

Universidad Siglo 21



Proyecto Trabajo Final de Graduación

Ingeniería en Software

Proyecto de Investigación Aplicada (PIA)

Digital Twins, los humanos y el fútbol.

Walter Gabriel Sierralta

SOF00089

Fecha: 20/06/2018

Docente: Magíster Adriana Pérez

Tutor: Ing. Ana Carolina Ferreyra

Resumen

El presente trabajo tuvo como premisa realizar una investigación sobre la aplicación en los humanos de una tecnología particular denominada *Digital Twins* en la Ciudad de Córdoba.

Se comenzó recabando información referida a la tecnología en sí misma, principalmente acerca de sus características, sus usos, sus beneficios y sus desventajas. Luego, se continuó con la búsqueda de resolver el principal interrogante, conocer el estado de situación del uso de éstos en los humanos y analizar las variantes de su aplicación en el fútbol y la salud. Para esto se realizaron entrevistas con personas idóneas y especialistas en cada una de las variantes antes mencionadas.

Al tratarse de un tipo de investigación cualitativa es que se utilizó la metodología denominada *Teoría Fundamentada* como herramienta de análisis de la información, la cual dio lugar a la posibilidad de identificar categorías que permitieron mostrar los diferentes enfoques y aplicaciones de la tecnología bajo estudio en los ámbitos destacados.

De acuerdo a los resultados, pudo observarse que la aplicación de esta tecnología en nuestra Ciudad aún no se lleva a cabo pero quedaron en evidencia sus posibles utilidades y ventajas a la hora de ponerlas en práctica, dejando finalmente la puerta abierta para que nuevas investigaciones ahonden mucho más en el tema y obtengan nuevos resultados.

Palabras clave: Digital Twins, humanos, fútbol, salud.

Tabla de contenido

Título Trabajo de Investigación 5

1. Introducción..... 5

 1.1. Antecedentes generales 6

 1.2. Preguntas de Investigación..... 8

 1.3. Justificación del proyecto..... 9

 1.4. Objetivo General 9

 1.5. Objetivos Específicos 9

2. Marco de Referencia..... 11

 2.1. Marco contextual..... 11

3. Metodología..... 13

 3.1 Tipo de investigación 13

 3.2 Diseño de la metodología 13

 3.3 Población de estudio..... 13

 3.4 Determinación de la muestra 14

 3.5 Fuentes de información 15

 3.6 Técnicas de análisis de información..... 16

 3.7 Presentación de resultados 19

 3.8 Ficha técnica de investigación..... 20

 3.9 Diagrama de Gantt 21

4. Marco teórico..... 22

 4.1. Conceptos generales 22

 4.1.1. Digital Twins 22

 4.1.2. Wearables 23

 4.1.3. Radiografía de un Digital Twin 23

 4.2. Digital Twins y la salud 26

 4.2.1. Salud y tecnología: Una mirada hacia el futuro..... 26

 4.2.2. Medical Digital Twin..... 27

 4.2.3. Aplicaciones de los *Digital Twins* para el cuidado de la salud 30

 4.3. Digital Twins, tecnología y el fútbol..... 32

4.3.1.	Llegó la tecnología al fútbol, el VAR.....	32
4.3.2.	Práctica de Fútbol en la era digital	33
4.3.3.	Fútbol cordobés y la tecnología.....	38
5.	Presentación de los resultados	42
5.1.	Presentación de los resultados de la revisión del material y entrevistas realizadas	42
6.	Conclusiones.....	69
6.1.	Generalidades	69
6.2.	Frente al objetivo general planteado	72
6.3.	Frente a los objetivos específicos.....	73
6.4.	Respecto al problema de investigación y las preguntas planteadas	75
7.	Bibliografía.....	78
	ANEXO I	82
	ENTREVISTAS	82
	ANEXO II.....	91
	IMAGENES	91

Tabla de imágenes

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.

Título Trabajo de Investigación

*Digital Twins*¹, los humanos y el fútbol.

1. Introducción

El *Digital Twin* se refiere a un objeto computarizado que es una copia exacta de un objeto físico, el cual puede ser utilizado para varios propósitos. Éste utiliza la información brindada por dispositivos *Wearables*² (ropa o algún dispositivo que llevan consigo las personas dotados de sensores integrados) que permiten representar el estado en tiempo real del objeto, sus condiciones actuales o posicionamiento (Grieves, 2014).

Durante los últimos años el uso de los *Digital Twins* (Gemelos Digitales) ha cambiado radicalmente, sufriendo un crecimiento exponencial ayudado en gran parte por los avances tecnológicos a nivel mundial (Petthey, 2017).

Esta evolución se debe al surgimiento del uso de esta tecnología en el sector industrial, que rápidamente produjo resultados muy beneficiosos, lo cual hizo que se profundice más en este ámbito y a su vez que se comience a analizar la factibilidad de aplicarlo en los demás sectores, tales como salud, deporte y telecomunicaciones (Volkman, 2016).

Aprovechando este auge y teniendo en conocimiento que ya distintas investigaciones dan cuenta que el uso de los *Digital Twins* es factible en los humanos, se intenta ir un poco más allá y estudiar su utilización para el cuidado de la salud de las personas.

