenciales fueron usuarios profesionales del deporte, con una fase experimental en un superior curso de entrenadores en las Islas Baleares, gracias a la colaboración con la Federación Balear de Piragüismo.

- Fase II o fase intermedia de feedback, con una versión funcional o beta (mayo 2019 – marzo 2020). Esta versión se centró en el desarrollo de la reproducción de vídeo y la creación de un instalador inicial. Su punto de implantación principal fue la realización de un taller a investigadores en junio de 2019 en el INEFC de Lleida y que permitió vislumbrar problemas de compatibilidad entre los sistemas MacOS y Windows y grandes complejidades en la instalación. El feedback de los usuarios de este taller fue muy importante ya que tuvimos grandes problemas de ejecución, sin embargo, entre los usuarios que consiguieron instalar la aplicación se tuvo un gran número de sinergias y se obtuvo el concepto de desarrollo de investigación colaborativa. En este momento el desarrollo se centró en la distribución sencilla de la aplicación y la mejora funcional, así como la corrección de problemas de usabilidad básico, ofreciendo un continuo soporte a las diversas universidades que contactaron.
- Fase III o fase de puesta en marcha (marzo 2020 - actualidad). Una vez se consiguieron solucionar todos los problemas de usabilidad e instalación y con una plataforma estable de desarrollo comenzaba la fase de prototipado que se centraba en la mejora de la aplicación para superar cualquier posible barrera. En este momento la aplicación incluye un sistema de actualización y notificación a los usuarios y una trazabilidad anónima del uso para conocer donde se usa más la aplicación, tanto a nivel de acciones, como a nivel geográfico, todo ello de forma anónima y sin guardar ningún tipo de información analítica. El proyecto se considera maduro y se ofrecen mejoras continuas, centrándose en la automatización de procesos y mejora del rendimiento de la aplicación, siendo un momento de gran importancia para la aplicación y el conocimiento de ella por la comunidad, así como la propagación de publicaciones al respecto.

Para conocer el impacto de estas fases de implantación, en los próximos apartados veremos cómo ha sido la extensión y el uso de lince plus, así como el impacto inicial que ha tenido sobre la comunidad investigadora.

8.2 Proceso de obtención de datos para calcular la usabilidad de LINCE PLUS

Para obtener los datos que precisamos para realizar un análisis de resultados automatizado sobre la implantación de LINCE PLUS y cómo se está utilizando hemos procedido a incluir el servicio de Google Analytics, en adelante GA, en todos los puntos de información importantes. Estos puntos son los siguientes:

- La página web de información de proyecto.
- La aplicación de escritorio.
- Las opciones del menú de la izquierda que dan lugar a las distintas fases de observación.

A nivel general el proceso de analítica que se utiliza es el siguiente: cuando se ejecuta la acción que hemos marcado, como puede ser el menú de las distintas fases de investigación en el navegador web, justo en ese momento se envía un evento a google, que procede al registro de la información, marcando la página en la que estas y, hasta que el usuario seleccione otra opción del menú, se supone que está en la misma página web.

Esto permite el análisis de la trazabilidad y, al estar conectado a internet, se puede conocer la ubicación geográfica aproximada del usuario. En este sentido, se tiene que entender que la ubicación es orientativa ya que la mayoría de IPs o ubicaciones de internet son dinámicas.

Por otro lado, se debe destacar que, al ser una herramienta de código abierto, cualquier duda sobre la privacidad puede ser consultada por el usuario. Además, si el usuario desea que no realice esta trazabilidad, el proceso es tan sencillo como desconectarse de internet y, en consecuencia, la acción no quedará registrado y ninguna información será utilizada para analítica.

Gracias a la inserción de dicho evento en el momento de hacer clic en las fases de observación, al cargar la aplicación y al acceder a la página de descarga de LINCE PLUS tenemos todo un sistema gratuito de trazabilidad que nos aporta información de valor sobre el impacto de la aplicación.

8.2.1 La privacidad en la obtención de datos

Muchos usuarios se podrían preocupar por la privacidad de su información, pero, sin embargo, el flujo de trabajo de LINCE PLUS permite el anonimato del usuario gracias a un sencillo comportamiento que sucede en el arranque de la aplicación. Como bien definimos en su momento, la aplicación de LINCE PLUS gestiona un servidor que muta cada vez que arranca y que incluye en su interior un navegador web.

Gracias a esta mutabilidad, o cambio de la aplicación, el usuario que accede es totalmente nuevo para Google y el navegador no incluye ninguna información. Como, por otro lado, no guardamos ninguna información adicional en el cliente, como si fueran cookies, toda la información que se procesa es totalmente anónima.

Otro aspecto a destacar es que toda la aplicación funciona sin acceso a internet si se desea y que, además, en ningún momento se comprometen datos de la investigación al exterior, aunque se recuerda a los usuarios de LINCE PLUS que los datos estarán accesibles a la red local de trabajo,

Existen multitud de maneras de comprobar este tratamiento de información y de garantizar, en proyectos que requiere un tratamiento clínico y absolutamente privado de la información. Como procedimiento general, si el usuario desea esa privacidad por ser un experimento patológico se recomienda realizar las siguientes acciones según el contexto indicado:

- Para un caso de privacidad extrema, como es la patología clínica el proceso es muy sencillo: por mucha seguridad que implemente LINCE PLUS, por tener acceso a internet tus datos están expuestos. En este caso debe ser el técnico informático del área de trabajo que se encargue de securizar el tráfico de internet. En cuanto a LINCE PLUS, el proceso de seguridad es muy sencillo: puedes utilizar LINCE PLUS sin acceso a internet. En este caso podrás realizar la investigación observacional con una privacidad absoluta y el programa no guarda nada que no quieras guardar.
- Para un caso de privacidad media, en el que te interesa mantener la integridad de los datos por necesidades de tiempo real, como es un análisis de una competición en directo, se recomienda que, si necesitas internet, procedas a realizar una conexión privada con tu teléfono móvil o similar y nunca acceder a través de una red pública, ya que toda la información de tu ordenador queda expuesta y, en el caso de LINCE PLUS, podrían llegar a conectarse a tu entorno. Es complejo de explicar, pero podría ocurrir y existe herramientas de análisis información para ese fin. Si no te sirve conectarte a través de tu teléfono a internet y en cualquier momento detectas un cambio en tus datos de forma externa, el problema tiene una solución muy sencilla:
 - Arranca la aplicación otra vez, en este caso el servidor “muta” y el usuario tendrá que hacer el acceso desde el inicio.
 - Se recuerda al usuario que en ningún momento se van a perder los datos. LINCE PLUS hace una copia automática de la información cada 5 minutos para que puedas recuperar los datos que hayas perdido

Para el resto de casos la privacidad se garantiza por el anonimato de la información y la minimización del tratamiento de ésta.

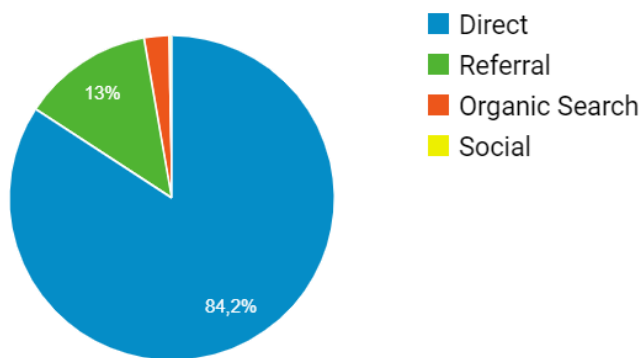
8.3 Extensión y uso de LINCE PLUS

Antes de conocer con detalle la extensión y uso de la plataforma, debemos conocer cómo ha sido desarrollado este apartado. Desde el primer momento en el que el producto ha sido liberado a la comunidad, hemos necesitado introducir funcionalidades analíticas, para conocer si el esfuerzo de actualización en los usuarios era suficiente y si estos iban incluyendo las nuevas funcionalidades a partir de la instalación de las diversas mejoras de forma progresiva, ya que, si no, no sabríamos cual es el impacto en la comunidad investigadora.

Si tenemos en cuenta las 3 fases de implantación de LINCE PLUS y como han tenido impacto en la comunidad podemos ver cómo, en la figura 118, la información tiene un nivel de usabilidad totalmente creciente:

- La primera fase, al ser experimental, no incluía ninguna analítica ya que el instalador no estaba liberado a la comunidad.
- La segunda fase, que incluye un primer pico de uso y que incluye un primer soporte a la comunidad investigadora a partir del taller de LINCE PLUS que se realizó en el INEFC de Lleida corresponde con la versión de LINCE PLUS que tenía problemas de usabilidad. La extensión de la plataforma ha sido creciente desde ese momento, pudiéndose ver que, después del taller que se realizó en Lleida la usabilidad fue muy inestable, pero después empezó a propagarse a partir de la iniciativa universitaria y del soporte de nuestro grupo de investigación
- La tercera fase corresponde con la liberación del nuevo instalador y la sencillez de uso de la actual aplicación. Debemos destacar en esta fase de implantación que tenemos una curva de bajada muy clara, pero que tiene una explicación: cuando se liberó la versión actual realizada en React, no incluimos ningún evento de analítica en la aplicación web, por lo que los usuarios totales que tenemos tienen un flujo de pérdida de información. Sin embargo, al corregir dicho error las gráficas se han disparado.

Canales principales



Usuarios

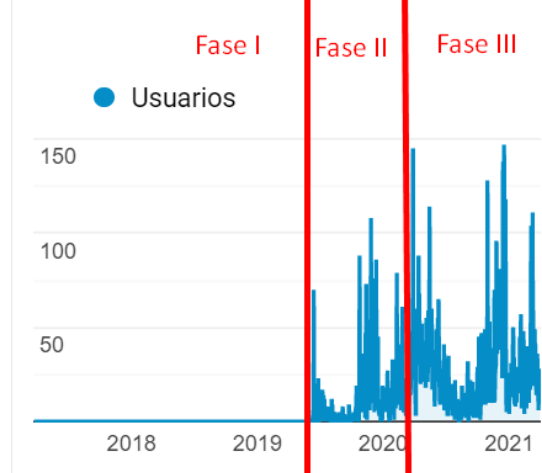


Figura 120. Analítica inicial sobre la obtención de usuarios de usuarios en LINCE PLUS (fuente: GA, fecha: 31/02/2020)

Gracias a esta aportación inicial y al uso de la aplicación podemos destacar una cantidad de elementos muy significativos, como es el sector de acceso o canal de acceso a LINCE PLUS. En este sentido, debemos diferenciar los siguientes canales de acceso:

- Direct o directo. Son eventos generados por usuarios que han arrancado la aplicación o accedido a la página de descargas de forma directa, sin intermediarios.
- Social. Son acceso de publicidad y marketing realizados por redes sociales. En este caso, no se ha hecho ninguna campaña de marketing o publicidad en redes sociales.
- Organic Search o búsqueda orgánica. Este es un elemento de gran importancia y de difícil consecución. Se trata de cuantas personas nos han encontrado a partir de las búsquedas en internet por buscadores como Google. Este elemento es trascendental para el éxito de cualquier herramienta informática.
- Referral. Este es otro elemento de gran interés y es el acceso a la página de proyecto de LINCE PLUS a partir de enlaces a nuestra página de proyecto. Si una revista científica o universidad nos enlazara y los usuarios accedieran a la página de descarga a partir de ese enlace, se mostraría el evento de acceso desde ahí.

Este tipo de analítica y su conocimiento son vitales para el tratamiento de la información y conocimiento de la evolución de un proyecto desde su inicio. Si tenemos en cuenta estos datos podemos ver cómo estamos en torno a 11.500 usuarios de la plataforma, lo cual es un elemento de gran interés y que indica un impacto considerable para ser el análisis de dos años de vida del software.

Entre estos accesos, podemos ver que el tiempo medio de un usuario en cualquier página de las que hemos creado es de 4 minutos y medio, un valor muy alto, pero que tenemos que tener en cuenta que el análisis observacional requiere de un proceso visual y de mucho tiempo. Otro aspecto de gran interés es el gran peso de los enlaces de otras páginas web para la consulta de LINCE PLUS, siendo 1.500 usuarios un volumen muy alto, si tenemos en cuenta que no se ha hecho ninguna publicidad de la aplicación.

	Adquisición			Comportamiento		
	Usuarios ↓	Usuarios nuevos ↓	Sesiones ↓	Porcentaje de rebote ↓	Páginas/se... ↓	Duración media de la sesión ↓
	11.475	11.360	16.436	64,85 %	3,99	00:04:31
1 ■ Direct	9.770	<div style="width: 83%;"></div>		63,55 %	<div style="width: 83%;"></div>	
2 ■ Referral	1.512	<div style="width: 13%;"></div>		71,41 %	<div style="width: 83%;"></div>	
3 ■ Organic Sear	287	<div style="width: 2%;"></div>		78,19 %	<div style="width: 83%;"></div>	
4 ■ Social	32	<div style="width: 0%;"></div>		63,16 %	<div style="width: 83%;"></div>	

Figura 121. Usuarios de LINCE PLUS segmentada por canales de obtención (fuente: GA, fecha: 31/02/2020)

8.3.1 Distribución geográfica de los usuarios

Durante el transcurso de desarrollo y escritura de la tesis hemos realizado un gran soporte a la comunidad investigadora. Este soporte ha sido realizado en su mayoría a partir de contacto directo por correo electrónico, por video conferencia o por envío de tickets de soporte a partir de nuestra plataforma en Github.

Un elemento curioso de este soporte ha sido el lenguaje de comunicación. A pesar de tener casi toda la información en inglés y de tener fluidez de comunicación en ese ámbito, casi todo el soporte ha sido realizado en español. Este concepto podría pasar desapercibido si no hubiéramos integrado los elementos de análisis de usuario, por lo que, si consideramos como es la distribución de los usuarios, encontraremos un elemento de gran interés, como se puede observar en las siguientes figuras.

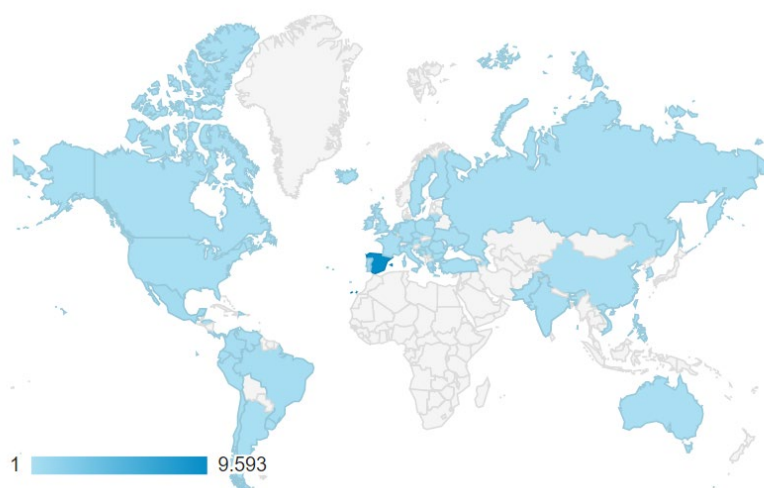


Figura 122. Distribución geográfica de los usuarios de LINCE PLUS (fuente: GA, fecha: 31/02/2020)

El primer análisis sobre la distribución geográfica nos genera la figura 122, cuya distribución es muy interesante, y que muestra como LINCE PLUS ha tenido uso o acceso en algún momento en casi todos los continentes, a excepción de África. Podemos ver como Australia, Estados Unidos y la mayoría de países de Europa tienen en algún momento acceso a nuestra aplicación. Otro aspecto curioso es el acceso a la plataforma de LINCE PLUS desde India, en este caso Bangalore, que es una zona de gran interés tecnológico y un hub de desarrollo a nivel mundial.

Este éxito se debe dar en algunos casos por la importancia del desarrollo tecnológico y de la solución de grandes problemas que se dan en la programación de aplicaciones y que tienen poca o nula documentación, como es el caso de nuestro reproductor de vídeo o de la integración de R en lenguaje de programación Java.

Sin embargo, cuando buscamos la trazabilidad de los usuarios con un mayor detalle geográfico y buscando cuántos usuarios han accedido nuestro impacto no es tan positivo. En este sentido, tenemos que observar como España tiene una gran presencia sobre su difusión, pero analicemos con detalle cómo ha sido esta presencia.











País ?	Adquisición			Comportamiento		
	Usuarios ? ↓	Usuarios nuevos ?	Sesiones ?	Porcentaje de rebote ?	Páginas/sesión ?	Duración media de la sesión ?
	11.475 % del total: 100,00 % (11.475)	11.368 % del total: 100,07 % (11.360)	16.436 % del total: 100,00 % (16.436)	64,85 % Media de la vista: 64,85 % (0,00 %)	3,99 Media de la vista: 3,99 (0,00 %)	00:04:31 Media de la vista: 00:04:31 (0,00 %)
1.  Spain	9.593 (83,21 %)	9.444 (83,08 %)	13.722 (83,49 %)	64,23 %	4,08	00:04:30
2.  Mexico	345 (2,99 %)	345 (3,03 %)	509 (3,10 %)	68,57 %	3,36	00:04:14
3.  Portugal	326 (2,83 %)	326 (2,87 %)	388 (2,36 %)	73,71 %	3,83	00:03:51
4.  Brazil	249 (2,16 %)	251 (2,21 %)	383 (2,33 %)	61,36 %	3,61	00:06:44
5.  Colombia	191 (1,66 %)	191 (1,68 %)	304 (1,85 %)	64,14 %	4,08	00:07:38
6.  Chile	141 (1,22 %)	140 (1,23 %)	195 (1,19 %)	66,15 %	4,34	00:04:22
7.  Uruguay	133 (1,15 %)	133 (1,17 %)	197 (1,20 %)	68,02 %	3,16	00:03:44
8.  Germany	75 (0,65 %)	75 (0,66 %)	91 (0,55 %)	78,02 %	3,11	00:02:34
9.  Peru	57 (0,49 %)	57 (0,50 %)	83 (0,50 %)	73,49 %	3,24	00:04:06
10.  Argentina	56 (0,49 %)	56 (0,49 %)	88 (0,54 %)	72,73 %	2,72	00:03:24

Figura 123. Interacción de los 10 países con más acceso a LINCE PLUS (fuente: GA, fecha: 31/02/2020)

Si analizamos los países que más acceso han tenido a LINCE PLUS podemos ver que tenemos mucho trabajo por delante, que debemos traducir la aplicación a muchos idiomas y, sobretudo, que requerimos que su difusión sea mayor.

LINCE PLUS supone un gran avance tecnológico y es una gran herramienta con gran poder, escondida tras una sencillez de uso que no puede quedarse en desuso y que, en este estado de desarrollo de la aplicación debe crecer o, muy a mi pesar, quedarse como está y en este aspecto el soporte de la comunidad investigadora, que analizamos en el siguiente apartado, son de vital importancia.

8.4 Impacto sobre la comunidad investigadora

Las expectativas de impacto sobre la comunidad investigadora son un elemento muy curioso y de gran complejidad. En este apartado analizaremos como es esa complejidad y obtendremos una serie de métricas que dejarán vislumbrar detalles de gran importancia a medio y largo plazo.

LINCE PLUS es una aplicación tecnológica en tiempo real que surge como fruto de dos aspectos de interés:

- La necesidad de una herramienta completa para la investigación en el ámbito de la actividad física y del deporte que cubra las necesidades documentadas por la comunidad.
- La evolución de la primera versión de Lince para adaptarse a las necesidades tecnológicas actuales.

En consecuencia, para conocer el impacto que hemos tenido sobre la comunidad tenemos que analizar cómo es el uso de ambas plataformas en cuanto a la referencia de artículos y al feedback que tenemos sobre una herramienta muy conocida en el ámbito investigador: Web of Science (WoS) y el número de referencias JCR que utilizan ambas publicaciones.

Cuando analizamos WoS y buscamos cuántos artículos referencian a la primera versión de Lince, publicada en la revista *Procedia Social and Behavioral Sciences* los números son simplemente impactantes. La aplicación ha tenido un gran impacto sobre la comunidad presentando los siguientes datos:

Tabla 42. Datos de citación sobre Lince 1.0 (Fuente: WOS e Incites, Fecha 31/3/2020)

Citaciones JCR	Citaciones totales	Idioma	Revista
167	199	Inglés	Procedia

En este sentido el gran volumen de citaciones que ha tenido hasta el momento Lince es muy elevado, y hoy en día sigue siendo de gran interés y utilizado por la comunidad científica.

En cuanto a LINCE PLUS, teniendo en cuenta que la publicación científica de nuestro software se ha realizado en junio de 2019 en la revista *Apunts*, hemos podido comprobar que su tendencia e impacto sobre la comunidad investigadora ha sido más conservador, lo cual, puede dar a pensar que el impacto sobre la comunidad es limitado. Si analizamos los mismos parámetros que hemos seguido sobre el impacto actual de Lince, podemos extraer los siguientes datos:

Tabla 43. Datos de citación sobre LINCE PLUS (Fuente: WOS e Incites, Fecha 31/3/2020)

Citaciones JCR	Citaciones totales	Idioma	Revista
10	10	Inglés	Apunts

El volumen de artículos que están citando a LINCE PLUS son todavía muy pocos, pero, teniendo en cuenta que el artículo de la primera versión de Lince fue publicado en 2012 y que el impacto sobre la investigación

no es inmediato, no deberíamos preocuparnos al respecto. Posiblemente estamos ante un proyecto que requiera de mayor difusión. Buscando este mayor impacto, hemos procedido a publicar un último artículo en una revista de mayor índice, en concreto Behavior Research Methods, que tiene un factor de impacto en 2019 de 4.425 y de 5.130 en los últimos 5 años, que, además pertenece a un cuartil Q1.

Esperamos que este artículo, que está en actualmente en proceso de publicación, pueda dar la difusión e impacto necesario al software para que pueda ser citado y, en consecuencia, que tenga un mayor impacto y uso sobre la comunidad científica.

Una vez introducidas algunas métricas de carácter exploratorio, procedemos a terminar el capítulo y anotar una serie de conclusiones sobre la extensión y uso de la plataforma.

8.5 Conclusiones sobre la extensión de la plataforma

Cuando analizamos la distribución y uso de nuestra aplicación tecnológica en tiempo real podemos estar bastante contentos ya que es una aplicación que han llegado a leer en 2 años más de 10.000 usuarios. Este índice de usabilidad, con más de 4 minutos de uso en cada página como media denotan que es una aplicación que permite una gran interacción y que, en cada página, la necesidad de observar datos es estable, lo cual nos permite conocer que la aplicación ha tenido un impacto y uso por la comunidad bastante positivo.

Estos datos cuantitativos nos permiten valorar con una nota toda la cantidad de agradecimientos “cualitativos” y todo el feedback positivo que hemos tenido por parte de los usuarios en la gran cantidad de reuniones, soporte por videoconferencia y esfuerzo y tiempo invertido para la comunidad científica.

Sin embargo, y viendo los resultados de las citas que tenemos y el impacto sobre la comunidad investigadora, nos quedamos con una sensación muy positiva, fruto del gran esfuerzo y dedicación que ha tenido este software.

Un factor añadido a este sabor agrisado sobre las citas es que la aplicación apunta en todo momento a la cita a mostrar en las referencias y, además, es una herramienta generada para la comunidad que ha requerido una constante formación y que requiere un soporte al usuario que en ocasiones ha sido realmente impactante y, como desarrollo, agotador. En muchos momentos se han tenido que alternar el desarrollo de la aplicación, con el soporte a la comunidad investigadora, videoconferencias para enseñar el uso adecuado de la plataforma, resolución de dudas y redacción de artículos científicos. Estos detalles pasarían desapercibidos si no consideramos que el desarrollo de esta tesis ha sido fruto de una investigación sin dedicación a tiempo completo y que, por tanto, se debe compaginar con un trabajo a jornada completa.

La conclusión directa es que el uso de la plataforma a nivel mundial requiere de una mayor difusión, la mejora del sistema multilingüe para la aplicación y la mejora de los canales de soporte al usuario en Youtube, además de la publicación de artículos de impacto.

Este esfuerzo quedará en nada sin el soporte de la comunidad investigadora y, en ese sentido, se debe forzar que las instituciones relacionadas con la actividad física y el deporte apoyen este tipo de iniciativas o las consecuencias serán dos: que se convierta en un producto privado y deje de ser libre, factor que ha sucedido en otros casos analizados o, por otro lado, que quede en desuso y sea un fracaso absoluto.

Finalizando este apartado, y a pesar de la crítica constructiva sobre la mejora de la aplicación, LINCE PLUS es una aplicación increíble y que está llamando a nivel tecnológico en países de gran impacto y conocimiento informático y ha sido un tópico de charla a nivel personal con profesionales del sector que es, a ciencia cierta, un gran avance tecnológico y que no puede quedar como está.

Capítulo 9. Casos de uso

LINCE PLUS es una aplicación de escritorio generada en lenguaje de programación Java, que incorpora una serie de técnicas que permiten la colaboración y gestión del proceso investigador a través de una interfaz web que ha sido desarrollada y optimizada a lo largo de dos años (Soto-Fernández et al, 2019). Este tipo de aplicación, híbrida entre aplicación de escritorio y aplicación web, nos permite la interconexión de dispositivos y usuarios, permitiendo un trabajo simultáneo de todos ellos, facilitando así la integración de elementos cuantitativos y cualitativos propia de los mixed methods (Anguera et al, 2020). Además, incorpora las ventajas de cualquier desarrollo estadístico mediante el lenguaje de programación R (Ihaka y Gentleman, 1996), que puede ser programado desde la interfaz web o utilizando el software R-Studio para tratar los datos en tiempo real. Este proceso de tratamiento de los datos se puede realizar sin que la investigación haya finalizado y sin la desventaja de tener que intercambiar información entre programas de manera manual.

La inclusión de varios observadores en un mismo equipo requiere un exigente control de la calidad del dato, centrado en la validez y la concordancia de las observaciones realizadas, lo cual exige el cálculo de diversos índices, como es el índice Kappa de Cohen (1960) o la concordancia canónica de Krippendorff (2017), que precisan de algoritmos contrastados para la fiabilidad inter e intra-observador. Para solucionar esta complejidad, el software LINCE PLUS dispone la integración de la librería DKPro para la ejecución correcta de los cálculos necesarios de concordancia (Meyer, 2014).

También la generación automática de gráficos y la utilización de varios vídeos simultáneos, junto con la posibilidad de generar un instrumento observacional de forma sencilla a través de la aplicación, permite una serie de usos que la comunidad científica precisa conocer para desarrollar eficientemente cualquier diseño observacional.

Este tipo de funcionalidades las denominamos casos de uso.

En este capítulo, por tanto, nos centraremos en detallar esos casos de uso, realizando un desglose sobre algunos apartados de nuestra aplicación que son de interés y que la comunidad investigadora debe conocer, por tanto, en este capítulo analizaremos los siguientes elementos:

- Prestaciones o funcionalidades de LINCE PLUS
- Modos de trabajo que permite LINCE PLUS
- Casos de uso y ejemplos de proyectos a los que LINCE PLUS puede dar respuesta

9.1 Prestaciones o funcionalidades de LINCE PLUS

Para poder estructurar las prestaciones de LINCE PLUS utilizaremos la guía de evaluaciones en la observación conductual o GREOM (Portell et al, 2015). Esta guía supone un marco de trabajo esencial para estructurar cualquier tipo de investigación realizada en el ámbito de la metodología observacional (tanto en observación directa como indirecta) y que contempla todas las fases de investigación desde el planteamiento de los mixed methods: (a) delimitación del problema, (b) registro de datos cualitativos, (c) construcción de un instrumento de observación ad hoc, (d) sistematización del registro en forma de matrices de códigos, (e) análisis cuantitativo de datos, y (f) interpretación de resultados (Anguera et al, 2018; Anguera et al, 2020).

Debemos destacar que la integración de elementos cuantitativos y cualitativos es un aspecto esencial para la correcta realización de este tipo de investigación (Creswell & Plano Clark, 2011; Bazeley, 2009; O’Cathain et al, 2010; Maxwell et al, 2015; Anguera et al 2018). Además, para facilitar esta integración, se recomienda estructurar el estudio a partir de los datos cualitativos que se obtienen en el registro, gracias a la codificación secuencial realizada a partir del instrumento de observación, ya que aporta una vía idónea procedimental en las diversas fases de la investigación (Anguera et al, 2018), y asimismo facilita una respuesta satisfactoria al checklist MQCOM (Chacón-Moscoso et al., 2019).

Para demostrar esta adecuación, debemos basarnos en elementos estructurales y metodológicos que rigen en el proceso investigador de la observación sistemática (Portell et al, 2015; Chacón-Moscoso et al., 2019), y especialmente en los diseños observacionales, a partir de la construcción de un instrumento de observación a medida, y la obtención de los parámetros primarios de registro, con especial incidencia en el orden o secuencia. Presentamos seguidamente las funcionalidades y prestaciones del software.

El diseño observacional seleccionado. Construir un diseño óptimo para la investigación es un elemento esencial que permite fundamentar el estudio (Portell et al, 2015). El diseño observacional es una pauta que guía el proceso a seguir, y según Anguera et al. (2001, 2011) está basado en tres criterios dicotómicos (Figura 124): a) Unidades de observación, que dan lugar a las opciones idiográfica y nomotética, b) el criterio de temporalidad, que se dicotomiza en puntual y de seguimiento (y puede haber seguimiento intrasesional en ambos casos, siendo ésta una característica esencial que sustenta la secuencialidad), y c) el criterio de dimensionalidad, que permite distinguir entre una y varias dimensiones, como incipientemente hiciera Weick (1968). La combinación de estos elementos genera los 8 diseños observacionales existentes.

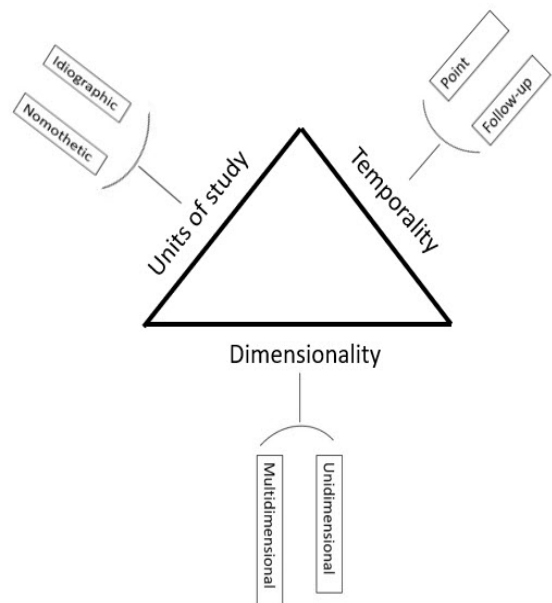


Figura 124. Combinación de los criterios dicotómicos de unidades de temporalidad y dimensionalidad (Anguera et al., 2001)

El instrumento de observación construido a medida. El instrumento de observación, que se apoya en el marco conceptual del estudio, permite llevar a cabo una canalización del comportamiento estudiado, permitiendo la codificación, y obteniendo registros cualitativos, tanto en observación directa (conductas grabadas

video gráficamente) como indirecta (conducta verbal y/o vocal grabada en audio, textos, e imágenes estáticas). El instrumento de observación puede adoptar diferentes modalidades en observación directa (Anguera et al., 2007; Sánchez-Algarra & Anguera, 2013): sistema de categorías, formato de campo, formato de campo combinado con sistemas de categorías, y, de forma más minoritaria, medidas ordinales, como las “*rating scales*” (Crespillo-Jurado et al. 2021). En el caso específico de la observación indirecta, aun cuando existe un plus de complejidad al construir el instrumento de observación a partir del marco conceptual y las unidades textuales, se siguen las mismas directrices (Anguera et al., 2018). Además, destaca la posibilidad que ofrece LINCE PLUS de realizar un registro automático de variables cuantitativas, siendo éste un factor novedoso relevante en desarrollo, a partir del muestreo temporal de variables físicas y fisiológicas que están presentes en los ámbitos del deporte y de la salud.

Los parámetros primarios del registro. La frecuencia u ocurrencia, orden o secuencia y duración son los parámetros primarios fundamentales (Bakeman, 1978), los cuales presentan una progresiva relación de inclusión, en el sentido de que los datos registrados mediante el parámetro duración (que son los que aporta LINCE PLUS) contienen la información relativa al orden o secuencia y a la frecuencia u ocurrencia; y los datos registrados mediante el parámetro orden o secuencia contienen la información relativa a la frecuencia u ocurrencia. De estos tres parámetros, la información sobre el orden o secuencia es crucial, dado que permite materializar el *quantitizing* (Anguera et al, 2020), que precisamente se ajusta a la vía *connecting* de integración entre elementos cualitativos y cuantitativos mencionada anteriormente (Cresswell & Plano Clark, 2011). Este parámetro orden o secuencia es el que permite organizar el registro cualitativo en matrices de códigos, que después se someten a un análisis cuantitativo robusto, principalmente a partir de análisis diacrónicos (Anguera et al., in press), como análisis secuencial de retardos, análisis de coordenadas polares, y detección de T-Patterns. Si únicamente se registra mediante el parámetro frecuencia, que es el que aporta menor consistencia a los datos, se pueden realizar análisis sincrónicos, que permiten “conocer las relaciones de asociación entre diversas dimensiones de carácter categórico” (Anguera et al, 2020, p. 63; Portell et al., 2015), siendo el análisis log-lineal un buen ejemplo de ello.

A partir de esta clasificación podemos comprobar que LINCE PLUS es capaz de satisfacer las características de cada uno de los diseños observacionales planteados, permite introducir la estructura y códigos del instrumento de observación construido, y respeta los parámetros primarios, quedando constancia del orden o secuencia a partir de las sucesivas filas del registro que se efectúa, y registrándose automáticamente la duración de cada una de las coocurrencias expresadas en las respectivas filas del registro. El resultado fruto de dicho análisis es una combinación de proyectos y casuísticas que permiten al investigador configurar la aplicación adecuadamente según las necesidades de la investigación. Como resultado final, obtendremos lo que hemos denominado “Casos de Uso de la aplicación LINCE PLUS”.

9.2 Tipologías de trabajo con LINCE PLUS

Una vez analizados las funcionalidades de LINCE PLUS de forma independiente y cronológica, presentaremos las prestaciones del software ofreciendo ejemplos de algunas de las investigaciones más relevantes que LINCE PLUS ha hecho posible.

9.2.1 Observación y registro por diferentes observadores

El comportamiento web ofrecido por la aplicación responde muy bien y de forma transparente al estudio, permitiendo análisis simultáneo en diferentes unidades de observación y ofreciendo registros independientes para cada uno de los observadores configurados, bastando que cada uno de los observadores se registre inicialmente (Fig. 1). En este sentido, el comportamiento de LINCE PLUS y la gestión de varios observadores de manera simultánea permiten que se puedan realizar registros incluso en tiempo real.

Figura 125. Pantalla de comparación de registros entre observadores de LINCE PLUS

Una vez se han configurado los diversos observadores en el apartado de información de proyecto y de determinar las unidades de observación tenemos diferentes opciones:

- **Mismos episodios observados por diferentes observadores:** un observador fija los episodios a observar estableciendo unidades temporales concretas. Un ejemplo o caso de uso sería el análisis deportivo de una competición entre dos equipos, en donde los dos observadores analizan el mismo equipo en distinto período de partido o en periodos de 40 segundos.
- **Diferentes episodios observados por diferentes observadores.** Tan sólo se requiere que los observadores estén registrados y que realicen una observación independiente distinta. Para evitar problemas en el registro de la información debería haber un investigador que sea el encargado de la generación y modificación del instrumento. Como ejemplo podemos considerar una competición en donde cada observador visualiza un equipo de manera indiferente.

Al no tener un número limitado de observadores, LINCE PLUS permite la participación de varios observadores con diferentes tipos de confrontaciones entre ellos en estudio de carácter idiográfico y nomotético y con diferentes objetivos específicos.

9.2.2 Concordancia entre observadores

La concordancia interobservador o intraobservador (en diferentes sesiones) se calcula en LINCE PLUS mediante los índices Kappa de Cohen (1960), Kappa de Fleiss (1971) y Krippendorff (2019), gracias a la integración de la librería DKPro (Artstein & Poesio, 2008; Meyer et al, 2014) en la interfaz web y puede realizarse en cualquier momento del estudio sin precisar la exportación de la información a otras aplicaciones. En el caso del análisis estadístico, también se puede realizar sin que haya finalizado el estudio a partir de la interfaz de programación de R (Ihaka y Gentleman, 1996) que se puede acceder por la interfaz web o conectando la aplicación R-Studio al software LINCE PLUS en tiempo real, permitiendo la generación de gráficas y resultados previos sin que el estudio esté finalizado.

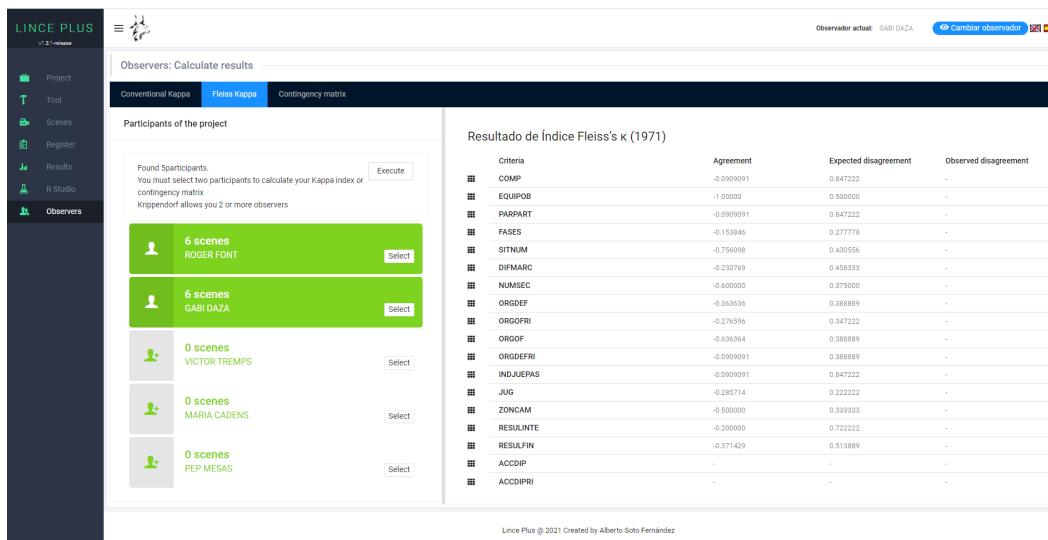


Figura 126. Cálculo del índice de concordancia entre varios observadores en LINCE PLUS

9.2.3 Muestreo observacional y visualización

En los estudios observacionales se puede optar por un registro continuo o discontinuo de una o diferentes sesiones, conformando el muestreo intersesional, o discontinuo dentro de una sesión a partir de un muestreo intrasesimal. El registro de varias sesiones y el seguimiento intersesional no implica ningún problema para el software, ya que el concepto de proyecto en el que se estructura la aplicación permite realizar un registro acumulado de diferentes sesiones cargando diversos vídeos. La incorporación de uno o varios vídeos suponen un gran avance al permitir trabajar con varios ángulos de visionado y permitir una observación clara y sin barreras físicas, a pesar de que el vídeo debe ser sincronizado inicialmente mediante la utilización de software adicional (Fig. 127)



Figura 127. Observación de varios vídeos simultáneos en LINCE PLUS

9.2.4 Variabilidad/constancia de las dimensiones

La configuración de las distintas dimensiones o niveles de respuesta mediante LINCE PLUS permite las siguientes opciones:

- Incorporación de campos de texto libre, permitiendo la introducción de códigos correspondientes a conductas perceptibles visualmente (observación directa) y de códigos correspondientes a unidades textuales (observación indirecta) de manera indistinta.
- Establecimiento de criterios o dimensiones persistentes que no varíen hasta que el investigador considere oportuno.
- Introducción de un instrumento tipo formato de campo con dimensiones que se desplieguen en un sistema jerárquico de conductas de primer nivel y segundo nivel.

Este tipo de instrumento de observación de carácter abierto permite la generación automática de las matrices de códigos que requiere cada investigación (apoyado en los parámetros de duración y orden, o al menos en el parámetro orden (Anguera et al, 2020).

Gracias a la generación de este instrumento tan versátil (bastaría grabar cada nueva etapa de desarrollo del instrumento), el programa LINCE PLUS se adapta perfectamente a las necesidades del estudio de una manera sencilla y facilitando un registro de la información adecuado, aunque las dimensiones, los criterios y las categorías que se declaran tengan volumen elevado.

9.3 Ejemplificaciones y casos de uso

A partir de la combinación de todos los parámetros que afectan a la configuración de un proyecto de investigación mediante la metodología observacional, hemos podido detectar una serie de usos que son interesantes para la aplicación en el mundo real de la investigación y que optimizan el tiempo requerido para el investigador y permitiendo un trabajo colaborativo que promueve una investigación objetiva y transparente. Entre estas aplicaciones para la investigación, exponemos aquellas que creemos que son de interés para la comunidad investigadora:

9.3.1 Generación de estudios observacionales (observación directa) para un único observador.

El registro por un único observador es la opción por defecto al iniciar la aplicación. Este tipo de registro es la opción habitual para todos los usuarios profesionales y no requiere de ninguna configuración adicional más allá que la configuración del instrumento de observación y la selección del vídeo.

9.3.2 Generación de estudios observacionales (observación directa) para varios observadores.

La utilización del instrumento de observación por varios observadores se permite a través de la interfaz web y de la opción de configuración de los perfiles en la ficha de información de proyecto, en donde se pueden generar tantos observadores como se deseen. Cada observador tiene su propio registro, en donde se encuentran los episodios detectados.

En este modelo de utilización se deben considerar que los episodios entre los diferentes observadores son independientes. Si el grupo de investigación desea utilizar un mismo número de escenas o episodios de observación, se deben registrar con carácter previo y utilizar a modo de plantilla.

La gran ventaja de este modelo es que el trabajo entre varios observadores puede ser simultáneo, ya que pueden conectarse entre varios dispositivos para realizar la observación, incluso desde dispositivos móviles y sin necesidad de tener la aplicación instalada, pudiendo acceder a LINCE PLUS a través de un código QR siempre que se encuentra en la misma red local de trabajo.

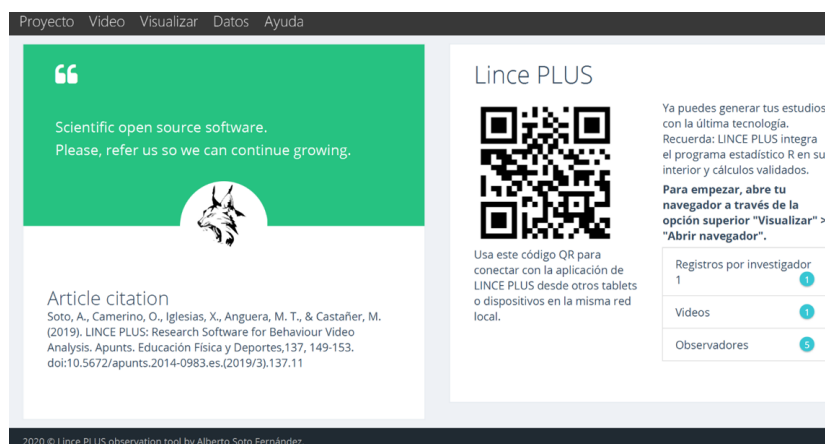


Figura 128. Ventana de LINCE PLUS ofreciendo el código QR de acceso que cambia en cada inicio

9.3.3 Estudios observacionales en tiempo real con apoyo de un analista de datos o estadístico

Este aspecto consideramos que es de gran interés. El entorno colaborativo permite el acceso a la aplicación desde R-Studio o la incorporación del código R dentro del apartado de análisis. La aplicación ofrece los tutoriales necesarios para poder conectar R-Studio, pero, además se permite el análisis de los datos del observador principal de la investigación.