¹ *Digital Twins*: Gemelos digitales

² *Wearable*: Tecnología corporal.

Se podría así diagnosticar de forma temprana enfermedades, estudiar patrones de conducta bajo ciertas condiciones particulares, y tomando decisiones al respecto para ayudar a mejorar la calidad de vida de las personas.

Una vez resuelto el tema de la aplicación en personas, ir más allá y responder a la pregunta de usar esta tecnología en el ámbito deportivo y más precisamente la práctica de fútbol. Se sabe que este deporte, sumamente competitivo, requiere de una alta demanda física y mental, para lo cual todo profesional debe estar preparado e incluso una gran parte de las instituciones de este deporte bregan por lograr una ventaja en cuanto a estos aspectos para poder obtener mejores resultados deportivos. El fútbol de más alto nivel cuenta con chalecos GPS³ que están equipados con unos dispositivos electrónicos que monitorizan los aspectos más importantes del rendimiento de cada jugador, como distancias recorridas, nivel de fatiga e incluso golpes (Statsports, 2017).

Sumado a esto y con la ayuda de los *Digital Twins* se busca lograr una práctica más eficiente en cuanto a desarrollo físico, evitar lesiones y demás pormenores provocados al ejercer un deporte de alto rendimiento y alta demanda física.

1.1. Antecedentes generales

Desde hace algunos años se viene poniendo de manifiesto el notable crecimiento de la digitalización en los rubros de manufactura e industria. Sin embargo, es la propia digitalización la que ha ido mutando en el tiempo para adecuarse a los requerimientos del mundo real (Volkman, 2016).

³ Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)

Desde finales de la década del '90, la sociedad ha cambiado drásticamente gracias a la tecnología digital, la cual ha modificado nuestra forma de comunicarnos y acceder a la información. Con el paso del tiempo el foco ha ido cambiando, centrándose fuertemente en las cosas físicas. Pero lo que resta preguntarnos es cuánto de nuevo hay en este enfoque, ya que estas cosas han venido produciendo y consumiendo información desde que todo se automatizó. La respuesta a este interrogante es que lo que realmente cambió es la transformación del proceso de las mismas. Antes, de hecho, se desmaterializaban, pasando de lo físico a lo digital perdiendo así lo que existía de lo físico (por ejemplo cheques al portador, órdenes de compra en papel, cartas). Ahora en cambio, lo físico no se pierde, si no que continúa existiendo y trabajando a la par de su objeto digital. Valiéndose de estos cambios, la digitalización surge entonces para ayudar a las compañías a reducir los tiempos, aumentar la eficiencia de sus procesos e incrementar la calidad en sus productos, en un mundo donde crece la demanda de productos personalizados y la competitividad se vuelve más necesaria (Volkman, 2016).

Existen trabajos previos como la investigación titulada *About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing* (Rosen, von Wichert, Lo, & Bettenhausen, 2015), de ella se puede extraer contenido pero no es suficiente ya que el presente trabajo intenta ir un poco más allá en la aplicación de la tecnología de los *Digital Twins*.

Además existen numerosos artículos científicos donde se aborda lo que son los *Digital Twins*, haciendo hincapié en el uso de éstos desde la perspectiva de la manufactura (Moreno Guerrero et al., 2015) y desde el punto de vista de la industria

(Saxena, 2016). Ambos artículos abordan la temática en cuestión pero no precisamente en los rubros que podamos aprovechar completamente, por lo que tampoco se puede usar dicha información para sacar conclusiones para todas las respuestas que se quieren obtener.

1.2. Preguntas de Investigación

En efecto, con este trabajo se intenta responder a los siguientes interrogantes:

¿Se está llevando a cabo la utilización de los *Digital Twins* en los humanos?

¿Qué factores influyen a la hora de avanzar con la utilización de los mismos?

¿Cómo podemos combinar dicha tecnología con la utilizada actualmente en la práctica de fútbol para lograr una disminución en cantidad de lesiones a lo largo del tiempo?

¿Cuáles son los factores que influyen al momento de simular comportamientos a nivel individual y/o grupal?

En el afán de investigar la posibilidad de hacer más determinístico un deporte donde domina la incertidumbre de lo impensado, surgen también algunas de las siguientes preguntas:

¿Podremos lograr que un equipo haga más goles o reciba menos durante una temporada?

¿Se logrará anticipar cómo juega un equipo para poder prever situaciones y capitalizar ventajas y desventajas que éste pudiese tener?

1.3. Justificación del proyecto

Conocer lo que el mundo de los *Digital Twins* puede aportar a la sociedad es algo que la propia sociedad debe empezar a conocer y profundizar en los beneficios que ésta puede obtener a través de ellos. Incorporarlos a la vida cotidiana será una cuestión de tiempo entonces ya que poco a poco la penetración de todo lo que involucra a esta tecnología se ve reflejado en nuestras actividades diarias. Por lo tanto, el presente trabajo busca conocer a fondo lo que son y cómo funcionan los *Digital Twins*, cómo son aplicados en la actualidad y en qué nos pueden beneficiar en el futuro, más precisamente en el ámbito de la salud y el deporte. Por último, este trabajo busca servir de punto de partida para futuros trabajos acerca de este tema, exponer conceptos que puedan ser utilizados como base para avanzar en las investigaciones y alentar a quienes lean este trabajo a que se interioricen en el tema y puedan con sus propios aportes enriquecer a toda la población interesada en la materia.

1.4. Objetivo General

Conocer el estado de situación de la utilización de los *Digital Twins* en los humanos y analizar las variantes de su aplicación en los ámbitos de la salud y el fútbol en la ciudad de Córdoba.

1.5. Objetivos Específicos

- Conocer en qué consiste y cómo funciona un *Digital Twin*.
- Identificar qué y cómo es el funcionamiento de un *Wearable*.

- Detectar los factores críticos que determinan la utilización de los *Digital Twins* en los humanos.
- Concluir si es factible económicamente la utilización de los *Digital Twins* en la ciudad de Córdoba.
- Entender los beneficios que trae aparejado el uso de los *Digital Twins* en los humanos.
- Plantear si los *Digital Twins* van a reemplazar a las tecnologías utilizadas actualmente o si pueden complementarse y aprovechar el potencial de cada una de estas tecnologías.
- Lograr un entendimiento de la situación actual en la ciudad de Córdoba en cuanto al uso de esta tecnología y su aplicación en la salud y el fútbol.

2. Marco de Referencia

2.1. Marco contextual

El concepto de *Digital Twins* surge en el año 2003 cuando fue presentado por Michael Grieves quien lo introdujo en un curso de PLM (*Product Lifecycle Management*) en la Universidad de Michigan y ha ido tomado más relevancia debido a los grandes avances realizados en materia de tecnología (Vacas, 2016).

Esta tecnología consiste en modelos computarizados de objetos físicos dotados de sensores que miden su estado actual y distintas características asociadas a dichos objetos. Esto permite que se puedan simular comportamientos para evitar así problemas que se puedan presentar y además poder tomar decisiones a tiempo para obtener una mejor productividad en la actividad industrial. Siempre el modelado nos permite realizar pruebas para evitar el desperdicio de tiempo y dinero (Grieves, 2014).

Por otro lado, existen productos llamados *Wearables* que consisten en objetos que usamos a diario o que incluso llevamos encima, los cuales disponen de un procesador y sensores que constantemente realizan mediciones de todo tipo. Toda la información producida por estas mediciones es enviada a la nube de internet o a cualquier otro dispositivo de almacenamiento deseado para que la podamos utilizar de la manera que deseemos (Mann, 2013).

En materia de salud y el cuidado de los pacientes, podemos ver en las salas de cuidados intensivos, una red de pacientes conectados con gran variedad de cables

diminutos a máquinas de gran tamaño y robustas que permiten el cuidado de éstos. Más allá de que esto sea lo standard, no deja de ser algo incómodo tanto para los pacientes y familiares, como para los equipos que se encargan del cuidado de los mismos. Además, a esto se le suma que casi el 90% de las alarmas generadas por estos equipamientos son falsas alarmas o a las cuales no se las toma como importantes (Muuranto, 2015).

Con respecto al fútbol, se están aplicando algunos avances tecnológicos en materia de rendimiento deportivo, como por ejemplo los llamados chalecos-sujetadores. Éstos comenzaron a ser utilizados en los entrenamientos de forma esporádica y a modo de prueba, luego cuando vieron que traía buenos beneficios se empezó a profundizar más en su utilización con respecto a los partidos oficiales.

Año 2015, pleno siglo XXI, se observa que ya varios equipos del más alto nivel como el Real Madrid y Barcelona de España, la Roma de Italia, Boca y River de Argentina por citar algunos ejemplos, incorporaron a dichos chalecos como un accesorio adicional. Éstos cuentan con un GPS que controla aspectos tales como ritmo cardíaco, rendimiento, distancia recorrida, intensidad, velocidad, número de impactos, entre otras características disponibles, lo cual permite mejorar muchos aspectos de índole físico, táctico y técnico (Álvarez, 2015).

3. Metodología

3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo conceptual y exploratoria, ya que la misma por un lado no es tratada desde la perspectiva del tiempo y por otra parte busca abordar una temática poco tratada e investigada.

3.2 Diseño de la metodología

No experimental, ya que no se manipulan deliberadamente variables. O sea, no se varían de forma intencional las variables independientes para ver sus efectos sobre otras variables. Se observa el fenómeno tal como se da en su contexto natural para después analizarlo.

No se genera ninguna situación, sino que se observa una ya existente no provocada intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

3.3 Población de estudio

La población de la investigación está compuesta por organizaciones de la ciudad de Córdoba considerando las dedicadas exclusivamente a cada uno de los ámbitos bajo

estudio, como son la salud, el deporte y la tecnología, del mismo modo que las que llevan a cabo estas actividades combinadas en su misión diaria.