Gracias a esta característica el rol del investigador y la concentración de esfuerzos se pueden dividir, garantizando que un grupo de trabajo pueda realizar la tarea investigadora minimizando el tiempo y maximizando los recursos.

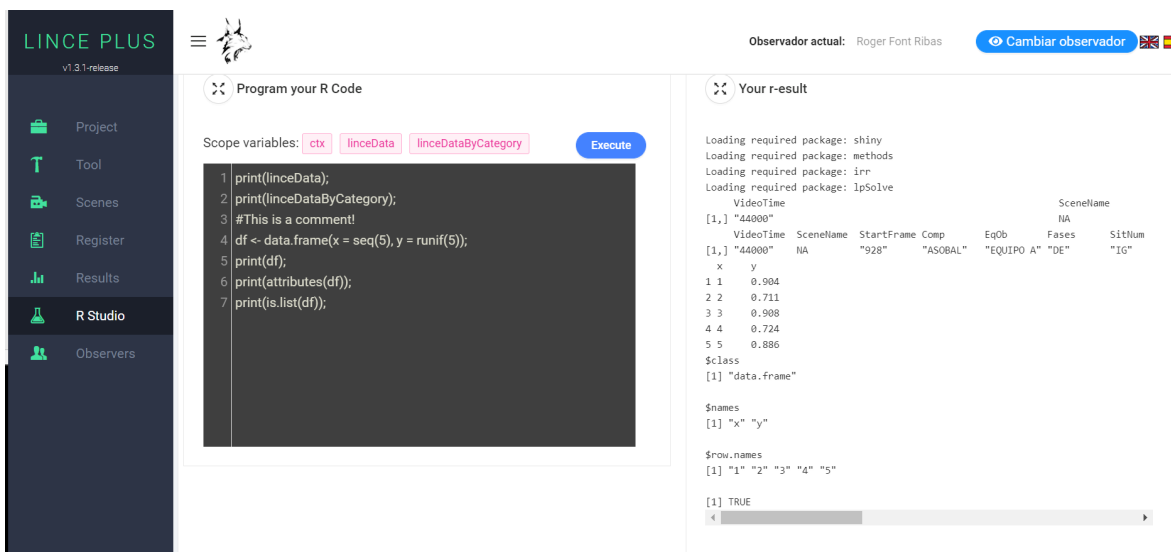


Figura 129. Ejecución de código R en la aplicación LINC PLUS

9.3.4 Estudios observacionales facilitando la división del trabajo

Si se desea minimizar el tiempo requerido en la investigación, se puede dividir el vídeo temporalmente en segmentos de trabajo, haciendo que varios observadores actúen bajo un mismo rol o dimensión en tiempos diferentes. Este factor facilitaría la observación, reduciendo el tiempo utilizado para el registro, pero debe utilizarse en ambientes muy concretos y en donde la subjetividad del observador sea irrelevante. Para poder aplicar este tipo de estudio, el grupo de investigación debe especificar con anterioridad qué fragmentos son propios de cada investigador.

9.3.5 Estudios observacionales con muestreo intersesional

Este caso de uso es fruto de la aplicación de un diseño de seguimiento o follow-up en cualquiera de sus variantes. El observador puede programar los episodios a visionar y realizar el seguimiento de manera independiente.

Las distintas observaciones de las sesiones se pueden guardar bajo un mismo proyecto, y el usuario puede cambiar de vídeo en cada ocasión, permitiendo que en un mismo proyecto observacional coexistan observadores que no corresponden al mismo período temporal.

De tal manera el proyecto tendría un observador para cada sesión de registro, con visualizaciones independientes y sin conexión estructurada hacia el vídeo que muestra la observación, aunque se podría integrar en futuras ediciones que el vídeo seleccionado pueda ajustarse a un observador en concreto.

9.4 Premisas de configuración que deben tenerse en cuenta en LINCE PLUS

El uso de LINCE PLUS es sencillo y minimiza la cantidad de pasos a realizar. Esta sencillez ocasiona que algunos investigadores no planifiquen su proyecto adecuadamente ya que el comportamiento por defecto es para un único observador.

A partir del soporte que hemos realizado a la comunidad, hemos detectado una serie de premisas que se deben tener en cuenta y que, en los proyectos de mayor complejidad, deberían apreciarse y valorarse. Estos elementos, de gran importancia, son los siguientes:

- El investigador debería confeccionar un proyecto base que denominamos “master”, en donde se configurará un instrumento de evaluación que sea estable para todas sesiones. Si existen varios observadores se recomienda que se generen los perfiles para cada uno de ellos en el proyecto inicial, para que la configuración de cada sesión sea lo más sencilla posible.
- Cada sesión se configurará a partir del proyecto base, en donde LINCE PLUS ya permite que se pueda importar un proyecto, en cuyo caso se seleccionará el proyecto base. En la ficha de información de proyecto o sesión se guardará la información de la sesión necesaria para la identificación del estudio.
- Para realizar los cálculos del estudio se pueden incluir todas las sesiones y observaciones en un proyecto final para poder hacer todos los cálculos necesarios. Para poder proceder adecuadamente el investigador principal importará en el proyecto base todas las sesiones y observaciones realizadas. Cada observación realizada y todos los episodios analizados se podrán acceder a partir de la selección del observador.

Debemos tener en cuenta que una de las características esenciales de un estudio observacional de seguimiento, en aquellos casos en que no es posible el registro de todos los episodios que interesan, es la realización de un muestreo aleatorio de los episodios registrados (Stone & Shiffman, 2002; Mehl & Robbins, 2012; Portell et al, 2015). Por ello, LINCE PLUS permite la generación de los episodios de observación de manera automatizada, elemento que consideramos que debe incluirse en un proyecto base o máster, y que genere un registro automático por unidad de tiempo. Para ello, el asistente ofrece la posibilidad de generar un episodio en intervalos regulares de tiempo hasta la duración máxima del vídeo.

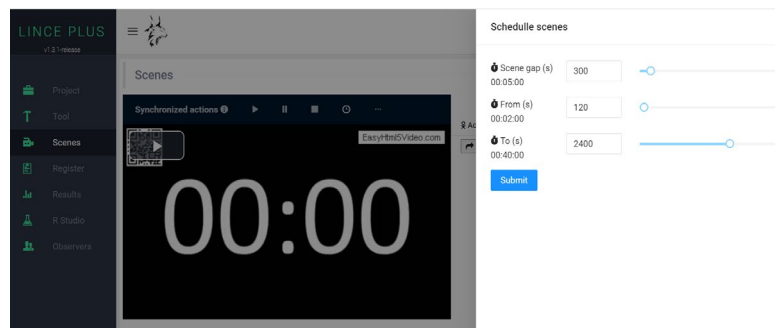


Figura 130. Generación de episodios automáticos cada cierto tiempo, a través del asistente que ofrece LINCE PLUS

9.5 Conclusiones sobre los casos de uso

La configuración de cualquier diseño observacional según los parámetros expuestos en el software ha sido satisfactoria, por lo que LINCE PLUS se puede considerar una herramienta apta para cualquier diseño observacional (de observación directa), permitiendo, además, que estos diseños observacionales puedan ser realizados en tiempo real, si aumentamos el número de investigadores que utilizan la plataforma de forma simultánea.

Los casos de uso que hemos podido constatar a partir de la clasificación expuesta por el marco de trabajo de GREOM y de MQCOM para la configuración de los diferentes diseños observacionales han sido clave para la detección y estructuración de la aplicación.

Un factor de gran importancia es que dicho marco de trabajo ha permitido estructurar y probar que la aplicación cubre todas las necesidades del investigador que hemos encontrado en la búsqueda bibliográfica realizada.

La aplicación ha sido configurada de tal manera que permite una utilización desconocida por muchos investigadores y, sorprendentemente, los casos de uso que hemos encontrado responden a escenarios de investigación poco comunes y que no hemos encontrado documentados. La incorporación del trabajo colaborativo en tiempo real para la labor investigadora ha sido fruto de un proyecto complejo en sus inicios y que ha intentado en todo momento simplificar el trabajo del investigador. Para ello, hemos intentado minimizar el uso de diversas aplicaciones, y el paso manual de la información entre ellas, pero, además, hemos permitido que la migración a este entorno sea progresiva y, por lo tanto, permitimos la interconexión de muchos programas de interés en la comunidad investigadora: Microsoft Excel, GSEQ5, HOISAN, Lince, ThemeCoder, THEME, etc.

El uso de la aplicación ha ido creciendo exponencialmente a nivel global en el primer año de su implantación y las solicitudes de soporte son cada vez más específicas. Consideramos, a partir de las necesidades de apoyo recibidas, que es una aplicación que puede realizar aportaciones relevantes a la labor investigadora y que está alcanzando un desarrollo estable que debe ser conocido por la comunidad científica.

Su característica multi-idioma permite que pueda ser utilizado a nivel mundial y su difusión hacia la comunidad investigadora consideramos que es de gran interés. Al ser un servicio gratuito para la comunidad, el apoyo de la herramienta es esencial para que pueda tener un desarrollo continuo.

Desde nuestro grupo de trabajo tenemos una serie de objetivos muy claros para conseguir que LINCE PLUS sea un producto único para la comunidad investigadora, incluyendo dispositivos físicos, aplicando la inteligencia artificial para la detección de patrones y mejorando todas las facetas de calidad del dato para garantizar una investigación de calidad sin la necesidad de intercambiar la información entre diversos programas, lo cual demuestra elevar la complejidad del estudio.

Esperamos que poco a poco la comunidad científica pueda disfrutar de herramientas similares, de carácter gratuito y de código abierto, que faciliten una investigación abierta y transparente. La investigación debe ser fruto de un conocimiento que evoluciona continuamente y que cada vez simplifica más el desarrollo.

Capítulo 10. Discusión

En este capítulo presentaremos una síntesis de los elementos más relevantes de nuestra investigación, centrándonos en los aspectos que determinan una ATD-TR o Aplicación Tecnológica para el Deporte en Tiempo Real y que establecen las bases de nuestro estudio y desarrollo de una aplicación informática distribuida gratuitamente y ofrecida a la comunidad tanto en el instalable como en el código fuente que la forma.

Para sustentar el fundamento de nuestro estudio, centraremos la discusión en los siguientes apartados:

- Aproximación al objetivo de una ATD-TR
- Necesidades del sector investigador en las ciencias de la actividad física y del deporte
- Análisis de LINCE PLUS como respuesta a las necesidades de la comunidad investigadora
- Análisis de casos de éxito de ATD-TR incentivadas desde la iniciativa universitaria

10.1 Aproximación al objetivo de una ATD-TR

10.1.1 El concepto ATD-TR

Referenciar la tecnología es un concepto de compleja utilización por la dispersión terminológica que presenta (Izquierdo et al, 2013). Concretamente, en el ámbito biomecánico y de la valoración cuantitativa, se precisa un término que acote esta dispersión y, en este sentido, el término de aplicación tecnológica parece ofrecer una referencia acertada cuando hablamos de innovación específica (Izquierdo et al, 2013). De hecho, cuando referenciamos el concepto de aplicación tecnológica, definimos un tratamiento de carácter científico para establecer líneas de actuación que engloben instrumentación, materiales, implementos y su evaluación ofreciendo un contexto real de aplicación (adaptado de Gámez et al., 2013, p.173).

Cuando referenciamos dicho concepto desde el punto de vista cuantitativo y biomecánico debemos establecer una serie de bloques de contenidos como son determinar cualidades para el rendimiento y la salud, la diagnosis del estado de forma y la monitorización de la evolución de los deportistas, así como la gestión del conocimiento de estas fuentes de información (adaptado de Gámez et al., 2013, p192).

Este concepto de Aplicación Tecnológica para el Deporte o ATR, debería poder contemplar una serie de aspectos esenciales como son la sincronización de los diferentes instrumentos de medida, ofrecidos en una interfaz de usuario flexible e intuitiva, y generando una herramienta de conocimiento científico integrado para que no se limite a ser una simple herramienta de medición.

En esta búsqueda de una ATR que pueda cubrir las necesidades del ámbito deportivo, los avances ocurren a un ritmo vertiginoso (Marinho et al., 2018; Gámez et al., 2013), y esta innovación requiere de un cambio cualitativo (Gámez et al., 2013), ya que estos avances están modificando las diversas estructuras del deporte a nivel de economía, organización y entrenamiento. Estas estructuras se verán afectadas por la necesidad de información en tiempo real que parece que se introducirá a gran escala en los próximos juegos olímpicos de Tokio 2021 (adaptado de Bandejas, 2019). En este sentido, el concepto de tiempo real parece una aproximación que debemos empezar a utilizar y, en consecuencia, el término ATD-TR o Aplicación Tecnológica para el Deporte en Tiempo Real parece tener mucho sentido.

10.1.2 Una ATD-TR como concepto integrador

Por otro lado, en la actividad física y el deporte no podemos referenciar tan sólo al proceso investigador como una herramienta cuantitativa. Hemos podido comprender durante nuestro estudio como las diferentes filosofías permiten contemplar diferentes puntos de enfoque hacia el proceso investigador (adaptado de Greenfield, Greene y Johanson, 2006; Hernandez, Fernández y Baptista, p4-8, 2010) y limitarnos al aspecto cuantitativo en el ámbito de la actividad física y del deporte parece ser una aproximación que limitará los resultados y evita el resto de situaciones que suceden en el deporte.

Si tenemos en cuenta otras corrientes de investigación podemos referencias a las técnicas de investigación cualitativas que consideran una serie de variables multidimensionales y no predecibles y que reflejan la experiencia humana dependiente del contexto en el que sucede, ofreciendo un marco de trabajo más amplio que requiere del uso de grabaciones y diversos métodos para la obtención de la información, permitiendo

contemplar el aspecto subjetivo del practicante de actividad física o deportista y del contexto en el que sucede la acción deportiva (adaptado de Greenfield, Greene y Johanson, 2006, p.45-46), permitiendo un tipo de investigación no lineal desde el punto de vista temporal (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Cuando buscamos integrar estas necesidades subjetivas y objetivas nos encontramos con una vertiente de datos cuantitativa y cualitativa que requiere de un gran desarrollo por tener un enfoque deficitario (Green, 2007; Bazeley, 2010; Anguera et al., 2017). De hecho, la integración de ambas fuentes de datos bajo un único estudio es una tarea compleja, pero que podría solucionar muchos problemas de investigación desde una perspectiva polifacética (Neumaier, 2003; Anguera et al., 2017).

Esta perspectiva polifacética se puede expresar desde un punto de vista sistémico a partir de nodos de información y una red de sistema interconectada en donde la escala temporal y su estudio como elemento principal puede nutrir de diversos niveles detalles (adaptado de Newman, 2010; Ratten, 2019), presentando un esquema integrador que tiene aplicación en el ámbito de la actividad física y del deporte (Balagué et al., 2017; Ratten, 2019), bajo el concepto de DST o *Dynamic System Theory*. Este concepto integrador se plasma en una serie de niveles como pueden ser: un primer nivel molecular, como sucede con las señales obtenidas por sensores y traducidas en fuentes de datos cuantitativas; un nivel orgánico como sucede en los parámetros biomecánicos y en su medición o un nivel social como sucede en la investigación cualitativa.

Todos estos parámetros tienen transferencia y pueden ser intercambiados a partir de la innovación tecnológica (adaptado de Ratten, 2019, p4) y teniendo en cuenta que el cambio de valor del dato obtenido es posible si se puede referenciar a un nuevo valor de rango inferior temporal al obtenido inicialmente (Valdivieso, 1991, p122). La respuesta a este concepto integrador tiene sentido cuando contemplamos la investigación mediante métodos mixtos o *Mixed-Methods* y que representan un sistema de gran rigor científico que permite dicha integración de datos, ofreciendo un gran potencial de aplicación en las ciencias del deporte (Anguera et al, 2017).

10.2 Necesidades del sector investigador en las ciencias de la actividad física y del deporte

Existen claros indicios de que el estudio científico de la actividad física y del deporte tiene relación directa con el éxito deportivo (Ortega et al., 2019). Sin embargo, las necesidades del sector investigador no parecen haber sido analizadas y, en consecuencia, su evolución parece estar desarrollada, pero presentando gran dispersión y un enfoque de la investigación muy disperso (Hernández-Mendo et al., 2014; Bazeley, 2010; Anguera et al., 2017) o se presenta en un contexto altamente complejo que no permite la utilización por parte del investigador (Love et al., 2019).

Por tanto, existen pocas o ninguna herramienta integradora del proceso de investigación requerido a nivel científico presentándose con una serie de herramientas generalistas, que complican el desarrollo científico (Hernández-Mendo et al., 2014; Bazeley, 2010).

Dada esta clara necesidad y poca documentación que existe en el sector del ámbito científico relacionado con la actividad física y del deporte hemos procedido a una estructuración de la evolución tecnológica para conocer las tendencias y productos que existen en la actualidad, tanto a nivel profesional como a nivel científico y por eso hemos detallado multitud de estudios y referencias científicas que se describen en el primer y segundo capítulo de esta investigación.

A partir de esta clasificación, y de la documentación de los científicos que han detectado estas carencias de las ATD en la actividad física y del deporte, y, gracias a la incorporación del término Tiempo Real, bajo el concepto de ATD-TR hemos analizado un gran volumen de requerimientos o necesidades del sistema a partir de las necesidades de nuestro usuario investigador como usuario principal de la aplicación, fundamentando el concepto de Aplicación Tecnológica para el Deporte.

Para simplificar este listado de requerimientos, hemos intentado simplificar su compleja redacción para simplificar la lectura y la comprensión de éstos requerimientos, formando una serie de conceptos denominados “historias de usuario” y que han sido la síntesis de todo nuestro estudio, permitiendo la concreción de nuestra ingeniería de software bajo las metodologías ágiles de software, buscando en todo momento reducir los problemas típicos de comunicación durante la construcción del software, aplicando una correcta granularidad (Spijkman et al., 2021). Esta síntesis de historias de usuario ha permitido la generación de 35 conceptos unívocos, simplificados y comprensibles para la implementación de nuestra ATD-TR denominada LINCE PLUS y que intenta ser una aplicación que permita ser utilizada en todas las fases de la investigación debida a la carencia de herramientas en el sector.

Por tanto, esta herramienta intenta ser un canal que es necesario para cubrir toda necesidad investigadora y, en consecuencia, facilitar el éxito deportivo que citan los autores mencionados.

10.3 LINCE PLUS como respuesta a la comunidad investigadora

LINCE PLUS (Soto-Fernández et al., 2019) es un sistema modular que se muestra bajo una aplicación de escritorio y distribuida para todos los sistemas operativos, gracias a que está desarrollada en Java y a que ofrece conectividad a partir de la comunicación y comportamiento web.

La descomposición de las diversas historias de usuario en un sistema complejo que se compone de una serie de módulos permite una representación gestionable del sistema tal y como se definen en las diversas metodologías ágiles actuales (Spijkman et al., 2021).

Este proceso de construcción ha implicado la creación de una gran cantidad de prototipos y pruebas de concepto, que han sido desarrolladas en diversas etapas y mediante un flujo de desarrollo en espiral que ha durado un total de 5 años y que incluye un proyecto de gran complejidad arquitectónica.

La colaboración y administración de todo el proceso de investigación observacional se desarrolla y reproduce bajo una interfaz web. Esta aplicación se presenta como una herramienta híbrida entre aplicación de escritorio, para el tratamiento privado de la información, y la interconexión de cualquier dispositivo que se encuentre en la misma red local de trabajo gracias a su comportamiento web. De esta manera se facilita el trabajo colaborativo y la integración de datos cuantitativos y cualitativos que se requiere en la investigación por métodos mixtos (Anguera et al., 2020).

Para el cálculo de resultados nuestra ATD-TR permite la realización de cualquier cálculo gracias a la incorporación del lenguaje de programación estadístico R (Ihaka y Gentleman, 1996) a partir de la ejecución de fragmentos de código en la interfaz web o a partir de la conexión de R-Studio a LINCE PLUS a través de la interfaz REST que el mismo programa facilita en tiempo real.

Este tipo de punto de vista integrador permite que se puedan ver varios videos sincronizados en el tiempo, facilitando el proceso de registro de la información del estudio y el análisis observacional del comportamiento, presentando de forma interactiva una serie de gráficas reduccionistas en tiempo real.

Contemplando este tipo de análisis, podemos ver un uso de la aplicación simplificado para el usuario profesional y, a su vez, un uso avanzado requerido para la comunidad investigadora, simplificando el proceso investigador observacional y ofreciendo una serie de beneficios que facilitan cualquier tipo de estudio.

10.4 Análisis de casos de éxito de ATD-TR incentivadas desde la iniciativa universitaria

El desarrollo de diversos proyectos científicos desde la iniciativa universitaria no es un caso aislado, ya que tenemos grandes ejemplos en España sobre este tipo de iniciativas y que tienen un gran respaldo institucional, como son la plataforma Chronojump (de Blas, 2012) para la medición de diversos parámetros biomecánicos o la cuantificación de diversos parámetros inerciales y posicionales como sucede con los sensores WIMU y WIMU PRO (Gómez-Carmona, 2019).

Ambas plataformas, Chronojump y WIMU, son proyectos que surgen desde la vertiente científica cuantitativa y que se ofrecen como un conjunto de instrumentación para la medición de parámetros cuantitativos del deportista. Estos dispositivos, que presentan también las aplicaciones necesarias para su uso, tienen un coste de producción que precisa ser equilibrado con el tiempo de desarrollo de la aplicación.

Por otro lado, son proyecto que han surgido desde la iniciativa universitaria y que están bastante contrastados en diversos estudios (Muyor, 2017; Gómez-Cardona et al., 2019; Pérez-Castilla et al.; 2019)

No obstante, a pesar de un éxito y el motor que permite la generación de investigaciones en el ámbito de la actividad física y del deporte, el desarrollo de este tipo de proyectos contempla un tipo de aproximación muy distinta según los principios del creador y como respuesta al apoyo institucional que rodea al proyecto.

Tanto Chronojump como WIMU ofrecen un dispositivo físico y una aplicación informática para su uso. Sin embargo, su aproximación es muy diferente:

- En el caso de WIMU, que tiene una validación y reconocimiento bastante contrastado, se trata de un dispositivo impulsado por una iniciativa privada. Es decir, el sensor es específico y debe comprarse exactamente cómo se distribuye por la empresa Real Track Systems. Además, la aplicación que lo utiliza se ofrece con el producto, pero sin embargo su código fuente no está disponible a la comunidad, aunque existen ciertos indicios en Github de algunos módulos de versiones de hace 3 años.
- En el caso de Chronojump, el proyecto requiere de un tipo de dispositivo concreto, pero la filosofía de producto del grupo impulsado por Padullés es diferente. Tanto los planos de construcciones de los sensores, como el código fuente de la aplicación, se ofrecen a la comunidad científica.

No obstante, ninguna de estas estas herramientas están destinadas a la investigación observacional o a la aplicación de mixed-methods y son ecosistemas que vienen impulsados por una vertiente cuantitativa de la investigación en la actividad física y el deporte.

Por otro lado, estas aproximaciones podrían ser otro indicador como el que hemos mostrado en el análisis de diversas herramientas informáticas durante el marco empírico, siendo un claro ejemplo de cómo el apoyo institucional puede marcar el futuro de un proyecto destinado a la investigación del deporte, ya que vemos muchos casos de que, al llegar a un determinado punto de la evolución del proyecto se debe valorar cual es el camino a seguir.

Todo proyecto informático requiere una evolución continua y, en cierto modo, sigue la afirmación de “renovarse o morir”. Posiblemente estemos ante una discriminante sobre el apoyo institucional, en donde dicho apoyo pueda convertirse en un proyecto en abierto para la comunidad o, en caso contrario, deba privatizarse y ofrecer otras vías de evolución. Parece ser que, de no conseguirse ninguno de estos hitos, el proyecto esté destinado al fracaso, tal y como hemos visto en toda una serie de plataformas tecnológicas que han caído en desuso.

Capítulo 11. Conclusiones

Tras una breve discusión sobre nuestro estudio, en donde hemos intentado sintetizar al máximo todos los componentes significativos que han sido precursores de LINCE PLUS, nos encontramos con la última parte de nuestra aportación al mundo de la actividad física y del deporte.

En este capítulo analizaremos algunos detalles que quedan por finalizar en LINCE PLUS, detectaremos sus carencias y contemplaremos posibles vías futuras para solucionar esos aspectos que no hemos podido cubrir adecuadamente en el proceso de implantación de nuestra ATD-TR.

En consecuencia, finalizaremos con unas conclusiones que incluyan los siguientes apartados:

- Estado actual de LINCE PLUS.
- Vías futuras de investigación.
- Consideraciones finales sobre LINCE PLUS.

11.1 Estado actual de LINCE PLUS

El resultado de nuestra ATD-TR ha cubierto con creces las necesidades registradas por los diversos estudios analizados y pretende ser una solución integral para el proceso investigador que se utiliza en la observación del deporte.

Como elemento inicial de nuestra aportación a la investigación con metodología observacional hemos llegado a un proyecto realmente esperanzador que intenta centralizar todas las fases requeridas en la investigación. No obstante, y desde un punto de vista personal y profesional, el producto requiere de un mayor desarrollo, tal y como hemos destacado que sucede en cualquier proyecto informático.

Estas mejoras son fruto de la evolución constante y son un conjunto de mejoras que no existen documentadas y que cada vez más van a ser requeridas por la comunidad científica, a partir de la integración de parámetros cuantitativos y la adopción de técnicas de *machine learning* para facilitar la investigación del deporte.

Pese a ello, LINCE PLUS ha crecido exponencialmente en los últimos meses, llegando a ser una plataforma con 12.200 usuarios a fecha de 27 de abril 2021 y con un coste cero productivo, lo cual quiere decir que, gracias a los acuerdos de colaboración se ha podido realizar íntegramente con herramientas profesionales bajo un proyecto de código abierto.

El lado negativo de dicho crecimiento es que requiere de una inversión temporal continua, tanto para el soporte a la comunidad, como para la transmisión del conocimiento sobre su uso, creación de tutoriales y solución de incidencias. Estos aspectos han requerido en ocasiones un bloqueo absoluto y una gran complejidad arquitectónica para solución de conflictos.

Por ahora, este desarrollo ha sido satisfactorio, pero, sin embargo, el desarrollo fortuito y continuo es complejo cuando las demandas temporales son tan altas y el beneficio que se obtiene al respecto es limitado.

LINCE PLUS intenta cubrir con todas esas necesidades, pero requiere de un proyecto más ambicioso para que no quede en el olvido.

11.2 Vías futuras de investigación

Consideramos que el desarrollo de la aplicación LINCE PLUS ha tenido un resultado muy positivo como herramienta integradora del conocimiento. Gracias a las diversas etapas de puesta en marcha hemos podido comprobar como una herramienta compleja de instalar, de desarrollar y de distribuir ha tenido una progresión muy positiva, en la que destacamos los siguientes aspectos esenciales:

- Hemos conseguido desarrollar una aplicación con fundamento web que es fácil de instalar y de utilizar.
- La aplicación posee una gran independencia de herramientas que puedan limitar su crecimiento, cosa que no sucedía con la anterior versión.
- La aplicación posee la última tecnología e interfaz web, como es la utilización de Spring framework, React, Ant Design y todo bajo un contexto que le permite generar un servidor web.
- Se han conseguido superar las 11.000 sesiones sin realizar ningún tipo de publicidad ni esfuerzo sobredimensionado en dar a conocer la herramienta en un año y medio de publicación.

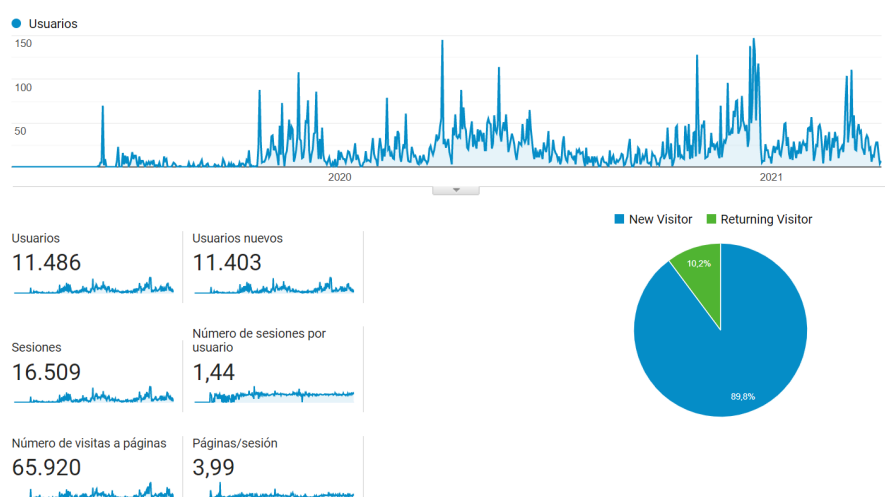


Figura 131. Usuarios totales de LINCE PLUS a fecha 5 de abril de 2020 (Fuente: GA)

- Se han realizado prototipos que incorporan las siguientes características:
 - Introducción de parámetros cuantitativos a partir de la medición física e incorporación de dispositivos wearables, por lo que la aplicación es capaz de manejar pulsación, movimientos cinestésicos y cualquier tipo de dispositivo que sea conectable por Bluetooth.
 - Se ha conseguido introducir técnicas de análisis de Inteligencia Artificial por vídeo. En las pruebas realizadas hemos diseñado un modelo de detección del movimiento humano e identificación de los segmentos corporales, por lo que se podrían llegar a detectar las angulaciones del cuerpo humano en movimiento.
 - Se ha realizado un prototipo de grabación en directo, que permitiría la inclusión y sincronización de toda la información anterior.

- El módulo de integración con el lenguaje de programación R ha ganado un concurso de programación a nivel nacional y ha

Teniendo en cuenta todas estas características y la viabilidad y posibilidades que presentan los diferentes prototipos, el futuro de LINCE PLUS parece ser muy prometedor y, además, consideramos que no puede ser un proyecto que deje de tener crecimiento.

LINCE PLUS ha sido un proyecto generado para crear una herramienta que facilite la investigación e impulse el desarrollo profesional en el ámbito de las ciencias sociales, siendo una iniciativa para el análisis del comportamiento humano aplicable al ámbito de la actividad física y del deporte.

Por ello, consideramos que se deben promover alguna de las siguientes iniciativas:

- El desarrollo de un portal web, que permita que todos los usuarios puedan conectarse sin necesidad de instalar ningún software ni de realizar ninguna actualización. Este portal web sería una base de conocimiento para el ámbito investigador y debería ser capaz de realizar las mismas funcionalidades que LINCE PLUS.
- El desarrollo de aplicaciones móviles para Iphone y Android. Esta aplicación móvil podría vincular los datos de los sensores y conectarlos con el portal web.

A continuación, explicamos estas características.

11.2.1 Lince Web o Lince Cloud

El portal de Lince podría incluir la mayoría de las capacidades que se han mencionado durante esta tesis. El hecho de haber generado un proyecto que, como aplicación de escritorio, tiene comportamiento web y está realizado con la última tecnología del mercado, permite que su portabilidad sea casi directa. El gran esfuerzo para realizar esta portabilidad se debería centrar en la seguridad y tratamiento de los datos, no obstante, la interfaz web y la parte central de la aplicación tendría una compatibilidad casi absoluta.

Para poder hacer una herramienta web que sea una ayuda para el investigador, el proyecto debe generarse de manera ambiciosa y con una estructura estable que permita su conocimiento y la interacción de cualquier tipo de usuario.

Este concepto obliga a estructurar la aplicación de la siguiente manera:

- Se debe utilizar un proveedor cloud para el alojamiento web y que permita aplicar el concepto de escalabilidad a la aplicación, es decir, que pueda crecer sin impedimento de los equipos que la sirven. Este concepto tiene un coste de mantenimiento relativamente elevado y debería ser implementado en algún proveedor cloud principal, como sería Google Cloud Engine, Amazon Web Services o Microsoft Azure.
- La aplicación debe generarse como una herramienta versátil y estable, por lo que debe permitir, no solo la seguridad de los datos y la escalabilidad, sino que su disponibilidad sea alta y no tenga fallos. Por ello, se debe sustentar en una plataforma de desarrollo estable.

- El hecho de que LINCE PLUS ya ha ganado un premio nacional con la integración del módulo de R y, que, además, ha quedado finalista un segundo año con la implementación del módulo de vídeo en una plataforma web denominada Magnolia CMS, que está implementada en Java, nos invita a pensar que podemos desarrollar dicho producto ambicioso en tal plataforma e intentar reutilizar la mayoría de código de LINCE PLUS.

Por tanto, esta aplicación tendría todos los módulos que hemos realizado y, además incorporaría las herramientas necesarias para el conocimiento social y la compartición de datos del investigador, de forma similar a como sería Open Science Framework disponible a través de la página web <https://osf.io/>.

La gran diferencia es que esta aplicación no tendría que ser sólo utilizable para el diseño del experimento como sucede con OSF, si no que sería la única plataforma web que existe en el mercado para el diseño observacional y la aplicación sencilla de los Mixed-Methods en la metodología observacional. Esta herramienta podría ser la única herramienta existente centrada en la integración de una visión sistémica del deporte.

11.2.2 Lince Mobile

El hecho de funcionar con un comportamiento web de forma nativa necesita que utilicemos dispositivos adicionales para la comunicación de la información y, en este sentido, los dispositivos móviles funcionan como un conector económico y disponible para todas las personas. A través del dispositivo móvil se podría integrar la aplicación web con la comunicación de los datos obtenidos por sensores. Por tanto, el teléfono móvil conectaría los sensores del observado y dispondría los datos en tiempo real con el servidor web.

Esta aproximación permitiría que se puedan enlazar multitud de datos y generar un entorno de datos masivos destinados a la investigación, de forma similar a como hace la herramienta Polar Team (se puede consultar más información en https://www.polar.com/es/productos_b2b/team).

La gran diferencia es que el comportamiento nativo web nos permitiría que los observados no tuvieran que estar ni en el mismo espacio-tiempo o que se puedan llevar a cabo diversos experimentos en lugares inconexos y sin el esfuerzo del investigador de tener que sincronizar toda la información, con la complejidad que conlleva el envío de ficheros y, además, la posibilidad de generar un fallo humano.

Nuestra aplicación integraría una serie de sensores, de los cuales la prestigiosa marca Suunto nos ha proporcionado sensores inerciales Movesense para hacer las primeras pruebas y éstas han sido satisfactorias.

El desarrollo de la aplicación móvil de LINCE PLUS, para poder realizarse adecuadamente debe considerarse como un proyecto independiente y que pueda ser realizado garantizando la máxima compatibilidad de sensores del mercado y, en consecuencia, implicará la necesidad de diversos desarrolladores.

11.3 LINCE PLUS: un desarrollo de gran valor para la comunidad

El software LINCE PLUS precisa de un mayor crecimiento, pero, si se desea, tiene las capacidades para ser una herramienta única en el ámbito de la investigación observacional.

El desarrollo de nuestro software ha concluido tan sólo una fase inicial. Esta fase inicial se da porque nuestro software presenta unas características que aún están por descubrir. Espero que estemos ante el inicio de una gran plataforma con muchos aspectos aún por desarrollar y dar a conocer a los investigadores y profesionales del deporte. Sin lugar a duda, y con toda confianza, cualquier esfuerzo invertido en este software tendrá un beneficio directo para la comunidad investigadora, para el desarrollo de los profesionales del deporte en todos los ámbitos y con trascendencia a todos los ámbitos de las ciencias sociales.

En cuanto al objetivo principal de este estudio, y considerando las expectativas y requerimientos de nuestra ATD-TR, puedo afirmar que, tras la valoración de los requerimientos y ante la realidad actual de las herramientas que existen en el mercado, se han cubierto con creces todas las necesidades documentadas. Sin embargo, tal y como destacábamos en el análisis de los requerimientos, cumplir con los requerimientos no funcionales, o necesidades no prioritarias para el funcionamiento de la aplicación, son el elemento diferenciador con cualquier aplicación que pueda existir. Estas necesidades no prioritarias son los elementos que hemos descrito en las vías futuras de investigación y su desarrollo en futuras versiones del software es un elemento trascendental para posicionarnos como una herramienta única, pudiendo incluir la detección de T-patterns, el aprendizaje automático de la herramienta y la inclusión de parámetros cuantitativos y sensores, todo ello con la grabación en tiempo real de la herramienta y manteniendo la seguridad e integridad de los datos.

El uso actual de la plataforma denota poca utilización del módulo de cálculo estadístico, por lo que invita a pensar que se debe simplificar aún más y automatizar muchos procesos. En consecuencia, se debe proveer al usuario final de una serie de módulos que puedan seleccionar de forma sencilla para el cálculo de resultados, tal y como sucede con el software JASP Stats o como realiza nuestra aplicación para el cálculo del acuerdo entre diversos observadores por Kappa o Krippendorff.

Por otro lado, el crecimiento de la plataforma ha sido desbordante y, aunque LINCE PLUS es un proyecto que cubre con creces las necesidades iniciales de nuestro estudio hemos llegado a un punto muy interesante, que expreso a continuación de manera personal. Como buen amante de la naturaleza y de los deportes de aventura que soy, puedo establecer una analogía con cualquiera de los deportes que amo: puedo subir montañas, puedo bajar cascadas o puedo remar en cualquier mar. Lo único que importa cuando se realiza todo lo que amo es vivir el momento y tener esa sensación, un sentimiento que crece cada vez que lo haces y que te obliga a no parar y continuar descubriendo en cualquier aspecto de tu vida. Por inconexa metáfora que parezca, puedo afirmar que LINCE PLUS es el resultado de un muy duro trabajo, pero que muchas veces me ha dejado vivir esa sensación de hacer lo que más amo y vivir el momento al máximo fluyendo con una conexión increíble. Pero otras veces ha llegado a momentos muy estresantes que han llegado a cuestionarme porqué lo hago, como si estuviera bajando un barranco en el que la cuerda está a punto de romper y que con suerte saldré airoso de la situación. Lo que tengo claro es que, es una herramienta que permite realizar los estudios de una manera útil para la comunidad y que es un resultado que, sinceramente, me parece apasionante por toda la versatilidad que ofrece.

Este proyecto es un trabajo que es fruto de ciertas personas que lo han impulsado y que viven muchísimo el presente en cada investigación. Estas personas me han transmitido esa percepción y esa búsqueda de la perfección en cada detalle y he podido disfrutar de desarrollar la ciencia e innovación, aportándome un conocimiento increíble. Estas personas son mis mentores: Dra. M^a Teresa Anguera, Dra. Marta Castañer, Dr. Oleguer Camerino y Dr. Xavier Iglesias son los responsables de que en la herramienta se haya plasmado la perfección en todo momento, la simplicidad y la sensación de vivir el presente en cada investigación. Debo tener una mención especial al apoyo en cierto día del Dr. Alfonso Valero, porque me hizo abrir los ojos y darme cuenta de lo que realmente estábamos consiguiendo y de las posibilidades que tiene nuestro trabajo.

Estas personas me han hecho percibir la investigación como si se tratara de un deporte de aventura, y eso es una sensación difícil de explicar con palabras, son emociones y sentimientos.

Por eso LINCE PLUS no puede quedarse ahí. Esta perfección debe seguir plasmándose. Debe seguir evolucionando porque si no, van a suceder dos cosas: por un lado, dejaremos de descubrir y sentir la satisfacción de aportar una ayuda, un grano de arena, a los que nos rodean y que buscan mejorar el ámbito profesional y científico de la actividad física y del deporte. Por otro lado, dejaremos de buscar esa perfección, ese momento de buscar el presente realizando lo que amamos y, en consecuencia, dejaremos un trabajo sin finalizar.

Al fin y al cabo, este no es el fin de un proyecto. Creo que es el primer paso de una herramienta que puede cambiar la percepción de la investigación y la simplificación al máximo nivel de la búsqueda del conocimiento. Para poder conseguir estas metas, el proyecto precisa de un gran apoyo institucional o de búsqueda de otras alternativas que permitan a LINCE PLUS crecer hasta que cubra las necesidades de todo investigador de las Ciencias del Deporte y, en consecuencia, facilitar centrarnos en los que nos apasiona.

Capítulo 12. Limitaciones y prospectiva de futuro

En este capítulo, posterior a las conclusiones, analizamos una serie de limitaciones y algunas necesidades futuras a corto y medio plazo para que LINCE PLUS pueda tener un uso consolidado por la comunidad científica y los profesionales del deporte. Además, introducimos una serie de elementos que añaden valor a nuestro resultado y al soporte a la comunidad.

Antes de empezar a discutir las limitaciones y la prospectiva de futuro de la aplicación en sí, debemos recordar que la aplicación está generada como una ATD-TR y que, por definición, uno de los aspectos esenciales y simplificar al máximo su uso hacia el usuario y realizar todo tipo de cálculos en tiempo real para que el científico o profesional pueda sacar el máximo partido posible a la herramienta y, sobretodo, que le aporte la flexibilidad que él necesita.

Esta flexibilidad, unida al concepto de sencillez de interfaz de usuario y uso, concepto que denominamos UX (User Experience), suele presentarse bajo una aplicación sencilla que permite utilizarla bajo un modo experto.

Consideramos que LINCE PLUS permite esta versatilidad, simplificando el uso y automatizando muchos detalles que serían complejos de mantener manualmente. A continuación, mencionamos algunos ejemplos para situar el lector:

- Si tenemos en cuenta la creación del instrumento de observación, nuestra aplicación informática permite la automatización de los códigos de los diferentes criterios y categorías que se requieren para el proceso de *quantitizing*. Para simplificar dicho parámetro, el usuario puede dejar los códigos en blanco y LINCE PLUS automatizará toda la creación del instrumento de observación, permitiendo este factor en nombre, descripción y código. Sin embargo, si el usuario desea generar la codificación manual, o reordenar el instrumento al máximo detalle, este tiene la libertad de hacerlo sin ningún problema.
- Por otro lado, si tenemos en cuenta el registro de la observación, LINCE PLUS permite la automatización del proceso de creación del primer observador, para que, cuando se accede al apartado del registro, éste pueda realizarlo sin ningún problema. Sin embargo, si queremos realizar un análisis de varios observadores en el estudio, el científico puede acceder al apartado de información de proyecto y añadir tantos usuarios como desee. Automáticamente el sistema permite seleccionar el usuario deseado y proceder a la ejecución de las acciones y cálculos pertinentes. Además, ofrecemos la posibilidad de incorporar estudios adicionales a la observación, y este proceso implica la creación de diversos usuarios automáticamente.

Esta versatilidad de nuestra aplicación informática sucede en cada apartado, el cual ha sido pensado para simplificar al usuario cada detalle necesario en la observación sistemática y que pueda llevarse a cabo en todas las fases del estudio. Sin embargo, nos hemos encontrado con factores limitantes muy significativos en aspectos inesperados como sería dar a conocer esta versatilidad.