3.4 Determinación de la muestra

El muestreo se realiza a través del método no probabilístico. Esto se debe a que los individuos de la población no poseen la misma probabilidad de ser seleccionados. El tipo de muestreo no probabilístico es una conjunción entre el muestreo por conveniencia y por cuotas, ya que por un lado se seleccionan las muestras accesibles y por el otro se busca una representación equitativa para los distintos estratos dentro de la muestra.

En el ámbito de la salud se entrevista a personal idóneo que utilice y esté familiarizado con el control y monitoreo de pacientes. Esto permite saber la tecnología utilizada para dichos fines, qué perspectivas se tienen con respecto a los avances tecnológicos que se producen día a día y se aplican a la salud, y qué visión se tiene acerca de la tecnología que atañe a la presente investigación.

Por otro lado, en lo que respecta al deporte, se entrevista a profesionales que estén trabajando en clubes donde se utilicen actualmente distintas tecnologías para medir diferentes factores que son de mera importancia para la optimización de dicha práctica. Además, que puedan responder acerca de qué es lo que hacen una vez tomadas las medidas que realizan y qué decisiones toman una vez analizados dichos datos. Por otro lado estas entrevistas también pueden permitir determinar el estado de Córdoba con respecto al mundo en cuanto a la tecnología utilizada y qué perspectivas se tienen con respecto al futuro y si Córdoba está muy lejos de la elite mundial. Por último, también

se puede responder a la disyuntiva de saber si la tecnología ayuda a la reducción de las lesiones en la práctica deportiva y en qué medida influye la misma sobre éstas.

En lo que respecta al ámbito tecnológico, los entrevistados pueden ayudar a esclarecer si ya en el año 2018 se utilizan los *Digital Twins* en Córdoba y para qué los utilizan, haciendo hincapié en si dichos usos se aplican al deporte y/o a la salud.

Además, qué otras tecnologías usan relacionadas a mediciones de estados y funcionamientos de objetos en tiempo real. Por último también se busca que se pueda responder si en Córdoba se puede disponer de la tecnología de los *Digital Twins* en caso de no utilizarse y qué aplicaciones podrían realizarse con éstos.

3.5 Fuentes de información

Primarias: La información es recopilada a través de entrevistas a personal idóneo de los distintos temas a abordar. Esta metodología es empleada para poder obtener el nivel de conocimiento con el que se cuenta en los sectores afectados en nuestro entorno local con respecto a la nueva tecnología abordada y poder así comparar con la utilizada al año 2018.

Además, se realiza observación directa de los procedimientos para estudiar los hechos en el momento que ocurren y sin intermediarios. Esto se realiza para entender de forma concisa cómo se usa la tecnología de hoy, el software empleado, los modelos computacionales que se nutren de la información brindada por éstos y cómo se realizan las conclusiones una vez procesada dicha información.

Con las distintas indagaciones a las fuentes primarias que se realizan, se busca obtener de primera mano los datos necesarios para poder sacar conclusiones acerca de si es factible o no el poder usar esta tecnología en los humanos y en el deporte.

Secundarias: Esta información está basada principalmente en bibliografía referente a los distintos temas en cuestión, como ser libros, revistas especializadas, artículos científicos e Internet. Estas fuentes son seleccionadas en base a lecturas previas y analizadas según el contenido relacionado al tema de los *Digital Twins* y su relevancia dentro del mundo de la investigación y la tecnología. Por ejemplo fuentes ricas en información que refieren a los inicios de los *Digital Twins* (Grieves, 2014) e incluso trabajos que ahondan hasta el más pequeño detalle de lo que debería realizar un *Digital Twin* (Deloitte, 2017).

3.6 Técnicas de análisis de información

Grounded Theory⁴: Para la presente investigación se utiliza la teoría denominada *Grounded Theory* que en español se traduce como Teoría Fundamentada. Se escoge esta técnica ya que es bastante rica en cuestiones de análisis cualitativos y que permite ir teorizando a medida que avanza el trabajo de investigación.

La teoría producida es derivada de datos recopilados de manera sistemática que son analizados por medio de un proceso de investigación. En este método, la recolección de datos, el análisis y la teoría que surgirá de ellos guardan estrecha relación entre sí. Un investigador no inicia un proyecto con una teoría preconcebida (a menos que su propósito sea elaborar y ampliar una teoría existente), más bien, comienza con un área

⁴ Grounded Theory: Teoría Fundamentada

de estudio y permite que la teoría emerja a partir de los datos. Lo más probable es que la teoría derivada de los datos se parezca más a la realidad que la teoría derivada de unir una serie de conceptos basados en experiencias o sólo especulando (cómo piensa uno que las cosas debieran funcionar). Debido a que las teorías fundamentadas se basan en los datos, es más posible que generen conocimientos, aumenten la comprensión y proporcionen una guía significativa para la acción (Corbin y Strauss, 1998).

Codificación abierta: La ciencia no podría existir sin conceptos. ¿Por qué son tan esenciales? Por el mero hecho de nombrar los fenómenos, fijamos una atención continuada en ellos. Una vez que fijamos la atención, podemos empezar a examinarlos de manera comparativa y a formular preguntas sobre ellos. Tales preguntas no sólo nos permiten especificar de manera sistemática lo que vemos, sino que cuando adoptan la forma de hipótesis o proposiciones, sugieren cómo los fenómenos pueden estar relacionados unos con otros. Al final, la comunicación entre los investigadores, incluida la interacción vital de las discusiones y argumentación necesaria para aumentar el desarrollo de la ciencia, se hace posible al especificar los conceptos y sus relaciones. El descubrimiento de los conceptos es fundamental, surge entonces la codificación abierta, a la cual se la denomina de esta manera porque para descubrir, nombrar y desarrollar los conceptos debemos abrir el texto y exponer los pensamientos, ideas y significados contenidos en él. Sin este primer paso analítico, no podrían darse el resto del análisis y la comunicación subsiguiente. Hablando en términos generales, durante la codificación abierta, los datos se descomponen en partes discretas, se examinan minuciosamente y se comparan en busca de similitudes y diferencias. Los acontecimientos, sucesos, objetos y acciones o interacciones que se consideran conceptualmente similares en su naturaleza o

relacionados en el significado se agrupan bajo conceptos más abstractos, denominados categorías. El examen minucioso de los datos para encontrar diferencias y similitudes permite una sutil discriminación y una diferenciación entre categorías. En pasos analíticos posteriores, tales como la codificación axial selectiva, los datos se reagrupan por medio de oraciones sobre la naturaleza de las relaciones entre las diversas categorías y sus subcategorías. A estas oraciones que expresan una relación se las suele denominar hipótesis. La estructura teórica resultante nos permite formar nuevas explicaciones sobre la naturaleza de los fenómenos (Corbin y Strauss, 1998).

Codificación axial: Desde el punto de vista del procedimiento, la codificación axial es el acto de relacionar categorías a subcategorías siguiendo las líneas de sus propiedades y dimensiones, y de mirar cómo se entrecruzan y vinculan éstas. Una categoría representa un fenómeno, o sea, un problema, un asunto, un acontecimiento o un suceso que se define como significativo para los entrevistados. Los fenómenos que se investigan pueden ser muy amplios. Un fenómeno tiene la capacidad de explicar lo que sucede. Una subcategoría también es una categoría, como su nombre lo dice. Sin embargo, en lugar de representar el fenómeno, las subcategorías responden preguntas sobre los fenómenos tales como cuándo, dónde, por qué, quién, cómo y con qué consecuencias, dando así a los conceptos un mayor poder explicativo. Al comienzo del análisis, el investigador puede ignorar cuáles conceptos son categorías y cuáles subcategorías. Esto suele volverse evidente a medida que la codificación avanza.

3.7 Presentación de resultados

Para llevar a cabo la presentación de los resultados se utilizan de base las herramientas de análisis de la información. De esta manera emerge una estructura compuesta por los conceptos más importantes del trabajo que a su vez forman un diagrama con las relaciones entre ellos, tanto en la asociación que existe entre dos conceptos distintos como también conceptos que encapsulan a otros pero que son necesarios tratarlos separadamente por su complejidad e importancia para comprender el tema que se trata en la presente investigación.

Una vez presentado el diagrama se procede a analizar cada uno de los conceptos y se teoriza sobre cada uno de ellos por separado. Finalmente, se analiza la relación del concepto con los demás de manera que se obtenga la teoría asociada a cada uno de los tópicos establecidos en la estructura principal.

3.8 Ficha técnica de investigación

Tipo de investigación	Conceptual y exploratoria
Metodología	No experimental
Técnica	Entrevista, observación personal
Instrumento	Cuestionario semiestructurado
Población	Organizaciones de la ciudad de Córdoba, cuya actividad genera datos desde diversos puntos de vista sobre el tema a abordar, además cuentan con la información necesaria para poder evacuar las preguntas que originaron la investigación.
Criterio muestral	No probabilístico.
Muestra	<p><u>Organizaciones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Club Atlético Talleres • Club Atlético Belgrano • Instituto Oulton • Vates S.A.

4. Marco teórico

El marco teórico que se desarrolla a continuación, permite conocer los conceptos básicos necesarios para el entendimiento del desarrollo de este proyecto.

Primero se exponen los conceptos más importantes como *Digital Twins*, *Wearables*, como así también el de los chalecos GPS. Posteriormente se abordarán los conceptos relacionados a lo que cuidado de la salud refiere, cómo podemos usar esta tecnología en dicho ámbito y lo que el futuro nos espera.

Una vez que hayamos revisado la información de los conceptos fundamentales, nos introduciremos de lleno en la situación actual del deporte y la tecnología, cuáles son las estimaciones de cómo evolucionarán estos conceptos en conjunto y posibles aplicaciones.

4.1. Conceptos generales

4.1.1. Digital Twins

Digital Twins se refiere a objetos computarizados que son copias exactas de objetos físicos, su funcionamiento consiste en utilizar la información brindada por los sensores que están instalados en los objetos físicos para representar el estado en tiempo real del objeto, sus condiciones actuales o posicionamiento (Grieves, 2014).