Como veremos en el manual de uso que introducimos en los anexos, nos dimos cuenta que realizar el continuo desarrollo y actualización de la documentación tiene serios impedimentos para el usuario, ofreciendo unas limitaciones que descubrimos a continuación:

- Mantener un manual de uso actualizado sobre una aplicación que está en continua mejora es un proceso complejo y que requiere de personas específicas para el mantenimiento de la información que contiene. Las imágenes, nuevas opciones y correcciones de mejoras deben ser informadas en todo momento.
- Muchos usuarios no hacen uso de dicho manual, por el largo contenido que contiene (37 páginas con información muy resumida y con alto contenido de valor en su interior). Los usuarios actuales suelen buscar la información de manera más rápida y prefieren un formato de tipo video tutorial.
- Otros usuarios, de carácter experto, tienen unos requerimientos de uso muy específicos y requiere de medidas de contacto y soporte adicionales. Además, en ocasiones es complejo diferenciar si sus necesidades son requerimiento de la aplicación informática o, por otro lado, son necesidades propias y que realmente nos alejan de nuestro objetivo principal.

Para poder cubrir estas necesidades, en lugar de estar actualizando la guía continuamente, hemos decidido realizar las siguientes medidas de gran valor, como son las siguientes:

- Generar un repositorio de código público y accesible a la comunidad.
- Generar una página de proyecto sencilla que incluya toda la información. En dicha página, utilizamos el concepto de RELEASE NOTES y la página de descarga, así como un sistema de notificación de mensajes a los usuarios de la plataforma.
- Generar un sistema de tickets para notificación de anomalías, problemas o solicitud de mejoras en la aplicación.
- Generar un canal de YouTube para la difusión de los video tutoriales.
- Por último, y siendo un canal de comunicación a evitar, se ha realizado el soporte directo.

En este capítulo nos centraremos en la descripción introductoria de cada uno de estos componentes y las ventajas que nos han proporcionado, finalizando con unas notas aclaratorias sobre las limitaciones de la aplicación tecnológica, de la relación con el usuario y de las necesidades que requiere el proyecto actualmente.

12.1 Repositorio de código público

El hecho de realizar una aplicación informática implica tener muchas versiones de líneas de código que van evolucionando continuamente. Para permitir y facilitar la tarea de mantener el código fuente de la aplicación se utilizan los denominados repositorios de versionado de código que permiten almacenar y distribuir la aplicación en internet, ofreciendo varios aspectos a destacar:

- Por un lado, permite el control de los cambios en los ficheros y un registro completo de las modificaciones como si se tratara de un diario. Este tipo de registro permite poder comparar el mismo fichero con versiones anteriores y encontrar los errores que se han generado en el código. Este versionado permite un control exhaustivo y es un estándar en todo ciclo de desarrollo de proyectos informáticos.
- Por otro lado, los repositorios de código nos facilitan la inclusión de los denominados PoC o pruebas de concepto que detallábamos en capítulos anteriores, así como la liberación de las versiones estables de código a partir del concepto denominado RELEASE. Una RELEASE sería cada una de las versiones de código instalables para el usuario. En este sentido el repositorio de código abierto nos permite generar un concepto denominado rama, y que permite que el código vaya sufriendo modificaciones controladas y, en consecuencia, un control exacto de las características e implementación de las diferentes versiones del proyecto, permitiendo corregir cualquier error que pueda suceder.

Este factor es de gran interés, ya que permite manejar nuestra aplicación como si se tratara de un árbol en el que dejamos que las ramas crezcan o que sean cortadas, y tenemos una serie de nodos que permiten controlar cada fichero de forma exhaustiva. Nosotros, como desarrolladores que mantenemos el proyecto, podemos decidir donde permitimos que el árbol crezca o que, en consecuencia, se tengan que podar o eliminar partes de él, permitiendo finalizar tareas que no vayan a ser utilizadas.

En resumen, y sin entrar en mucho detalle, las ventajas de este tipo de infraestructura son claras: permitir controlar los cambios y la liberación de versiones de la aplicación en internet. Todo esto sigue, hoy en día, un paradigma distribuido - con muchas copias de la aplicación -, y se implementa bajo el sistema denominado GIT SCM (GIT Source Control Manager), y requiere del uso de plataformas de internet. Cuando se genera un repositorio de código, se suele optar por una de las siguientes plataformas: www.github.com, www.gitlab.com o www.bitbucket.com.

En nuestro caso, hemos optado por mantener dos proyectos:

- Uno privado en la plataforma de www.bitbucket.com de la prestigiosa empresa Atlassian y que me ha permitido el control de partes de la aplicación y, sobretodo, de la gestión de todos los documentos de esta tesis.
- Uno público, en la plataforma www.github.com, propiedad de Microsoft y accesible a través del enlace <https://github.com/observesport/lince-plus>. En este caso, éste es el repositorio público de LINCE PLUS y que permite que los usuarios puedan descargar las diferentes versiones de la aplicación.

- ⇒ Como curiosidad atractiva, debemos mencionar que LINCE PLUS, al ser un proyecto de código abierto, ha sido uno de los proyectos incluidos en el experimento de Microsoft conocido como Artic Code Vault Project. Este proyecto, cuya página de información detallada se encuentra en <https://archiveprogram.github.com/>, es un experimento para conocer la evolución humana de aquí a 1000 años. Es decir, LINCE PLUS ha sido uno de los proyectos que han sido guardados en una caja negra y escondido en Svalbard (Noruega) bajo el hielo, para ser explorado como parte del conocimiento humano en el futuro, como si se tratara de una copia de la librería de Alejandría.

12.2 Página web de proyecto

El hecho de utilizar los repositorios de código en abierto nos brinda una gran cantidad de ventajas, como son el acceso a herramientas gratuitas para el desarrollo, tal y como vimos con las colaboraciones que hemos podido conocer en el capítulo 7 sobre la implementación de LINCE PLUS. Otra ventaja que tenemos es la sencillez para generar una página web de proyecto, en la que los usuarios puedan conectarse y, sobretodo, encontrarnos al usar motores de búsqueda como pueda ser Google o Yahoo.

Para poder desarrollar esta página, de la manera más sencilla posible, hemos utilizado el concepto de Github Pages que la plataforma Github nos proporciona de manera gratuita. Para su desarrollo, hemos desarrollado la página con un simple fichero de texto markdown con extensión .md, que permite no tener que utilizar HTML o sintaxis que compliquen más la aplicación. Nuestra página utiliza un motor denominado Jekyll, que permite que, con este simple fichero de texto, tengamos toda la información de proyecto y genere la página web de forma automática.

Cabe decir que nuestra página web, accesible a partir de <https://observesport.github.io/lince-plus/>, y que no debe confundirse con el repositorio de código del apartado anterior, nos aporta una serie de funcionalidades que debemos destacar:

- Nos permite mostrar toda la información actualizada del proyecto.
- Permite publicar las denominadas RELEASE NOTES, que son un importante concepto en el que se describen cada una de las mejoras realizadas en cada versión del proyecto.
- Permiten publicar los enlaces para la descarga de las distintas versiones de LINCE PLUS.
- Permite conocer el origen de los usuarios de la aplicación, si los usuarios nos encuentran a partir de buscadores de internet o, por otro lado, acceden directamente a la página.
- Y, una de las más importantes, nos permite la comunicación de mensajes con los usuarios de la aplicación LINCE PLUS que tienen conexión a internet y utilizan versiones obsoletas del software, invitándoles a la actualización del software y el acceso directo a la descarga de la última versión.

El sistema de mensajería a los usuarios ha sido un elemento generado para esta tesis y utiliza un sistema muy versátil, totalmente creado por nosotros y evitando cualquier sistema que pueda suponer un coste:

1. Si el usuario de LINCE PLUS tiene acceso a internet, cuando arranca la aplicación se descarga la información del último proyecto disponible. Para ello, se conecta a nuestra página web y descarga la última RELEASE NOTES.
 2. En caso de que la versión instalada del software sea más antigua que la última versión del software que se ha publicado, mostrará un mensaje al usuario invitando a la descarga.
- ⇒ Como elemento de interés, en futuras ediciones, esperamos poder mostrar otro tipo de mensajes, ya que notificar a los usuarios de otros mensajes permitiría, por ejemplo, enviar un mensaje al usuario para rellenar una encuesta y evaluar la satisfacción con LINCE PLUS.

12.3 Sistema de tickets de usuario y asistencia remota

El soporte al usuario ha sido uno de los elementos más complejos y complicados de documentar. Cuando hemos llegado a una versión estable del software, multitud de usuarios se veían con inquietudes y optaban por la solicitud de soporte.

De alguna manera, en cierto modo altruista, se muestra un mensaje de usuario en la opción de menú de ayuda y se invita a la comunicación de errores o problemas por email. Este factor, debido a la fase en la que los usuarios han pasado de la versión anterior de Lince a LINCE PLUS, ha provocado un cumulo de reacciones y solicitud de soporte para su uso, las cuales se acumulaban en la bandeja de entrada del correo electrónico.

En su mayoría, estas notificaciones de soporte, originadas con un email inicial, provocaban un proceso que, de manera estándar seguía el siguiente esquema:

1. Se establecía el contacto por correo electrónico y se solicitaba la información necesaria para replicar el error. En caso de solución por email, que era en pocas ocasiones, no se accedía a las siguientes etapas. Por otro lado, si requería soporte se accedía al siguiente paso.
2. En caso de no servir el soporte por correo electrónico, se procedía a fijar una fecha para establecer una videoconferencia y un soporte en directo a partir de la aplicación TeamViewer, que nos permite controlar el ordenador del usuario en remoto.
3. Se realizaba el soporte online, mediante conferencia y mediante soporte instantáneo para la resolución de problemas. En esta fase, en donde cada sesión de soporte ha tenido una duración aproximada entre 1h y 2h, se procedía a la notificación de incidencias y enseñanza básico al manejo de la aplicación.
4. En caso de encontrar incidencias en la aplicación, se registraban e implementaban, liberando una versión adicional a la comunidad.

Como se puede intuir, este proceso era realmente pesado y su registro complejo y muy individual. Por eso mismo se habilitó el canal de notificación de incidencias de github para el proyecto, y que es accesible a partir del enlace <https://github.com/observesport/lince-plus/issues>.

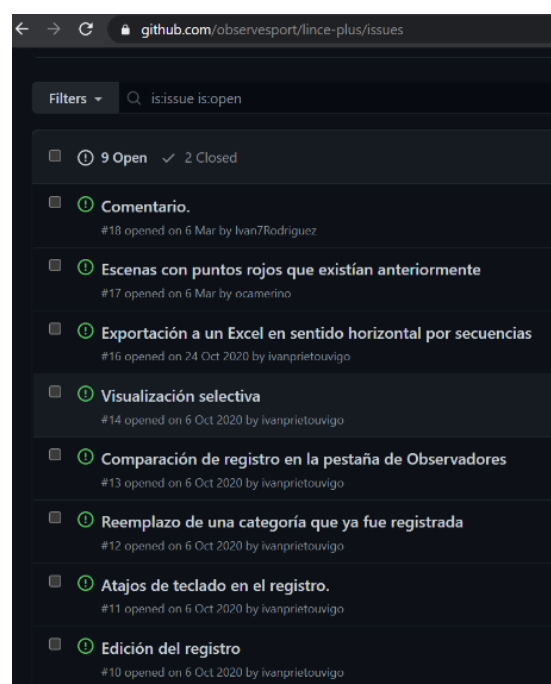


Figura 132. Solicitudes de mejoras registradas por usuarios de LINCE PLUS

⇒ Como elemento de interés, se debe destacar que nunca llegamos a predecir la gran cantidad de tiempo que nos implicaría en lo personal el soporte al usuario. En la gran mayoría de ocasiones ha sido un soporte muy positivo, pero en dos ocasiones hemos encontrado usuarios que exigían y tenían un comportamiento muy negativo, olvidando que se trata de un proyecto gratuito y sin beneficio económico.

12.4 Canal de Youtube

El hecho de tener que dar soporte a una comunidad que ha estado creciendo de forma exponencial, ha forzado que buscáramos nuevas alternativas para agilizar el proceso de soporte, aunque esta alternativa provocara un esfuerzo adicional. En este sentido, y gracias a la colaboración de grandes profesionales del uso de la plataforma y que han realizado innovaciones didácticas en ámbito universitario, como es el caso de Alfonso Valero de la Universidad de Murcia, hemos utilizado la grabación de video tutoriales y la disposición de ellos en un canal de vídeos en Youtube, que está accesible a través del canal <https://www.youtube.com/channel/UCyLQIDtUYWz6dZJ4B2HV-2g> y que se muestra en la siguiente figura:

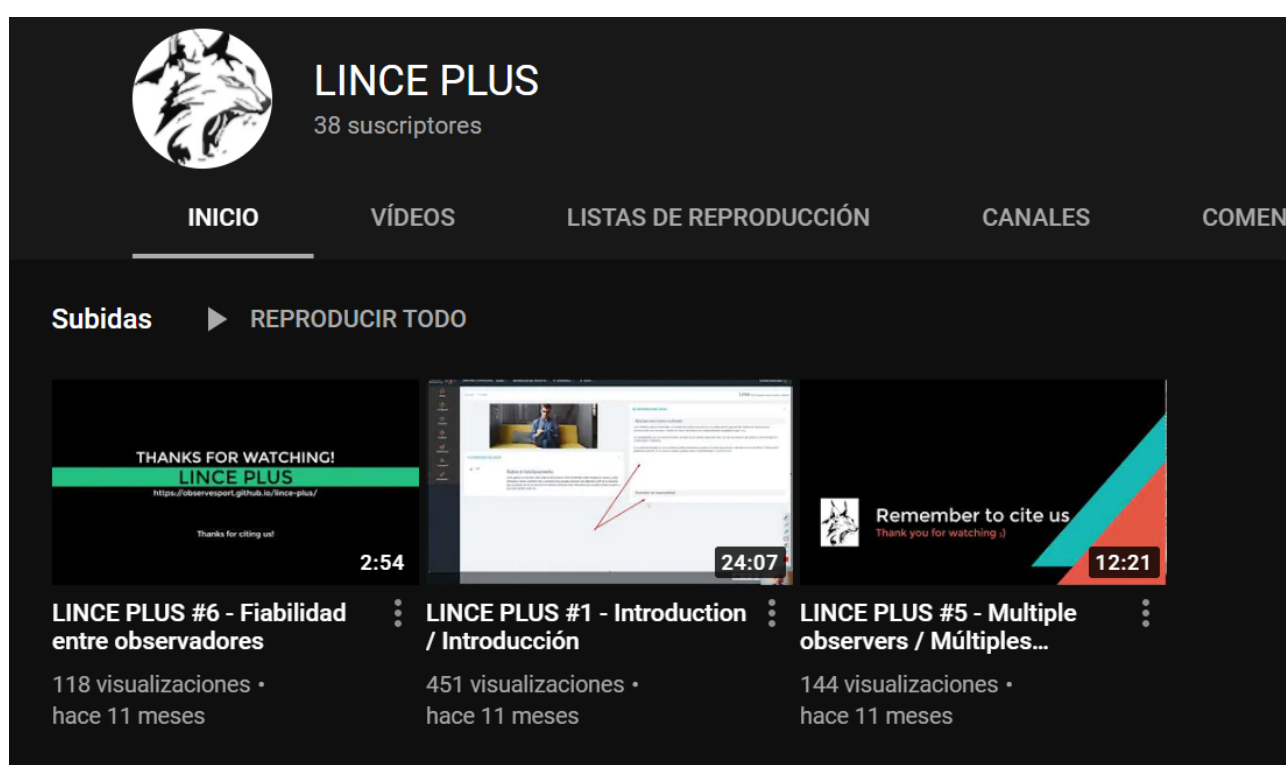


Figura 133. Portada del canal de Youtube de LINCE PLUS, a fecha 20 de abril de 2021.

La generación del perfil y la creación del canal de Youtube permite añadir las aportaciones de cualquier usuario que lo desee. Sin embargo, en el breve intento que hemos tenido para incluir estos vídeos, hemos menospreciado la gran cantidad de trabajo que requiere confeccionar adecuadamente estos vídeos.

Por un lado, debemos disponer de unas guías de trabajo adecuadas que permitan descubrir todas las características de LINCE PLUS, y resulta que, intentar abordar estas características es un proceso muy complejo, por la gran cantidad de detalles ocultos que se encuentran en la aplicación.

Sin duda alguna, el canal de Youtube es la alternativa para minimizar el soporte al usuario y muchos de éstos usuarios están esperando el momento en el que publiquemos más vídeos, pero las necesidades temporales de la publicación de vídeos, la programación de la aplicación, el soporte a la comunidad, la redacción de esta tesis y la confección de artículos de investigación, complican mucho esta ardua tarea. A su vez, consideramos que este canal de comunicación merece ser mejorado a corto plazo y más utilizado.

12.5 Aclaraciones sobre el soporte a la comunidad

El soporte a la comunidad ha sido un concepto que se ha presentado como un arma de doble filo, siendo un elemento con muchos aspectos positivos, pero también con aspectos negativos, generando una gran presión adicional al desarrollo de la aplicación. A continuación, describimos estos aspectos positivos y negativos y aportamos una pequeña conclusión sobre lo que supone este soporte a la comunidad.

Si tenemos en cuenta los aspectos positivos que hemos recibido al realizar el soporte a la comunidad, podríamos mencionar los siguientes:

- Las tareas de soporte nos han permitido conocer la necesidad real del usuario y conocer de primera mano cómo son capaces de utilizar la aplicación. A través de los talleres realizados, del soporte directo por video conferencia y de los diferentes momentos de interacción que hemos podido tener con todos los usuarios y científicos, hemos podido justificar de una manera empírica todas las necesidades que la comunidad investigadora tiene y que han sido reflejadas en la bibliografía analizada en este estudio.
- En consecuencia, hemos podido descubrir no solo las mejoras a implementar, sino los errores a corregir. Por ello, el soporte al usuario ha sido el principal canal de detección de errores y si no tuviéramos peticiones de los usuarios, no hubiéramos conocido, por ejemplo, si un determinado formato de fichero Excel podría generar errores o, por otro lado, si algunos términos que hemos utilizado en la aplicación son incorrectos, como es el término “Escena” que debería referirse como “Episodio”.
- Además, nos ha permitido difundir la herramienta, factor de especial interés para el desarrollo futuro. Aun así, consideramos que LINCE PLUS está muy lejos de ser una aplicación realmente conocida y creemos que debe tener un crecimiento mucho mayor, siendo un proyecto en fase madura y que aporta la estabilidad necesaria para este tipo de herramientas, y por eso hemos mencionado en diversas ocasiones de que requiere mayor soporte institucional.

Por otro lado, no todos los aspectos han sido positivos y, en diversas ocasiones, el soporte a la comunidad ha generado barreras significativas y situaciones complejas de explicar, como son las siguientes:

- Por un lado, las situaciones de carácter personal, que afectan negativamente al desarrollo de la aplicación por el gran impacto que tienen sobre la motivación, y de las que describo con detalle dos de ellas, tal vez las más curiosas y las únicas que han sido realmente negativas, en contraprestación con el gran número de aportaciones y feedback positivos de la comunidad:
 - o En cierta ocasión, durante un soporte a un usuario, que requería en diversas ocasiones de soporte por videoconferencia, nos encontramos un mal uso de la plataforma, en donde el instrumento de observación se iba modificando continuamente en lugar de tener una base estructurada que mejore. En consecuencia, se generó un estudio de una observación de varios partidos que era totalmente inconexa e incoherente. Imagínese un criterio de observación denominado “pase” que pase a denominarse “asistencia”, con un código diferente. Si el código se ha cambiado, no tenemos opción de conocer el cambio que se ha realizado, ya que se ha modificado el código que se ha utilizado el registro ya observado. En tal caso, se culpó al software del error y

la relación con el usuario fue muy tensa. LINCE PLUS es un software libre y gratuito, con un desarrollo casi altruista, pese a haber tenido apoyo inicial del INEFC, y que ha supuesto una gran presión para poder conseguir el resultado esperado. Este tipo de situaciones, por usuarios con poca experiencia, genera una dinámica negativa y de culpabilidad sin sentido que ha supuesto una gran molestia personal.

- En otra ocasión, fue un evento que preparamos con una presentación de la mejorada versión de LINCE PLUS. En dicho evento, preparamos una presentación de LINCE PLUS que era muy dinámica y energética con una previsión y dotación de espacio de 45 minutos. Sin embargo, durante la evolución del evento, se desplazó la presentación de LINCE PLUS, apartando de horario y de ubicación, limitando la posibilidad de atender a posibles usuarios de la aplicación por lo remoto y confuso del cambio, sin informar de nada a ningún usuario, dejando sólo 8 minutos de margen en lugar de los 45 minutos iniciales. Dicha presentación tuvo muy poca asistencia y, aunque consideramos que tuvo más trascendencia personal que profesional, accedí posteriormente a la sala principal del evento. Lo gracioso de dicha situación es que los organizadores hacían referencia a un estudio realizado con la versión anterior de Lince, en una sala completa y sin asientos libres, sin conocer que LINCE PLUS había sido presentado en otra sala sin asistencia. Además de la graciosa coincidencia, en el turno de preguntas, se mencionaba otra vez a Lince y preguntaron si había evolucionado la plataforma. Tardé poco tiempo en levantar la mano y mencionar que la nueva versión había sido presentada en ese mismo evento sin ningún tipo de asistencia.
- Por otro lado, quitando estas situaciones personales, que afectan de manera subjetiva al desarrollo de la herramienta, nos encontramos con dos factores de gran peso que son más tangibles y que deben ser mencionados de forma clara:
 - Consideramos que muchas publicaciones no mencionan al software, a pesar de estar utilizándolo. Esta afirmación es de fácil comprensión y de fácil comprobación: A finales de abril de 2021, nos encontramos con un histórico de uso de más de 12.000 usuarios en LINCE PLUS, y los vídeos de YouTube, cuyas estadísticas son directas hacia el usuario suman un total de más de 800 visualizaciones. Sin embargo, cuando buscamos en WoS (Web of Science), vemos que tan sólo 10 artículos mencionan a LINCE PLUS. Este factor es desmotivante y totalmente incoherente, ya que las estadísticas de uso muestran lo contrario y la única alternativa posible es que, realmente, se esté usando el software y no se le esté citando, lo cual va en contra de los principios de uso de la aplicación y que se mencionan en todo momento y en todo lugar que podemos: en la aplicación informática, en la página web, en los artículos y en cualquier evento en el que participamos.
 - Estar abierto a cualquier solicitud de mejora por parte del usuario final ha provocado que el soporte al usuario haya vislumbrado aspectos negativos, frutos de una comunicación en abierto, en donde en ocasiones hemos tenido una lista de peticiones de mejoras y cambios en el software realmente desbordante. De hecho, ha sido complicado diferenciar las mejoras que son realmente necesarias, a las mejoras que tienen poco impacto sobre la aplicación.

En conclusión, nos encontramos que la interacción humana del software, en base al soporte que hemos realizado, ha provocado una serie de emociones inesperadas, siendo, principalmente, un gran peso sobre la

espalda y la necesidad imperativa de responder a una comunidad de usuarios creciente. Estos usuarios han sido, en su mayoría, grandes personas y colaboradores, pero, en ocasiones, han llegado a cubrir toda la ventana temporal que tenía disponible en el día y llegando a bloquearme en diversas ocasiones, al tener que realizar, a la vez, mejoras en el desarrollo del software, comunicaciones en congresos, eventos o artículos, redacción de la tesis y soporte al usuario, compaginando todo ello con un trabajo a jornada completa.

En conclusión, la comunidad de usuarios ha sido un motor indispensable para la mejora de LINCE PLUS y sin el cual, no habiéramos llegado al resultado actual. Nunca me hubiera imaginado que el soporte a la comunidad pudiera ser tan exigente y que, por ello, en ocasiones he pensado que hacía el trabajo de 3 personas a la vez. Sin embargo, en los momentos de saturación siempre aparecían la función de mis directores, Oleguer Camerino y Marta Castañer, los cuales me encaminaban y simplificaban la toma de decisiones, siendo una relación muy positiva para poder reconducir los esfuerzos y el tiempo que tenía disponible, ya que este trabajo ha sido fruto de una dedicación parcial, alejada de mi fuente de ingresos y trabajo principal.

Todo esfuerzo lleva una recompensa, y no es sólo el desarrollo de LINCE PLUS y ver cómo está siendo utilizado, sino que, en esta sensación de búsqueda de recompensa, el feedback de la comunidad es un gran elemento y de vital importancia, que, junto al hecho de haber ganado un concurso nacional de programación gracias al módulo de cálculo estadístico de R incluido en LINCE PLUS, suman una gran cantidad de valores positivos que he obtenido durante el desarrollo de esta tesis y de esta aplicación.

12.6 Prospectiva de futuro

El resultado conseguido con LINCE PLUS es muy satisfactorio y es un proyecto que nos llena de satisfacción por el gran impacto en el uso que está teniendo, la complejidad de su desarrollo y el gran resultado de la aplicación, en donde cada detalle ha sido cuidado al máximo y analizando por todo el grupo de investigación.

Independientemente de que consigamos realizar nuevos proyectos futuros que se desarrollen a partir de LINCE PLUS, nuestra ATD-TR tiene aún detalles a mejorar y muchos aspectos que pueden ser un paso intermedio para poder desarrollar nuestros deseados proyectos de Lince Mobile y Lince Cloud. Sin embargo, para poder llegar a evolucionar nuestra plataforma necesitamos a corto plazo solucionar los siguientes aspectos:

- **Debemos promocionar la herramienta a la comunidad internacional.** Para ello, se debe traducir la aplicación a todos los idiomas posibles para facilitar el uso por cualquier tipo de usuario. De hecho, debemos aumentar el uso en todos los países de habla no hispana. Nuestro grupo de investigación está esforzándose continuamente en esta línea, en donde ya hemos conseguido traducir completamente al inglés y estamos haciendo un esfuerzo para promocionar la aplicación informática en revistas de impacto.
- **Debemos mejorar la comunicación con el usuario.** En este sentido, debemos entender que mejorar la comunicación no nos referimos a aumentar la comunicación. Nos referimos realmente a *automatizar* la comunicación para evitar el contacto directo y utilizar dicha medida en momentos sensibles o de gran importancia. Para poder cumplir con este apartado debemos mejorar los videos tutoriales, automatizar la creación de subtítulos o realizar grabaciones del vídeo en otros idiomas, ya que esta inversión de tiempo permitirá la difusión de la herramienta y nutrirá a la comunidad internacional.
- **Debemos potenciar la citación para facilitar el impacto de LINCE PLUS.** Cuando analizamos el número de usuarios de la aplicación y el número de citaciones de nuestras publicaciones nos encontramos con un gran impedimento. De todas las universidades que hemos contactado directamente son pocas las que han realizado la publicación y citación mencionada. En este sentido puede ser que nos encontremos con un doble factor: o no se realiza la citación adecuadamente o realmente la mayoría de publicaciones no ven la luz.
- **Debemos recibir apoyo institucional.** Este es, posiblemente, el apartado más preocupante de todos. El desarrollo de nuestra ATD-TR ha tenido un apoyo institucional inicial, pero, como hemos destacado en varios apartados, dicho apoyo ha sido realmente poco significativo en comparación con la magnitud real del proyecto. Aunque la aplicación haya sido desarrollada con herramientas gratuitas y sea disponible a la comunidad de forma gratuita el desarrollo del software tiene un coste muy elevado por la gran necesidad temporal que requiere, y este factor no debe olvidarse. Sin dedicación horaria, el proyecto no evolucionará y se estancará. Y la única solución es el apoyo institucional.
- **Debemos proteger la propiedad intelectual.** El hecho de tener un proyecto de gran valor como una herramienta de código libre al que cualquier persona pueda acceder puede tener problemas de implantación según el tipo de licencia y el uso que se le dé al código.

En conclusión, LINCE PLUS es una aplicación de gran valor que no puede quedar olvidada. Ha sido un gran honor poder desarrollarla y, con ello, cumplir uno de los deseos más importantes de mi vida: esta tesis.

Parte IV. Anexos

INTRODUCCIÓN

En esta apartado nos dedicamos a plasmar algunos aspectos determinantes en la difusión de LINCE PLUS y que son de interés por varios aspectos: Por un lado, pretenden dar soporte a la comunidad a partir de la elaboración de documentos informativos para el manejo de la aplicación y la petición de ayuda en posibles problemas que se puedan generar. Por otro lado, mostramos las investigaciones publicadas más relevantes y que se han realizado durante el proceso de elaboración de esta tesis.

CONTENIDO DEL CAPÍTULO

1. Manuales
2. Herramientas generadas para el soporte de la comunidad
3. Artículo - LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis
4. Artículo - Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS
5. Artículo - LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health

Anexo I. Manual de uso básico

El manual que se presenta a continuación es fruto de la primera edición de la aplicación y, pese a no estar actualizado a las últimas opciones, permite comprobar varios aspectos de interés, como son los siguientes:

- El complicado proceso de instalación que existía en la primera versión de la aplicación LINCE PLUS
- Esta documentación está en formato web, en formato presentación para los talleres y disponible en español y en inglés. Por simplicidad, se incluye sólo el formato en español.
- La necesidad de soportar una guía tradicional para todos los usuarios y que esté disponible con la aplicación para facilitar la consulta en caso de no estar conectado a internet.

Esta guía tiene una serie de características esenciales, al ser una guía desarrollada para la primera versión estable de nuestro software. Estas características son, entre otras: una mayor complejidad de uso que la que presenta la versión actual, la necesidad de simplificar visualmente el uso y la necesidad de aportar una serie de conceptos técnicos para la resolución de problemas.

El documento presentado a continuación se incluye intentando respetar el formato original del documento, por lo que, al estar preparado para un formato de pantalla se verán ciertos desajustes. Sin embargo, la lectura se puede realizar con un formato muy visual.

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

LINCE PLUS

Manual de instalación y uso

Aplicación informática para la automatización de registros observacionales



Este software se ha desarrollado en el marco del Proyecto coordinado I+D+i *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective* (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0] (2019-2021), y ha sido financiado por el *Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya* (INEFC)

Alberto Soto¹, Oleguer Camerino¹, Marta Castañer¹, Xavier Iglesias² y M. Teresa Anguera³

¹Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC) -Universitat de Lleida (UdL)

²Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC) -Universitat de Barcelona (UB)

³Universidad de Barcelona (UB)

Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behaviour Video Analysis. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 149-153. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Información sobre Lince

La presente información recoge los pasos iniciales para poder instalar y utilizar Lince Plus sin conocimiento previo.

Lince es un proyecto gratuito y de código abierto que surge desde el ámbito universitario para facilitar la labor investigadora y divulgativa. Te agradecemos que facilites su difusión y su citación ya que tan sólo así podremos seguir creciendo.

El primer artículo que debes consultar es el siguiente <https://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=1889>

Para los usuarios de la versión anterior a Lince, hasta Lince 1.4, se recomienda su revisión, aunque la transición del proyecto se ha intentado hacer lo más sencillo posible.

LINCE PLUS es un programa que evoluciona Lince incluyendo una serie de características que aumentan las necesidades del sistema, por lo que está pensado para ejecutarse en ordenadores relativamente potentes.

Requerimientos del sistema

Requerimientos mínimos:

- Java 1.8 o superior
- Sistema operativos Mac OS, Linux o Windows

Requerimientos deseables:

- Windows 10 o Mac Os Mojave
- Más de 4 GB RAM
- Java 1.8 o superior
- Procesador Intel i5 (7a gen) o superior

2 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

LINCE PLUS ejecuta un servidor interno que demanda más potencia de cómputo de la esperada en anteriores versiones. Toda la información queda totalmente protegida bajo los recursos de administración del sistema.

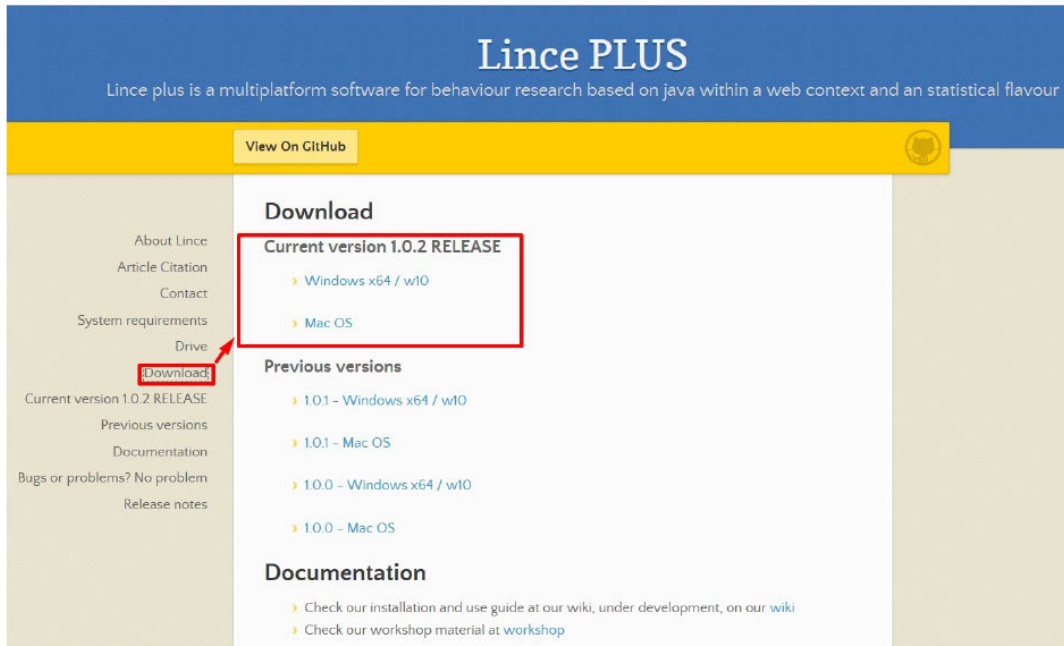
Instalación de LINCE PLUS

Lince plus puede ser descargado desde la página web oficial de <https://observesport.github.io/lince-plus/>

Al acceder a la web se recomienda descargar la última versión disponible. Cada versión incluye nuevas funcionalidades y corrige problemas que los diferentes usuarios van reportando. Para ver las difentes versiones y los cambios introducidos consulta el apartado "release notes" de la página web.

3 de 37

20/11/2019 16:27



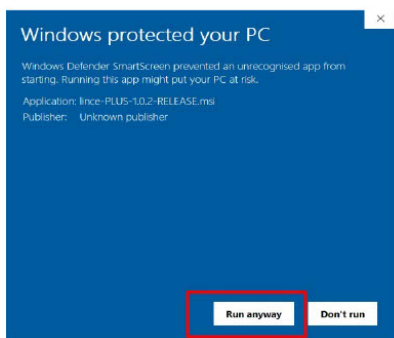
Instalación en windows

Para instalar LINCE PLUS hay que seguir los siguientes pasos:

- Visitar la página web <http://observesport.github.io/lince-plus/> para obtener el programa LINCE PLUS en el apartado de

“descargas” pulsando en el enlace y ejecutar.

- Si te sale un mensaje de protección en windows 10 autoriza la instalación. El software no es malicioso.



- Ir pulsando “siguiente”, “acepto condiciones” e “instalar” para preparar el proceso de instalación (Figura 1). Después preguntará si existe una versión anterior, y en este caso hay que seleccionar “modificar” (Figura 2).

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



- En esta versión hay que utilizar java 1.8. Es posible que pregunte; haga la selección adecuada o descargue automáticamente la versión en el sistema (Figuras 3 y 4).

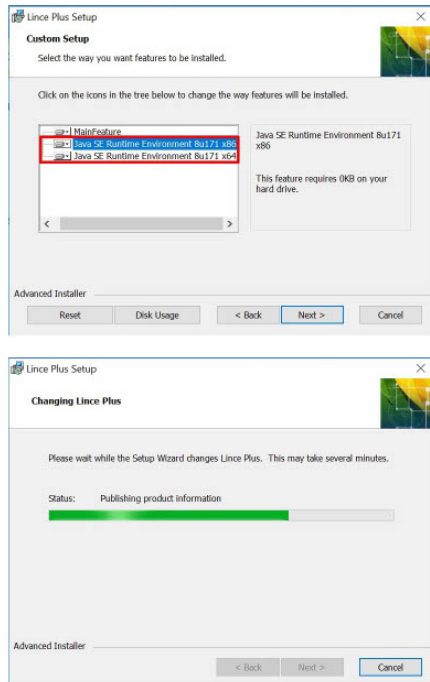
6 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Una vez aceptado empieza el proceso de instalación. Procede a la siguiente pantalla.



7 de 37

20/11/2019 16:27

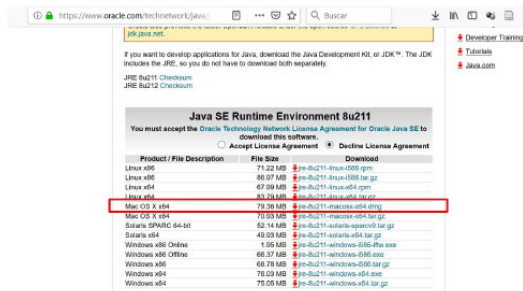
LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Una vez ha instalado la versión de java, el instalador finalizará con la instalación de LINCE PLUS. Estará su icono en el escritorio para su ejecución.

Instalación en Mac os

- El instalador de Mac os está en proceso de generación, para facilitar la instalación de java 1.8. Por ahora, la instalación de java 1.8 es manual.
- Para instalar la versión de java 1.8, debes registrarte en la web de oracle y descargar el fichero JRE para mac os disponible en <https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jre8-downloads-2133155.html>



- El siguiente paso es abrir el fichero .zip de lince-plus y ejecutar directamente.

Utilización de Lince Plus

En este apartado se explican las funciones de LINCE PLUS. Se recomienda leerlo detenidamente, probando las acciones que se exponen en el propio programa para comprender su funcionamiento.

8 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Para ejecutar LINCE PLUS podemos clicar el acceso directo del escritorio o buscarlo entre los programas mediante el botón de Inicio. ==> Página inicial

Para ejecutarlo hacer doble click en el icono del escritorio y se iniciará LINCE PLUS en la pantalla de inicio (Figura 7).



Lince plus ha sido pensado para que la sencillez hacia el usuario sea la mayor posible, pero, al incorporar el uso de tecnología web requiere que tengas presente que posee dos componentes: la aplicación de escritorio y el acceso web que la propia aplicación te genera.

Para empezar a ejecutarlo haz doble click en el icono o ejecutable de lince y verás la pantalla de carga.

El entorno de Lince Plus

El entorno de LINCE PLUS se divide en dos zonas bien diferenciadas:

- La aplicación de escritorio o servidor (Lince desktop). Se encarga de guardar la información, gestionar los videos a observar y realizar todo tipo de importaciones o exportaciones y también se utiliza para gestionar los datos del registro.
- La aplicación web (Lince web). Solo funciona si LINCE PLUS desktop está en ejecución. Permite realizar la interacción con los

9 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

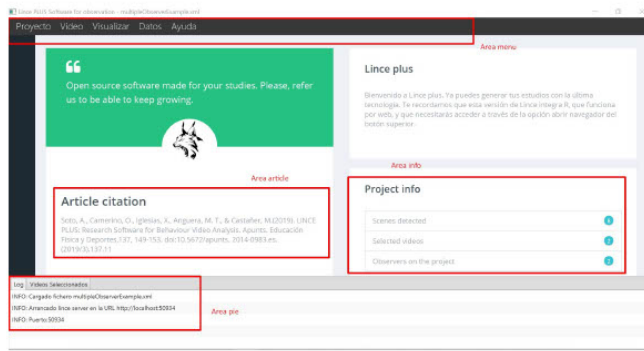
<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

datos y el análisis de la investigación.

La aplicación de escritorio

Desde esta aplicación se puede gestionar toda la información del proyecto y tiene 4 áreas de trabajo (Figura 8):

- Área de menú: Desde aquí se pueden gestionar los proyectos de investigación, los videos seleccionados y la interacción con otras aplicaciones que se utilicen.
- Área info: En esta zona se halla un resumen del proyecto. Si alguien está conectado se ve cómo las escenas, los observadores u otros datos van variando.
- Área artículo: Aquí está disponible el enlace de la publicación para consultarla.
- Área inferior o pie: Se puede controlar el uso del programa y en Windows muestra el último proyecto, además de informar el PUERTO en el que se está ejecutando. Este aspecto es de vital importancia y se detalla en el apartado "primeros pasos con LINCE PLUS"



10 de 37

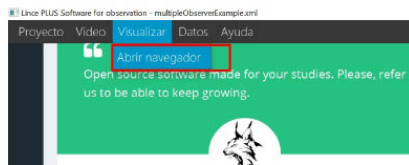
20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

La aplicación web

Se accede a LINCE PLUS desktop y al seleccionar "Visualizar" → "Abrir navegador" se abrirá una pantalla en el navegador.



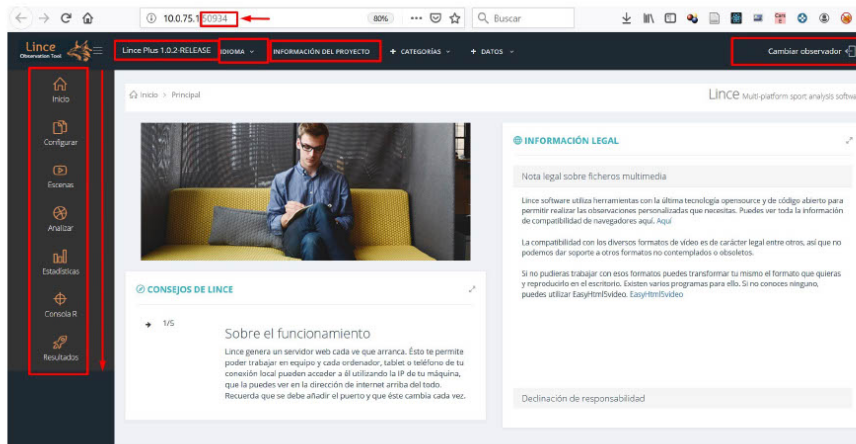
En la barra superior del navegador se puede detectar la dirección de acceso al portal web de Lince. La dirección será un valor similar al siguiente: <http://192.168.1.10:555>. Si se observa la figura 8, en el área inferior se puede observar un valor denominado "puerto". Dicho valor, junto con la IP del ordenador permiten generar la dirección de acceso a la aplicación web (Figura 10).

11 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



En esta ventana de navegador se puede encontrar (Figura 10):

- Menú superior. Aquí se halla la versión que se está ejecutando, selector de idioma y modificación de la información general del proyecto. A la derecha se puede ver una opción para cambiar de observador. Estos aspectos se detallan en el apartado "Primeros pasos con LINCE PLUS" y en el apartado "Trabajo en grupo".
- Menú lateral. Mediante los iconos de esta zona es posible la incorporación a las distintas fases de la metodología observacional, empezando con la construcción del instrumento de observación para después seleccionar los momentos o episodios que se quieren registrar y proceder a su fase de análisis. A partir de ahí, hay un motor sencillo de gráficas que resume lo que se ha observado y un apartado específico para la interpretación de resultados pudiendo programar los

12 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

resultados con R directamente o hallando estadísticamente la fiabilidad entre diversos observadores.

Como pauta general, en cada pantalla hay una serie de iconos que permiten mover el panel, maximizar, minimizar o distribuir la zona de trabajo. El icono superior derecha permite ampliar el panel a pantalla completa, y al volver a seleccionarlo vuelve a minimizar al tamaño original. El menú lateral se puede ocultar.

Primeros pasos con LINCE PLUS

Cuando se empieza a utilizar LINCE PLUS se debe tener claro el objetivo del proyecto de investigación para poder generar la estructura del proceso a seguir. Lo primero que hay que plantearse es lo siguiente: - ¿Cuántos observadores participan en el proyecto? - ¿Se ha construido el instrumento de observación? - ¿Cuántos y qué videos voy a observar? ¿Tienen la misma duración?

Configuración del instrumento de observación

La construcción del instrumento de observación es la primera etapa del proceso. Se puede plantear tanto para diseños unidimensionales como multidimensionales.

La tipología del instrumento de observación incluye sistema de categorías (habrá una dimensión o criterio), formato de campo (habrá varias dimensiones o criterios y catálogos de conductas para cada uno de ellos), o formato de campo combinado con sistemas de categorías (habrá varias dimensiones o criterios y sistemas de categorías o catálogos de conductas según las características de cada dimensión o criterio).

Con la opción CONFIGURAR del menú lateral izquierdo se puede generar la estructura del instrumento de observación, especificando primero los criterios / dimensiones y después las categorías / catálogos de conducta de forma muy sencilla, y ordenándolos intuitivamente mediante los iconos mostrados en la imagen. Al presionar el botón GUARDAR se muestra un mensaje de confirmación.

13 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

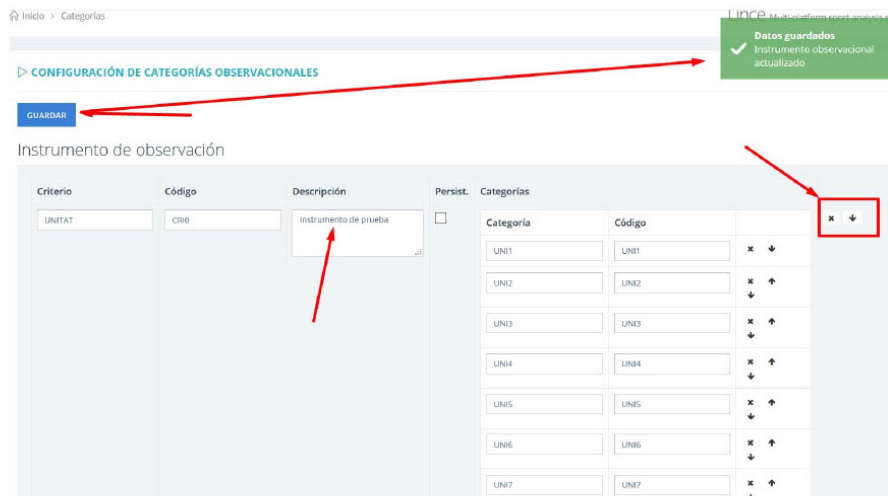


Figura 11: Configuración del instrumento de observación

El instrumento de observación estará disponible para todos los usuarios conectados al mismo proyecto.

Configuración automática del instrumento de observación

LINCE PLUS permite generar un instrumento automáticamente, creando las claves y codificación de forma rápida y sencilla. Recomendamos esta opción si se desea avanzar rápidamente o preparar pruebas que se quieren editar posteriormente. Para ello se genera un instrumento vacío como el de la imagen adjunta y al guardar introduce todos los campos automáticamente,

14 de 37

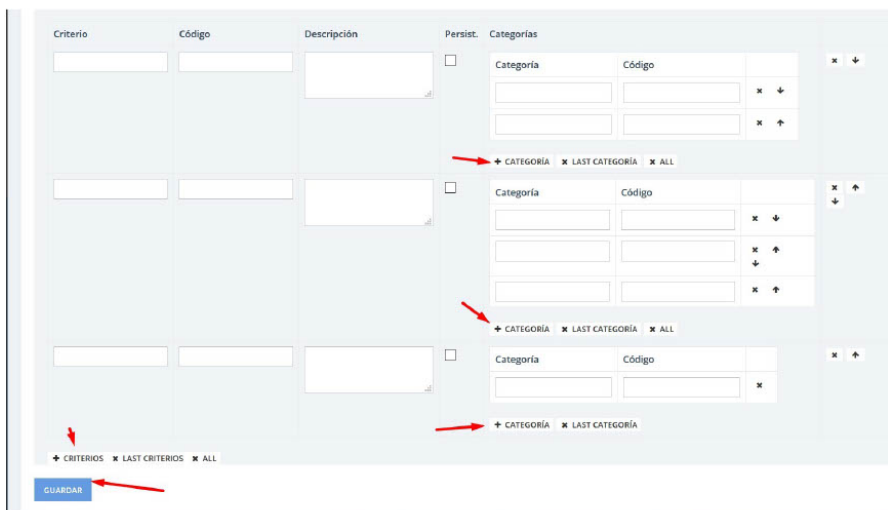
20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

denominándolos de forma secuencial.

Simplemente selecciona las opciones de añadir con el símbolo + y genera todos los criterios / dimensiones y categorías / conductas que se deseen sin introducir ningún texto o sólo los valores que interesen. Esta opción es muy útil si la denominación todavía no es definitiva o si se quiere empezar directamente de forma totalmente inductiva. En la siguiente imagen se puede ver el resultado generado.



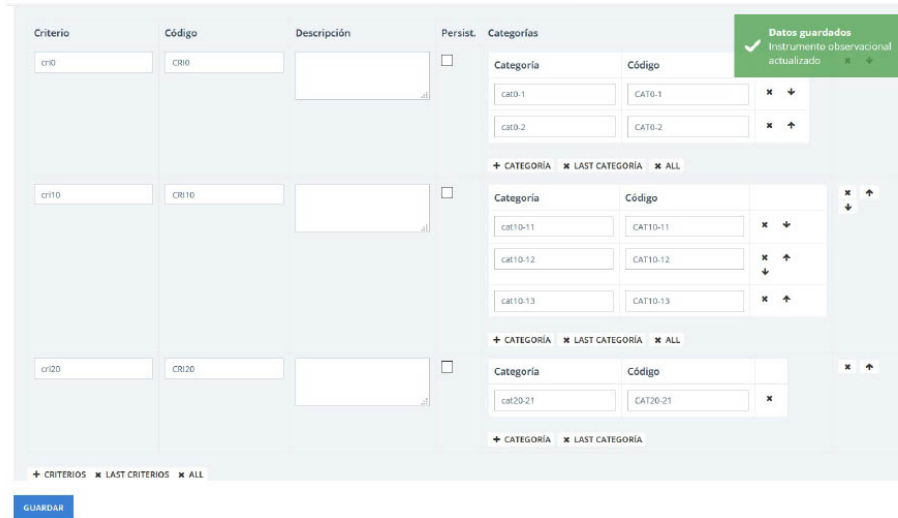
15 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Se puede ver como al seleccionar GUARDAR la información se rellena automáticamente. A continuación, se pueden editar los valores que se deseen, pero sin olvidar GUARDAR antes de abandonar esta opción.



Selección de vídeos

LINCE PLUS permite la carga simultánea de varios vídeos.

Para acceder a su selección hay que usar la aplicación Lince desktop. En el menú superior hay la pestaña "Video" → "Seleccionar

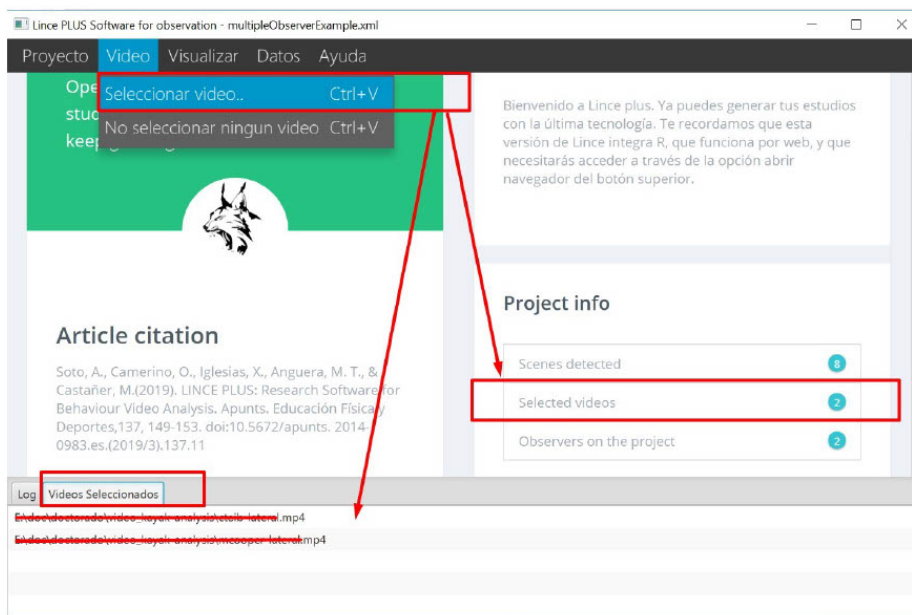
16 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

videos". Si se desea borrar toda la selección existe igualmente la opción para ello. En la parte inferior de la pantalla hay una opción de pestaña denominada "Videos seleccionados" que se actualiza con la selección efectuada. También se puede ver en "project info" la opción de cuántos vídeos hay seleccionados.



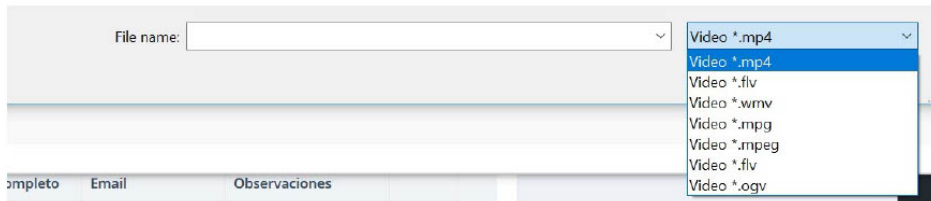
17 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

En el selector de videos se despliega la relación de formatos soportados. Como LINCE PLUS utiliza el navegador web para la reproducción de videos, el formato de video debe ser reproducible por el navegador del usuario. En caso de que se utilicen otros formatos, se deberán convertir a un formato compatible.



En caso de que se deban visualizar varios videos de forma simultánea, hay que asegurarse de que tengan la misma duración, pues de lo contrario LINCE PLUS no podrá saber qué marca temporal del video debe utilizar para realizar el registro.

Otro aspecto a tener en cuenta es el tamaño del video. Todos los videos seleccionados se cargan en el ordenador de forma simultánea. Si se seleccionan varios videos de 2gb, el ordenador debe ser capaz de reproducirlos.

Número de observadores

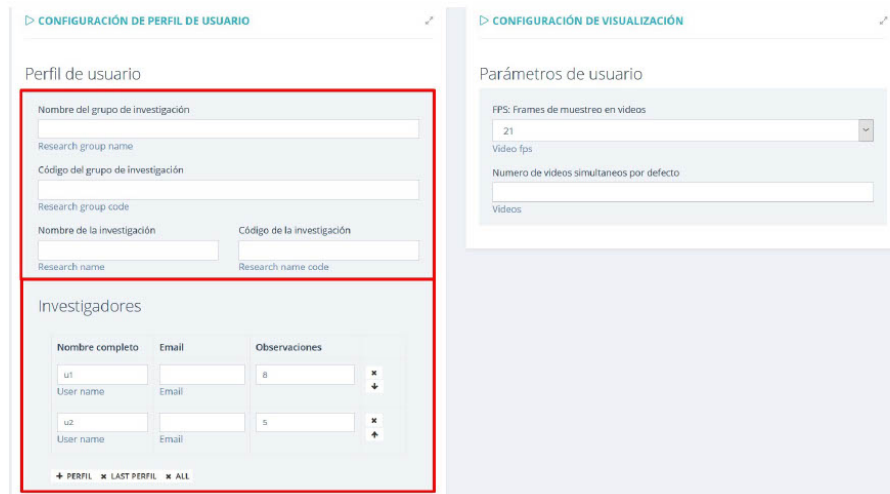
Si solo hay un observador en el proyecto, no es necesario que se rellene esta configuración, y el programa actuará de forma transparente. Sin embargo, si participan 2 o más observadores se debe especificar desde el inicio.

18 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



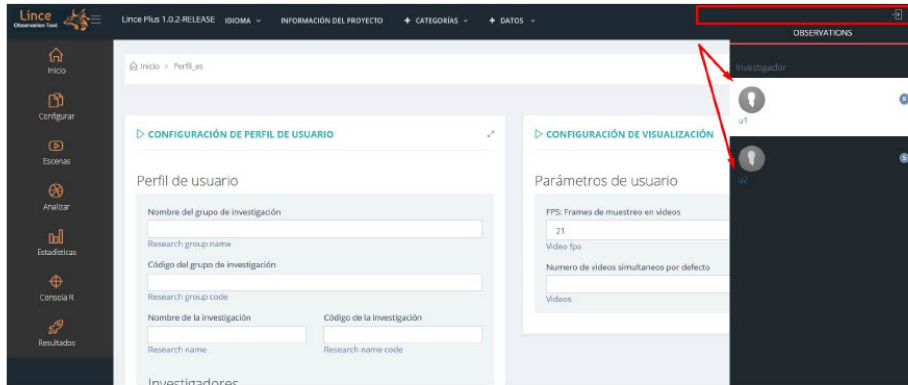
En el botón superior del entorno web hay la opción "Información del proyecto". Es importante definir desde el inicio cuántos observadores van a realizar la observación, y se deben rellenar los diversos campos y después seleccionar el botón en la parte superior derecha para "guardar todo".

19 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



Ahora hay que navegar a otra opción para que se actualice la página y seleccionar el botón derecho en la barra superior y seleccionar "Cambiar observador".

Para cambiar de observador se selecciona uno de ellos y se marca como activo. Al seleccionar USUARIO se identificarán los registros que ha visualizado y las marcas temporales.

20 de 37
LINCE PLUS

20/11/2019 16:27
<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

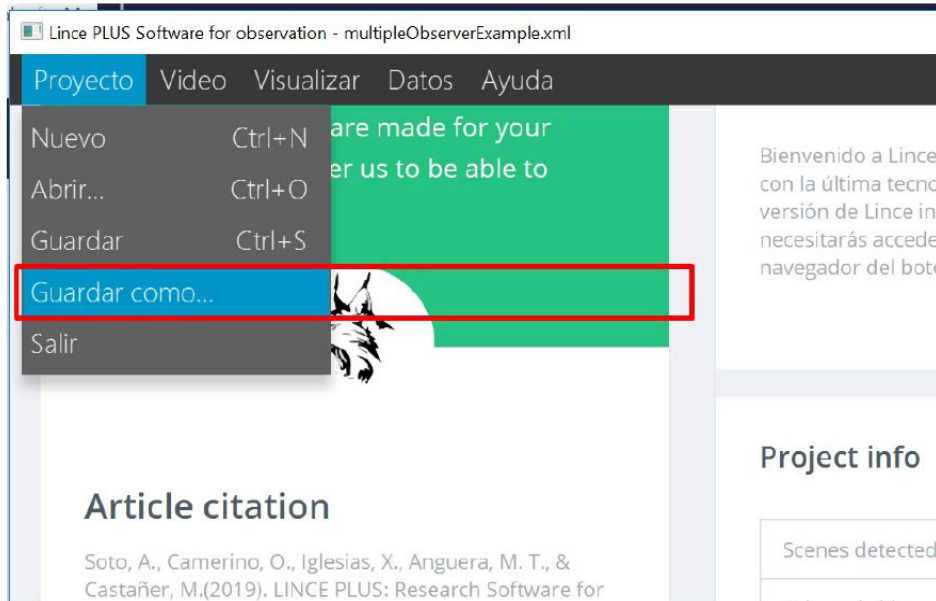


Información del proyecto

Una vez hemos configurado videos e información del proyecto te recomendamos que guardes tu proyecto para no perder datos. Para ello selecciona en Lince desktop la opción Proyecto → Guardar Como

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



Al cerrar Lince Desktop pregunta si se quiere guardar el proyecto, aunque se recomienda ir guardando el proyecto continuamente.

En entorno Windows, cuando se inicie LINCE PLUS la próxima vez, cargará el último proyecto guardado automáticamente. Esta opción es muy útil para seguir trabajando en la misma investigación.

22 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

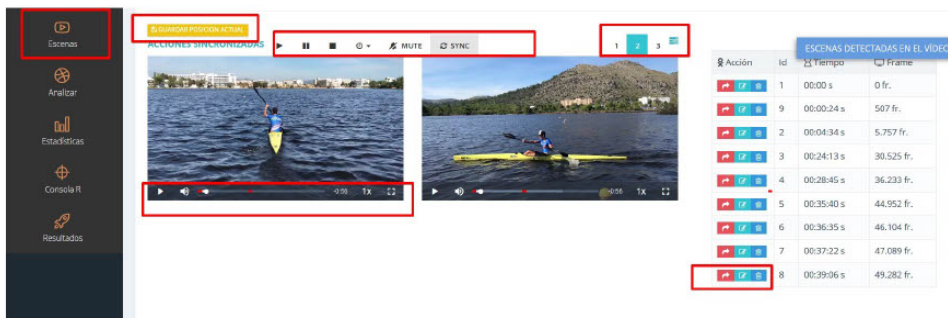
<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Si se dispone de un proyecto realizado con Lince 1.4 o anterior también soporta la incorporación de la investigación como registro o como instrumento. Se puede ver este aspecto detallado en la sección sobre importación y exportación a herramientas externas.

Delimitación de episodios a observar

La delimitación de episodios es un apartado nuevo que permite materializar el muestreo observacional. Se previsualizan los videos, se selecciona qué se desea observar y se pueden añadir comentarios adicionales.

Se accede a esta opción desde el apartado "Escenas" en el menú lateral. Antes hay que haber seleccionado videos a registrar.



En este reproductor hay varias áreas de trabajo:

- Un reproductor de video sincronizado que reproducirá todos los videos incluidos simultáneamente. El botón SYNC permite sincronizar los videos respecto al mismo momento de reproducción que hay en el primer video. También se puede controlar la velocidad de reproducción de todos los videos.
- Un control individual para cada video, que permite controlar todos los aspectos, incluyendo velocidad de reproducción.

23 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

- Un selector de cuántos videos se desea visionar ver conjuntamente que modifica el tamaño.
- Un menú de episodios detectados. En cada episodio se puede:
 - Reproducir: Un botón rojo que salta al instante del video que se ha guardado.
 - Editar: Un botón de editar para añadir un comentario.
 - Eliminar: Permite borrar la escena introducida y los registros observados que contenga

Análisis

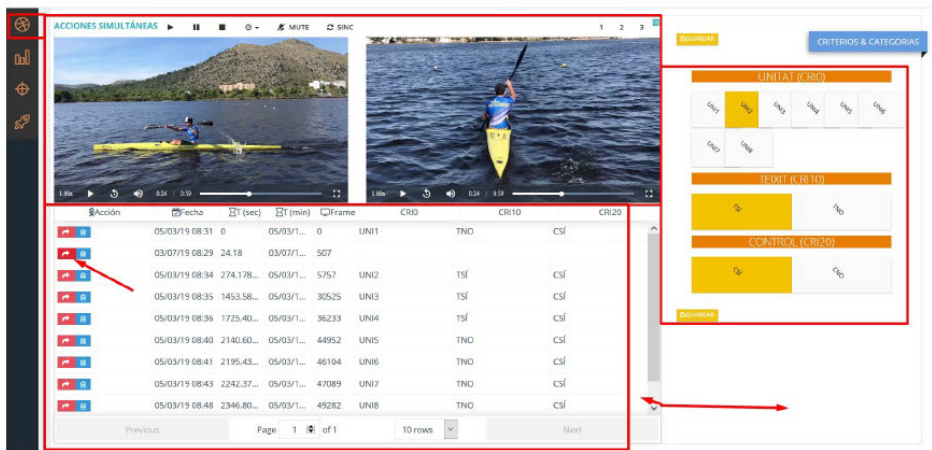
Esta opción es la principal zona de trabajo para la observación. Se ha intentado simplificarla al máximo y que sea semejante con la versión anterior de Lince. Se hallan todos los episodios introducidos anteriormente con los registros observados.

24 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



En esta pantalla se muestran diversas secciones:

- Zona de reproducción: El reproductor tiene el mismo uso que el anterior y en la zona lateral derecha hay el instrumento de observación.
- Zona de registro: Se visualizan todos los episodios seleccionados hasta el momento con los valores de observación introducidos. Todos los valores son ordenables y editables. Si se desea modificar alguna observación hay que presionar el botón rojo, y guardar la nueva observación en la zona de instrumento.
- Zona de instrumento: Aquí se puede marcar qué se está observando en los videos. Al guardar se genera un episodio nuevo e introduce la marca temporal del primer video, de forma similar a los episodios.

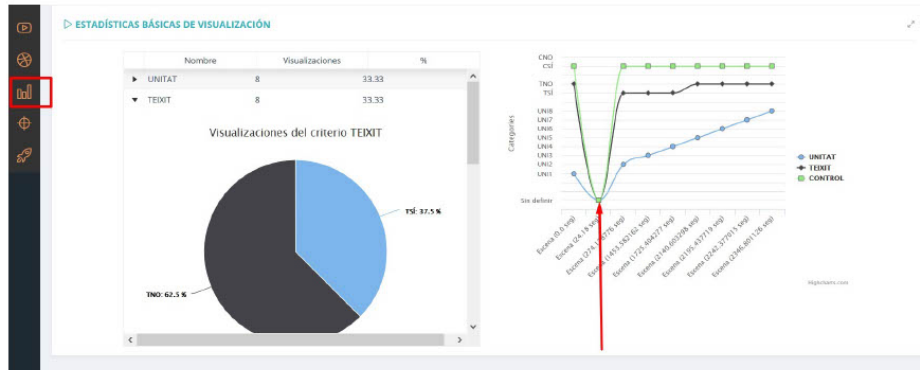
25 de 37

20/11/2019 16:27

- Zona adaptativa: Son unos controles en forma de línea que permiten adaptar el área de trabajo destinada a video y a instrumento.

Graficación del registro

Esta opción es de carácter informativo para analizar visualmente el registro. Permite elaborar gráficos que pueden resultar útiles al investigador. En el ejemplo siguiente se puede ver como hay un momento en el que aún no se ha registrado ninguna observación en el episodio 24,18.



Permite visualizar la aparición de los elementos del instrumento de observación en porcentajes y poder ver la tendencia de estos en los distintos episodios del registro.

Análisis de datos

LINCE PLUS permite generar los resultados automáticamente sin la incorporación de herramientas externas, ya sea utilizando el lenguaje de programación R o mediante la comparación automática de varios observadores para el cálculo del índice de acuerdo (control de calidad del dato).

Resultados estadísticos mediante R

Este es uno de los grandes avances de LINCE PLUS, ya que éste incorpora el lenguaje de programación R en su interior. Si se accede a la opción de consola R hay un componente que permite calcular tus resultados en base al análisis realizado.

Para poder utilizarlo correctamente hay que tener conocimiento del lenguaje de programación R.

- En la zona izquierda hay un área para introducir el código de programación y un botón para su ejecución. En la zona superior

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

se hallan las variables R que están cargadas desde Lince y que se puede utilizar en el código de programación. Al presionar EJECUTAR se mostrará en el panel de resultados.

- En la zona derecha se puede ver el texto con los resultados de tu cálculo.
- En la zona inferior hay una sección de AYUDA para ampliar la información.

Las gráficas de R no están incluidas, pero se puede acceder desde R-Studio directamente. Se puede consultar el apartado de características especiales para ello.

A diferencia de R, necesitamos que introduzcas ";" al final de cada línea. En R-Studio no es obligatorio .

```
print(linceDataByCategory);
```

Este código te muestra en pantalla la matriz del registro dividida por categorías. Puedes observar el tiempo en ms y el frame exacto en base a 21fps.

	VideoTime	SceneName	StartFrame	CRI0	CRI10	CRI20	
16							
17	[1,]	"0"	NA	"0"	"UNI1"	"TNO"	"CS\u00cd"
18	[2,]	"24000"	NA	"507"	NA	NA	NA
19	[3,]	"274000"	NA	"5757"	"UNI2"	"TS\u00cd"	"CS\u00cd"
20	[4,]	"1453000"	NA	"30525"	"UNI3"	"TS\u00cd"	"CS\u00cd"
21	[5,]	"1725000"	NA	"36233"	"UNI4"	"TS\u00cd"	"CS\u00cd"
22	[6,]	"2140000"	NA	"44952"	"UNI5"	"TNO"	"CS\u00cd"
23	[7,]	"2195000"	NA	"46104"	"UNI6"	"TNO"	"CS\u00cd"
24	[8,]	"2242000"	NA	"47089"	"UNI7"	"TNO"	"CS\u00cd"
25	[9,]	"2346000"	NA	"49282"	"UNI8"	"TNO"	"CS\u00cd"

La intención de Lince Plus es que esta opción pueda ser utilizada por expertos.

28 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Cálculo de la concordancia entre varios observadores

Si en el proyecto participan varios observadores, LINCE PLUS permite calcular la concordancia entre los diversos observadores y conocer si éstos están concordando en el registro de los mismos aspectos en la observación, pudiendo calcular los índices de acuerdo mediante Kappa o Krippendorf y generar la matriz de contingencia entre sus observaciones.

Para su cálculo, los observadores tienen que tener los mismos episodios, número de episodios y un registro independiente de cada uno de ellos.

Category	Agreement index	Expected disagreement index	Disagreement index obtained
control	-0.0434783	0.148148	-
falso	-0.350000	0.259259	-
correcto	-0.800000	0.506173	-

Forma de realizar el cálculo:

1. En el menú lateral izquierdo, seleccionar el botón "+" para previsualizar el registro del observador. Se puede seleccionar

29 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

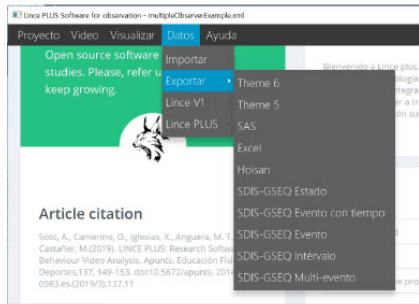
<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

- varias veces y ver como el color cambia de verde a blanco. Cuando es verde, el observador esta seleccionado.
2. Seleccionar otro observador y acceder al resultado que se desea en el menú superior
3. En "Calcular resultados", seleccionar la opción que se desea (Kappa, coeficiente de Krippendorf, ...)
4. Presionar EJECUTAR para visualizar el resultado.

Futuras versiones de LINCE PLUS facilitarán que los episodios sean idénticos.

Importación y exportación de datos

LINCE PLUS permite la integración de registros externos y de otras aplicaciones.



- Importación
 - Hoisan
 - Instrumento y registro de Lince 1

30 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

- Importar un proyecto externo de LINCE PLUS. Te permite abrir proyectos de otros ordenadores sin modificar tus videos seleccionados.
- Importe un registro observacional externo. Esta opción genera un nuevo observador.
- Exportación
 - Theme 5 y 6
 - Excel, mediante CSV con separador de ";" o "," para todos los sistemas
 - SAS
 - GSEQ
 - Lince 1, tanto instrumento como registro.

Conexión de otros dispositivos

Puedes utilizar Lince desktop en tu ordenador y realizar la observación de tus videos cómodamente desde otro dispositivo o tablet. En smartphone también, pero la cantidad de información no permite que sea cómodo.

El acceso remoto es muy sencillo, ya que solo tienes que acceder por navegador a la *dirección* de tu maquina con el *puerto* que tengas:

- La dirección de tu máquina es tu valor ip. Para conocerla accede al apartado "Conocer tu ip"
- El puerto se informa cada vez que arranca LINCE PLUS y siempre cambia por aspectos de seguridad.

La dirección que tienes que abrir en tu navegador es similar a la siguiente:

<http://10.0.75.1:53715>

31 de 37

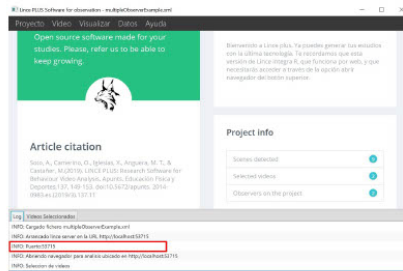
20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

- `http://{IP}:{PUERTO}`
- Ejemplo: `http://10.0.75.1:53715`
- Si tienes dudas de como conectar consulta el apartado "conocer tu IP"

El puerto se informa en la aplicación, en el marco inferior justo al arrancar.



Trabajo en grupo

LINCE PLUS permite un amplio margen de posibilidades bajo un sistema de trabajo sencillo y, especialmente, permite que varios investigadores puedan colaborar simultáneamente. A continuación, se indica algunos de estos aspectos: - Cada observador generado en el apartado "Información del proyecto" genera un perfil de observador nuevo. - Cada observador tiene un registro de observación independiente del resto.

Esto permite que se pueda realizar una observación simultánea mediante varios observadores, facilitando que se pueda:

- Trabajar varios investigadores como mismo observador en diversas zonas temporales del video para acelerar el trabajo. Esto facilita la observación del video dividiendo el trabajo a realizar.

32 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

- Si generamos varios observadores, cada uno puede intentar observar los mismos episodios y los mismos detalles en ellos, para posteriormente analizar si cada observar visualiza los mismos detalles.
- Generar varios observadores, que pueden registrar los mismos aspectos del video para comprobar la concordancia o visualizar diversos aspectos. Un ejemplo sería trabajar sobre una competición en la cual participan 2 equipos, de forma que cada observador registre uno de los equipos.

Todo ello puede ser realizado simultáneamente gracias al trabajo colaborativo.

Si existen dudas acerca de cómo conectar, consultar el apartado "conocer tu IP"

Conexión de R Studio a Lince plus

Si deseas más potencia estadística, o generar informes con gráficas más complejas, puedes conectar R Studio a Lince. Para ello puedes seguir los consejos que tienes en el apartado de "Consola R" en la interfaz web.

De forma resumida, el proceso es el siguiente:

- Primero, instala en R-studio las herramientas de desarrollo que se puede realizar mediante el siguiente comando. Este proceso puede durar unos minutos.

```
install.packages("devtools")
```

- Posteriormente prueba que funciona correctamente con el siguiente ejemplo:

```
library(jsonlite)
hadley_orgs <- fromJSON("https://api.github.com/users/hadley/orgs")
print(hadley_orgs)
```

33 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

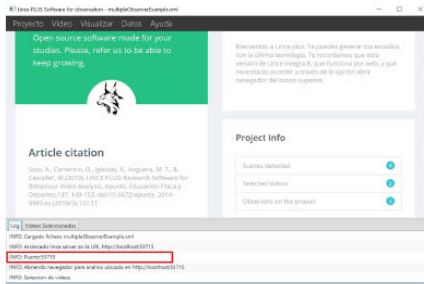
<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

Esto te permite conectarte a una página web externa y consultar datos, generando la variable `hadley_orgs`, con los datos del api `rest`.

- A continuación, conectaremos a Lince plus, para ello puedes acceder al apartado 5 de la consola R o conectar directamente con el siguiente código cambiando el puerto con el que te informa la aplicación de lince como se muestra en la imagen.

```
library(jsonlite)
lince_data <- fromJSON("http://localhost:53715/register/get")
print(lince_data)
```

Observa en la imagen como el numero "53715" coincide con el que informa la aplicación de Lince desktop



Problemas en la instalación del programa

Si ocurre alguna incompatibilidad o problema en el inicio de Lince Plus seguramente sea debido a la incompatibilidad de la versión de java.

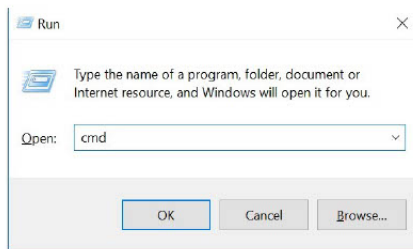
34 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

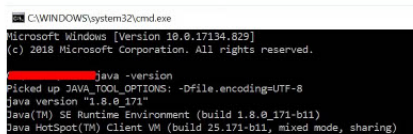
En tal caso, se recomienda verificar la versión de java y realizar la instalación de forma manual. Para proceder a ello, realizaremos lo siguiente:



- Windows: En el icono de windows, buscaremos ejecutar. También puedes apretar "tecla **windows** + **r**". Introducimos "**cmd**" y abriremos una terminal.
- MacOS: Con la tecla **cmd** + **espacio** se abre un asistente. Introduce "**terminal**" y haz click en el resultado.

En ambos sistemas se abre una pantalla oscura de texto. En dicha pantalla introduce "`java -version`".

Conocerás si lo tienes instalado adecuadamente o no.



Si el resultado no es reconocido es porque no lo tienes instalado. Procede a su descarga desde la siguiente página:

35 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>

<https://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jre8-downloads-2133155.html>

Conocer tu IP

La ip es un identificador de tu ordenador y que cambia en cada red a la que estés conectado. Si trabajas en la oficina y en tu casa, tendrás IPs diferentes.

Para saber que ip tienes, abre una terminal (Se detalla en el apartado anterior), e introduce el siguiente valor:

- En caso de windows "**ipconfig**"
- En caso de macos o linux "**ifconfig**"