Los *Digital Twins* son una metáfora usada en el diseño de arquitecturas *IoT* (sistemas de internet de las cosas). Para cada objeto físico, involucrado en el sistema, se crea un mellizo virtual. Algunos *Digital Twins* son el resultado de combinar otros (Yankelevich, 2016).

4.1.2. Wearables

La informática portátil es el estudio o la práctica de inventar, diseñar, construir o usar dispositivos computacionales y sensoriales en miniatura. Los ordenadores portátiles se pueden usar debajo, encima o en la ropa, o también pueden ser ellos mismos ropa (Mann, 2013).

Nuevos dispositivos que usamos en la vida diaria como relojes, marcapasos, pulseras, collares, audífonos y una larga lista que se relaciona con aquellos accesorios que llevamos puestos. Con mejores chips y capacidades, todos estos nuevos dispositivos permiten un mejor conocimiento de nuestro cuerpo, de nuestras necesidades y auguran interesantes perspectivas (Romero, 2014).

4.1.3. Radiografía de un Digital Twin

Según la reconocida firma Deloitte, un *Digital Twin* es un perfil digital evolucionado del comportamiento actual e histórico de un objeto físico o de un proceso, que ayuda a optimizar sus performances. El *Digital Twin* entonces se basa en una gran cantidad de información que se va acumulando en tiempo real, del mundo real y que es medida a través de varias dimensiones. Estas mediciones crean un perfil evolucionado del objeto o proceso dentro del mundo digital que puede aportar datos significantes de la performance del sistema, pudiendo así realizar acciones en el mundo físico como cambiar el diseño del producto o el proceso de manufactura.

Un *Digital Twin* es a veces confundido con los tradicionales diseños asistidos por computadoras o llamados CAD (computer aided design) o también como parte de una simple solución de un sensor como parte del Internet de las Cosas (IoT). Sin embargo, puede ser mucho más que ambas. Un CAD, está completamente encapsulado en un entorno de computación y ha demostrado su potencial como modelado, y los sensores IoT miden posiciones o diagnostican un componente pero carecen ambas soluciones de una interacción entre componentes y el proceso de ciclo de vida.

De hecho, el verdadero potencial de un *Digital Twin* es que provee una conexión en tiempo real del mundo físico y digital. Gracias a esta conexión de mundos, los *Digital Twins* pueden proveer mejores modelos que producirán medidas más realistas y predecibles de algo impredecible. Y gracias a los bajos costos y gran poder de trabajo de los medios computacionales actuales, estas medidas extraídas pueden ser analizadas por potentes algoritmos y hardware avanzado para analizarse posteriormente.

Un *Digital Twin* en general consta de los siguientes componentes (Figura 2):

- **Sensores:** Éstos están distribuidos a través del proceso productivo y crean señales que permiten al “gemelo digital” capturar información operacional y del entorno pertenecientes al mundo real y físico.
- **Información:** La información captada por los sensores es combinada a información de negocio, sistemas empresariales y especificaciones de diseño.
- **Integración:** Los sensores comunican información a través de tecnología de integración, como interfaces de comunicación y seguridad, del mundo digital al mundo físico y viceversa.

- Análisis: Técnicas de análisis son utilizadas para revisar la información a través de algoritmos de simulación y medios de visualización que son usados para que el *Digital Twin* genere el conocimiento buscado.
- *Digital Twin*: La parte digital es el gemelo digital en sí mismo. El objetivo de éste es detectar desviaciones de las condiciones óptimas a través de distintas dimensiones. Esto ahorra costos, agrega calidad y produce gran eficiencia. El resultado es una acción a realizar en el mundo físico.
- Impulsores: Si una acción debe realizarse en el mundo físico, el *Digital Twin* produce dicha acción por medio de impulsores, sujetos a intervención humana, lo que finalmente repercute en el proceso físico.

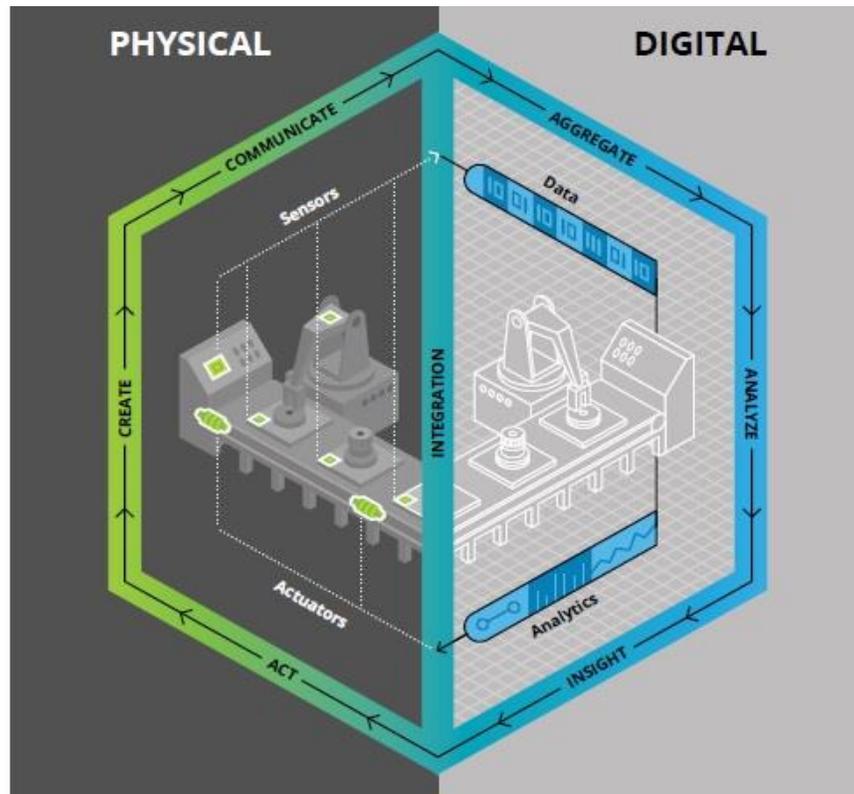


Figura 2. Modelo de un Digital Twin del proceso de manufactura (Deloitte, 2017).

4.2. Digital Twins y la salud

4.2.1. Salud y tecnología: Una mirada hacia el futuro

En cuanto al cuidado de los pacientes y buscando solucionar los inconvenientes actuales de cableado y grandes equipamientos, según Muuranto (2015) los *Wearables* serían una opción factible a futuro, debido a que cuentan con sensores inalámbricos, permitiendo el análisis de datos que ayudarán a diagnosticar correctamente a los pacientes, administrar el tratamiento correcto más rápido y monitorear a la gente remotamente desde su casa, lo cual ayudará a mejorar la atención y los costos.

"La misma transformación que sucedió con los teléfonos móviles está teniendo lugar en el monitoreo de pacientes" (Muuranto, 2015).

Muuranto (2015) afirma que los investigadores están desarrollando la primera generación de sensores inalámbricos que pueden monitorizar los latidos del corazón, la presión arterial y otros varios parámetros.

Dentro de cinco años, esta tecnología podría permitir la supervisión del paciente a través de una red inalámbrica que permitirá a los médicos conocer lo que está sucediendo con un paciente desde cualquier dispositivo conectado (Kauppinen, 2015).

Los sensores sacarían energía de una diminuta batería integrada y utilizarían ondas de radio para comunicarse con un receptor en el bolsillo del paciente o en su habitación de hospital. Fuera del hospital, la información agregada localmente a partir de los sensores podría ser retransmitida en una red celular y proporcionar automáticamente a los médicos y hospitales con vigilancia del paciente las 24 horas del día y un flujo ininterrumpido de datos (Kellner, 2015).

4.2.2. Medical Digital Twin⁵

Thierry Marchal en su trabajo “*VPH: The Ultimate Stage Before Your Own Medical Digital Twin*” presenta el concepto de VPH⁶, este es un tema que se viene tratando desde fines de la década del ‘90, el cual consiste en desarrollar un modelo computarizado de un ser humano para permitir que se investigue el cuerpo humano como un único sistema complejo. Desarrollar un modelo del cuerpo humano de los pacientes permitirá a los investigadores y clínicos tener una gran plataforma para testear nuevos productos o conceptos sin necesidad de que participe la persona con todo lo que esto conlleva.