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Wireless LAN adapter Wi-Fi:
Connection-specific DNS Suffix . . . :
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::6884:25ef:5af4:900f%25
IPv4 Address. . . . . : 192.168.0.20
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 192.168.0.1
```

Tu ip de acceso puedes compartirla con otros dispositivos o con otros usuarios para empezar con el trabajo colaborativo. En el caso de la imagen accedería mediante la siguiente dirección

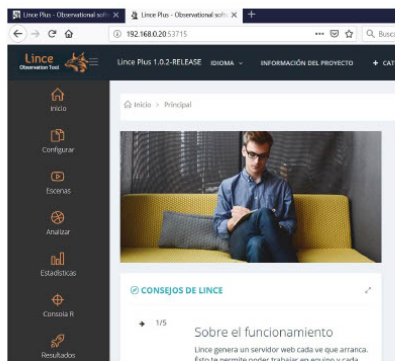
<https://192.168.0.20:53715>

36 de 37

20/11/2019 16:27

LINCE PLUS

<http://learning.albertosoto.es/lince-plus-guide.html>



Last updated 2019-07-11 21:27:18 RST

37 de 37

20/11/2019 16:27

Anexo II. Artículo: LINCE PLUS, Research Software for Behavior Video Analysis

A continuación, incluimos el primer artículo publicado a partir de LINCE PLUS. Este artículo ha sido de gran interés personal, desarrollado en inglés y publicado en la revista *Apunts Educación Física y Deporte*, nº 137 de julio de 2019.

Citación

Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behaviour Video Analysis. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 149-153.
[https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.11](https://dx.doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11)

Presentamos el artículo respetando el formato de edición y autoría de la publicación. Este factor implica que tengamos un doble salto de página: el número de página de la revista y el número de página de esta investigación.

LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis

Alberto Soto¹, Oleguer Camerino^{1,2*}, Xavier Iglesias³, M. Teresa Anguera⁴ and Marta Castañer^{1,2}

¹National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida (UdL), Lleida, Spain, ²IRBLLEIDA (Lleida Institute for Biomedical Research), University of Lleida, Lleida, Spain, ³National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Barcelona (UB), Barcelona, Spain, ⁴Faculty of Psychology, Institute of Neurosciences, University of Barcelona, Barcelona, Spain

Abstract

For many years the free LINCE software has been used by many researchers needing a tool to tag behaviors using video recordings, coding behaviors and data register. However, as a research group we envisage new challenges with regards to technology novelties, designing a new tool for the future that can be used in any type of device and closely working on line. LINCE PLUS is a free systematic observational research software that will enable including new trends such as artificial intelligence, web management, collaborative work as well as complex statistical packages, such as integrating the same R language compiler inside the application. It's time for LINCE PLUS.

Keywords: computerized observation, observable behaviors, multifunctional software, statistics, open source, R language

Background

LINCE platform (Gabin et al., 2012) has been successfully used in many investigations (i.e. Castañer et al., 2016; Lapresa et al., 2017; Lozano & Camerino, 2012; Tarragó et al., 2016) with big support from the community (Hernández-Mendo et al., 2014). "It is easy to use and integrates a wide range of necessary functions: coding, recording, data quality calculation and information analysis in specific formats, thereby enabling it to be directly exported to several applications." (Gabin et al., 2012, p. 4692). Considering that nowadays technology evolves continuously, the platform focuses on the possibility of being used in any operating system or platform, including tablets or smartphones. At a general level, the evolution of the LINCE software towards the new application must be able to analyze the data in a systematic way and, if possible, following the mandatory phases that are recommended for observation (Anguera et al., 2018; Portell et al., 2015). This starts with generating specific observational tools, coding, collecting observed data as well as enabling their analysis and easing their interpretation.

Features and aim of LINCE PLUS

Taking into account all the necessary aspects on portability and more practical software, we were forced to

find which tools could simplify the most complex tasks about the observation process such as analysis and interpretation. Thus, the new application reuses part of the old version and delegates complexity on other tools in the market that were a standard as well as reliable.

A factor of great complexity is portability to any device, since many of them did not allow complex calculations and, on the other hand, each one needs a specific implementation of the application, creating Android and iOS apps or Mac Os and Windows installers. The only language that allows maximum portability and faster execution speed continues to be Java, but it can complicate portability in certain types of portable devices. However, there is a universal language to each application throughout the Internet: Html. Migrating all the code to a web behavior would encompass many additional problems at both statistical and video levels, but, nevertheless, it would facilitate the communication task between different devices. LINCE PLUS includes the simultaneity and synchronization of several videos at the same time. Web behavior enables several observers to simultaneously connect and perform independent analyses while working collaboratively. As LINCE PLUS also includes R language, in the future, we will be able to merge it with artificial intelligence.

Received: January 9, 2019 / Accepted: May 24, 2019

* Correspondence: Oleguer Camerino (ocamerino@inefc.es).

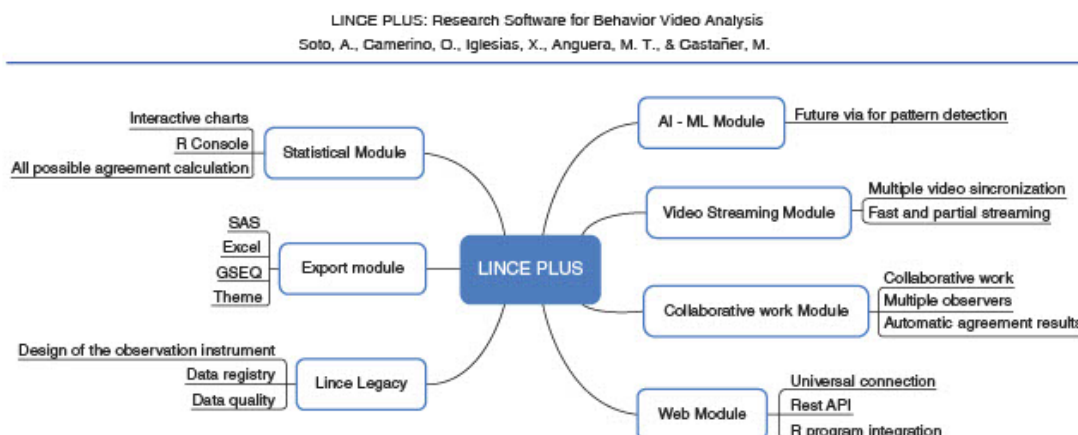


Figure 1. LINCE PLUS internal organization.

Functions of the application

As it can be seen in Figure 1, the software is divided into modules or layers that enable component independency and interoperability, allowing the execution of visualization tasks and information record in a collaborative way. Statistical calculations can be performed by an engine based in Java and R thanks to the adaptations of the open source code Renjin engine (Muhleisen et al., 2018) and the great help of the DKPro library for calculating the agreement index among different observers (Meyer et al., 2014). All this libraries and concepts are

packaged together in an open source application hosted on Github that allows performing all the stages we describe.

Data observation and register

The observation of several videos at the same time, the visualization in different devices and even by simultaneous observers offer a new working ambience.

Figure 2 shows several videos synchronized in time and the detail that each one has its own reproduction

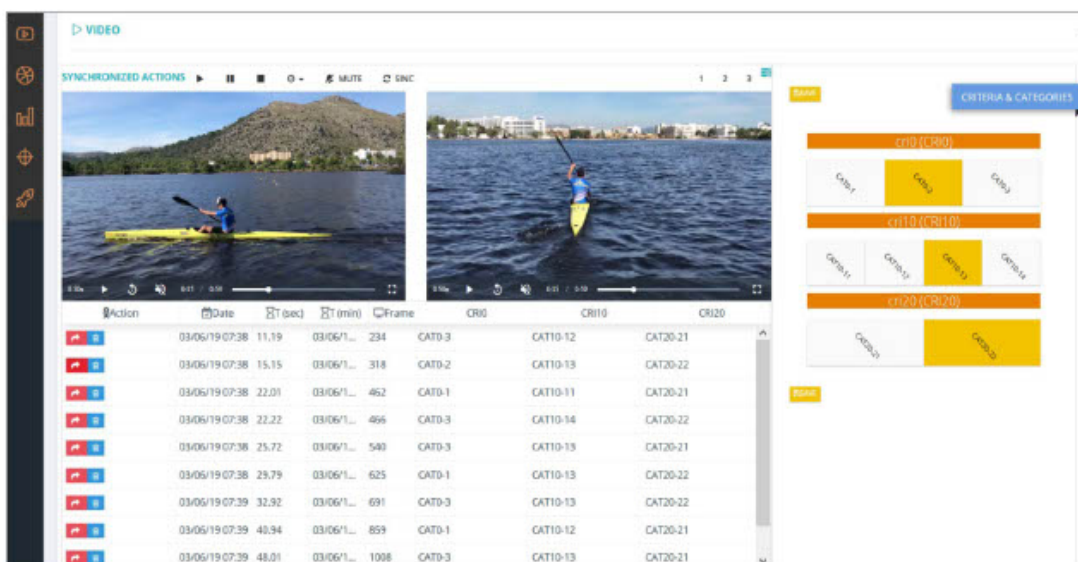


Figure 2. Multiple video synchronization feature, register and tagging.

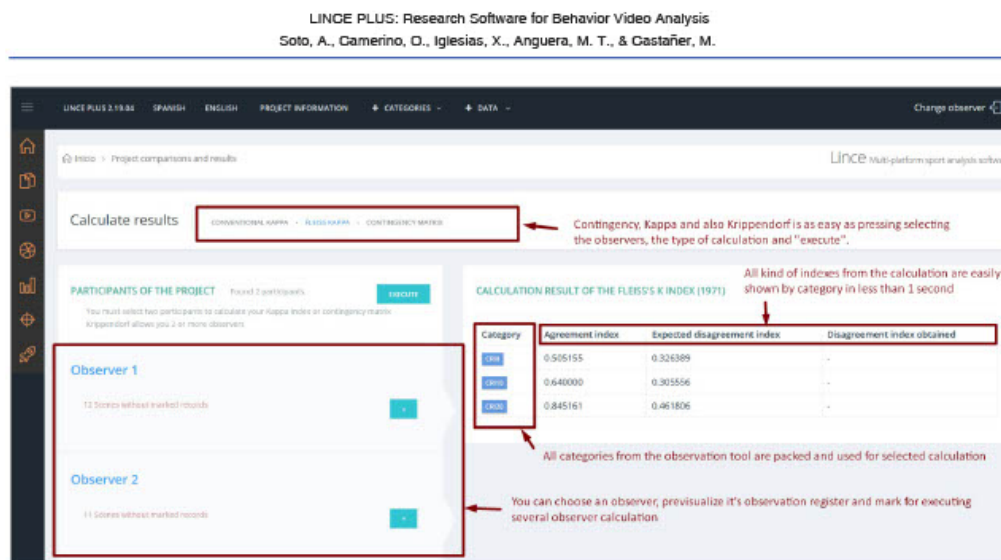


Figure 3. Example of Fleiss Kappa index. All calculations are made easy with just a few clicks.

player allowing them to act independently. On the upper section there is a playback bar that allows us to synchronize and manage all the videos synchronously with the possibility of changing the playback speed.

The behavior tagging design tool has been inspired by the previous LINC version, therefore, the users that have used LINC before can easily use this version. For example, the observation record of the behaviors observed is almost identical to LINC's structure.

Data Quality

LINC PLUS allows an integrative analysis of the data observed and its intra and interobservers data quality, enabling integrating external applications.

Figure 3 shows an analysis phase for multiple observers. Each observer has conducted a study on the videos using the same observation instrument, but they have observed different situations. In a very intuitive way, researchers can analyze if the observation is congruent and adequate based on the defined observation instrument.

This new characteristic allows us to calculate for any category of our observation instrument its Kappa or Krippendorf index, obtaining the agreement or disagreement index among several observers.

In addition, we can quickly obtain the contingency table, and all using contrasted statistical analysis (Meyer et al., 2014).

Results

The results are displayed visually (Figure 4), incorporating an engine for the appropriate graphs, generating contingency tables for several observers or enabling the user to calculate them later using statistical software.

Considering the emergence of the R language created by Ihaka (Ihaka & Gentleman, 1996) and its wide use in research for data analysis algorithms in many scientific fields (Morandat et al., 2012), LINC PLUS has a component to launch R code through the web interface. Although it has the limitation of not being able to launch the powerful charts of R Studio, researchers code their code easily and see the result in the output component in text mode. Researchers can access the observation register and the instrument without having to use external software and all guaranteeing the privacy of the study.

If more complexity is needed, with R Studio researchers can also directly connect with the current research thanks to the REST API that LINC PLUS includes, and the guide that is provided to the user. Thus, any methodology or level of extensibility can be

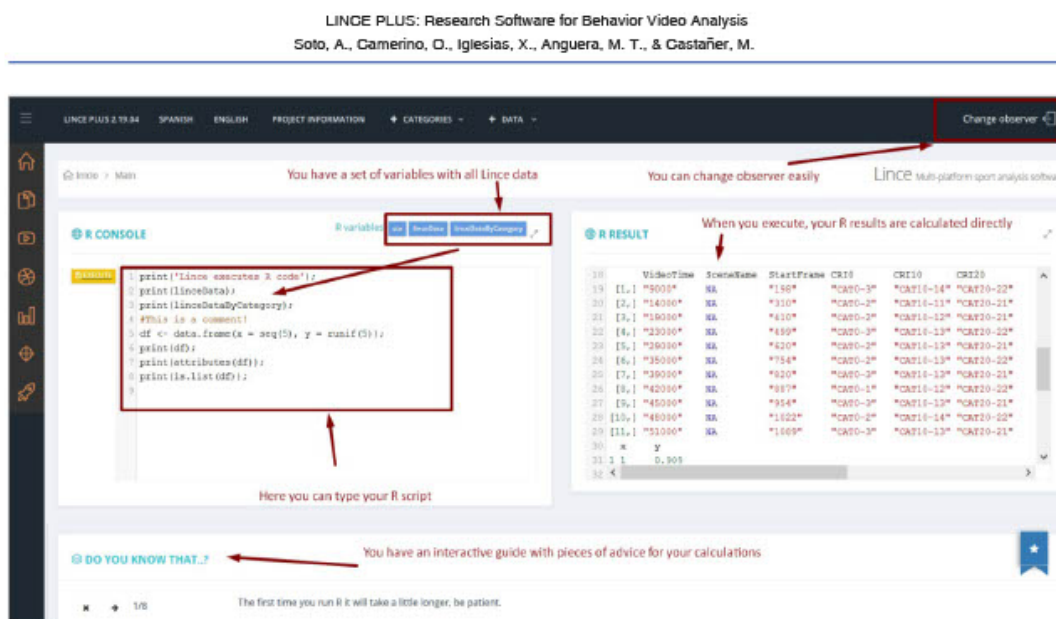


Figure 4. R Console. A script example with any code to achieve results without external programs.

achieved and, even more, all in real time while the study is still being carried out. Therefore, there is no need to import and export files between different programs.

Conclusions

The new LINC PLUS version evolved from the well-known program LINC and allows researchers to have an integrative tool, which is characterized by sharing video visualization and analysis with collaborative use and enables calculating any behaviour analysis in an easy and versatile free software platform. It offers multifunctional possibilities to systematic observational research, which always requires a long time by an observer, to be time shared and be carried out simultaneously. In sum, LINC PLUS is a versatile software that contributes to optimize coding, recording, and calculate in specific formats as the research community needs. We are convinced that in the future LINC PLUS will be able to incorporate artificial intelligence skills. LINC PLUS, as an open source code platform built for the scientific community, can be downloaded from <https://observesport.github.io/lince-plus/>

Acknowledgements

We gratefully acknowledge the support of: 1) INEFC (National Institute of Physical Education of Catalonia); 2) the Spanish government subprojects *Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as main axis for an innovative future in physical activity and sports research* [PGC2018-098742-B-C31] and *Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport* [PGC2018-098742-B-C33] (Ministerio de Economía y Competitividad, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), that are part of the coordinated project *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective* (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0]; 3) *Grup de Recerca i Innovació en Disseny (GRID). Tecnologia i Aplicació Multimèdia i Digital als Disseny Observacionals* (Grant number 2017 SGR 1405); and 4) INEFC Barcelona Sport Sciences Research Group (2017 GRC 1703).

LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis
 Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., & Castañer, M.

References

- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., & Portell, M. (2018). Pautas para elaborar trabajos que utilizan la metodología observacional. *Anuario de Psicología*, 48, 9-17. doi:10.1016/j.anpsic.2018.02.001
- Castañer, M., Camerino, O., Landry, P., & Parés, N. (2016). Quality of physical activity of children in exergames: Sequential body movement analysis and its implications for interaction design. *International Journal of Human Computer Studies*, 96, 67-78. doi:10.1016/j.ijhcs.2016.07.007
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform sport analysis software. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.320
- Hernández-Mendo, A., Castellano, J., Camerino, O., Jonsson, G. K., Blanco-Villaseñor, A., Lopes, A., & Anguera, M. T. (2014). Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 111-121.
- Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: A language for data analysis and graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299-314. doi:10.1080/10618600.1996.10474713
- Lapresa, D., Santesteban, G., Arana, J., Anguera, M. T., & Aragón, S. (2017). Observation system for analyzing individual boccia BC3. *Journal of Development and Physical Disabilities*, 29, 721-734. doi:10.1007/s10882-017-9552-2
- Lozano, D., & Camerino, O. (2012). Eficacia de los sistemas ofensivos en balonmano. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 108, 70-81. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/2).108.08
- Meyer, C. M., Mieskes, M., Stab, C., & Gurevych, I. (2014). DKPro agreement: An open-source Java library for measuring inter-rater agreement. *Proceedings of the 25th International Conference on Computational Linguistics: System Demonstrations (COLING)*, 105-109.
- Morandat, F., Hill, B., Osvald, L., & Vitek, J. (2012). Evaluating the design of the R language objects and functions for data analysis. In J. Noble (Ed.), *Ecoop 2012 - Object-Oriented Programming* (Vol. 7313, pp. 104-131). Berlin: Springer-Verlag Berlin. doi:10.1007/978-3-642-31057-7
- Mühleisen, H., Bertram, A., & Kallen, M.-J. (2018). Database-inspired optimizations for statistical analysis. *Journal of Statistical Software*, 87(4), 1-20. doi:10.18637/jss.v087.i04
- Portell, M., Anguera, M. T., Chacón-Moscoso, S., & Sanduverte-Chaves, S. (2015). Guidelines for reporting evaluations based on observational methodology (GREOM). *Psicothema*, 27(3), 283-289.
- Tarragó, R., Iglesias, X., Lapresa, D., & Anguera, M. T. (2016). Complementariedad entre las relaciones diacrónicas de los T-patterns y los patrones de conducta en acciones de esgrima de espada masculina de élite. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 113-128.

Article Citation

Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behaviour Video Analysis. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 149-153. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11

Anexo III. Artículo: Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS

Nuestro segundo artículo es fruto de una presentación en el VI Congreso Internacional y XXVII Nacional de Educación Física realizado en las Islas Baleares. A partir de la participación en dicho congreso y de la presentación de una propuesta didáctica en el uso de LINCE PLUS, decidimos hacer una publicación desarrollando dichos conceptos en la revista Sportis. Esta propuesta didáctica y puesta en práctica fue publicada en el volumen 6 de la revista Sportis de mayo de 2020.

Soto, A., Camerino, O., & Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 6(2), 390-406.
<https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

Siguiendo el flujo de presentación habitual de los anexos de esta investigación, presentamos la publicación manteniendo el formato original de la revista.



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS

Innovations didactics in Physical education, observation with the software LINCE PLUS

Alberto Soto; Oleguer Camerino y Marta Castañer

Laboratorio de Observación de la Motricidad, <http://lom.observesport.com/>

Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya (INEFC)-Universitat de Lleida

Correspondencia: Alberto Soto e-mail: Alberto.soto@gmail.com

Cronograma editorial: *Artículo recibido: 30/03/2020 Aceptado: 11/04/2020 Publicado: 01/05/2020*

DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>

390



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Resumen

Los recursos digitales y la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) facilitan el aprendizaje autónomo del alumnado en el aula y el aumento de su motivación provocando una mejora en el aprendizaje. Los profesionales de la docencia de la educación física no están al margen de la incorporación de las TIC en su práctica profesional para favorecer el aprendizaje cooperativo de los alumnos y la coevaluación incentivando el desarrollo de sus habilidades motrices. El objetivo de este estudio fue proponer la introducción de filmaciones realizadas por los alumnos y su posterior análisis mediante un recurso tecnológico y gratuito, el software LINCE PLUS. El docente propone por grupos la ejecución de una habilidad y la coevaluación de sus compañeros con el registro en vídeo, mediante móviles o tablets, y su posterior observación y análisis mejorando el proceso de aprendizaje autónomo y cooperativo sobre sus propias ejecuciones motrices. Con esta experiencia se produce un incremento de la motivación de los alumnos y la generación de un nuevo escenario en el que los alumnos pueden tener un feedback directo sobre su ejecución, favoreciendo el aprendizaje por descubrimiento y la acción coevaluadora en un proceso de enseñanza-aprendizaje motivante.

Palabras clave

Metodología observacional; autogestión; coevaluación; aplicaciones informáticas para el deporte.

Abstract

Digital resources and the incorporation of information and communication technologies (ICT) facilitate the autonomous learning of students in the classroom and increase their motivation causing an improvement in learning. Physical education teaching professionals are not excluded from the incorporation of ICTs in their professional practice to favour the cooperative learning of students and co-evaluation, encouraging the development of their motor skills. The objective of this work is to propose the introduction of films made by students and their subsequent analysis through a technological resource and free tool, the LINCE PLUS software. The teacher proposes in groups the execution of a skill and the coevaluation of their peers with the video recording, through mobile phones or tablets, and their subsequent observation and analysis with the tool, improving the process of autonomous and cooperative learning about their own motor executions. Through this immersive experience there is an increase in the motivation of the students and the generation of a new scenario where the students get a direct feedback on their execution, favouring the learning process by discovery and the coevaluation action in a motivating process for teaching-learning.

Keywords

Observation methodology; selfmanagement; coevaluation; sports software.

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicometría
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Introducción

Las herramientas digitales y las tecnologías de la información y la comunicación, de ahora en adelante TIC, nos han permitido crear entornos de comunicación nuevos denominados “ciberespacios” que nos posibilitan transmitir y compartir abundante información en instantes de tiempo. Este desarrollo tecnológico tiene que impulsar la innovación pedagógica con propuestas de estrategias didácticas que se apoyen en nuevas metodologías para facilitar su implantación en los ámbitos educativos (Jian, 2019). Las TIC y su transformación digital se están incluyendo en el proceso educativo; pero, a pesar de ello, su uso en el ámbito de la educación física sigue siendo limitado (Prat, Camerino y Coiduras, 2013).

Los alumnos de la actualidad, denominados “nativos digitales”, tienen la cualidad de saber utilizar la tecnología de forma intuitiva y con adherencia impulsiva. Esta dependencia, que puede ser alarmante y que el proceso educativo puede regular, no asegura su utilización hacia el aprendizaje que otras generaciones como los “*millennials*” han incorporado (Jian, 2019). Sin embargo, la introducción de esta *Transformación Digital* en el entorno educativo puede suceder con la implicación de todos los agentes educativos para aprovechar sus ventajas e innovaciones que ofrece y así actualizar la educación (Camerino y Buscà, 2011).

Dentro de este proceso de digitalización del entorno educativo, la dotación de material informático en concepto de tabletas electrónicas o pizarras digitales permite, si las dificultades económicas no lo impiden, que el alumnado tenga acceso a la tecnología desde las primeras etapas. El uso educativo de estas tecnologías tiene que hacer superar las dificultades derivadas de las adherencias indiscriminadas y compulsivas a las redes sociales con un proceso de una verdadera alfabetización que permita a los alumnos una orientación hacia el aprendizaje.

Así, el uso educativo de estas tecnologías nos ha de permitir a los educadores introducir la extensión del conocimiento y de la conectividad social con fines educativos y de aprendizaje (Prat y Camerino, 2012). En este sentido, su aplicación en el proceso educativo debería ser inherente aportando: adaptabilidad individualizada al alumnado, flexibilidad



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicometría
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

horaria, inmediatez, trabajo interdisciplinario e interacción y comunicación bidireccional (Prat et al., 2013, p39)

Dentro de esta perspectiva pedagógica, el uso de software ofimático (Word, Excel, Powerpoint) y herramientas básicas informáticas (Correo electrónico, buscadores de internet, portales de docencia electrónica, Wikis, Webquests, multimedia y redes sociales, entre otros) es una realidad tangible por el conocimiento que tiene el profesorado, pero su uso actual en la docencia se limita al campo de la gestión de la información y no al proceso educativo (Prat et al., 2013; Fernández-Espínola y Ladrón-de-Guevara, 2015).

Las nuevas perspectivas pedagógicas de estas tecnologías piden un paso más allá con el descubrimiento del potencial educativo de estas tecnologías mediante el concepto de Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC). Este concepto educativo puede ir encaminado hacia la introducción de nuevas aplicaciones didácticas concretadas en estas propuestas:

- Presentaciones de proyectos, multimedia y vídeos en proyector y pizarra digital
- El envío de tareas telemáticamente a través de las plataformas educativas
- La búsqueda y contraste documental de información en internet
- La generación de blogs y sitios web especializados en Educación Física
- La grabación en vídeo y postproducción
- Cuestionarios gamificados, Kahoot o Quizziz.

(Fernández-Espínola et al, 2015, p24)

En el contexto de una innovación en la educación física esta incorporación de tecnología aumenta el clima motivacional, la participación y la predisposición de los alumnos en las sesiones (Valencia y García, 2017). Teniendo en cuenta este factor motivacional y el auge en el sector del deporte del aprendizaje semipresencial o *b-learning*, la introducción de la grabación de episodios y el posterior uso de la tecnología para su análisis en la educación física, puede favorecer el aprendizaje. La introducción de los *Smartphones* en la sesión, de forma controlada y siguiendo la normativa del centro, también aporta nuevas herramientas

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

que pueden ser utilizadas para la grabación de video y su posterior análisis observacional (Valcarce y Díez, 2018).

El desarrollo de este proceso de innovación tecnológica se debe apoyar en un replanteamiento pedagógico. De este modo, por ejemplo, la clase invertida o *Flipped Classroom* y aumentar el tiempo de práctica efectivo al promover el trabajo fuera del aula

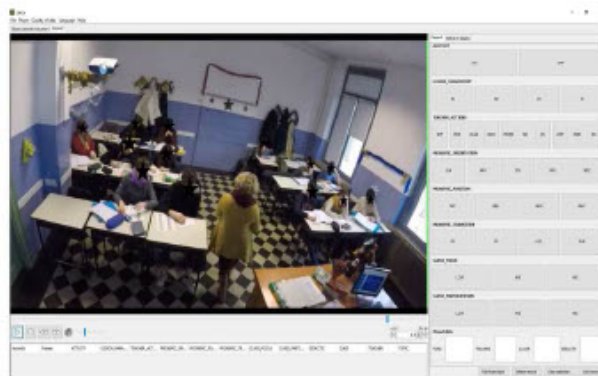


Figura 1 Estudio conductual durante el proceso docente mediante Flipped Classroom (Terrenghi et al., 2019).

puede ser una buena combinación. Los episodios de aprendizaje situado o EAS (*Episodes of Situated Learning*) y su introducción podría dar una mejora tangible favoreciendo el interés del alumnado, la gamificación y responsabilidad del alumno (Terrenghi et al., 2019). La investigación de Terrenghi et al. (2019) en la que se graba en vídeo y analiza situaciones pedagógicas producidas por la combinación de nuevos modelos de intervención demuestran su efectividad (Figura 1).

En este sentido, el análisis de vídeo se ha utilizado para la corrección postural y estrategia deportiva en diversos contextos terapéuticos y de rendimiento deportivo, mediante aplicaciones de software de alto coste como DartFish (Womersley and May, 2006), que limita su aplicación en el contexto educativo. No obstante, en la observación y la optimización de la conducta del docente-entrenador existen diferentes aplicaciones gratuitas, como Lince v1.4

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicometría
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

(Gabin et al., 2012) o que ha sido aplicado para comprobar los efectos de los modelos pedagógicos innovadores (Camerino et al., 2019; Prat et al., 2019). El objetivo de esta investigación se centró en ofrecer un recurso didáctico TIC/TAC innovador basado en el registro de imágenes de habilidades motrices de los alumnos y su análisis observacional, mediante el software LINCE PLUS (Soto et al., 2019), de la ejecución que posibilite en los alumnos el autoaprendizaje y coevaluación compartida de alto valor motivacional (González-Cutre, 2017).

Propuesta práctica

Se propuso una experiencia innovadora que permitió el uso de las nuevas tecnologías en el ámbito de la Educación Física, incorporando conceptos como el aprendizaje autónomo, la coevaluación y autoevaluación formadora del alumno aplicable al desarrollo motriz y aprendizaje de habilidades, además de una semipresencialidad, utilizando herramientas didácticas como pueden ser *Google Classroom* o *Moodle* y el uso del nuevo software LINCE PLUS (Soto et al., 2019). La novedad de este software de código libre radicó en la visualización de diversos vídeos simultáneos que han sido grabados por los alumnos, distribuidos en grupos, en sus sesiones prácticas. La experiencia suponía promover el aprendizaje cooperativo, permitiendo el autoaprendizaje positivo y su optimización de forma integral (Carlsen y Maslo, 2018). El análisis de varios vídeos simultáneos permitió que el alumnado se pueda autoevaluar al poder filmar, registrar y observar sus habilidades motrices comparándolas con una ejecución correcta y valorándolas con un instrumento de evaluación aportada por el docente.

A continuación, presentamos los requisitos de la experiencia didáctica para favorecer su aplicación.

Objetivos

- Implicar a los alumnos en un proceso de gamificación y transformación digital del proceso de enseñanza-aprendizaje para aumentar el clima motivacional.
- Utilizar métodos informáticos para la evaluación coevaluadora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

- Disminuir el tiempo necesario para el feedback del alumno y favorecer el aprendizaje motor de nuevos movimientos.

Material

- Ordenador conectado a internet por cada grupo con la instalación de LINCE PLUS.
- Dispositivo móvil (tableta, teléfono o portátil) para la grabación en directo.

Participantes

Consideramos que la propuesta es aplicable a alumnado que haya desarrollado los conocimientos básicos en el uso de tecnología de forma responsable, por lo que es aplicable a alumnado de secundaria, formación profesional o universitario. Para desarrollar esta experiencia seleccionamos 24 alumnos del curso de primero de Bachillerato de un IES de la ciudad de Palma de Mallorca durante el curso 2019/2020.

Instrumento de evaluación

Para conocer la opinión del alumnado optamos por realizar un cuestionario anónimo (Tabla 1) sobre la complejidad, cantidad y calidad del resultado del aprendizaje con 9 preguntas, escala de Likert de 1 totalmente en desacuerdo a 5 totalmente de acuerdo, para conocer el resultado de la experiencia. Las respuestas se obtuvieron telemáticamente al finalizar la experiencia del trabajo en grupo y valoración del visionado de las grabaciones en vídeo y mediante la herramienta Google Forms.

Tabla 1. Preguntas realizadas al alumnado al finalizar la sesión

Área	Pregunta
Complejidad	El programa Lince Plus era sencillo de utilizar
Complejidad	La propuesta y el uso de aplicaciones informáticas han facilitado el dinamismo
Complejidad	Esta clase no podría haberse realizado sin herramientas informáticas
Estímulos	He estado mucho más concentrado en la realización de la actividad
Estímulos	Los continuos cambios de actividad me han cansado más
Estímulos	Me ha gustado el cambio continuo de roles durante la clase
Aprendizaje	Las herramientas utilizadas han facilitado mi aprendizaje
Aprendizaje	La fase de observación activa me ha permitido aprender mejor el movimiento
Aprendizaje	Considero que la experiencia ha sido muy positiva



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña. España ISSN 2386-8333

Metodología de aplicación

Para la aplicación didáctica del software de visionado y análisis observacional Lince PLUS, (Soto et al., 2019) proponemos que el docente realice estos pasos:

- Seleccionar un vídeo de interés para reproducir una acción motriz en concreto (ejemplo de gimnasia deportiva), disponiendo de un fichero, formato mp4 o similar.
- Desarrollar e introducir un instrumento de evaluación para facilitar la autoevaluación y análisis del vídeo. Por ejemplo: primer criterio posición de manos (cerrada, abierta, etc.).
- Anotar las escenas o episodios en las que el movimiento del video consta de acciones motrices, identificando las distintas fases del vídeo importantes.
- Actualizar en Moodle o Google Classroom, junto al fichero de vídeo de ejemplo, la tarea a desarrollar por grupos que puede realizarse grupalmente antes de la sesión (*Flipped Classroom*).
- Ofrecer la posibilidad de incorporar a la tarea otros vídeos similares.

La tarea a desarrollar puede realizarse; de forma individual y autoevaluativa a distancia, fuera de clase, permitiendo así la aplicación práctica, descargando los ficheros necesarios y analizando los vídeos autónomamente; también en la propia clase en grupos de trabajo utilizando la coevaluación.

Experiencia autónoma fuera de la sesión

Empezaremos permitiendo que los alumnos se familiaricen de forma individual con la acción motriz a desarrollar, a partir del análisis del vídeo y con las escenas seleccionadas, propuesto por el docente de una habilidad desconocida por ellos. Ejemplo: analizar para posteriormente reproducir en clase, como son los distintos apoyos de mano, pie y posiciones de equilibrio en el apoyo invertido o “pino” del video de Circo del Sol (Figura 2).



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

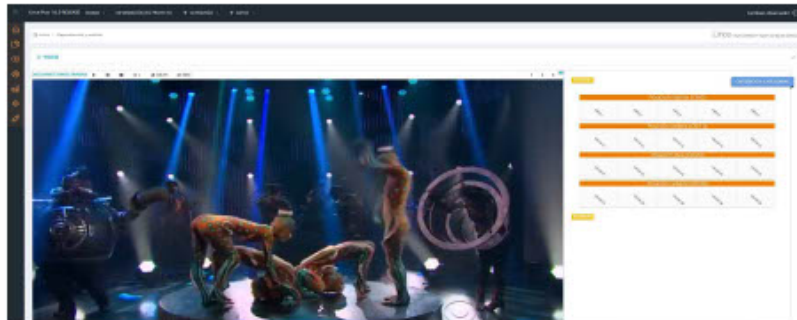


Figura 2. Análisis observacional y reproducción del apoyo invertido en escenas del Circo del Sol.

Posteriormente envían el fichero de su análisis telemáticamente para que el docente puede supervisar el resultado de sus valoraciones (Figura 3).

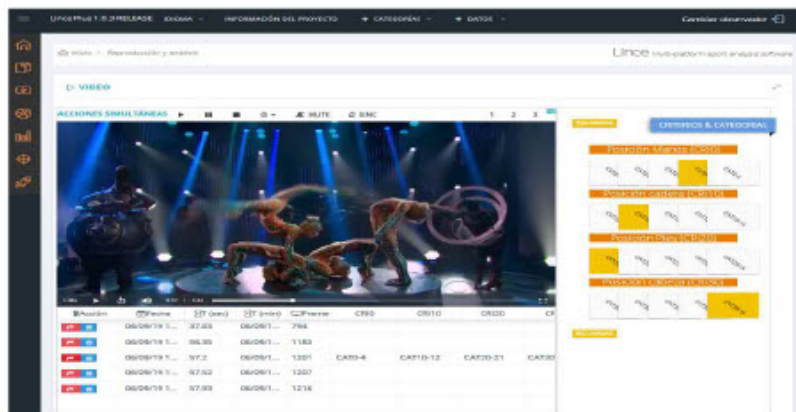


Figura 3 Registro de las fases de ejecución del apoyo invertido del Circo del Sol.

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña. España ISSN 2386-8333

Experiencia coevaluativa en el aula

Aprovechando la motivación del trabajo autónomo anterior, seguimos la experiencia en el entorno del aula y la coevaluación del grupo para detectar los propios errores de ejecución. Proponemos filmar una habilidad motriz y compararla con el video deseado para conocer los aspectos a mejorar. Utilizando las mismas imágenes de ejemplo y el mismo instrumento de evaluación, el alumno puede analizar de forma compartida su movimiento en comparación con el vídeo de ejemplo y proceder a una coevaluación en estas fases de ejecución en el seno del grupo de trabajo. Para ello procederá con las siguientes acciones:

- Cargar las imágenes y escenas seleccionadas en LINCE PLUS.
- Realizar y filmar en vídeo la habilidad, con ayuda de los compañeros, de la acción motriz propuesta, con el conocimiento adquirido autónomo anterior.
- Analizar el movimiento de forma coevaluativa con sus compañeros detectando los errores de ejecución sobre la acción motriz.
- Comparar los resultados de ejecución y análisis de la habilidad de cada grupo presentando sus resultados y la mejora en la habilidad propuesta.

Resultados de la experiencia

A continuación, exponemos los resultados de la experiencia práctica con los alumnos de bachillerato, realizada dentro de la unidad didáctica de actividades rítmicas, a partir de una clase de baile estilo salsa, sin conocimientos previos por parte del alumnado. Los alumnos se dispusieron en grupos de 4, mientras una pareja baila, la otra pareja realiza la grabación con el teléfono móvil y analizando con LINCE PLUS. El instrumento de observación introducido en LINCE PLUS se focalizaba en elementos básicos con criterios de sincronización de la pareja, movimiento de mano izquierda (MI), mano derecha (MD), pie izquierdo (PI) y pie derecho (PD) para el chico y para la chica (Tabla2).



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Tabla 2. Criterios y categorías simplificadas utilizadas

Criterio	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4
Sincronización	Si	No		
Mano Izquierda	Frente	Atrás	Centro	Giro dentro
Mano Derecha	Frente	Atrás	Centro	Giro dentro
Pie Izquierdo	Delante	Detrás	Centro	Lado
Pie derecho	Delante	Detrás	Centro	Lado

Mientras un alumno se centraba en registro de observación con LINCE PLUS y realizando las correcciones en directo, otro se centraba en la grabación de video, y, a la vez, los otros componentes del grupo realizaban las acciones motrices (Figura 4). La simultaneidad de roles permite cambiar los estímulos, integrando un proceso coevaluador que después se envía al docente. Por otro lado, al reducir el número de alumnos en tiempo de práctica permitimos que el docente pueda interactuar directamente y favorecer la docencia directa.

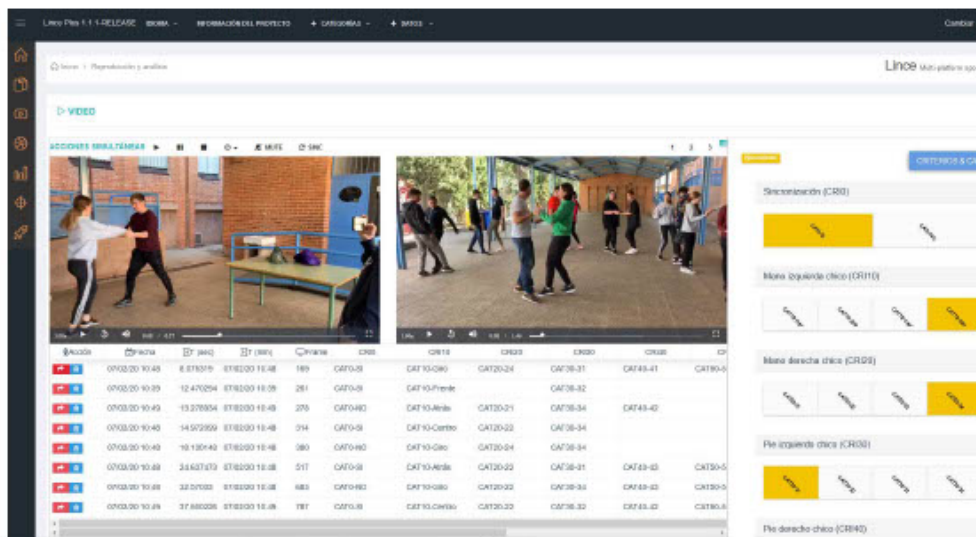


Figura 4 Registro en el aula y análisis con LINCE PLUS del baile estilo salsa.

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

En la fase de resultados, mediante el análisis del cuestionario enviado, se obtuvieron unos resultados generalmente satisfactorios, obteniendo propuestas de mejora en el manejo del instrumento de registro, y unos valores muy positivos en las áreas relacionadas con la estimulación y el aprendizaje con soporte tecnológico.

Sencillez en el manejo del software

En cuanto a la facilidad de uso de la aplicación tenemos una valoración media de 3,29 sobre las 24 respuestas, lo cual denota que se deben introducir algunas mejoras en ese sentido en la aplicación (Figura 5).

El programa Lince Plus era sencillo de utilizar
24 respuestas

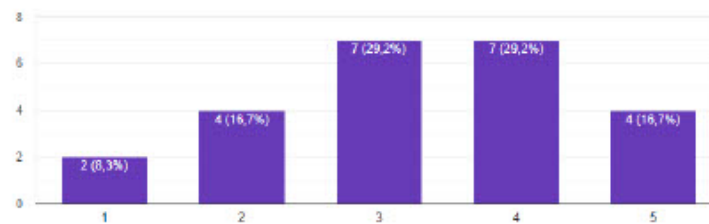


Figura 5 Valoraciones para la pregunta "El programa LINCE PLUS era sencillo de utilizar"

La incorporación de las TIC

Sin embargo, la introducción de las TIC y la aplicación didáctica de elementos informáticos ha facilitado el dinamismo y una sobre estimulación en el alumnado, obteniendo una valoración media de 4 puntos o superior sobre la mayoría de ítems relacionados, demostrando la utilidad que pueden aportar ocasionalmente para cambiar las dinámicas tradicionales (Figura 6).



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333



Figura 6 Valoraciones de la motivación del alumnado mediante la herramienta informática

La autoobservación

En este sentido, la aplicación de LINCE PLUS, permite destacar aspectos sobre la simultaneidad de roles y la intervención mediante la observación motora, ya que el alumnado ha respondido con valoraciones realmente positivas (4,37 y 4,20 sobre 5), obteniendo unos resultados medios de 4,18 en el área de estimulación y en 4,12 en el área de facilitación del aprendizaje (Figura 7).

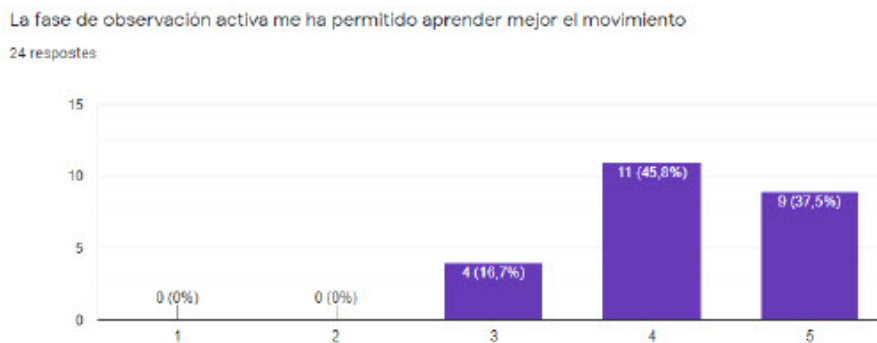


Figura 7 Respuestas sobre el uso de la observación activa mediante LINCE PLUS

Conclusiones

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Este marco de trabajo permite, no solo el aprendizaje autónomo, coevaluativo y auto-evaluativo, sino que favorece la inclusión de las TIC en el marco didáctico de la educación física. Consideramos que la experiencia generada puede ser muy enriquecedora, ya que el alumnado puede centrarse en el movimiento con una experiencia de inmersión e innovación que es muy aplicable en todo tipo de acciones motrices favoreciendo, aún más, el clima motivacional y el tiempo de práctica. Se han detectado algunas mejoras posibles en el software, como puede ser la grabación y registro simultáneo desde el teléfono móvil para simplificar el proceso de cara al alumno y que ya está en desarrollo.

La puesta en práctica real de LINCE PLUS, ha tenido una gran aceptación lo que ha permitido que todo el alumnado esté implicado en una simultaneidad de estímulos, pudiendo integrar conceptos como “*Flipped Classroom*” y la digitalización de los resultados para su análisis posterior por parte del docente y para realizar la tarea evaluadora. Esta experiencia pone en evidencia que gestionando diversos roles y activando mecanismos kinestésicos y cognitivos se ha creado un ambiente motivador y coevaluador que mejora el uso de las tradicionales rúbricas y facilita la disposición de toda la información a nivel de registro visual.

En esta aplicación práctica hemos podido observar como la alfabetización digital parece tener un efecto muy positivo sobre el alumnado y, en este sentido, el uso normalizado de las nuevas herramientas podría aportar nuevas conductas a medio y largo plazo al normalizar el uso.

El uso adaptado de la grabación de video y la sobre estimulación del ambiente de aprendizaje requieren una mayor preparación inicial del tiempo de clase por parte del docente, pero, por otro lado, aprovecha al máximo el tiempo de clase, y en este sentido, el resultado es muy positivo teniendo en cuenta la limitación horaria de las clases de educación física y la necesidad de generar una mayor adherencia de la práctica deportiva hacia el alumnado.

Agradecimientos

Agradecemos el soporte de los proyectos otorgados por; 1) El Gobierno Español (Ministerio de Economía y Competitividad, Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema I+D+i), “Nuevo enfoque de investigación en actividad física y deporte desde la perspectiva mixed methods [PGC2018-

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6 (2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>

403



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

098742-B-C31]"; (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Proyecto coordinado), "Nuevo enfoque de investigación en actividad física y deporte desde punto de vista de *Mixed Methods* [(NARPAS_MM) (SPGC201800X098742CV0)]"; 2) La Generalitat de Catalunya, por el Grupo de investigación, "Grup de Recerca i Innovació en Disseny (GRID). Tecnologia i aplicació multimedia i digital als dissenys observacionals [Grant No. 2017 SGR 1405]".

Referencias bibliográficas

- Carlsen, A., y Maslo, E. (2018). "Growing together": A Latvian retrospective of learning opportunities created in the cooperation among Nordic and Baltic adult educators. *International Review of Education*, 64(4), 489-518. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11159-018-9725-y>
- Camerino, O., y Buscà, F. (2011). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la formación de los graduados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, el e-diario académico. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 104, 28-36. DOI: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2011/2\).104.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/2).104.03)
- Camerino, O., Valero-Valenzuela, A., Prat, Q., Manzano, D., y Castañer, M. (2019). *Optimizing Education: A Mixed Methods Approach Oriented to Teaching Personal and Social Responsibility (TPSR)*. *Frontiers in Psychology*, 10, 14-39. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01439>
- Carlsen, A., y Maslo, E. (2018). "Growing together": A Latvian retrospective of learning opportunities created in the cooperation among Nordic and Baltic adult educators. *International Review of Education*, 64(4), 489-518. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11159-018-9725-y>
- Fernández-Espínola, C., y Ladrón-de-Guevara, L. (2016). El uso de las TIC en la Educación Física actual. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 5, 17-30. DOI: <https://doi.org/10.33776/remo.v0i5.2740>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform Sport Analysis Software. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6(2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

- González-Cutre, D. (2017). Estrategias didácticas y motivacionales en las clases de educación física desde la teoría de la autodeterminación. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 8, 44. DOI: <https://doi.org/10.33776/remo.v0i8.3268>
- Jian, Q. (2019). Effects of digital flipped classroom teaching method integrated cooperative learning model on learning motivation and outcome. *Electronic Library*, 37(5), 842-859. DOI: <https://doi.org/10.1108/EL-02-2019-0024>
- Prat, Q., y Camerino, O. (2012). Las tecnologías del aprendizaje el conocimiento (TAC) en la educación física, la WebQuest como recurso didáctico. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 109, 44-53. DOI: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2012/3\).109.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2012/3).109.04)
- Prat, Q., Camerino, O., y Coiduras, J. (2013). Introducción de las TIC en educación física. Estudio descriptivo sobre la situación actual. *Apunts: Educación física y deportes*, 113, 37-44. DOI: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2013/3\).113.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2013/3).113.03)
- Prat, Q., Camerino, O., Castañer, M., Andueza, J., & Puigarnau, S. (2019). *The Personal and Social Responsibility Model to Enhance Innovation in Physical Education*. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 136, 83-99. DOI: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/2\).136.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/2).136.06)
- Soto, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., y Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis. *Apunts Educació Física i Esports*, 137, 149-153. DOI: [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.11](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11)
- Terrenghi, I., Diana, B., Zurloni, V., Rivoltella, P. C., Elia, M., Castañer, M., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2019). Episode of Situated Learning to Enhance Student Engagement and Promote Deep Learning: Preliminary Results in a High School Classroom. *Frontiers in Psychology*, 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01415>
- Valcarce, M., y Díez, C. (2018). Influencia de una app en la adherencia a la práctica deportiva: Protocolo de estudio. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 11, 16. DOI: <https://doi.org/10.33776/remo.v0i11.3416>

Para citar este artículo utilice la siguiente referencia: Soto, A.; Camerino, O.; Castañer, M. (2020). Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. *Sportis Sci J*, 6(2), 390-406. DOI: <https://doi.org/10.17979/sportis.2020.6.2.6117>

<http://revistas.udc.es/>



Sportis. Revista Técnico-Científica del Deporte Escolar, Educación Física y Psicomotricidad
Sportis. Scientific Technical Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity

Experiencias didácticas. Innovaciones didácticas en Educación Física, observación con el software LINCE PLUS. Vol. 6, n.º 2; p. 390-406, mayo 2020. A Coruña, España ISSN 2386-8333

Valencia, P. B., y García, C. C. (2017). Análisis de las relaciones entre los climas motivacionales y las necesidades psicológicas básicas en Educación Física. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 0(9), 3-12. DOI: <https://doi.org/10.33776/remo.v0i9.3196>

Womersley, L., y May, S. (2006). Sitting posture of subjects with postural backache. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(3), 213-218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.01.002>

Anexo IV. Artículo - LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health (en revisión)

Realizar una aplicación de esta envergadura nos ha hecho descubrir un abanico de posibilidades enorme, gracias a la utilización de LINCE PLUS. En muchas ocasiones hemos tenido que organizarnos en nuestro grupo de investigación para realmente conocer todas las posibilidades que nuestra aplicación permite con la sorpresa y admiración de un producto que parece mejorar cada día que pasa. Esta percepción nos obliga a tener que hacer un esfuerzo de difusión y encontrar que nuestra aplicación debe seguir creciendo.

Queremos implementar sensores y el tratamiento de la información en la web, tal y como hemos descubierto en el capítulo de vías futuras de investigación. Además, debíamos dar a conocer a la comunidad la aplicación y hacer un esfuerzo de difusión.

Este esfuerzo de difusión está en las últimas etapas de revisión de la prestigiosa revista Behavior Research Methods, cuyo documento en revisión se adjunta a continuación.

El artículo incluido a continuación, al estar en últimas etapas de revisión, no puede ser presentado con el formato de la revista, por lo que se incluye sin preservar el formato original de la revista.

LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health



LINCE PLUS Software for Systematic Observation Studies of Sports and Health

Journal:	<i>Behavior Research Methods</i>
Manuscript ID	BR-Org-21-108.R1
Manuscript Type:	Original Manuscript
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Soto-Fernández, Alberto; National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida Camerino, Oleguer; National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida ; IRBLLEIDA (Lleida Institute for Biomedical Research), University of Lleida Iglesias, Xavier; National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Barcelona Anguera Argilaga, M. Teresa; University of Barcelona, Faculty of Psychology, Institute of Neurosciences Castaner, Marta; National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC), University of Lleida ; IRBLLEIDA (Lleida Institute for Biomedical Research), University of Lleida

Abstract

This paper aims to offer a suitable free software LINCE PLUS, for systematic observation studies of sport and health conducted in natural contexts such as training, education or psychology. Using one or several videos simultaneously different criteria such as behaviors, decision making or strategies can be analyzed. The software includes several functionalities for studies that researchers need to conduct throughout the observational methodology. Collaborative work can be accomplished by using simultaneous videos and multiple observers. The results of all research conducted by LINCE PLUS are offered inside the application in real-time, allowing common calculations or including specific analysis with R language without the need of any other external tool. Moreover, LINCE PLUS shows the results of each research with interactive charts or, if needed, it exports the data to specific data analysis software programs (e.g., SAS, EXCEL, THEME, GSEQ5, HOISAN). We include examples of sports and health studies that have been conducted with LINCE PLUS to show the suitability of this software program.

Keywords: research software; behavior analysis; health applications; sport applications; systematic observation; mixed methods.

Introduction

The observational methodology "is characterized by high scientific rigor and flexibility throughout its different stages and allows the objective study of spontaneous behavior in natural settings, with no external influence" (Anguera, 1979; Anguera et al, 2017, p. 1). This methodology integrates qualitative and quantitative elements in its QUAL-QUAN-QUAL development stages (Anguera et al., 2020). We take as a starting point the proposal of Cresswell and Plano Clark (2007) regarding the *connecting* option about mixing qualitative and quantitative elements, that is "connecting two datasets by having one build on the other" (p. 7), thus we consider this observational methodology as a *mixed method* itself (Anguera & Hernández-Mendo, 2016). The integration of qualitative and quantitative elements typical of *mixed methods* (O'Cathain et al., 2010; Anguera et al., 2018) is a methodological requirement in research based on systematic observation (Bazeley, 2012; 2016).

This approach to methodological integration has been applied in psychological research on spontaneous behavior in the fields of: health (eg, Casarrubea et al, 2017; Castañer et al., 2017; Puigarnau et al., 2016), physical activity and sport (eg, Amatria et al., 2017; Fernandes et al., 2020; Fernández-Hermógenes et al., 2021; Gutiérrez-Santiago, 2013; Lapresa et al., 2015; Prieto-Lague et al., 2020; Sastre et al., 2021), and physical education (eg, Camerino et al., 2019; Castañer et al., 2009; 2011; 2020; Prat et al., 2019; Valero-Valenzuela et al., 2020). Indeed, there are several software programs to conduct visualization and annotation, but with some weakness related to all the necessary features of: viewing, coding, analysis and administration of the results; providing scattered data that force the export of these results to other complementary software programs (Hernández-Mendo et al., 2014; Love et al., 2019).

For this reason, we have developed a new free and open source software, LINCE PLUS (Soto-Fernández et al., 2019), optimizing the previous version of LINCE (Gabin et al., 2012). LINCE PLUS allows to develop all the phases of the observational investigation of spontaneous behavior in an integrative way, highlighting: (a) a better level of usability, (b) a greater simplicity in data processing, (c) the possibility of performing calculations statistics from the platform, (d) the integration of several simultaneous videos, (e) the connection of various devices, and (f) it can be used simultaneously by several observers (Anguera et al., 2018; Chacón-Moscoso et al., 2019; Portell et al., 2015).

The objective of this article is to present the characteristics, functionalities and benefits of the LINCE PLUS software program that satisfy the needs of observational studies applied to health and sports.

LINCE PLUS, a methodological challenge

LINCE PLUS is a desktop application generated in the Java programming language, which incorporates a series of characteristics that allow collaboration and management of the observational research process through a developed and optimized web interface (Soto-Fernández et al., 2019). This type of application, hybrid between desktop and web application, can be installed on any MacOS or Windows computer and enables interconnecting mobile, tablet devices and additional users, facilitating collaborative work and integrating quantitative and qualitative observational record results typical of the mixed methods (Anguera et al., 2020)."

It allows the calculation of statistical results using the R programming language (Ihaka and Gentleman, 1996), which can be programmed from the web interface or using the R-Studio software program to process data in real time. As an integrating element, it allows the visualization of different simultaneous videos in a synchronized way, favoring the registration process and allowing the analysis of behavioral episodes and the representation of results in automatic graphics instantly. This process of data processing simultaneous to the observational record, without the use of external computer applications, simplifies benefits and accelerates the observational research process.

The application and its source code can be downloaded, as research software, on the web (<http://www.observesport.com/>) or on GitHub (<https://observesport.github.io/lince-plus/>) platform with information on improvements and incidents.

LINCE PLUS functionalities

The use of web technology requires two components: the desktop application (Lince desktop) in which to load the projects and the material of images, videos or text (Fig 1) and the web application (Lince web) in which we will make the record and the analysis of the research (Fig 2).

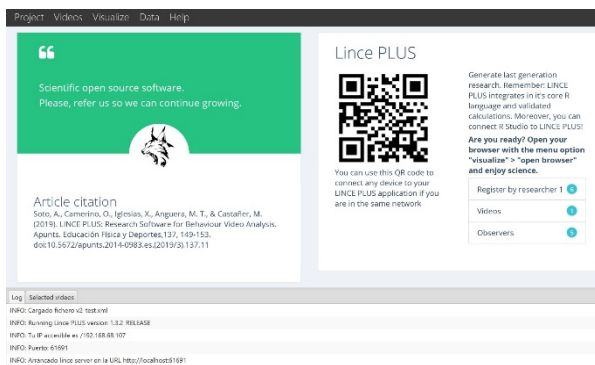


Figure 1. LINCE PLUS desktop application with QR.

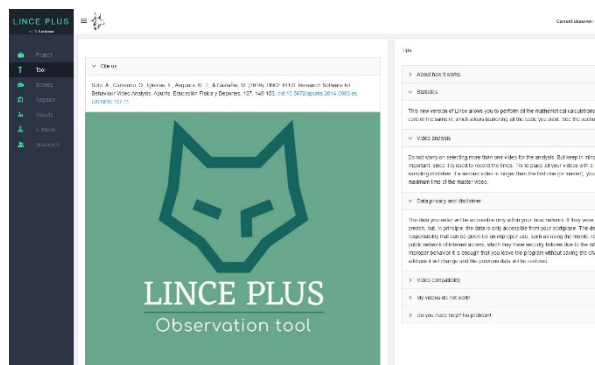


Figure 2. Lince web.

Once the main desktop application (Fig.1) is executed, we can manage all our project data, selected videos and integrate our research with other scientific applications such Theme, Excel or Hoisan. Moreover, we can also connect mobile devices and tablets using the QR code or accessing the web application (Fig. 2) with the “visualize” option, which will use the default browser to access the modules: : (a) *Project*, definition of the problem and research design with exploratory qualitative data and initials; (b) *Tool*, construction of an emerging and adequate *ad hoc* observation instrument with facets or dimensions; (c) *Record*, systematization of the record in the form of code matrices; (d) *Results* and *R Studio*, descriptive and quantitative data analysis that will enable the qualitative interpretation of the results; and (e) *Observers*, checking the record of the observers and their agreement.

12.6.1.1 Project module: delimitation of the problem, observational design and observers

We delimit the project by stating the objective of the study and design according to: a) observation units, with idiographic or nomothetic options, b) temporality, punctual or inter-sessional and intra-sessional follow-

up or not intra-session follow-up, and c) dimensionality, of one or more dimensions (Anguera et al., 2011); also in this *Project module* states the observers who are going to carry out the study.

12.6.1.2 Tool module: construction of the observation instrument

We will progressively build an observation instrument by displaying the proposed dimensions and structuring them in criteria and emerging categories that will allow us to obtain the first qualitative exploratory records; both in direct observation, through videotaped behaviors; as indirect, with verbal and/or vocal behavior recorded in audio, texts, and images, to progressively translate them into this *Tool module* in a quantitative coding (Fig 3).

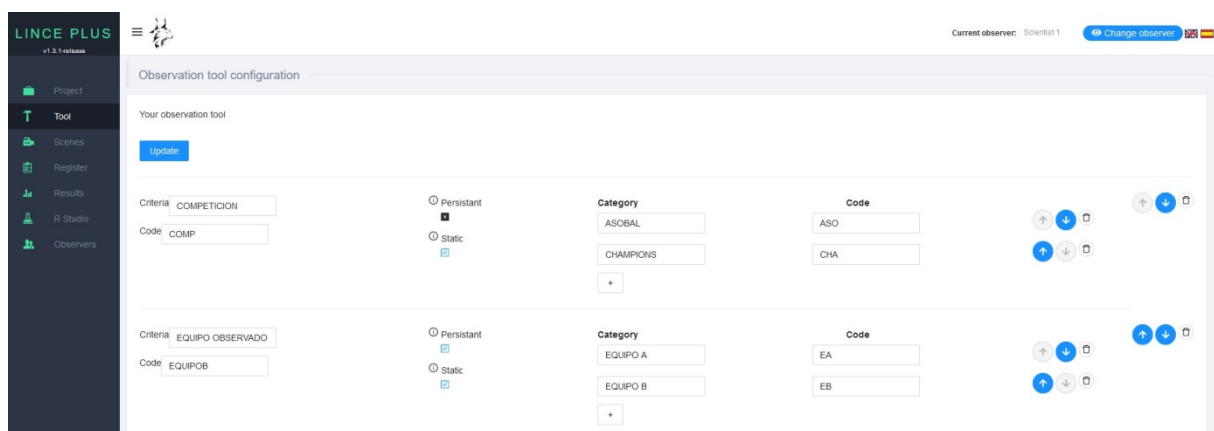


Figure 3. *Tool module*: construction of the LINCE PLUS observation instrument.

12.6.1.3 Record module: visualization, recording and coding of behaviors.

Frequency or occurrence, order or sequence, and duration are the fundamental primary parameters of behavioral analysis (Bakeman, 1978). In this *Record module* (Fig. 4), using the previously built observation instrument and the selected images or videos to create the record of the categories that correspond, we will start the recording of the behavior's order and frequency which the *quantitizing* carries out; converting the previous qualitative record into code matrices, which are then subjected to a robust quantitative analysis, incorporating the duration, mainly from diachronic analysis (Anguera et al., in press).

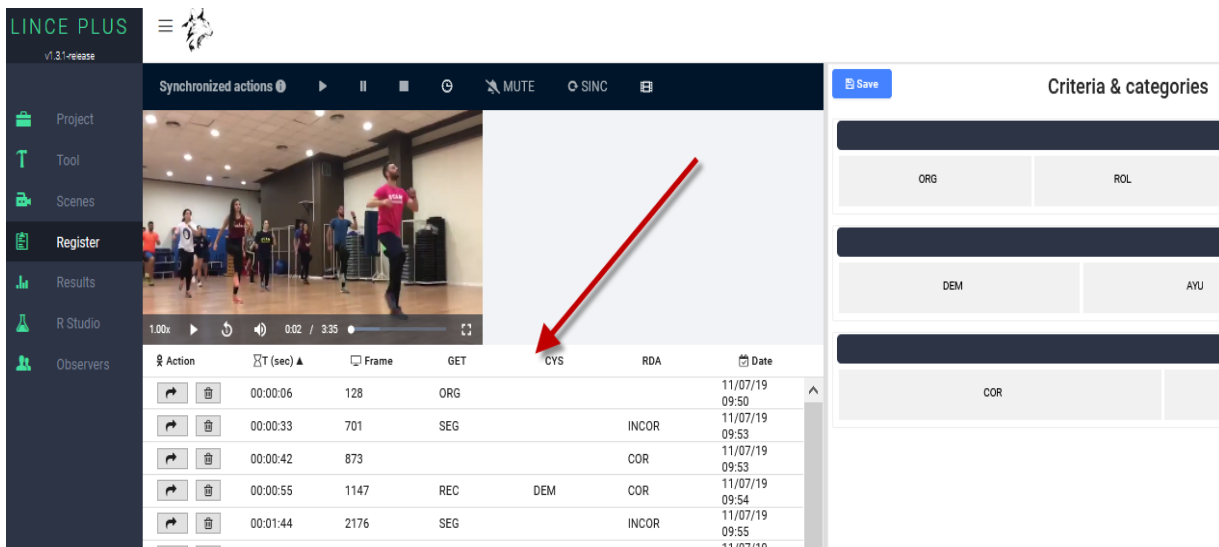


Figure 4. Record module: display, record and coding module of LINC PLUS.

The incorporation of several image and video files in the same project is a step forward which allows working with viewing angles and perspectives of images or videos that can be synchronized in the same session from a simultaneous start (Fig. 5).



Figure 5. Observation of simultaneous videos in LINC PLUS.

12.6.1.4 Results module and R Studio module: integrated results analysis

With the observational record, generated from the annotation and categorization of the images in the previous module, we can obtain results through two procedures and possibilities: externally by exporting

them to other software programs (SAS, Microsoft Excel, SDIS-GSEQ, HOISAN, and THEME), selecting the option "data" in the desktop application (Lince desktop) (Fig.1); or internally in a simultaneous and instantaneous way to the development of the study from the following options:

a) In the *Results* module (Fig 6) using the circular sector graphs and/or descriptive or deductive statistics bar diagrams, which give an overview of the distribution of the criteria and categories.

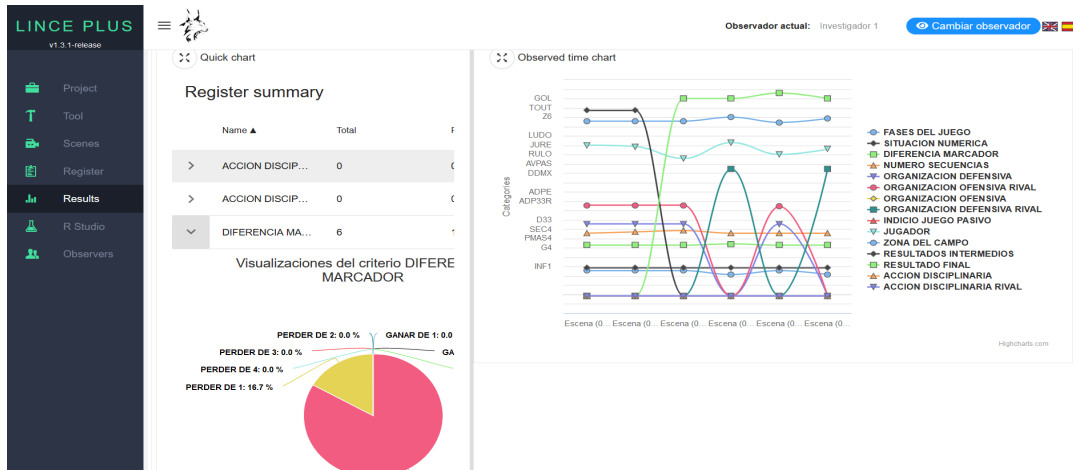


Figure 6. Descriptive results in the *Results* module in LINCCE PLUS.

b) In the *R Studio* module (Fig. 7) that allows the calculation of specific results, with a statistical analysis applied to the observational record. This *R Studio* module introduces an innovation that increases the capabilities of statistical analysis with the integration of the R programming language in LINCCE PLUS, applying a specific and on-live statistical calculation which complements the previous statistical analysis.

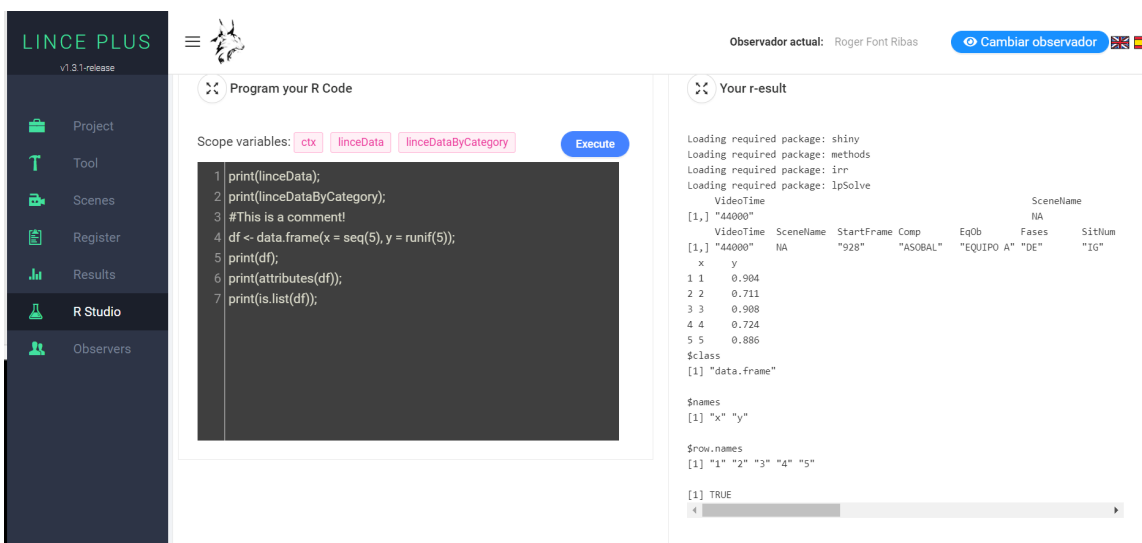


Figure 7. *R Studio* module for executing R code.

This functionality allows a complete analysis, by including the statistical engine of the R language to perform calculations in real time, without the need for the observational investigation to have finished; and collaborative work between several analysts, by allowing observation simultaneously with the verification of partial results. We can also incorporate specific R software libraries for the particular and proper analysis of the record. For this, LINCE PLUS has an API Rest that allows the R-Studio application to be integrated in real time. The instructions to carry out this process are detailed in the LINCE PLUS application itself.

These two approaches or integrations of the R language for the calculation of research results allow the introduction of statistical analysis during the observation phase, anticipating the results of the study without the need to export to other programs and making it possible to use the observational record in all phases of the investigation. In Figure 7 it can be seen how the information processing is carried out immediately from the existing data in the observation record, while we can have another investigator recording other episodes.

12.6.1.5 Observer's module: registration of several observers and their concordance

Regarding the calculation of the agreement index between the different observers involved in the observation, we have arranged a specific section through the Observers module.

Since it is a web application, it allows the participation of several observers, configured in the same project, allowing the information record to be segmented in episodes that occur on a video recording or using a timer to allow the recording of on-live information. The management of several observers in this Observers module, makes it possible to review the record of each observer at any time (Fig. 8).

T (sec)	Frame	Register
00:00:00	0	1 Niño_pe Fija Abraz Abajo Turn En_frente
00:00:22	459	2 Niño_pe Fija Rect Leve_mov 4P En_frente
00:00:51	1068	2 Rec Fija Adel Leve_mov 4P En_frente
00:01:19	1661	2 Pe_niño Fija Abraz Abajo 4P Al_lado
00:01:51	2333	3 Rec Fija Abraz Leve_mov Sent En_frente Lam
00:02:47	3514	3 Rec Fija Adel Abajo Turn En_frente
00:03:25	4297	3 Rec Fija Rect Leve_mov Turn En_frente Alegria

Figure 8. *Observers module*: records between observers of LINCE PLUS.

The inclusion of several observers in the same project requires a control of the data quality through inter-observer agreement (from different observers in the same sessions), which can be extended to intra-observer agreement (from the same observer in different sessions). LINCE PLUS includes the calculation at one click for Kappa index by Cohen (1960), Kappa index by Fleiss (1971) and Krippendorff index (2019). The agreement through kappa Cohen coefficient is calculated from order and duration parameters (Bakeman, 1978; Bakeman et al., 1996), and is doing the alignment (Quera et al., 2007). This calculus is done thanks to the integration of the DKPro library (Artstein & Poesio, 2008; Meyer et al., 2014) in the web interface, whose calculation can be carried out without the information to other applications (Fig. 9).

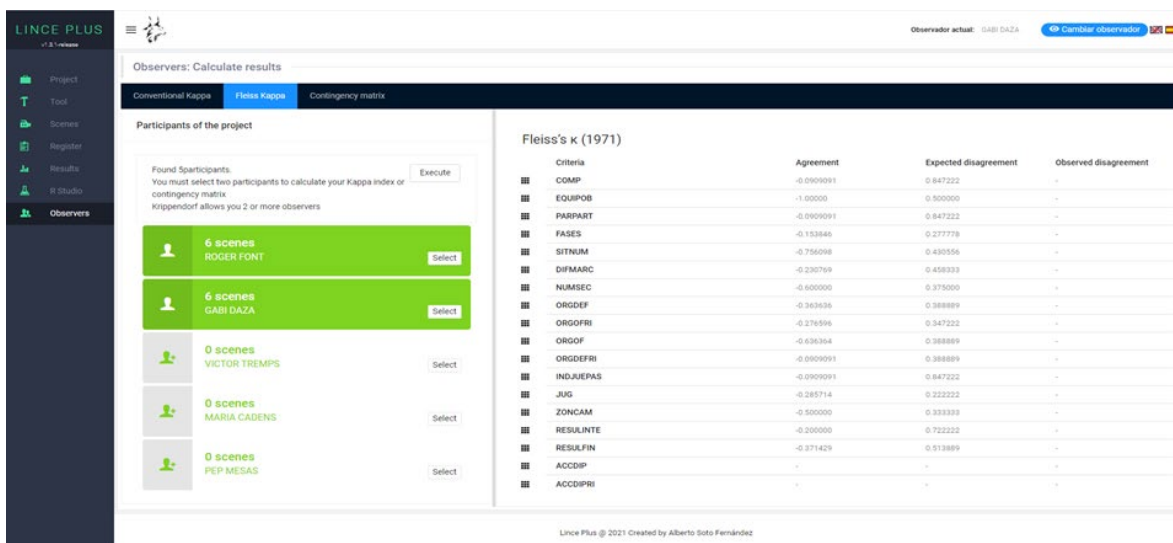


Figure 9. Calculation of the agreement index between various observers in LINCE PLUS.

LINCE-PLUS features

12.6.1.6 Observation instrument versatility

The configuration of the different dimensions or response levels using LINCE PLUS allows the following options:

- Incorporation of free text fields, allowing the introduction of codes corresponding to visually perceptible behaviors (direct observation) and codes corresponding to textual units (indirect observation) indistinctly;
- Establishment of persistent criteria or dimensions that do not vary until the researcher deems it appropriate;
- Preparation of a field format instrument with dimensions that are displayed in a hierarchical system of expandable codes of conduct.

The generation of the observation instrument in such a versatile way with the Tool module (Fig. 3) of the LINCE PLUS software program is adapted to the needs of observational studies, facilitating the recording of emerging behaviors of great complexity and quantity.

12.6.1.7 Collaborative work

LINCE PLUS allows the live recording of sessions, using mobile devices, and collaborative work between observers connected from their devices. This feature does not require having the application installed and is made possible through the QR code generated at the beginning of each project in the desktop application (Lince desktop) that enables this device connectivity, as long as they are in the same private local network (Fig. 1), a factor that allows data privacy.

12.6.1.8 Episode sampling

We must bear in mind that one of the essential characteristics of an observational follow-up study, when it is not possible to record all the episodes, is the performance of a random sampling of episodes (Mehl & Robbins, 2012; Stone et al., 2007). LINCE PLUS allows the automated generation of episodes generating an automatic record per unit of time. To achieve this, the *Scenes* module assistant offers the possibility of generating episodes at regular intervals of time within the maximum video duration (Fig. 10).

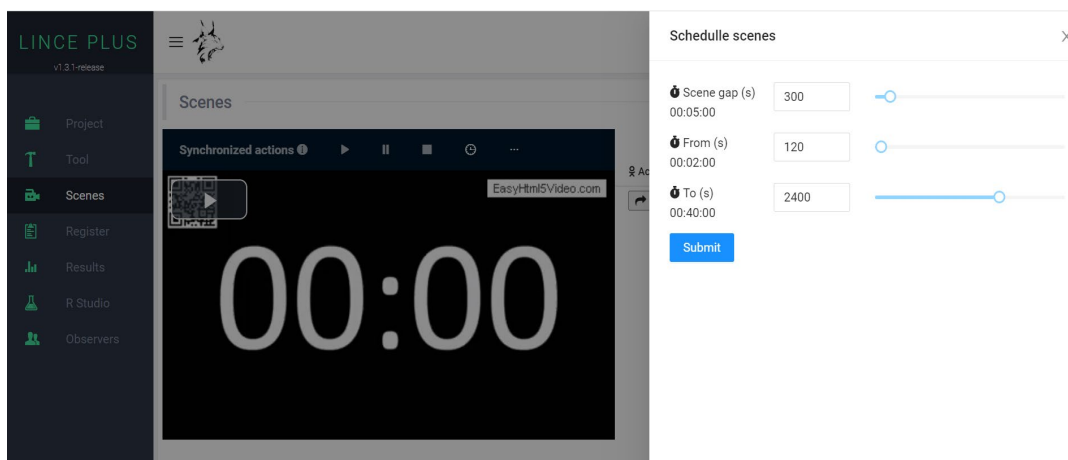


Figure 10. Generation of automatic episodes, through the LINCE PLUS Scenes module.

Technological overview

The application consists of an innovative concept that is presented under a traditional desktop application but that, nevertheless, generates a web server at each startup and that changes its location to facilitate privacy.

This server includes a whole series of innovative concepts from several years of work in which various proofs of concept, prototypes and integrations of libraries and *frameworks* have been carried out. Currently presents the inclusion of Spring Boot in a Java context and integrated with an application based on JavaFX, which allows the integration of any external application in real time from an API Rest. This server also has

Streaming features and includes the installation of the FFmpeg libraries to automatically convert any selected video to a format compatible with the web standard, such as MP4, allowing the backup of the information each 2 minutes and also allowing its execution in Windows and MacOS environments. By displaying web behavior, any device is allowed access from a QR code and includes a streaming server with features of *adaptive streaming* to reduce the size of the information sent creating an innovative user experience.

On the other hand, in terms of the web section and connected devices, we have generated several development models. The latest model is developed in React and with a design based on Ant-Design under Lerna and monorepo architecture. The persistence of the components has followed a mixed flow from React-redux and React-saga, also integrating prototypes of interconnectivity of BLE devices from the experimental function of interconnection by web, functionality that will be available in future versions.

In the future we hope to develop the mobile application with React Native for the integration of more BLE devices and the inclusion of ANT + devices in a transparent way for the user and, if the community offers its support, the evolution of the platform to a pure web environment, without the need to install updates for each user or the loss of information caused by the loss of files.

Conclusions

LINCE PLUS is a tool suitable for any observational design that allows the recording of behavioral observation on-live or deferred from recordings, introducing the possibility of performing this recording with several simultaneous observers and with various connected devices. This incorporation of collaborative work in real time for the research work allows the records of the same episodes, duly contrasted in their agreement, to be analyzed in the application itself or to export the data to other software programs.

The use of the application has grown exponentially in its first year and it is hoped that it will facilitate the research work and the generation of studies and publications. (Camerino et al, 2020; Castañer et al., 2020; Prat et al., 2019; Valero-Valenzuela et al., 2020). We consider that it is an application that can make relevant contributions to the research work of behavioral observation in the field of health and sports as in others areas of human social interaction behavior.

We consider that the development of the LINCE PLUS application has had a very positive result as a tool for integrating knowledge. This result is the outcome of a long and intense development which integrates the following characteristics:

A web interface focused on user experience, which has been developed and optimized to be easy to install and use. So far, the application is starting to be used in several countries.

The application is developed from a very consolidated technology in the computer field and incorporates a web interface that facilitates its integration on the research process. This technology resides in the Java programming language and integrates the use of Spring framework, R, React, Ant-Design and everything under a context that allows it to generate a web server that communicates the data through an API REST.

The introduction of quantitative parameters from physical measurement and incorporation of wearable devices is a factor of great interest. The application is capable of recording the observed heart rate, kinesthetic movements and will allow the progressive introduction of any type of device that is connectable by Bluetooth. This feature is in full development thanks to Suunto Movesense devices.

We have developed proofs of concept that allow the introduction of Artificial Intelligence analysis in the video. In the tests carried out, we have designed a model for the detection of human movement and identification of the body segments that allows us to detect the angles of the human body in movement.

On the other hand, on-live videorecording will be possible, a factor that would allow the inclusion and synchronization of all the above information and its analysis.

The direct connection of the R-Studio application to LINCE PLUS is an aspect of great interest and, on the other hand, the execution of R code within the module of our application for the calculation of results, allows an unprecedented calculation power that must be known by the research community to facilitate its evolution.

In sum, LINCE PLUS is the result of an intense and extensive work of several years that requires constant evolution. Hence, we consider that our project is of great interest and that it has a great future ahead of it, so we hope to continue its development and offer continuous improvements for the research field.

Limitations and future prospective

The improvement of LINCE PLUS lies in a few developers and as it is the fruit of an innovative prototype, which is offered for free as an open source project, it requires a continuous effort that needs the support of the community. Thus, we need constant and greater support from the community to improve the software related to all its functionalities below described.

The future of LINCE PLUS seems to be very promising and, in addition, we consider that it must be a project that must continue to evolve. Thus, we consider that some of the following initiatives should be promoted:

a) The development of a web portal that allows all users to connect without having to install any software or carry out any updates. This web portal would be a knowledge base for the research field and should be able to perform the same functions as LINCE PLUS.

b) The development of mobile applications for Iphone and Android. This mobile application could link the data from the sensors and connect them with the web portal, generating a unique research ecosystem.

Acknowledgments

We are grateful for the support of; the National Institute of Physical Education of Catalonia (INEFC); and the Spanish government subprojects *Integration ways between qualitative and quantitative data, multiple case development, and synthesis review as main axis for an innovative future in physical activity and sports research* [PGC2018-098742-B-C31] and *Mixed method approach on performance analysis (in training and competition) in elite and academy sport* [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) (Ministry of Science, Innovation and Universities / State Research Agency / European Regional Development Fund), that are part of the coordinated project *New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective*

(NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0]; and the Generalitat de Catalunya Research Group, Research group and innovation in designs (GRID). *Technology and multimedia and digital application to observational designs*. [Grant number 2017 SGR 1405].

References

Amatria, M., Lapresa, D., Arana, J., Anguera, M.T., & Jonsson, G.K. (2017). Detection and Selection of Behavioral Patterns Using Theme: A Concrete Example in Grassroots Soccer. *Sports*, 5, 20. <https://doi.org/10.3390/sports5010020>

Anguera, M.T. (1979). Observational Typology. *Quality & Quantity. European-American Journal of Methodology*, 13(6), 449-484.

Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, Á., Hernández-Mendo, A., & Losada, J. L. (2011). Diseños observacionales: ajuste y aplicación en psicología del deporte. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 11(2), 63–76.

Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., & Sánchez-Algarra, P. (2020). Integración de elementos cualitativos y cuantitativos en metodología observacional. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 49, 49–70.
<https://doi.org/10.12795/Ambitos.2020.i49.04>

Anguera, M.T., Camerino, O., Castañer, M., Sánchez-Algarra, P., & Onwuegbuzie, A.J. (2017). The Specificity of Observational Studies in Physical Activity and Sports Sciences: Moving Forward in Mixed Methods Research and Proposals for Achieving Quantitative and Qualitative Symmetry. *Frontiers in Psychology*, 8:2196.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02196>.

Anguera, M. T. & Hernández-Mendo, A. (2016). Avances en estudios observacionales en Ciencias del Deporte desde los mixed methods [Advances in mixed methods observational studies in sports sciences]. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 16(1), 17–30.
<https://doi.org/10.4321/S1578-84232015000100002>

Anguera, M. T., Portell, M., Chacón-Moscoso, S., & Sanduvete-Chaves, S. (2018). Indirect Observation in Everyday Contexts: Concepts and Methodological Guidelines within a Mixed Methods Framework. *Frontiers in Psychology*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>

Anguera, M. T., Portell, M., Hernández-Mendo, A., Sánchez-Algarra, P., & Jonsson, G. (in press). Diachronic analysis of qualitative data. In A. J. Onwuegbuzie & B. Johnson (Eds.), *Reviewer's Guide for Mixed Methods Research Analysis*. Routledge.

- Artstein, R. & Poesio, M. (2008). Inter-Coder Agreement for Computational Linguistics. *Computational Linguistics*, 34(4), 555–596.
<https://doi.org/10.1162/coli.07-034-R2>
- Bakeman, R. (1978). Untangling streams of behavior: Sequential analysis of observation data. In G.P. Sackett (Ed.), *Observing Behavior: Vol. 2. Data collection and analysis methods* (pp. 63–78). University of Park Press.
- Bakeman, R., McArthur, D., & Quera, V. (1996). Detecting group differences in sequential association using sampled permutations: Log odds, kappa, and phi compared. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 28(3), 446-457.
- Bazeley, P. (2012). Integrative Analysis Strategies for Mixed Data Sources. *American Behavioral Scientist*, 56(6), 814–828.
<https://doi.org/10.1177/0002764211426330>
- Bazeley, P. (2016). Mixed or merged? Integration as the real challenge for mixed methods. *Qualitative Research in Organizations and Management: An International Journal*, 11(3), 189–194. <https://doi.org/10.1108/QROM-04-2016-1373>
- Camerino, O., Valero-Valenzuela, A., Prat, Q., Manzano Sánchez, D., & Castañer, M. (2019). Optimizing Education: A Mixed Methods Approach Oriented to Teaching Personal and Social Responsibility (TPSR). *Frontiers in Psychology*, 10.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01439>
- Casarrubea, M., Magnusson, M.S., Anguera, M.T., Jonsson, G.K., Castañer, M., Santangelo, A., Palacino, M., Aiello, S., Faulisi, F., Raso, G., Puigarnau, S., Camerino, O., Di Giovanni, G., & Crescimanno, G. (2018) T-pattern detection and analysis for the discovery of hidden features of behaviour. *Journal of Neuroscience Methods*, 310, 24-32
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.06.013>
- Castañer, M., Aiello, S., Prat, Q., Andueza, J., Crescimanno, G., & Camerino, O. (2020). Impulsivity and physical activity: A T-Pattern detection of motor behavior profiles. *Physiology & Behavior*, 219, 112849. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112849>
- Castañer, M., Camerino, O., Parés, N., & Landry, P. (2011). Fostering body movement in children through an exertion interface as an educational tool. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 28, 236-240.
- Castañer, M., Torrents, C., Anguera, M.T., Dinušová, M., & Jonsson, G.K. (2009): Identifying and analyzing motor skill responses in body movement and dance. *Behavior Research Methods*. 41 (3), 857-867. <http://dx.doi.org/10.3758/BRM.41.3.857>
- Castañer, M., Puigarnau, S., Benítez, R., Zurloni, V., & Camerino, O. (2017). How to merge observational and physiological data? A case study of motor skills patterns and heart rate in exercise programs for adult women. *Anales de Psicología*, 33(3), 442-449.
<http://dx.doi.org/10.6018/analesps.33.3.271011>

- Chacón-Moscoso, S., Anguera, M.T., Sanduvete-Chaves, S., Losada, J.L., Lozano-Lozano, J. A., & Portell, M. (2019). Methodological quality checklist for studies based on observational methodology (MQCOM). *Psicothema*, 31(4), 458-464. <https://doi.org/10.7334/psicothema2019.116>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Fernandes, T., Camerino, O., Garganta, J., Hílono, R., & Barreira, D. (2020). How do elite soccer teams perform to ball recovery? Effects of tactical modelling and contextual variables on the defensive patterns of play. *Journal of Human Kinetics*, 73, 165-179. doi:10.2478/hukin-2019-0141
- Fernández-Hermógenes, D., Camerino, O., & Hílono, R. (2021). Indicators of Corner Kick Performance in Elite Soccer. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 144, 52-64. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/2\).144.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/2).144.07)
- Fleiss, J.L. (1971). Measuring nominal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76, 378-382.
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform Sport Analysis Software. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692-4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., Camerino, O., Anguera, M.T. (2013). Sequences of errors in the Judo throw Morote Seoi Nage and their relationship to the learning process. *Journal of Sports Engineering and Technology*, 227(1),57-63. <https://doi.org/10.1177/17543371111431916>
- Hernández-Mendo, A., Castellano, J., Camerino, O., Jonsson, G., Blanco-Villaseñor, Á., Lopes, A., & Anguera, M. T. (2014). Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 111-121.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299-314. <https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713>
- Krippendorff, K. (2019). *Content analysis: An introduction to its methodology*, 4th ed. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Lapresa, D., Del Rio, A., Arana, J., Amatria, M., & Anguera, M.T. (2018). Use of effective play-space by U12 FC Barcelona players: an observational study combining lag sequential analysis and T-pattern detection. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, (18)2,293-309. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1475195>

- Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q. F., Smíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Wild, A., Knight, P., Rouder, J. N., Morey, R. D., & Wagenmakers, E.-J. (2019). JASP : Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, *88*(2). <https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02>
- Mehl, M. R. & Robins, M. L. (2012). Naturalistic observation sampling: The electronically activated recorder. In M. R. Mehl & T. S. Conner (Eds.), *Handbook of research methods for studying daily life* (pp. 176-192). Guilford.
- Meyer, C. M., Mieskes, M., Stab, C., & Gurevych, I. (2014). DKPro Agreement: An Open-Source Java Library for Measuring Inter-Rater Agreement. *Proceedings of COLING 2014, the 25th International Conference on Computational Linguistics: System Demonstrations*, 105-109.
- O'Cathain, A., Murphy, E., & Nicholl, J. (2010). Three techniques for integrating data in mixed methods studies. *British Medical Journal* *341*:c4587. <https://doi:10.1136/bmj.c4587>
- Portell, M., Anguera, M. T., Chacón-Moscoso, S., & Sanduvete-Chaves, S. (2015). Guidelines for reporting evaluations based on observational methodology. *Psicothema*, *27*(3), 283–289. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.276>
- Prat, Q., Camerino, O., Castañer, M., Andueza, J., & Puigarnau, S. (2019). The Personal and Social Responsibility Model to Enhance Innovation in Physical Education. *Apunts. Educación Física y Deportes*, *136*, 83-99. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/2\).136.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/2).136.06)
- Prieto-Lage, I., Rodríguez-Souto, M., Prieto, M.A., & Gutiérrez-Santiago, A. (2020). Technical analysis in Tsurigoshi through three complementary observational analysis, *Physiology & Behavior*, *(216)*, 112804. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112804>
- Puigarnau, S., Camerino, O., Castañer, M., Prat, Q., & Anguera, M.T. (2016). El apoyo a la autonomía en practicantes de centros deportivos y de fitness para aumentar su motivación. *RICYDE-Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, *43*(12), 48-64. <https://doi.org/10.5232/ricyde2016.04303>
- Quera, V., Bakeman, R., & Gnisci, A. (2007). Observer agreement for event sequences: Methods and software for sequence alignment and reliability estimates. *Behavior Research Methods*, *39*(1), 39-49.
- Sastre, V., Lapresa, D., Arana, J., Ibáñez, R., & Anguera, M.T. (2021). Observational analysis of technical-tactical performance in initiation to combat in karate. *International Journal of Performance Analysis in Sport* *(21)*1,126-138. <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1853450>

Soto-Fernández, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., & Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis. *Apunts Educación Física y deportes*, 137, 149–153. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.11](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11)

Stone, A. A., Shiffman, S., Atienza A. A., & Nebeling L. (2007). Historical roots and rationale of ecological momentary assessment. In A. A. Stone, S. Shiffman, A. A. Atienza, & L. Nebeling (Eds.), *The science of real-time data capture: Self reports in health research* (pp. 3–10). Oxford University Press.

Valero-Valenzuela, A., Gregorio García, D., Camerino, O., & Manzano, D. (2020). Hybridisation of the Teaching Personal and Social Responsibility Model and Gamification in Physical Education. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 141, 63-74. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/3\).141.08](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/3).141.08)

Bibliografía

- Abercromby, A. F. J., Amonette, W. E., Layne, C. S., McFarlin, B. K., Hinman, M. R., y Paloski, W. H. (2007). Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1794–1800. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3181238a0f>
- Adelantado, F., Vilajosana, X., Tuset-Peiro, P., Martinez, B., Melia-Segui, J., y Watteyne, T. (2017). Understanding the Limits of LoRaWAN. *IEEE Communications Magazine*, 55(9), 34–40. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600613>
- Adesida, Y., Papi, E., y McGregor, A. H. (2019). Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and kinetics: A systematic review. In *Sensors (Switzerland)* (Vol. 19, Issue 7, p. 1597). <https://doi.org/10.3390/s19071597>
- Aguado Jódar, X., Izquierdo Redín, M., y González Montesinos, J. L. (1997). *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. Universidad de León. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=91451>
- Andrews, J. G., Buzzzi, S., Choi, W., Hanly, S. V., Lozano, A., Soong, A. C. K., y Zhang, J. C. (2014). What Will 5G Be? *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 32(6), 1065–1082. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2014.2328098>
- Angladon, V., Gasparini, S., Charvillat, V., Pribanić, T., Petković, T., Đonlić, M., Ahsan, B., y Bruel, F. (2019). An evaluation of real-time RGB-D visual odometry algorithms on mobile devices. *Journal of Real-Time Image Processing*, 16(5), 1643–1660. <https://doi.org/10.1007/s11554-017-0670-y>
- Anguera, M. T. (2003). Tema 8 - La observación. In C. Moreno Rosset (Ed.), *Evaluación psicológica. Concepto, proceso y aplicación en las áreas del desarrollo y de la inteligencia* (Vol. 0932, pp. 271–308). Sanz y Torres.
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., y Portell, M. (2018). Pautas para elaborar trabajos que utilizan la metodología observacional. *Anuario de Psicología*, 48(1), 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.anpsic.2018.02.001>
- Anguera, M. T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J. L., y Sánchez-Algarra, P. (2020). Integración de elementos cualitativos y cuantitativos en metodología observacional. *Ámbitos. Revista Internacional de Comunicación*, 49, 49–70. <https://doi.org/10.12795/Ambitos.2020.i49.04>
- Anguera, M. T., Camerino, O., Castañer, M., Sánchez-Algarra, P., y Onwuegbuzie, A. J. (2017). The Specificity of Observational Studies in Physical Activity and Sports Sciences: Moving Forward in Mixed Methods Research and Proposals for Achieving Quantitative and Qualitative Symmetry. *Frontiers in Psychology*, 8, 2196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02196>

- Anguera, M. T., y Hernández-Mendo, A. (2015). Técnicas de análisis en estudios observacionales en ciencias del deporte. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 15(1), 13–30. <https://doi.org/10.4321/s1578-84232015000100002>
- Anguera, M. T., y Hernández-Mendo, A. (2014). Metodología observacional y psicología del deporte: Estado de la cuestión. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(1), 103–109.
- Anguera, M. T., Portell, M., Chacón-Moscoso, S., y Sanduvete-Chaves, S. (2018). Indirect Observation in Everyday Contexts: Concepts and Methodological Guidelines within a Mixed Methods Framework. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00013>
- Apparicio, P., Apparicio, D., y Mathieu, M.-È. (2018). Turtle Sport: An Open-Source Software for Communicating with GPS Sport Watches. *Journal of Open Research Software*, 6(1). <https://doi.org/10.5334/jors.230>
- Appelbaum, L. G., y Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. In *International Review of Sport and Exercise Psychology* (Vol. 11, Issue 1, pp. 160–189). <https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1266376>
- Arango Serna, M. D., Branch, J. W., Castro Benavides, L. M., y Burgos, D. (2019). Un modelo conceptual de transformación digital. Openenergy y el caso de la Universidad Nacional de Colombia. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 19(4), 95. <https://doi.org/10.14201/eks201819495107>
- Araniti, G., Condoluci, M., Scopelliti, P., Molinaro, A., y Iera, A. (2017). Multicasting over Emerging 5G Networks: Challenges and Perspectives. *IEEE Network*, 31(2), 80–89. <https://doi.org/10.1109/MNET.2017.1600067NM>
- Araújo, D., Davids, K., y Hristovski, R. (2006). The ecological dynamics of decision making in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 7(6), 653–676. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2006.07.002>
- Armenteros, M., Benítez, A. J., y Betancor, M. A. (n.d.). *The use of video technologies in refereeing football and other sports*.
- Aspinall, P., Mavros, P., Coyne, R., y Roe, J. (2015). The urban brain: Analysing outdoor physical activity with mobile EEG. *British Journal of Sports Medicine*, 49(4), 272–276. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091877>
- Atanasov, I., y Pencheva, E. (2016). Model Aspects of Open Access to Multimedia Broadcast Services in the Evolved Packet System. *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, 2016, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2016/3154801>
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., y MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>

- Baca, A., Kornfeind, P., Preuschl, E., Bichler, S., Tampier, M., y Novatchkov, H. (2010). A server-based mobile coaching system. *Sensors*, *10*(12), 10640–10662. <https://doi.org/10.3390/s101210640>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., y Kinshuk, D. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology and Society*, *17*, 133–149.
- Bajd, T., Mihelj, M., y Munih, M. (2013). *Introduction to robotics*. Springer.
- Balagué, N., Torrents, C., Hristovski, R., y Kelso, J. A. S. (2017). Sport science integration: An evolutionary synthesis. *European Journal of Sport Science*, *17*(1), 51–62. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1198422>
- Balagué, N., Torrents, C., Hristovski, R., Davids, K., y Araújo, D. (2013). Overview of complex systems in sport. *Journal of Systems Science and Complexity*, *26*(1), 4–13. <https://doi.org/10.1007/s11424-013-2285-0>
- Balandin, S. I., FRUCT Oy (Firm), Moscow Technical University of Communications and Informatics, Open Innovations Association FRUCT, IEEE Communications Society, y Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *Proceedings of the 24th Conference of Open Innovations Association FRUCT : Moscow, Russia, 8-12 April 2019*.
- Ballester, A., Pierola, A., Parrilla, E., Uriel, J., Ruescas, A. V., Perez, C., Dura, J. V., y Alemany, S. (2018). *3D Human Models from 1D, 2D and 3D Inputs: Reliability and Compatibility of Body Measurements*. 132–141. <https://doi.org/10.15221/18.132>
- Bandeiras, C. (2019). Technology in Sports Biomechanics. *IEEE Potentials*, *38*(3), 8–10. <https://doi.org/10.1109/MPOT.2019.2897276>
- Banks, J., Phillips, A. B., Turnock, S. R., Hudson, D. A., y Taunton, D. J. (2014). Kayak blade-hull interactions: A body force approach for self-propelled simulations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, *228*(1), 49–60. <https://doi.org/10.1177/1754337113493847>
- Barrera Portillo, J. (2010). Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Editorial Médica Panamericana S.A., Madrid, (2008). In *Rehabilitación* (Vol. 44, Issue 1). Editorial Médica Panamericana. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2009.01.001>
- Barris, S., y Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. In *Sports Medicine* (Vol. 38, Issue 12, pp. 1025–1043). <https://doi.org/10.2165/00007256-200838120-00006>
- Bartlett, R. (2001). Performance analysis: can bringing together biomechanics and notational analysis benefit coaches? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, *1*(1), 122–126. <https://doi.org/10.1080/24748668.2001.11868254>

- Barton, L. E., y Johnson, H. A. (1990). Observational Technology: An Update. In *Ecobehavioral Analysis and Developmental Disabilities* (pp. 201–227). Springer New York.
https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3336-7_11
- Bazeley, P. (2010). Computer assisted integration of mixed methods data sources and analyses. In T. C y Tashakkori A (Eds.), *Handbook of mixed methods research for the social and behavioral sciences* (2nd ed., pp. 431–467). Sage.
- Benson, L. C., Clermont, C. A., Osis, S. T., Kobsar, D., y Ferber, R. (2018). Classifying running speed conditions using a single wearable sensor: Optimal segmentation and feature extraction methods. *Journal of Biomechanics*, 71, 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.01.034>
- Bert, F., Giacometti, M., Gualano, M. R., y Siliquini, R. (2014). Smartphones and health promotion: A review of the evidence. *Journal of Medical Systems*, 38(1), 9995.
<https://doi.org/10.1007/s10916-013-9995-7>
- Betancor, M. A., Otero, J. M., Almeida Aguiar, A., Luna Andreu, M. L., y Cárdenes Negro, P. (2011). Las Tic's en la formación de los jueces y árbitros a través del centro de estudios del arbitraje deportivo de la universidad de las palmas de Gran Canaria. *COLECCIÓN ICD: INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DEL DEPORTE*, 0(50). <https://revistasdigitales.csd.gob.es/index.php/ICD/article/view/483>
- Bianchi, A., y Phillips, J. G. (2005). Psychological predictors of problem mobile phone use. *Cyberpsychology and Behavior*, 8(1), 39–51. <https://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.39>
- Biddle, S. J. H., Markland, D., Gilbourne, D., Chatzisarantis, N. L. D., y Sparkes, A. C. (2001). Research methods in sport and exercise psychology: quantitative and qualitative issues. *Journal of Sports Sciences*, 19(10), 777–809. <https://doi.org/10.1080/026404101317015438>
- Bilodeau, E. A., Bilodeau, I. M., Alluisi, E. A., y Conference on Acquisition of Skill (1965 : New Orleans, L.). (1969). *Principles of skill acquisition*. Academic Press.
- Blanco, P., y Garcia-Lopez, J. (2016). *Análisis cinemático del pedaleo ciclista mediante sistemas de captura del movimiento en 2D y 3D - Kinematic analysis of the bicycle pedaling using 2D and 3D motion capture systems*.
- Blas Foix, X. de. (2012). Proyecto Chronojump-Boscosystem. Herramienta informática libre para el estudio cinemático del salto vertical: medición del tiempo, detección del ángulo de flexión sin marcadores y elaboración de tablas de percentiles. *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/83302>
- Blobel, T., y Lames, M. (2018). *Erratum to: Information Systems for Top-Level Football with Focus on Performance Analysis and Healthy Reference Patterns* (pp. E1–E1).
https://doi.org/10.1007/978-3-319-67846-7_17
- Blumenstein, B., Bar-Eli, M., y Tenenbaum, G. (2002). *Brain and body in sport and exercise. Biofeedback applications in performance enhancement*. John Wiley y Sons.

- Boh, W. F., De-Haan, U., y Strom, R. (2016). University technology transfer through entrepreneurship: faculty and students in spinoffs. *The Journal of Technology Transfer*, 41(4), 661–669. <https://doi.org/10.1007/s10961-015-9399-6>
- Borges, P. V. K., Conci, N., y Cavallaro, A. (2013). Video-Based Human Behavior Understanding: A Survey. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 23(11), 1993–2008. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2013.2270402>
- Bouillod, A., Costes, A., Soto-Romero, G., Brunet, E., y Grappe, F. (2016). Validity and reliability of the 3D motion analyzer in comparison with the vicon device for biomechanical pedalling analysis. *IcSPORTS 2016 - Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 63–66. <https://doi.org/10.5220/0006088200630066>
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., y Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161-S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>
- Bravata, D. M., Smith-Spangler, C., Sundaram, V., Gienger, A. L., Lin, N., Lewis, R., Stave, C. D., Olkin, I., y Sirard, J. R. (2007). Using pedometers to increase physical activity and improve health: A systematic review. In *Journal of the American Medical Association* (Vol. 298, Issue 19, pp. 2296–2304). <https://doi.org/10.1001/jama.298.19.2296>
- Bredt, S. da G. T., Chagas, M. H., Peixoto, G. H., Menzel, H. J., y Andrade, A. G. P. de. (2020). Understanding Player Load: Meanings and Limitations. *Journal of Human Kinetics*, 71(1), 5–9. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072>
- Breitbarth, A., Schardt, T., Kind, C., Brinkmann, J., Dittrich, P.-G., y Notni, G. (2019). Measurement accuracy and dependence on external influences of the iPhone X TrueDepth sensor. In B. Zagar, P. Mazurek, M. Rosenberger, y P.-G. Dittrich (Eds.), *Photonics and Education in Measurement Science 2019* (p. 7). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2530544>
- Brill, M., y Schwab, F. (2019). A Mixed-Methods Approach Using Self-Report, Observational Time Series Data, and Content Analysis for Process Analysis of a Media Reception Phenomenon. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01666>
- Brown, R. P. (2001). Polymers in Sport and Leisure. In *Rapra Review Reports* (Vol. 12, Issue 3). Rapra Technology Ltd. <https://www.worldcat.org/title/polymers-in-sport-and-leisure/oclc/246620532>
- Büchi, G., Cugno, M., y Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150, 119790. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2019.119790>
- Buller, M. J., Welles, A. P., y Friedl, K. E. (2018). Wearable physiological monitoring for human thermal-work strain optimization. In *Journal of Applied Physiology* (Vol. 124, Issue 2, pp. 432–441). <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00353.2017>

- Buzón Valencia, P., y Conde García, C. (2017). Análisis de las relaciones entre los climas motivacionales y las necesidades psicológicas básicas en Educación Física. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 0(9), 3. <https://doi.org/10.33776/remo.v0i9.3196>
- Camerino Foguet, O., y Buscà Donés, F. (2011). Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la formación de los graduados en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, el e-diario académico. *Apunts Educación Física y Deportes*, 104, 28–36. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2011/2\).104.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2011/2).104.03)
- Camerino, O., Castañer, M., & Anguera, M. T. (2012). Mixed Methods Research in the Movement Sciences: Case Studies in Sport, Physical Education and Dance. In *Sport, Education and Society*. Routledge. ISBN - 978-0-415-67301-3.
- Camerino, L., Camerino, O., Prat, Q., Jonsson, G. K., & Castañer, M. (2020). Has the use of body image in advertising changed in the first two decades of the new century? *Physiology & Behavior*, 220, 112869. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112869>
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., y Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873. <https://doi.org/10.3390/s18030873>
- Campos-Gutiérrez, L. M., Sellés-Pérez, S., García-Jaén, M., y Ferriz-Valero, A. (2021). AULA INVERTIDA EN EDUCACIÓN FÍSICA: APRENDIZAJE, MOTIVACIÓN Y TIEMPO DE PRÁCTICA MOTRIZ. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y Del Deporte*, 21(81), 63–81. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2021.81.005>
- Campos-Rius, J., y Sebastiani, E. (2016). El repte de les TIC i les TAC en l'Educació Física. *Alema*, 34(2), 25–36. <http://www.revistaaloma.net/index.php/aloma/article/view/289>
- Cardinale, M., y Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: Applications, challenges, and opportunities. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 55–62). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0423>
- Cartarlenas, J., y Durán, C. (1993). Cap a la construcció d'una disciplina praxiològica que aculli i estudiï la diversitat de pràctiques corporals i esportives existents. *Apunts Educació Física i Esports*, 32, 19–26.
- Castañer, M., Camerino, O., Parés, N., y Landry, P. (2011). Fostering Body Movement In Children Through An Exertion Interface As An Educational Tool. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 28, 236–240. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.046>
- Castañer Balcells, M., Camerino Foguet, O., y Anguera Argilaga, M. T. (2013). Métodos mixtos en la investigación de las ciencias de la actividad física y el deporte. *Apunts Educación Física y Deportes*, 112, 31–36. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2013/2\).112.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2013/2).112.01)

- Castañer, M., Aiello, S., Prat, Q., Andueza, J., Crescimanno, G., & Camerino, O. (2020). Impulsivity and physical activity: A T-Pattern detection of motor behavior profiles. *Physiology & Behavior*, 219, 112849. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112849>
- Castellano, J., y Casamichana, D. (2014). Deporte con dispositivos de posicionamiento global (GPS): Aplicaciones y limitaciones. *Revista de Psicología Del Deporte*, 23(2), 355–364. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4872379>
- Castells, M. (2006). La Sociedad Red: una visión global. In *Ingeniería* (3. ed). Alianza Ed.
- Castro Lemus, N., y Gómez García, I. (2016). Incorporación de los códigos QR en la Educación Física en Secundaria (Incorporating QR codes in Physical Education in Secondary). *Retos*, 29, 114–119. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i29.35910>
- Chambers, R., Gabbett, T., Cole, M., y Beard, A. (2015). The Use of Wearable Microsensors to Quantify Sport-Specific Movements. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0332-9>
- Chang, K., Zhang, J., Huang, Y., Liu, T., y Sung, Y. (2019). Applying augmented reality in physical education on motor skills learning. *Interactive Learning Environments*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636073>
- Chen, H., Chiang, R. H. L., y Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 36(4), 1165–1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Cheng, K., Teng, Y., Sun, W., Liu, A., y Wang, X. (2018). Energy-Efficient Joint Offloading and Wireless Resource Allocation Strategy in Multi-MEC Server Systems. *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICC.2018.8422877>
- Cheng, V. W. S., Davenport, T., Johnson, D., Vella, K., Mitchell, J., y Hickie, I. B. (2020). Naturalistic evaluation of a sport-themed mental health and wellbeing app aimed at men (MindMax), that incorporates applied video games and gamification. *Internet Interventions*, 20, 100306. <https://doi.org/10.1016/J.INVENT.2020.100306>
- Chu, A. H. Y., Ng, S. H. X., Paknezhad, M., Gauterin, A., Koh, D., Brown, M. S., y Müller-Riemenschneider, F. (2017). Comparison of wrist-worn Fitbit Flex and waist-worn ActiGraph for measuring steps in free-living adults. *PLOS ONE*, 12(2), e0172535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172535>
- Clark, R. A., Pua, Y. H., Fortin, K., Ritchie, C., Webster, K. E., Denehy, L., y Bryant, A. L. (2012). Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait and Posture*, 36(3), 372–377. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.03.033>
- Clermont, C. A., Phinyomark, A., Osis, S. T., y Ferber, R. (2019). Classification of higher- and lower-mileage runners based on running kinematics. *Journal of Sport and Health Science*, 8(3), 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.08.003>

- Cola, G., Avvenuti, M., Vecchio, A., Yang, G. Z., y Lo, B. (2015). An on-node processing approach for anomaly detection in gait. *IEEE Sensors Journal*, 15(11), 6640–6649. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2464774>
- Coleman, B. (2009). Using Sensor Inputs to Affect Virtual and Real Environments. *IEEE Pervasive Computing*, 8(3), 16–23. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2009.60>
- Computing, M., Abbas, B. K., y Jasim, I. A. (2018). The Impacting Technology on the Wide World of Sports. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 7(11), 261–271. <https://ijcsmc.com/docs/papers/November2018/V7I11201839.pdf>
- Connor, M., Fagan, D., y O’Neill, M. (2019). Optimising Team Sport Training Plans With Grammatical Evolution. *2019 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, 2474–2481. <https://doi.org/10.1109/CEC.2019.8790369>
- Consejo Superior de Deportes. (2008). *Tecnologías Aplicadas al deporte de alto rendimiento*. Consejo Superior de Deportes. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/tecnologias-aplicadas-al-deporte-de-alto-rendimiento/ciencias-del-deporte/12405>
- Cortsen, K., y Rascher, D. A. (2018). The Application of Sports Technology and Sports Data for Commercial Purposes. In *The Use of Technology in Sport - Emerging Challenges*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80742>
- Cronin, C., Whitehead, A. E., Webster, S., y Huntley, T. (2019). Transforming, storing and consuming athletic experiences: a coach’s narrative of using a video application. *Sport, Education and Society*, 24(3), 311–323. <https://doi.org/10.1080/13573322.2017.1355784>
- Crouter, S. E., Schneider, P. L., Karabulut, M., y Bassett, D. R. (2003). Validity of 10 electronic pedometers for measuring steps, distance, and energy cost. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(8), 1455–1460. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000078932.61440.A2>
- Cuberos, R. C., Sánchez, M. C., Ortega, F. Z., Garcés, T. E., y Martínez, A. M. (2016). Videojuegos activos como recurso TIC en el aula de Educación Física: estudio a partir de parámetros de ocio digital - Active Videogames as ICT tool in Physical Education classroom: research from digital leisure parameters. *Digital Education Review*, 0(29), 112–123. <https://doi.org/10.1344/der.2016.29.112-123>
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., y Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>
- Custodio Ruiz, A. (1999). Sensores inteligentes : la revolución tecnológica de la instrumentación. *Buran*, 13, 45–48. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/9745>

- Czaplicki, A., Śliwa, M., Szyszka, P., y Sadowski, J. (2017). Biomechanical Assessment of Strength and Jumping Ability in Male Volleyball Players During the Annual Training Macro-cycle. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 24(4), 221–227. <https://doi.org/10.1515/pjst-2017-0021>
- Da Silva, I. J., Vilao, C. O., Costa, A. H. R., y Bianchi, R. A. C. (2017). Towards robotic cognition using deep neural network applied in a goalkeeper robot. *2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and 2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SBR-LARS-R.2017.8319463>
- Daniel, E. (2019, September). *Intel partners with Tokyo Olympics for “most innovative Olympics in history.”* <https://www.verdict.co.uk/>. <https://www.verdict.co.uk/intel-tokyo-olympics/>
- De la Cámara Serrano, M. A. (2015). El sector del fitness en España; análisis del gimnasio low-cost y los centros de electroestimulación integral. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 4(2), 47. <https://doi.org/10.6018/242941>
- De Souza, C. (2018). *Action Recognition in Videos: Data-efficient approaches for supervised learning of human action classification models for video.* <http://www.tdx.cat/handle/10803/565827>
- Dellaserra, C. L., Gao, Y., y Ransdell, L. (2014). Use of integrated technology in team sports: A review of opportunities, challenges, and future directions for athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 556–573. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a952fb>
- Demirci, K., Akgönül, M., y Akpınar, A. (2015). Relationship of smartphone use severity with sleep quality, depression, and anxiety in university students. *Journal of Behavioral Addictions*, 4(2), 85–92. <https://doi.org/10.1556/2006.4.2015.010>
- Dietz, P. H., y Lathrop, M. (2019). Adaptive environments with parallel reality™ displays. *ACM SIGGRAPH 2019 Talks, SIGGRAPH 2019*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3306307.3328153>
- Duquette, C. M., Cebula, R. J., y Mixon, F. G. (2019). Major league baseball’s *Moneyball* at age 15: a re-appraisal. *Applied Economics*, 51(52), 5694–5700. <https://doi.org/10.1080/00036846.2019.1617399>
- Edwards, S. D. (2019). Clinical sport psychological, HeartMath training intervention for twelve year old boy. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3). <https://doi.org/10.14198/jhse.2020.153.04>
- Ekkekakis, P., y Petruzzello, S. J. (2002). Analysis of the affect measurement conundrum in exercise psychology: IV. A conceptual case for the affect circumplex. *Psychology of Sport and Exercise*, 3(1), 35–63. [https://doi.org/10.1016/S1469-0292\(01\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S1469-0292(01)00028-0)
- Ellis, L. A., Collin, P., Davenport, T. A., Hurley, P. J., Burns, J. M., y Hickie, I. B. (2012). Young Men, Mental Health, and Technology: Implications for Service Design and Delivery in the Digital Age. *Journal of Medical Internet Research*, 14(6), e160. <https://doi.org/10.2196/jmir.2291>

- Ellis, L. A., Collin, P., Hurley, P. J., Davenport, T. A., Burns, J. M., y Hickie, I. B. (2013). Young men's attitudes and behaviour in relation to mental health and technology: implications for the development of online mental health services. *BMC Psychiatry*, *13*(1), 119. <https://doi.org/10.1186/1471-244X-13-119>
- Elmqaddem, N. (2019). International Journal of Emerging Technologies in Learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, *14*(03), 234–242. <https://online-journals.org/index.php/i-jet/article/view/9289>
- Escaravajal Rodríguez, J. C., y Extremera, A. (2019). *Las Aplicaciones Tecnológicas en el Deporte de Orientación y en Educación Física*. 28–40.
- Eskofier, B., Oleson, M., DiBenedetto, C., y Hornegger, J. (2009). Embedded surface classification in digital sports. *Pattern Recognition Letters*, *30*(16), 1448–1456. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2009.08.004>
- Española, © Real Academia. (2013). Real Academia Española. *Madrid, España*, *144*, 1–100. <http://www.rae.es/>
- Estivalet, M., Brisson, P., y Caplan, N. (2009). A Simulation of Outrigger Canoe Paddling Performance (P19). In *The Engineering of Sport 7* (pp. 97–105). Springer Verlag Paris. https://doi.org/10.1007/978-2-287-99054-0_12
- Estrella, J. (2013, May). *Underbike, una red social para ciclistas*. <https://www.ender.es/>. <https://www.ender.es/2013/05/underbike-red-social-para-ciclistas/>
- Expósito Cañamero, J. (2014). *Estudio comparativo del comportamiento mecánico de tres polímeros celulares: caucho Eva, polietileno y poliuretano empleados en la fabricación de ortesis plantares a medida*. <https://eprints.ucm.es/27698/>
- Farzam, P., Starkweather, Z., y Franceschini, M. A. (2018). Validation of a novel wearable, wireless technology to estimate oxygen levels and lactate threshold power in the exercising muscle. *Physiological Reports*, *6*(7), e13664. <https://doi.org/10.14814/phy2.13664>
- Fernández, J. G., Fernández-Gavira, J., Oliver, A. J. S., y Puyana, M. G. (2017). Gamificación y aplicaciones móviles para emprender: una propuesta educativa en la enseñanza superior. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, *0*(8 SE-). <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/2434>
- Fernández-Espínola, C., y Ladrón-de-Guevara Moreno, L. (2016). El uso de las TIC en la Educación Física actual. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, *0*(5), 17. <https://doi.org/10.33776/remo.v0i5.2740>
- Fernández-Hermógenes, D., Camerino, O., & Hileno, R. (2021). Indicadores de rendimiento del saque de esquina en el fútbol de élite. *Apunts Educación Física y Deportes*, *144*, 52–64. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/2\).144.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/2).144.07)

- Finsterer, J., y Stöllberger, C. (2015). Severe rhabdomyolysis after MIHA-bodytec® electrostimulation with previous mild hyper-CK-emia and noncompaction. *International Journal of Cardiology*, 180, 100–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2014.11.148>
- Fister, I., Ljubič, K., Suganthan, P. N., Perc, M., y Fister, I. (2015). Computational intelligence in sports: Challenges and opportunities within a new research domain. In *Applied Mathematics and Computation* (Vol. 262, pp. 178–186). <https://doi.org/10.1016/j.amc.2015.04.004>
- Fleming, P. (2011). Artificial turf systems for sport surfaces: Current knowledge and research needs. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 225(2), 43–64. <https://doi.org/10.1177/1754337111401688>
- Fleming, P., Ferrandino, M., y Forrester, S. (2016). Artificial Turf Field – A New Build Case Study. *Procedia Engineering*, 147, 836–841. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.06.294>
- Fombona Cadavieco, J., Rodríguez Pérez, C., San Pedro Veledo, J., y Pascual Sevillano, M. (2011). Dispositivos móviles: herramienta de apoyo educativo sin barreras espacio temporales. *Revista de Educación Inclusiva*, 4(3), 91–102. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5075261>
- Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., y de Koning, J. J. (2017). Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-2-S2-8. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2016-0388>
- Foster, MSLS, E. D., y Deardorff, MLIS, A. (2017). Open Science Framework (OSF). *Journal of the Medical Library Association*, 105(2). <https://doi.org/10.5195/JMLA.2017.88>
- Frank, E., Hall, M., Trigg, L., Holmes, G., y Witten, I. H. (2004). Data mining in bioinformatics using Weka. *Bioinformatics*, 20(15), 2479–2481. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bth261>
- Fuentetaja, E., y Bagert, D. J. (2002). Software evolution from a time-series perspective. *Conference on Software Maintenance*, 226–229. <https://doi.org/10.1109/icsm.2002.1167769>
- Fukuoka, Y., Haskell, W., Lin, F., y Vittinghoff, E. (2019). Short- and Long-term Effects of a Mobile Phone App in Conjunction With Brief In-Person Counseling on Physical Activity Among Physically Inactive Women: The mPED Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 2(5), e194281. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.4281>
- Fukuoka, Y., Komatsu, J., Suarez, L., Vittinghoff, E., Haskell, W., Noorishad, T., y Pham, K. (2011). The mPED randomized controlled clinical trial: Applying mobile persuasive technologies to increase physical activity in sedentary women protocol. *BMC Public Health*, 11, 933. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-933>
- Furst, J., Chen, K., Kim, H.-S., y Bonnet, P. (2018). Evaluating Bluetooth Low Energy for IoT. *2018 IEEE Workshop on Benchmarking Cyber-Physical Networks and Systems (CPSBench)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CPSBench.2018.00007>

- Furuholt, B., y Skutle, N. G. (2007). Strategic Use of Customer Relationship Management (CRM) in Sports: The Rosenborg Case. In *Advances in Information Systems Development* (pp. 123–133). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70761-7_11
- Fuss, F. K., Subic, A., y Mehta, R. (2008). The impact of technology on sport — new frontiers. In *Sports Technology* (Vol. 1, Issue 1, pp. 1–2). <https://doi.org/10.1080/19346182.2008.9648443>
- Gabin, B., Camerino, O., Anguera, M. T., y Castañer, M. (2012). Lince: Multiplatform Sport Analysis Software. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 4692–4694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.320>
- Gallén. (2016, May). *Underbike, la red social que conecta ciclistas y entrenadores*. <http://ruedalibre.es>. <http://ruedalibre.es/underbike-nueva-red-social-para-ciclistas-y-entrenadores/>
- Gámez, J., Garrido, D., Montaner, C., Alcántara, E., y Izquierdo Redín, M. (2008). Aplicaciones tecnológicas para el análisis de la actividad física para el rendimiento deportivo y la salud. In M. Izquierdo Redín (Ed.), *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte* (Vol. 44, Issue 1, p. 393). Panamericana. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2009.01.001>
- Gandomi, A., y Haider, M. (2015). Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. *International Journal of Information Management*, 35(2), 137–144. <https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2014.10.007>
- García Fernández, J. (2016). *Emprendiendo en el sector deportivo: De la teoría a la práctica*. Aranzadi.
- García-Izquierdo, A. L., Ramos-Villagrasa, P. J., y Navarro, J. (2012). Dynamic Criteria: a Longitudinal Analysis of Professional Basketball Players' Outcomes. *The Spanish Journal of Psychology*, 15(3), 1133–1146. https://doi.org/10.5209/rev_sjop.2012.v15.n3.39403
- Gimenez, J. J., Carcel, J. L., Fuentes, M., Garro, E., Elliott, S., Vargas, D., Menzel, C., y Gomez-Barquero, D. (2019). 5G New Radio for Terrestrial Broadcast: A Forward-Looking Approach for NR-MBMS. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 65(2), 356–368. <https://doi.org/10.1109/TBC.2019.2912117>
- Giraldo Mejía, J. C., Montoya Quintero, D. M., y Jiménez Builes, J. A. (2017). Knowledge-based model to support decision-making when choosing between two association data mining techniques. *Revista Lasallista de Investigacion*, 14(2), 41–50. <https://doi.org/10.22507/rli.v14n2a4>
- Godfrey, A., Hetherington, V., Shum, H., Bonato, P., Lovell, N. H., y Stuart, S. (2018). From A to Z: Wearable technology explained. In *Maturitas* (Vol. 113, pp. 40–47). <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.012>
- Gomes, B. B., Conceição, F. A. V., Pendergast, D. R., Sanders, R. H., Vaz, M. A. P., y Vilas-Boas, J. P. (2015). Is passive drag dependent on the interaction of kayak design and paddler weight in flat-water kayaking? *Sports Biomechanics*, 14(4), 394–403. <https://doi.org/10.1080/14763141.2015.1090475>

- Gómez García, J., Sellés, S., y Ferriz Valero, A. (2019). Flipped Classroom Como Propuesta en la Mejora del Rendimiento Académico y Motivación del Alumnado en Educación Física. *Kronos*, 18(2), 1–12.
- Gomez, C., Oller, J., y Paradells, J. (2012). Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology. *Sensors*, 12(9), 11734–11753. <https://doi.org/10.3390/s120911734>
- Gomez-Barquero, D., Navratil, D., Appleby, S., y Stagg, M. (2018). Point-to-Multipoint Communication Enablers for the Fifth Generation of Wireless Systems. *IEEE Communications Standards Magazine*, 2(1), 53–59. <https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.2018.1700069>
- Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., García-Rubio, J., Ibáñez, S. J., y Pino-Ortega, J. (2019). Static and dynamic reliability of WIMU PRO™ accelerometers according to anatomical placement. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 233(2), 238–248. <https://doi.org/10.1177/1754337118816922>
- Gómez-Ruano, M. A. (2018). Current approaches to performance analysis in sport. In *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias del Deporte* (Vol. 14, Issue 51, pp. 3–4). <https://doi.org/10.5232/ricyde2018.051ed>
- González-Cutre, D. (2017). Estrategias didácticas y motivacionales en las clases de educación física desde la teoría de la autodeterminación. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 0(8), 44. <https://doi.org/10.33776/remo.v0i8.3268>
- González-Villaron, M., y Izquierdo Redín, M. (2008). Observación y análisis en deportes individuales y colectivos. In M. Izquierdo Redín (Ed.), *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte* (pp. 129–155).
- Goodenough, J. B., y Park, K.-S. (2013). The Li-Ion Rechargeable Battery: A Perspective. *Journal of the American Chemical Society*, 135(4), 1167–1176. <https://doi.org/10.1021/ja3091438>
- Greenfield, B. H., Greene, B., y Johanson, M. A. (2007). The use of qualitative research techniques in orthopedic and sports physical therapy: Moving toward postpositivism. *Physical Therapy in Sport*, 8(1), 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2006.11.002>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., y Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <https://doi.org/10.1016/J.FUTURE.2013.01.010>
- Guerino, G. C., y Valentim, N. M. C. (2020). Usability and user experience evaluation of natural user interfaces: a systematic mapping study. *IET Software*, 14(5), 451–467. <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2020.0051>
- Guimarães, C. P., Balbio, V., Cid, G. L., Orselli, M. I. V., Xavier, A. P., Neto, A. S., y Corrêa, S. C. (2016). 3D interactive environment applied to fencing training. *IcSPORTS 2016 - Proceedings*

of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support, 39–43. <https://doi.org/10.5220/0006043100390043>

- Guo, W., Fuentes, M., Christodoulou, L., y Mouhouche, B. (2018). Roads to Multimedia Broadcast Multicast Services in 5G New Radio. *2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/BMSB.2018.8436874>
- Hare, J. S., Samangoei, S., y Dupplaw, D. P. (2011). OpenIMAJ and ImageTerrier. *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Multimedia - MM '11*, 691. <https://doi.org/10.1145/2072298.2072421>
- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., MacEra, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., y Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: Updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. In *Medicine and Science in Sports and Exercise* (Vol. 39, Issue 8, pp. 1423–1434). <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616b27>
- Haux, R., Hein, A., Kolb, G., Künemund, H., Eichelberg, M., Appell, J. E., Appelrath, H. J., Bartsch, C., Bauer, J. M., Becker, M., Bente, P., Bitzer, J., Boll, S., Büsching, F., Dasenbrock, L., Deparade, R., Depner, D., Elbers, K., Fachinger, U., ... Laan, M. Z. Van Der. (2014). Information and communication technologies for promoting and sustaining quality of life, health and self-sufficiency in ageing societies-outcomes of the Lower Saxony Research Network Design of Environments for Ageing (GAL). In *Informatics for Health and Social Care* (Vol. 39, Issues 3–4, pp. 166–187). <https://doi.org/10.3109/17538157.2014.931849>
- Hayashi, C. T. (2016). Foundations of Sport and Exercise Psychology. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 20(3), 336–338. <https://doi.org/10.1123/jsep.20.3.336>
- Hayman, E. (2016). *TRACAB Optical Tracking*. <https://Chyronhego.Com>. <https://chyronhego.com/products/sports-tracking/tracab-optical-tracking/>
- Hernández Mendo, A., López López, J. A., Castellano Paulis, J., Morales Sánchez, V., y Pastrana Brincones, J. L. (2012). HOISAN 1.2: Programa informático para uso en Metodología Observacional. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 12(1), 55–78. <https://doi.org/10.4321/S1578-84232012000100006>
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (McGraw-hill y I. Editores (Eds.); 5th ed.). McGraw-Hill Interamericana de España.
- Hernández-Mendo, A., Castellano, J., Camerino, O., Jonsson, G., Blanco-Villaseñor, Á., Lopes, A., y Anguera, M. T. (2014). Programas informáticos de registro, control de calidad del dato, y análisis de datos. *Revista de Psicología del Deporte*, 23(1), 111–121. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4872358>
- Herrero, A. J., Martín, J., Benito, P. J., Gonzalo-Martínez, I., Chulvi-Medrano, I., y García-López, D. (2015). National Strength and Conditioning Association-Spain position stand. Whole-body

electromyostimulation training. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(4), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.004>

Hill, Y., Den Hartigh, R. J. R., Meijer, R. R., De Jonge, P., y Van Yperen, N. W. (2018). Resilience in sports from a dynamical perspective. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 7(4), 333–341. <https://doi.org/10.1037/spy0000118>

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., y Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278>

Horvat, T., Havaš, L., y Medved, V. (2015). Web application for support in basketball game analysis. *IcSPORTS 2015 - Proceedings of the 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 225–231. <https://doi.org/10.5220/0005591102250231>

Hsu, Y. L., Chang, H. C., y Chiu, Y. J. (2019). Wearable Sport Activity Classification Based on Deep Convolutional Neural Network. *IEEE Access*, 7, 170199–170212. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2955545>

Huh, J.-H., y Seo, K. (2017). An Indoor Location-Based Control System Using Bluetooth Beacons for IoT Systems. *Sensors*, 17(12), 2917. <https://doi.org/10.3390/s17122917>

Ibrahim, M. J. (2012). Technological Change and Economic Transformation. In *Technological Change* (p. 4). InTech. <https://doi.org/10.5772/47985>

IEEE Broadcast Technology Society, y Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *2018 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB) : 6-8 June 2018*.

Ihaka, R., y Gentleman, R. (1996). R: A Language for Data Analysis and Graphics. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5(3), 299–314. <https://doi.org/10.1080/10618600.1996.10474713>

Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *2018 IEEE International Conference on Communications (ICC) : proceedings : Kansas City, MO, USA, 20 -24 May 2018*.

Institute of Electrical and Electronics Engineers. Bangalore Section, y Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *2018 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT) : 16-17 March 2018*.

Iqbal, Z., Luo, D., Henry, P., Kazemifar, S., Rozario, T., Yan, Y., Westover, K., Lu, W., Nguyen, D., Long, T., Wang, J., Choy, H., y Jiang, S. (2018). Accurate real time localization tracking in a clinical environment using Bluetooth Low Energy and deep learning. *PLOS ONE*, 13(10), e0205392. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205392>

- Ivankova, N. V., Creswell, J. W., y Stick, S. L. (2006). Using Mixed-Methods Sequential Explanatory Design: From Theory to Practice. *Field Methods*, 18(1), 3–20. <https://doi.org/10.1177/1525822X05282260>
- Ježek, P., y Mouček, R. (2017). Data Format for Storing ANT+ Sensors Data. *Proceedings of the 10th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*, 396–400. <https://doi.org/10.5220/0006229103960400>
- Joshi, P. (2017). Introduction to Artificial Intelligence. In *Artificial intelligence with Python : build real-world artificial intelligence applications with Python to intelligently interact with the world around you* (pp. 7–16). Packt Publishing. <https://www.packtpub.com/big-data-and-business-intelligence/artificial-intelligence-python>
- Kajastila, R., Holsti, L., y Hamalainen, P. (2016). The augmented Climbing wall: High-exertion proximity interaction on a wall-sized interactive surface. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*, 758–769. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858450>
- Kam, A. H., Lu, W., y Yau, W.-Y. (2002). *A Video-Based Drowning Detection System* (pp. 297–311). https://doi.org/10.1007/3-540-47979-1_20
- Kanoun, O., y Trankler, H.-R. (2004). Sensor Technology Advances and Future Trends. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 53(6), 1497–1501. <https://doi.org/10.1109/TIM.2004.834613>
- Karantonis, D. M., Narayanan, M. R., Mathie, M., Lovell, N. H., y Celler, B. G. (2006). Implementation of a real-time human movement classifier using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(1), 156–167. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.856864>
- Kavanagh, M.K; Bussa, T. (2017). Gartner Reprint. *Gartner*, 1–12. <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-1YIEYFQ5&ct=200227&st=sb>
- Khan, A. U. R., Othman, M., Madani, S. A., y Khan, S. U. (2014). A survey of mobile cloud computing application models. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 16(1), 393–413. <https://doi.org/10.1109/SURV.2013.062613.00160>
- Khodadadi, F., y Sinnott, R. O. (2017). A Semantic-aware Framework for Service Definition and Discovery in the Internet of Things Using CoAP. *Procedia Computer Science*, 113, 146–153. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.08.334>
- Kim, K., Billingham, M., Bruder, G., Duh, H. B.-L., y Welch, G. F. (2018). Revisiting Trends in Augmented Reality Research: A Review of the 2nd Decade of ISMAR (2008–2017). *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(11), 2947–2962. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2868591>

- Kircaburun, K., y Griffiths, M. D. (2019). Problematic Instagram Use: The Role of Perceived Feeling of Presence and Escapism. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 17(4), 909–921. <https://doi.org/10.1007/s11469-018-9895-7>
- Kircaburun, K., Griffiths, M. D., y Billieux, J. (2019). Trait emotional intelligence and problematic online behaviors among adolescents: The mediating role of mindfulness, rumination, and depression. *Personality and Individual Differences*, 139, 208–213. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2018.11.024>
- KOC, C., GERDAN, D., EMİNOĞLU, M. B., YEGÜL, U., KOC, B., y VATANDAŞ, M. (2020). Classification of hazelnut cultivars: comparison of DL4J and ensemble learning algorithms. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(4), 2316–2327. <https://doi.org/10.15835/nbha48412041>
- Kollegger, G., Ewerton, M., Wiemeyer, J., y Peters, J. (2018). BIMROB -- Bidirectional Interaction Between Human and Robot for the Learning of Movements. In M. Lames, D. Saupé, y J. Wiemeyer (Eds.), *Proceedings of the 11th International Symposium on Computer Science in Sport (IACSS 2017)* (pp. 151–163). Springer International Publishing.
- Kontogogos, A., y Avgeriou, P. (2009). An Overview of Software Engineering Approaches to Service Oriented Architectures in Various Fields. *2009 18th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructures for Collaborative Enterprises*, 254–259. <https://doi.org/10.1109/WETICE.2009.44>
- Koptyug, A., Ainegren, M., Bäckström, M., Schieber, E., y Persson, J. (2016). Possibility of modern humidity sensor application in the studies of moisture transport through the sports and outdoor garments. *IcSPORTS 2016 - Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 51–58. <https://doi.org/10.5220/0006080400510058>
- Kos, A., Wei, Y., Tomažič, S., y Umek, A. (2018). The role of science and technology in sport. *Procedia Computer Science*, 129, 489–495. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.03.029>
- Kostoff, R. N., Heroux, P., Aschner, M., y Tsatsakis, A. (2020). Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicology Letters*, 323, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.01.020>
- Krakauer, J. W. (2006). Motor learning: its relevance to stroke recovery and neurorehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 19(1), 84–90. <https://doi.org/10.1097/01.wco.0000200544.29915.cc>
- Krause, J. M., O’Neil, K., y Jones, E. (2019). Technology in Physical Education Teacher Education: A Call to Action. *Quest*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/00336297.2019.1685553>
- Kreider, R. B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Campbell, B., Almada, A. L., Collins, R., Cooke, M., Earnest, C. P., Greenwood, M., Kalman, D. S., Kerksick, C. M., Kleiner, S. M., Leutholtz, B., Lopez, H., Lowery, L. M., Mendel, R., Smith, A., Spano, M., Wildman, R., ... Antonio, J. (2010). ISSN exercise and sport nutrition review: Research and recommendations. In *Journal*

of the *International Society of Sports Nutrition* (Vol. 7, p. 7). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-7>

- Kumar, S., Yadav, J., Manoj, K., y Rajasekaran, S. (2019). Moving Object Localization in Video Sequences under Static and Dynamic Background Conditions. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 12(2), 145–155. <https://doi.org/10.22266/ijies2019.0430.15>
- Kurach, K., Raichuk, A., Stańczyk, P., Zając, M., Bachem, O., Espeholt, L., Riquelme, C., Vincent, D., Michalski, M., Bousquet, O., y Gelly, S. (2019). Google Research Football: A Novel Reinforcement Learning Environment. *ArXiv:1907.11180 [Cs, Stat]*. <http://arxiv.org/abs/1907.11180>
- Kuss, D. J., Harkin, L., Kanjo, E., y Billieux, J. (2018). Problematic smartphone use: Investigating contemporary experiences using a convergent design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 142. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010142>
- Lake, J., Naworynsjy, D., Duncan, F., y Jackson, M. (2017). Comparison of Different Minimal Velocity Thresholds to Establish Deadlift One Repetition Maximum. *Sports*, 5(3), 70. <https://doi.org/10.3390/sports5030070>
- Lake, J., Naworynsky, D., Duncan, F., y Jackson. (2017). Comparison of Different Minimal Velocity Thresholds to Establish Deadlift One Repetition Maximum. *Sports*, 5(3), 70. <https://doi.org/10.3390/sports5030070>
- Lanfranchi, G., y Rotondo, F. (2019). Economic Potential And Entrepreneurial Opportunities In Sportech. In J. Batorskiego y I. Perechudy (Eds.), *Sportowe zarządzanie* (REDAKCJA N, pp. 135–150). UNIWERSYTET JAGIELLOŃSKI. https://books.google.com/books/about/Sportowe_zarządzanie.html?hl=es&id=40SyDwAAQBAJ
- Lea, P. (2018). *Internet of Things for architects: architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security*. <https://www.packtpub.com/eu/hardware-and-creative/internet-things-architects>
- Lebedev, G., Gureeva, A., y Tikhonova, Y. (2017). Software System for Dynamic Athlete Health Monitoring. *Procedia Computer Science*, 112, 1664–1669. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2017.08.194>
- Lebedev, G., Klimenko, H., Kachkovskiy, S., Konushin, V., Ryabkov, I., y Gromov, A. (2018). Application of artificial intelligence methods to recognize pathologies on medical images. *Procedia Computer Science*, 126, 1171–1177. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.055>
- Leech, N. L., y Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Quality y Quantity*, 43(2), 265–275. <https://doi.org/10.1007/s11135-007-9105-3>
- Legg, P. A., Chung, D. H. S., Parry, M. L., Jones, M. W., Long, R., Griffiths, I. W., y Chen, M. (2012). MatchPad: Interactive Glyph-Based Visualization for Real-Time Sports Performance

Analysis. *Computer Graphics Forum*, 31(3pt4), 1255–1264. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8659.2012.03118.x>

Lemus, N. C., y García, I. G. (2016). Incorporación de los códigos QR en la Educación Física en Secundaria. *Retos*, 29, 114–119. <https://idus.us.es/handle/11441/68863>

Lenzi, S. E., Standoli, C. E., Andreoni, G., Perego, P., y Lopomo, N. F. (2019). *Comparison Among Standard Method, Dedicated Toolbox and Kinematic-Based Approach in Assessing Risk of Developing Upper Limb Musculoskeletal Disorders* (pp. 135–145). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94619-1_13

Leser, R., Baca, A., y Ogris, G. (2011). Local positioning systems in (game) sports. In *Sensors* (Vol. 11, Issue 10, pp. 9778–9797). <https://doi.org/10.3390/s111009778>

Liang, J., Xian, D., Liu, X., Fu, J., Zhang, X., Tang, B., y Lei, J. (2018). Usability study of mainstream wearable fitness devices: Feature analysis and system usability scale evaluation. *JMIR MHealth and UHealth*, 6(11), e11066. <https://doi.org/10.2196/11066>

Liguori, G., Kennedy, D. J., y Navalta, J. W. (2018). Fitness Wearables. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 22(6), 6–8. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000426>

Linke, D., Link, D., y Lames, M. (2020). Football-specific validity of TRACAB's optical video tracking systems. *PLoS ONE*, 15(3), e0230179. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230179>

Liu, J., Shou, G., Liu, Y., Hu, Y., y Guo, Z. (2018). Performance Evaluation of Integrated Multi-Access Edge Computing and Fiber-Wireless Access Networks. *IEEE Access*, 6, 30269–30279. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2833619>

Liu, P. R., Meng, M. Q.-H., y Liu, P. X. (2005). Moving object segmentation and detection for monocular robot based on active contour model. *Electronics Letters*, 41(24), 1320. <https://doi.org/10.1049/el:20053620>

López de Subijana Hernández, C., Antonio, R., Juárez Santos-García, D., y Navarro Adorno, E. (2008). Importancia de la coordinación en el rendimiento del swing de golf en jóvenes promesas. *European Journal of Human Movement*, 20(20), 145–158. <https://recyt.fecyt.es/index.php/ejhm/article/view/56275>

Lordan Gomis, F.-J. (2018). *Programming Models for Mobile Environments*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/620780>

Love, J., Selker, R., Marsman, M., Jamil, T., Dropmann, D., Verhagen, J., Ly, A., Gronau, Q. F., Smíra, M., Epskamp, S., Matzke, D., Wild, A., Knight, P., Rouder, J. N., Morey, R. D., y Wagenmakers, E.-J. (2019). JASP: Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, 88(2). <https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02>

Lozano, R. (2011). De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento. *Anuario ThinkEPI*, 5(0), 45–47.

- Lu, W., y Tan, Y.-P. (2004). A Vision-Based Approach to Early Detection of Drowning Incidents in Swimming Pools. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(2), 159–178. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2003.821980>
- Ludwig, M., Schaefer, D., y Asteroth, A. (2016). Training simulation with nothing but training data simulating performance based on training data without the help of performance diagnostics in a laboratory. *IcSPORTS 2016 - Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 75–82. <https://doi.org/10.5220/0006042900750082>
- Luo, J., McNamara, B., y Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. In *Sports Medicine* (Vol. 35, Issue 1, pp. 23–41). <https://doi.org/10.2165/00007256-200535010-00003>
- Mahmood, Z., Ali, T., Muhammad, N., Bibi, N., Shahzad, M. I., y Azmat, S. (2017). EAR: Enhanced augmented reality system for sports entertainment applications. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 11(12), 6069–6091. <https://doi.org/10.3837/tiis.2017.12.021>
- Mallo, J., García Aranda, J. M., y Navarro, E. (2009). Rendimiento físico del arbitraje del fútbol en función del nivel de la competición. *Archivos de Medicina del Deporte*, 26(133), 335–344. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3081898>
- Malone, J. J., Lovell, R., Varley, M. C., y Coutts, A. J. (2017). Unpacking the black box: Applications and considerations for using gps devices in sport. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 18–26). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0236>
- Mangin, M., Valade, A., Costes, A., Bouillod, A., Acco, P., y Soto-Romero, G. (2015). An instrumented glove for swimming performance monitoring. *IcSPORTS 2015 - Proceedings of the 3rd International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 53–58. <https://doi.org/10.5220/0005609100530058>
- Manuel, C. (1996). Castells Manuel La era de la información. *economia socieda y cultura*, 1, 18.
- Marcenaro, L., Oberti, F., Foresti, G. L., y Regazzoni, C. S. (2001). Distributed architectures and logical-task decomposition in multimedia surveillance systems. *Proceedings of the IEEE*, 89(10), 1419–1440. <https://doi.org/10.1109/5.959339>
- Marinho, D. A., y Neiva, H. P. (2018). Introductory Chapter: The Challenges of Technology in Sports. In *The Use of Technology in Sport - Emerging Challenges* (pp. 3–8). InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80740>
- Martínez-Torres, M. R., Toral, S. L., Barrero, F., y Cortés, F. (2010). The role of Internet in the development of future software projects. *Internet Research*, 20(1), 72–86. <https://doi.org/10.1108/10662241011020842>
- Mayer-Schonberger, Victor; Cukier, K. (2018). *Aprender con big data*. Turner.

- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia Medica*, 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Mehmood, N. Q., Culmone, R., y Mostarda, L. (2016). A Flexible and Scalable Architecture for Real-Time ANT+ Sensor Data Acquisition and NoSQL Storage. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(5), 3651591. <https://doi.org/10.1155/2016/3651591>
- Mei, H., Huang, G., y Xie, T. (2012). Internetware: A Software Paradigm for Internet Computing. *Computer*, 45(6), 26–31. <https://doi.org/10.1109/MC.2012.189>
- Menaspà, M. J., Menaspà, P., Clark, S. A., y Fanchini, M. (2018). Validity of the Online Athlete Management System to Assess Training Load. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(6), 750–754. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0379>
- Merriault, P., Dupuis, Y., Boutteau, R., Vasseur, P., y Savatier, X. (2017). A study of vicon system positioning performance. *Sensors (Switzerland)*, 17(7), 1591. <https://doi.org/10.3390/s17071591>
- Meyer, C. M., Mieskes, M., Stab, C., y Gurevych, I. (2014). DKPro Agreement: An Open-Source Java Library for Measuring Inter-Rater Agreement. *Coling 2014*, 2–6. <http://aclweb.org/anthology/C14-2023>
- Meyer, M., Ohmacht, T., Bosch, R., y Hotter, M. (1999). Video surveillance applications using multiple views of a scene. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 14(3), 13–18. <https://doi.org/10.1109/62.750423>
- Mirelman, A., Patrilli, B. L., Bonato, P., y Deutsch, J. E. (2010). Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait and Posture*, 31(4), 433–437. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.01.016>
- Molíás, L. M., Ranilla, J. C., y Cervera, M. G. (2017). Pre-service Physical Education Teachers' self-management ability: A training experience in 3D simulation environments. *Retos*, 2041(32), 30–34. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.34301>
- Mondello, M., y Kamke, C. (2014). The Introduction and Application of Sports Analytics in Professional Sport Organizations A Case Study of the Tampa Bay Lightning. In *Journal of Applied Sport Management* (Vol. 6, Issue 2). <https://search.proquest.com/docview/1730027881?pq-origsite=gscholar>
- Montalban, J., Scopelliti, P., Fadda, M., Iradier, E., Desogus, C., Angueira, P., Murrioni, M., y Arantini, G. (2018). Multimedia Multicast Services in 5G Networks: Subgrouping and Non-Orthogonal Multiple Access Techniques. *IEEE Communications Magazine*, 56(3), 91–95. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700660>

- Morandat, F., Hill, B., Osvald, L., y Vitek, J. (2012). Evaluating the design of the r language objects and functions for data analysis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7313 LNCS, 104–131. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31057-7-6>
- Morrar, R., y Arman, H. (2017). The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review*, 7(11), 12–20. <https://doi.org/10.22215/timreview/1117>
- Moszkowicz, D., Duboc, H., Dubertret, C., Roux, D., y Bretagnol, F. (2020). Daily medical education for confined students during coronavirus disease 2019 pandemic: A simple videoconference solution. *Clinical Anatomy*, 33(6), 927–928. <https://doi.org/10.1002/ca.23601>
- Muazu Musa, R., Taha, Z., P. P. Abdul Majeed, A., y Abdullah, M. R. (2019). *Bio-Physiological Indicators in Evaluating Archery Performance* (pp. 13–20). https://doi.org/10.1007/978-981-13-2592-2_2
- Muazu Musa, R., Taha, Z., P.P.Abdul Majeed, A., y Abdullah, M. R. (2019). *Machine Learning in Sports*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2592-2>
- Mühleisen, H., Bertram, A., y Kallen, M. J. (2018). Database-inspired optimizations for statistical analysis. *Journal of Statistical Software*, 87(4), 1–20. <https://doi.org/10.18637/jss.v087.i04>
- Mujika, I. (2017). Quantification of training and competition loads in endurance sports: Methods and applications. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 9–17). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0403>
- Mukhopadhyay, S., Booth, A. L., Calkins, S. M., Doxtader, E. E., Fine, S. W., Gardner, J. M., Gonzalez, R. S., Mirza, K. M., y Jiang, X. (Sara). (2020). Leveraging Technology for Remote Learning in the Era of COVID-19 and Social Distancing. *Archives of Pathology y Laboratory Medicine*, 144(9), 1027–1036. <https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0201-ED>
- Mušič, P. (2019). *Ponovljivost meritev prenosne naprave za merjenje porabe kisika pri rekreativnih tekačih : diplomska naloga*. <https://repozitorij.upr.si/Izpis-Gradiva.php?id=12121&lang=slv&print=>
- Muyor, J. (2017). Validity and Reliability of a New Device (WIMU®) for Measuring Hamstring Muscle Extensibility. *International Journal of Sports Medicine*, 38(09), 691–695. <https://doi.org/10.1055/s-0043-108998>
- Myer, G. D., Stroube, B. W., Dicesare, C. A., Brent, J. L., Ford, K. R., Heidt, R. S., y Hewett, T. E. (2013). Augmented feedback supports skill transfer and reduces high-risk injury landing mechanics: A double-blind, randomized controlled laboratory study. *American Journal of Sports Medicine*, 41(3), 669–677. <https://doi.org/10.1177/0363546512472977>

- Naclerio Ayllón, F., Jiménez Gutiérrez, A., Alvar, B. A., y Peterson, M. D. (2009). Assessing strength and power in resistance training. *Journal of Human Sport and Exercise*, 4(2), 100–113. <https://doi.org/10.4100/jhse.2009.42.04>
- Narayan, O., Qazi, M. A., y Kannan, R. (2018). Benchmarking Supervised Learning Frameworks for Engineering Highly Scalable Intelligent Systems. *Procedia Computer Science*, 140, 216–222. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.331>
- Natarajan, S., y Das, D. (2018). Demand Aware Edge Caching Architecture for evolved Multimedia Broadcast Multicast Service to Reduce Latency and bandwidth Savings. *2018 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONECCT.2018.8482387>
- Nett, E., Mock, M., y Theisohn, P. (1997). Managing dependencies-a key problem in fault-tolerant distributed algorithms. *Digest of Papers - 27th Annual International Symposium on Fault-Tolerant Computing, FTCS 1997*, 2–10. <https://doi.org/10.1109/FTCS.1997.614071>
- Neumaier, A. (2003). The Faculty of Sports Science: A multidisciplinary approach to sports. *European Journal of Sport Science*, 3(3), 1–3. <https://doi.org/10.1080/17461390300073301>
- Neumann, D. L., Moffitt, R. L., Thomas, P. R., Loveday, K., Watling, D. P., Lombard, C. L., Antonova, S., y Tremeer, M. A. (2018). A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. *Virtual Reality*, 22(3), 183–198. <https://doi.org/10.1007/s10055-017-0320-5>
- Newman, M. (2010). *Networks*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199206650.001.0001>
- Nicolella, D. P., Torres-Ronda, L., Saylor, K. J., y Schelling, X. (2018). Validity and reliability of an accelerometer-based player tracking device. *PLoS ONE*, 13(2), e0191823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191823>
- Novatchkov, H., y Baca, A. (2013). Artificial intelligence in sports on the example of weight training. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12(1), 27–37.
- Núñez Couselo, L. (2018). *Desarrollo e implementación de sensores inteligentes en redes inalámbricas (standard IEEE1451) basado en un sistema embebido*. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/22077>
- Oggiano, L. (2017). Numerical comparison between a modern surfboard and an alaiá board using computational fluid dynamics (CFD). *IcSPORTS 2017 - Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 75–82. <https://doi.org/10.5220/0006488400750082>
- Olivera Betrán, J. (2007). La Sociedad de la Información. Análisis y retos actuales. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 87(1), 3–6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2287428>

- Olivera Betrán, J. (1985). Apunts. Educación física y deportes. In *Apunts: Educación física y deportes*, ISSN 1577-4015, ISSN-e 2014-0983, N° 87, 2007, págs. 3-6 (Issue 87). Institut d'Educació Física de Catalunya. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2287428>
- Omoregie, P. (2016, August 1). THE IMPACT OF TECHNOLOGY ON SPORT PERFORMANCE. *THE IMPACT OF TECHNOLOGY ON SPORT PERFORMANCE*. https://www.researchgate.net/publication/333808384_THE_IMPACT_OF_TECHNOLOGY_ON_SPORT_PERFORMANCE
- Ortega, E., y Salado, J. (2018). Diseño de proyectos de investigación en ciencias de la actividad física y el deporte [Design of Research Projects in Physical Activity and Sport Sciences]. *Apunts Educación Física y Deportes*, 134, 7–19. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/4\).134.01](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/4).134.01)
- Palao, J. M., Hastie, P. A., Cruz, P. G., y Ortega, E. (2015). The impact of video technology on student performance in physical education. *Technology, Pedagogy and Education*, 24(1), 51–63. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2013.813404>
- Pauis, J. catellano, y Hernandez, A. M. (2015). La Observación aplicada en diferentes ámbitos de la actividad física y el deporte: los fundamentos de base. *Revista Española de Educación Física Deportes*, 409(409), 15–19. <http://reefd.es/index.php/reefd/article/view/84>
- Pencheva, E., Atanasov, I., Velkova, D., y Trifonov, V. (2019). Application Level User Traffic Control at the Mobile Network Edge. *2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*, 321–327. <https://doi.org/10.23919/FRUCT.2019.8711901>
- Pérez Soriano, P., y Llana Belloch, S. (2007). La instrumentación en la biomecánica deportiva. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 26–41. <https://doi.org/10.4100/jhse.2007.22.02>
- Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., y García-Ramos, A. (2019). Reliability and Concurrent Validity of Seven Commercially Available Devices for the Assessment of Movement Velocity at Different Intensities During the Bench Press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(5), 1258–1265. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003118>
- Pérez-Villalba, M. (2015). El mercat de treball de les persones llicenciades en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport a Catalunya. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/358858>
- Perin, C., Vuillemot, R., y Fekete, J.-D. (2013). SoccerStories: A Kick-off for Visual Soccer Analysis. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(12), 2506–2515. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2013.192>
- Perrey, S., y Ferrari, M. (2018). Muscle Oximetry in Sports Science: A Systematic Review. In *Sports Medicine* (Vol. 48, Issue 3, pp. 597–616). <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0820-1>

- Petri, K., Emmermacher, P., Danneberg, M., Masik, S., Eckardt, F., Weichelt, S., Bandow, N., y Witte, K. (2019). Training using virtual reality improves response behavior in karate kumite. *Sports Engineering*, 22(1). <https://doi.org/10.1007/s12283-019-0299-0>
- Pfister, A., West, A. M., Bronner, S., y Noah, J. A. (2014). Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *Journal of Medical Engineering and Technology*, 38(5), 274–280. <https://doi.org/10.3109/03091902.2014.909540>
- Pigeassou, C., Auge, B., y Miranda, J. (1994). La informática al servicio de las organizaciones deportivas. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 36, 62–72. <https://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=895&highlight=informática>
- Piyare, R., Murphy, A., Magno, M., y Benini, L. (2018). On-Demand LoRa: Asynchronous TDMA for Energy Efficient and Low Latency Communication in IoT. *Sensors*, 18(11), 3718. <https://doi.org/10.3390/s18113718>
- Polit, U., y Departament, C. (2018). *Mechanisms for service - oriented resource allocation in IoT*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/461387>
- Pons-Moll, G., Romero, J., Mahmood, N., y Black, M. (2015). Dyna: A Model of Dynamic Human Shape in Motion. *ACM Transactions on Graphics, (Proc. SIGGRAPH)*, 34, 120:1-120:14. <https://doi.org/10.1145/2766993>
- Pontón, R. T. (2011). Popper y Mises sobre la praxeología. *Revista de Instituciones, Ideas y Mercado*, 13(54), 27–36. <https://www.eseade.edu.ar/investigacion-2/riim/numeros-antteriores/riim-n-54-mayo-2011/>
- Porcari, J. P., Probst, L., Forrester, K., Doberstein, S., Foster, C., Cress, M. L., y Schmidt, K. (2016). Effect of wearing the elevation training mask on aerobic capacity, lung function, and hematological variables. *Journal of Sports Science and Medicine*, 15(2), 379–386. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000488131.38685.16>
- Portell, M., Anguera, M. T., Chacón-Moscoso, S., y Sanduvete-Chaves, S. (2015). Guidelines for reporting evaluations based on observational methodology. *Psicothema*, 27(3), 283–289. <https://doi.org/10.7334/psicothema2014.276>
- Post, A., Koncan, D., Kendall, M., Cournoyer, J., Michio Clark, J., Kosziwka, G., Chen, W., de Grau Amezcua, S., y Blaine Hoshizaki, T. (2018). Analysis of speed accuracy using video analysis software. *Sports Engineering*, 21(3), 235–241. <https://doi.org/10.1007/s12283-018-0263-4>
- Prat Ambrós, Q., Camerino Foguet, O., y Coiduras Rodríguez, J. L. (2013). Introducció de les TIC en educació física. Estudi descriptiu sobre la situació actual. *Apunts Educació Física i Esports*, 113, 37–44. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.\(2013/3\).113.03](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.cat.(2013/3).113.03)

- Prieto-Mondragón, L. D. P., Camargo-Rojas, D. A., y Quinceno, C. A. (2016). Isoinertial technology for rehabilitation and prevention of muscle injuries of soccer players: literature review. *Revista de La Facultad de Medicina*, 64(3), 543. <https://doi.org/10.15446/revfac-med.v64n3.47701>
- Proman, M. (2019, August). *Industry Insights: The Current State of Sports Technology*. Medium.Com. <https://medium.com/scrum-ventures-blog/industry-insights-the-current-state-of-sports-technology-c24506d86585>
- Pueo, B., y Jimenez-Olmedo, J. M. (2017). Application of motion capture technology for sport performance analysis. *Retos*, 32, 241–247. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=345751100048>
- Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X., y Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLOS ONE*, 14(6), e0216448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448>
- Qiu, T., Zhao, Z., Zhang, T., Chen, C., y Chen, C. L. P. (2020). Underwater Internet of Things in Smart Ocean: System Architecture and Open Issues. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(7), 4297–4307. <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2946618>
- Ratten, V. (2019). Usage of Sport Technology. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 35–49). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_3
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Usage of Sport Technology. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 35–49). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_3
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Technology Commercialization. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 51–72). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_4
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Sport Technology Effectiveness. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 19–33). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_2
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Social entrepreneurship in sport. In *Social Entrepreneurship in Sport* (pp. 1–14). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.4324/9781351141048-1>
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Introduction: Sport Technology and Innovation. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 1–18). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_1
- Ratten, V., y Ratten, V. (2019). Conclusion: Future Trends and Directions in Sport Technology and Innovation. In *Sports Technology and Innovation* (pp. 129–146). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75046-0_8

- Ren, K., y Bai, Y. (2018). Research on innovative methods of college students' sports teaching based on internet education technology. *Kuram ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 18(5), 2486–2493. <https://doi.org/10.12738/estp.2018.5.149>
- Ren, Y., Jiang, X., y Tang, S. (2017). 3DBody Software Experimental Platform for Course of Sports Anatomy. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 12(09), 4. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i09.7482>
- Ringuet-Riot, C., Carter, S., y James, D. A. (2014). Programmed innovation in team sport using needs driven innovation. *Procedia Engineering*, 72(0), 817–822. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.06.139>
- Rivilla, J., Jiménez Sánchez, A. C., Pérez, J., y Sillero, M. (2011). Aplicación de Recursos Informáticos y Audiovisuales para las Asignaturas de Deportes Colectivos de la Fccafyd-Inef de Madrid. *COLECCIÓN ICD: INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DEL DEPORTE*, 0(50). <https://revistasdigitales.csd.gob.es/index.php/ICD/article/view/477>
- Roca Marí, D. (2017). Analysis and Simulation of Emergent Architectures for Internet of Things. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. <http://www.tdx.cat/handle/10803/462173>
- Roden, S., Nucciarelli, A., Li, F., y Graham, G. (2017). Big data and the transformation of operations models: A framework and a new research agenda. *Production Planning and Control*, 28(11–12), 929–944. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1336792>
- Rodríguez Ibañez, J. E. (1999). Un gran tapiz sociológico que ha conquistado la posterioridad. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 86(abril-junio), 367–372.
- Roger, S., Martin-Sacristan, D., Garcia-Roger, D., Monserrat, J. F., Spapis, P., Kousaridas, A., Ayaz, S., y Kaloxilos, A. (2019). Low-Latency Layer-2-Based Multicast Scheme for Localized V2X Communications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(8), 2962–2975. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2870198>
- RVS College of Engineering y Technology, y Institute of Electrical and Electronics Engineers. (n.d.). *Proceedings of the International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA 2018) : date: July 11-12, 2018*.
- Ryu, J.-W., Pham, Q.-V., Luan, H. N. T., Hwang, W.-J., Kim, J.-D., y Lee, J.-T. (2019). Multi-Access Edge Computing Empowered Heterogeneous Networks: A Novel Architecture and Potential Works. *Symmetry*, 11(7), 842. <https://doi.org/10.3390/sym11070842>
- Salah, O., Ramadan, A. A., Sessa, S., Fath El-Bab, A. M. R., Abo-Ismael, A., Zecca, M., Kobayashi, Y., Takanishi, A., y Fujie, M. (2014). Sit to stand sensing using wearable IMUs based on adaptive Neuro Fuzzy and Kalman Filter. *2014 IEEE Healthcare Innovation Conference (HIC)*, 288–291. <https://doi.org/10.1109/HIC.2014.7038931>

- Sanchez-Iborra, R., Sanchez-Gomez, J., Ballesta-Viñas, J., Cano, M.-D., y Skarmeta, A. (2018). Performance Evaluation of LoRa Considering Scenario Conditions. *Sensors*, 18(3), 772. <https://doi.org/10.3390/s18030772>
- Sandelowski, M., Volls, C. I., y Knafl, G. (2009). On quantizing. *Journal of Mixed Methods Research*, 3(3), 208–222. <https://doi.org/10.1177/1558689809334210>.On
- Sanders, J. P., Loveday, A., Pearson, N., Edwardson, C., Yates, T., Biddle, S. J. H., y Esliger, D. W. (2016). Devices for self-sonitoring sedentary time or physical activity: A scoping review. In *Journal of Medical Internet Research* (Vol. 18, Issue 5, p. e90). <https://doi.org/10.2196/jmir.5373>
- Sands, W. A., Kavanaugh, A. A., Murray, S. R., McNeal, J. R., y Jemni, M. (2017). Modern techniques and technologies applied to training and performance monitoring. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 63–72). <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0405>
- Sañudo Corrales, F. (2018). Nuevas tecnologías aplicadas a la actividad física y el deporte. *Revista Española de Educación Física y Deportes: REEFD*, 420, 103–104.
- Sato, K., Sano, Y., Otsuki, M., Oka, M., y Kato, K. (2019). Augmented recreational volleyball court supporting the beginners' landing position prediction skill by providing peripheral visual feedback. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1–9. <https://doi.org/10.1145/3311823.3311843>
- Scheer, D., Karami, G., y Ziejewski, M. (2015). An Evaluation of the Riddell IQ HITS System in Prediction of an Athlete's Head Acceleration. *Procedia Engineering*, 112, 556–561. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.07.244>
- Scholz, J., y Smith, A. N. (2016). Augmented reality: Designing immersive experiences that maximize consumer engagement. *Business Horizons*, 59(2), 149–161. <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2015.10.003>
- Seshadri, D. R., Li, R. T., Voos, J. E., Rowbottom, J. R., Alfes, C. M., Zorman, C. A., y Drummond, C. K. (2019). Wearable sensors for monitoring the physiological and biochemical profile of the athlete. *Npj Digital Medicine*, 2(1), 72. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0150-9>
- Seth, A., y Sharma, A. (2018). Evolved Multimedia Broadcasting and Multicasting Services in LTE-A Using Device to Device Communication. *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, 1250–1255. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597415>
- Shankar, P., Morkos, B., Yadav, D., y Summers, J. D. (2020). Towards the formalization of non-functional requirements in conceptual design. *Research in Engineering Design*, 31(4), 449–469. <https://doi.org/10.1007/s00163-020-00345-6>

- Sheng, B., Moosman, O. M., Del Pozo-Cruz, B., Del Pozo-Cruz, J., Alfonso-Rosa, R. M., y Zhang, Y. (2020). A comparison of different machine learning algorithms, types and placements of activity monitors for physical activity classification. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 154, 107480. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107480>
- Sherman, L. E., Payton, A. A., Hernandez, L. M., Greenfield, P. M., y Dapretto, M. (2016). The Power of the Like in Adolescence: Effects of Peer Influence on Neural and Behavioral Responses to Social Media. *Psychological Science*, 27(7), 1027–1035. <https://doi.org/10.1177/0956797616645673>
- Shi, G., Chan, C. S., Li, W. J., Leung, K. S., Zou, Y., y Jin, Y. (2009). Mobile human airbag system for fall protection using mems sensors and embedded SVM classifier. *IEEE Sensors Journal*, 9(5), 495–503. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2008.2012212>
- Sieverdes, J. C., Wickel, E. E., Hand, G. A., Bergamin, M., Moran, R. R., y Blair, S. N. (2013). Reliability and validity of the Mywellness Key physical activity monitor. *Clinical Epidemiology*, 5(1), 13–20. <https://doi.org/10.2147/CLEP.S38370>
- Singh, S. P., Kumar, A., Darbari, H., Rastogi, A., Jain, S., y Joshi, N. (2018). *Building Machine Learning System with Deep Neural Network for Text Processing* (pp. 497–504). https://doi.org/10.1007/978-3-319-63645-0_56
- Smolianov, P., Schoen, C., Norberg, J., Dion, S., Smith, J., y Calpino, K. (2018). Innovative Technology for High Performance and Mass Participation Sport. In *The Use of Technology in Sport - Emerging Challenges*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79415>
- Solozobov, O. (2019). Artificial intelligence in sports: Actual state, grends, and future challenges [Paper presentation]. *12th International Symposium on Computer Science in Sport IACSS*, 53(9), 1689–1699.
- Soltani, P., y Morice, A. H. P. (2020). Augmented reality tools for sports education and training. *Computers y Education*, 155, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103923>
- Soto-Fernández, A., Camerino, O., Iglesias, X., Anguera, M. T., y Castañer, M. (2019). LINCE PLUS: Research Software for Behavior Video Analysis. *Apunts Educació Física i Esports*, 137, 149–153. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2019/3\).137.11](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.11)
- Sperlich, B., y Holmberg, H.-C. (2017). Wearable, yes, but able...?: it is time for evidence-based marketing claims! *British Journal of Sports Medicine*, 51(16), 1240–1240. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097295>
- Spijkman, T., Molenaar, S., Dalpiaz, F., y Brinkkemper, S. (2021). Alignment and granularity of requirements and architecture in agile development: A functional perspective. *Information and Software Technology*, 133, 106535. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106535>

- Spitz, J., Moors, P., Wagemans, J., y Helsen, W. F. (2018). The impact of video speed on the decision-making process of sports officials. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0105-8>
- Stanley, E., Thomson, E., Smith, G., y Lamb, K. L. (2018). An analysis of the three-dimensional kinetics and kinematics of maximal effort punches among amateur boxers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(5), 835–854. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1525651>
- Statista. (2020). *eServices Report 2020 – Fitness*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/studie/id/36673/dokument/fitness-outlook/>
- Stats Perform. (n.d.). *Sports Data - Sports AI, Technology, Data Feeds | Stats Perform*. Retrieved March 18, 2020, from <https://www.statsperform.com/>
- Stauffer, C., y Grimson, W. E. L. (2000). Learning patterns of activity using real-time tracking. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(8), 747–757. <https://doi.org/10.1109/34.868677>
- Stein, M., Janetzko, H., Seebacher, D., Jäger, A., Nagel, M., Hölsch, J., Kosub, S., Schreck, T., Keim, D., y Grossniklaus, M. (2017). How to Make Sense of Team Sport Data: From Acquisition to Data Modeling and Research Aspects. *Data*, 2(1), 2. <https://doi.org/10.3390/data2010002>
- Stone, E. E., Butler, M., McRuer, A., Gray, A., Marks, J., y Skubic, M. (2013). Evaluation of the Microsoft Kinect for screening ACL injury. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 4152–4155. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2013.6610459>
- Stone, M., Collins, D., y Plisk, S. (2002). Strength and conditioning: Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training -a coaching perspective. *Sports Biomechanics*, 1(1), 79–103. <https://doi.org/10.1080/14763140208522788>
- Stone, T., Stone, N., Roy, N., Melton, W., Jackson, J. B., y Nelakuditi, S. (2019). On Smart Soccer Ball as a Head Impact Sensor. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 68(8), 2979–2987. <https://doi.org/10.1109/TIM.2018.2872307>
- Striccoli, D., Piro, G., y Boggia, G. (2019). Multicast and Broadcast Services Over Mobile Networks: A Survey on Standardized Approaches and Scientific Outcomes. *IEEE Communications Surveys y Tutorials*, 21(2), 1020–1063. <https://doi.org/10.1109/COMST.2018.2880591>
- Taha, Z., Hassan, M. H. A., P.P. Abdul Majeed, A., Aris, M. A., y Sahim, N. N. (2013). An Overview Of Sports Engineering: History, Impact And Research. *Movement, Health y Exercise*, 2. <https://doi.org/10.15282/mohe.v2i0.8>
- Terrenghi, I., Diana, B., Zurloni, V., Rivoltella, P. C., Elia, M., Castañer, M., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2019). Episode of situated learning to enhance student engagement and promote

deep learning: Preliminary results in a high school classroom. *Frontiers in Psychology*, 10(JUN). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01415>

Thompson, W. R. (2019). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2020. In *ACSM's Health and Fitness Journal* (Vol. 23, Issue 6, pp. 10–18). <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000526>

Thompson, W. R. (2018). Worldwide Survey of Fitness Trends for 2019. *ACSM's Health and Fitness Journal*, 22(6), 10–17. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000438>

Tian, C., De Silva, V., Caine, M., y Swanson, S. (2019). Use of Machine Learning to Automate the Identification of Basketball Strategies Using Whole Team Player Tracking Data. *Applied Sciences*, 10(1), 24. <https://doi.org/10.3390/app10010024>

TIKKANEN, O., KÄRKKÄINEN, S., HAAKANA, P., KALLINEN, M., PULLINEN, T., y FINNI, T. (2014). EMG, Heart Rate, and Accelerometer as Estimators of Energy Expenditure in Locomotion. *Medicine y Science in Sports y Exercise*, 46(9), 1831–1839. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000298>

Tosi, F., Fedele, G., Brischetto, A., Pistolesi, M., Busciantella Ricci, D., y Rinaldi, A. (2019). Innovative Scenarios and Products for Sport Outdoor: The Challenge of Design for Citizens' Well-being and Health. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 824, 1031–1043. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_105

Tous, J. (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación. In *Barcelona: Ergo*. el autor.

Trujillo, J. C. G., Muñoz, J. E., y Villada, J. F. (2013). Exergames: una herramienta tecnológica para la actividad física. *Revista Médica de Risaralda*, 19(2). <https://doi.org/10.22517/25395203.8527>

Valcarce, M., y Díez, C. (2018). Influencia de una app en la adherencia a la práctica deportiva: protocolo de estudio. *Revista de Educación, Motricidad e Investigación*, 0(11), 16. <https://doi.org/10.33776/remo.v0i11.3416>

Valdivieso Serrano, L. H. (1991). Escalas de Medición. *Pro Mathematica*, 5(9–10), 53–67.

Valero, C. C. M. R. R., Palacín, A. S., y Valero, C. C. (2012). Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educación Digital Magazine*, 147, 1–21. https://educoas.org/portal/la_educacion_digital/147/pdf/ART_UNNED_EN.pdf

Valero-Valenzuela, A., Camerino, O., Manzano-Sánchez, D., Prat, Q., y Castañer, M. (2020). Enhancing learner motivation and classroom social climate: A mixed methods approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155272>

- Vales-Alonso, J., Chaves-Dieguez, D., Lopez-Matencio, P., Alcaraz, J. J., Parrado-Garcia, F. J., y Gonzalez-Castano, F. J. (2015). SAETA: A Smart Coaching Assistant for Professional Volleyball Training. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 45(8), 1138–1150. <https://doi.org/10.1109/TSMC.2015.2391258>
- Vales-Alonso, J., López-Matencio, P., Gonzalez-Castano, F. J., Navarro-Hellín, H., Bãnos-Guirao, P. J., Pérez-Martínez, F. J., Martínez-Álvarez, R. P., González-Jiménez, D., Gil-Castiñeira, F., y Duro-Fernández, R. (2010). Ambient intelligence systems for personalized sport training. *Sensors*, 10(3), 2359–2385. <https://doi.org/10.3390/s100302359>
- van der Kruk, E., y Reijne, M. M. (2018). Accuracy of human motion capture systems for sport applications; state-of-the-art review. In *European Journal of Sport Science* (Vol. 18, Issue 6, pp. 806–819). <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1463397>
- van Deventer, J. P. (2009). Ethical considerations during human centred overt and covert research. *Quality y Quantity*, 43(1), 45–57. <https://doi.org/10.1007/s11135-006-9069-8>
- van Grootel, L., Balachandran Nair, L., Klugkist, I., y van Wesel, F. (2020). Quantitizing findings from qualitative studies for integration in mixed methods reviewing. *Research Synthesis Methods*, 11(3), 413–425. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1403>
- Vanhelst, J., Béghin, L., Duhamel, A., Bergman, P., Sjöström, M., y Gottrand, F. (2012). Comparison of uniaxial and triaxial accelerometry in the assessment of physical activity among adolescents under free-living conditions: The HELENA study. *BMC Medical Research Methodology*, 12, 26. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-12-26>
- Verkhoshansky, Y. V., y Siff, M. C. (2009). *Supertraining*. Verkhoshansky. https://books.google.es/books?id=vBfnQwAACAAJ&dq=supertraining&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj-2a_CvcnoAhV75OAKHQctB2cQ6AEILDAA
- Walters, T. J., Kaschinske, K. A., Strath, S. J., Swartz, A. M., y Keenan, K. G. (2013). Validation of a portable EMG device to assess muscle activity during free-living situations. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(5), 1012–1019. <https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2013.06.004>
- Wang, J. (2012). Research on Application of Virtual Reality Technology in Competitive Sports. *Procedia Engineering*, 29, 3659–3662. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2012.01.548>
- Wang, S. W., y Hsieh, W. W. (2016). Performance analysis of basketball referees by machine learning techniques. *IcSPORTS 2016 - Proceedings of the 4th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 165–170. <https://doi.org/10.5220/0006031501650170>
- Wang, W., Shen, J., Porikli, F., y Yang, R. (2019). Semi-Supervised Video Object Segmentation with Super-Trajectories. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 41(4), 985–998. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2819173>

- Weghorn, H. (2017). Supercapacitors serving as power supply in tiny sport sensors field testing through heart rate monitoring in endurance trail runs. *IcSPORTS 2017 - Proceedings of the 5th International Congress on Sport Sciences Research and Technology Support*, 56–65. <https://doi.org/10.5220/0006515100560065>
- Weinberg, y Gould. (2019). *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (7th ed.). Human Kinetics.
- Welk, G. J., Blair, S. N., Wood, K., Jones, S., y Thompson, R. W. (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(9 SUPPL.), S489. <https://doi.org/10.1097/00005768-200009001-00008>
- Wenger, H. A., y Green, H. J. (2005). *EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DEL DEPORTISTA*. <http://www.paidotribo.com/fisiologia/282-evaluacion-fisiologica-del-deportista.html>
- West, S. (2020). *More than a Metric : How Training Load is Used in Elite Sport for Athlete Management Authors What Can We Use Training Load Data For ? Models for Framing Training Load Management*. <https://doi.org/10.1055/a-1268-8791>
- Wiemeyer, J. (2018). Students' Use of and Attitudes Towards Information and Communication Technologies in Sport Education Cross-Sectional Surveys Over the Past 15 Years. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 663, 139–150. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67846-7_14
- Wind, T. R., Rijkeboer, M., Andersson, G., y Riper, H. (2020). The COVID-19 pandemic: The 'black swan' for mental health care and a turning point for e-health. *Internet Interventions*, 20, 100317. <https://doi.org/10.1016/J.INVENT.2020.100317>
- Womersley, L., y May, S. (2006). Sitting Posture of Subjects With Postural Backache. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 29(3), 213–218. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.01.002>
- Wu, H., Li, X., y Deng, Y. (2020). Deep learning-driven wireless communication for edge-cloud computing: opportunities and challenges. *Journal of Cloud Computing*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13677-020-00168-9>
- Wulf, G., Orr, S., y Chauvel, G. (2017). Optimizing golf skill learning. *Routledge International Handbook of Golf Science*. https://digitalscholarship.unlv.edu/kns_fac_articles/262
- Wulf, G., Wächter, S., y Wortmann, S. (2003). Attentional Focus in Motor Skill Learning: Do Females Benefit from an External Focus? *Women in Sport and Physical Activity Journal*, 12(1), 37–52. <https://doi.org/10.1123/wspaj.12.1.37>
- Wyke, S., Bunn, C., Andersen, E., Silva, M. N., van Nassau, F., McSkimming, P., Kolovos, S., Gill, J. M. R., Gray, C. M., Hunt, K., Anderson, A. S., Bosmans, J., Jelsma, J. G. M., Kean, S., Lemyre, N., Loudon, D. W., Macaulay, L., Maxwell, D. J., McConnachie, A., ... van der Ploeg,

- H. P. (2019). The effect of a programme to improve men's sedentary time and physical activity: The european fans in training (EuroFIT) randomised controlled trial. *PLoS Medicine*, *16*(2), e1002736. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002736>
- Yang, G., Yi, Q., Wang, Z., y Liu, T. (2020). Water Motion Safety Recognition and Monitoring System Based on the Wireless Signal Transmission. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *440*, 052040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/440/5/052040>
- Yang, S., Mohr, C., y Li, Q. (2011). Ambulatory running speed estimation using an inertial sensor. *Gait and Posture*, *34*(4), 462–466. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.06.019>
- Yeoman, B., Birch, P. D. J., y Runswick, O. R. (2020). The effects of smart phone video analysis on focus of attention and performance in practice and competition: Video analysis and focus of attention in golf. *Psychology of Sport and Exercise*, *47*, 101644. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101644>
- Yokus, M. A., Songkakul, T., Pozdin, V. A., Bozkurt, A., y Daniele, M. A. (2020). Wearable multiplexed biosensor system toward continuous monitoring of metabolites. *Biosensors and Bioelectronics*, *153*, 112038. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2020.112038>
- Zeitzer, J. M., Blackwell, T., Hoffman, A. R., Cummings, S., Ancoli-Israel, S., y Stone, K. (2018). Daily Patterns of Accelerometer Activity Predict Changes in Sleep, Cognition, and Mortality in Older Men. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*, *73*(5), 682–687. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw250>
- Zhang, R., Wu, L., Yang, Y., Wu, W., Chen, Y., y Xu, M. (2020). Multi-camera multi-player tracking with deep player identification in sports video. *Pattern Recognition*, *102*, 107260. <https://doi.org/10.1016/J.PATCOG.2020.107260>
- Zhang, T., Lu, J., Hu, F., y Hao, Q. (2014). Bluetooth Low Energy for Wearable Sensor-based Healthcare Systems. *2014 IEEE HEALTHCARE INNOVATION CONFERENCE (HIC)*, 251–254. https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=General-Search&qid=20&SID=D2WiyMoBeM6vWzSnGAh&page=2&doc=12

Webgrafía

- ¿Dónde puedo descargar LongoMatch opensource? : Support portal.* (n.d.). Retrieved August 28, 2020, from <https://support.longomatch.com/es/support/solutions/articles/1000204665--dónde-puedo-descargar-longomatch-opensource->
- 11th International Symposium on Computer Science in Sport. (2017). *IACSS 2017*.
- Catapult | We create technology to help athletes and teams perform to their true potential.* (n.d.). <https://www.catapultsports.com/>. Retrieved March 18, 2020, from <https://www.catapultsports.com/>
- Comparison of Different Minimal Velocity Thresholds to Establish Deadlift One Repetition Maximum. (2017). *Sports*, 5(3), 70. <https://doi.org/10.3390/sports5030070>
- Composites Market Worth \$131.6 Billion by 2024 - Exclusive Report by MarketsandMarkets™.* (n.d.). Retrieved February 19, 2020, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/sports-technology-market-worth-31-1-billion-by-2024--exclusive-report-by-marketsandmarkets-300822796.html>
- Deprecated APIs, Features, and Options.* (n.d.). Retrieved January 5, 2021, from <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/v9-deprecated-features.html>
- Designing content for multi-view display.* (n.d.). Retrieved March 10, 2020, from <https://patents.google.com/patent/US10362301B2/en>
- Ecobehavioral Analysis and Developmental Disabilities. (1990). In *Ecobehavioral Analysis and Developmental Disabilities*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3336-7>
- Exercise: Evaluate an XR Application - Unity Learn.* (2020). <https://learn.unity.com/tutorial/exercise-evaluate-an-xr-application?language=en#>
- Finding the right coach and Suunto compatible training service for you.* (n.d.). Retrieved April 22, 2020, from <https://www.suunto.com/es-es/sports/News-Articles-container-page/finding-the-right-coach-and-suunto-compatible-training-service-for-you/>
- Kinovea 0.9.1.* (n.d.). Retrieved April 21, 2020, from <https://joancharmant.com/blog/kinovea-0.9.1/#capture-automation>
- Moving from Reactive Break/Fix Panic to a Calmer IT Dept.* (n.d.). Retrieved November 29, 2018, from https://community.spiceworks.com/how_to/104117-moving-from-reactive-break-fix-panic-to-a-calmer-it-dept
- Noraxon USA.* (n.d.). Retrieved April 17, 2020, from <https://www.noraxon.com/>
- Real Academia Española.* (2019). <https://www.rae.es/>

- Reportaje | El mister se llama “software.” (2011, August). *El País*. https://elpais.com/diario/2011/08/31/radiotv/1314741601_850215.html
- Sports Technology Market Size, Growth, Trend and Forecast to 2024 | MarketsandMarkets*. (2019). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sports-technology-mar>
- Sports VTS*. (n.d.). <https://www.sportsvts.com>. Retrieved August 26, 2019, from <https://www.sportsvts.com>
- SRM PowerMeter Campagnolo Campagnolo*. (n.d.). <http://www.srm.de>. Retrieved March 31, 2020, from <http://www.srm.de/product/powermeters/campagnolo/>
- Streaming Depth Data from the TrueDepth Camera | Apple Developer Documentation*. (n.d.). Retrieved April 16, 2020, from https://developer.apple.com/documentation/avfoundation/cameras_and_media_capture/streaming_depth_data_from_the_truedepth_camera
- The future of sports tech: Here’s where investors are placing their bets | TechCrunch*. (n.d.). Retrieved March 11, 2020, from <https://techcrunch.com/2019/10/01/the-future-of-sports-tech-heres-where-investors-are-placing-their-bets/>
- The “Netflix of fitness” looks to become a publicly traded stock as soon as next year*. (2018, August). <https://www.cnbc.com>. <https://www.cnbc.com/2018/08/03/peloton-looks-to-ipo-next-year-current-4-bi>
- The ultimate list of sports coaching software | Sportlyzer Academy*. (n.d.). Retrieved April 10, 2020, from <https://academy.sportlyzer.com/rowing-misc/the-ultimate-list-of-sports-coaching-software/>
- Un programa de enseñanza para cada alumno, con ayuda del “big data” | Viktor Mayer-Schönberger - YouTube*. (n.d.). <https://www.youtube.com>. Retrieved August 22, 2019, from <https://www.youtube.com/watch?>
- Underbike*. (n.d.). <https://www.putput.cat>. Retrieved February 12, 2019, from <https://www.putput.cat/es/projectes/underbike/>
- Welcome to Lince PLUS*. (n.d.). Retrieved May 22, 2019, from <https://albertosoto.github.io/lince.doc/>
- Why Must IT Find “Free or Low Cost” Solutions?* (n.d.). Retrieved November 29, 2018, from <https://community.spiceworks.com/topic/2174159-why-must-it-find-free-or-low-cost-solutions>
- YourHour - Phone Addiction Tracker And Controller 1.6.89 APK by Mindefy Labs Details*. (n.d.). Retrieved November 28, 2018, from <http://sameapk.com/yourhour-phone-addiction-tracker-and-controller/>