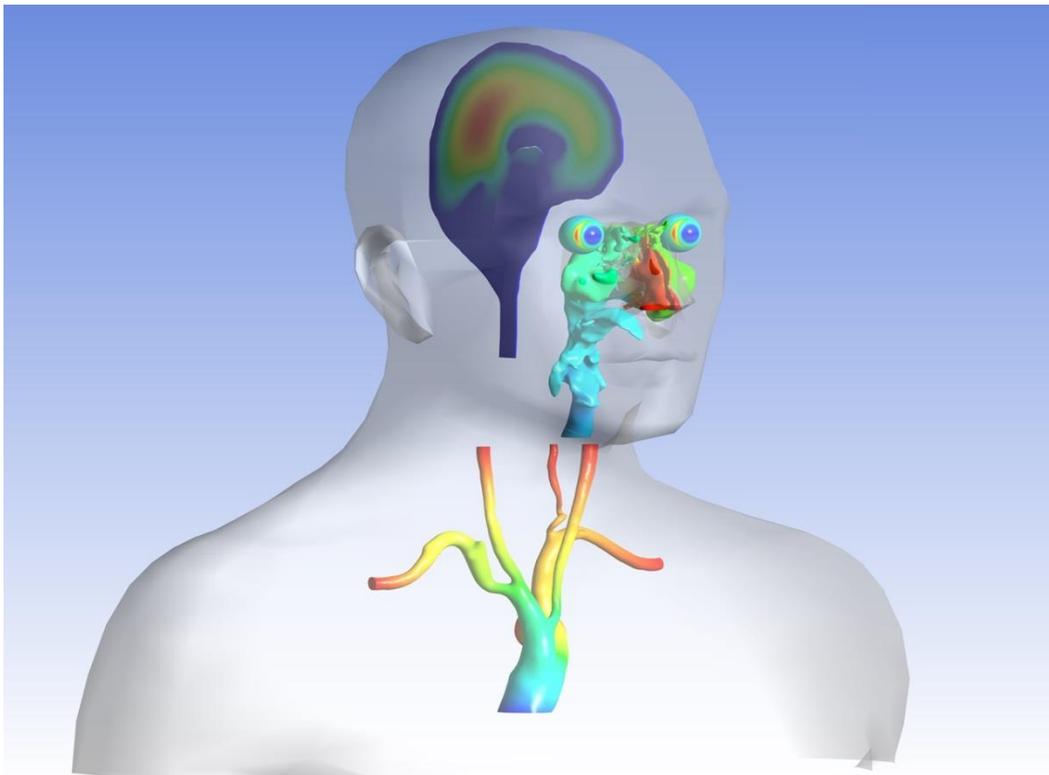


Figura 3. Ejemplo de modelos computarizados de órganos humanos (Marchal, 2016).

⁵ Medical Digital Twin: Gemelo Digital Médico.

⁶ Virtual Physiological Human(VPH): Humano virtual fisiológico.

Los modelos computarizados para cada uno de los órganos del cuerpo humano (ver Figura 3) son la base sobre la cual se apoyan los *Medical Digital Twins*.

En las últimas dos décadas se han logrado grandes avances:

- Mayores progresos en la interpretación de los estudios con imágenes médicas han simplificado la conversión de humanos a figuras geométricas.
- Modelos físicos capaces de predecir con mucha probabilidad el comportamiento del cuerpo, sus componentes, fluidos corporales y campos electromagnéticos que interactúan con los tejidos blandos.
- Creación de métodos confiables y elaborados que incluyen actividades diarias que los pacientes deben realizar, según las condiciones de cada uno de ellos (ver Figura 4).

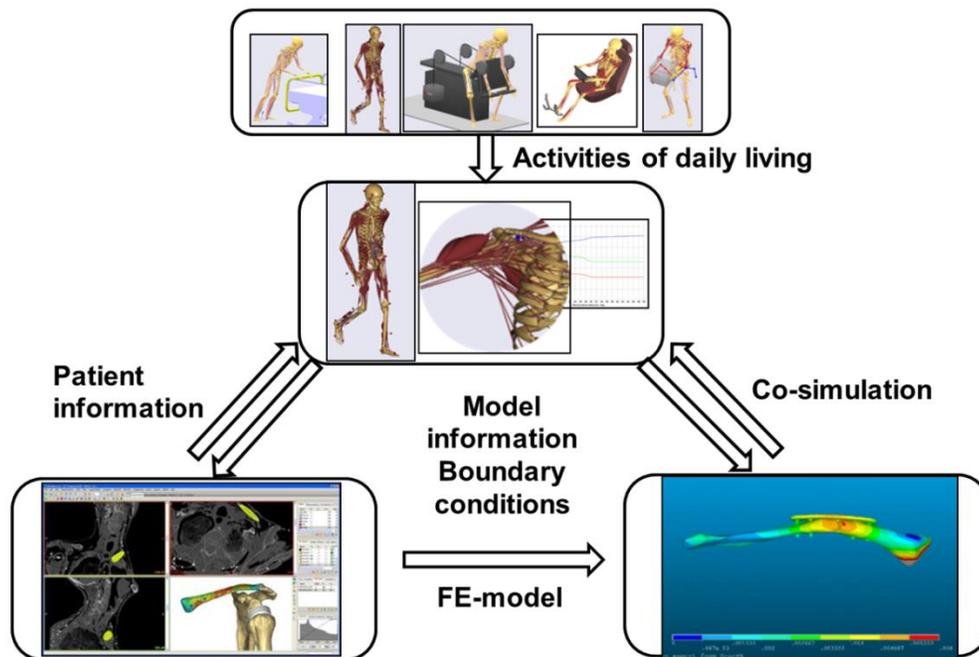


Figura 4. Flujo de actividades ortopédicas completo (Marchal, 2016).

Estos modelos se utilizan regularmente para optimizar nuevos dispositivos médicos y nuevos tratamientos. Algunos médicos los han empezado a adoptar durante la previa de sus cirugías o incluso en las propias salas de operación.

Por ejemplo en la Figura 5 se visualiza la arteria coronaria, donde se puede prever un caso de estenosis.

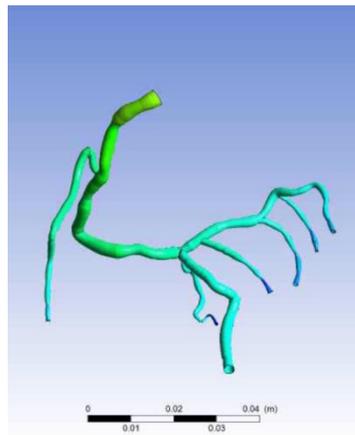


Figura 5. Modelo virtual de una arteria coronaria que identifica una estenosis potencialmente peligrosa (Marchal, 2016).

Entonces los *VPH* serán esenciales para la industria en cuanto a efectividad de costos y para poder desarrollar prototipos de prueba sistemáticamente en las etapas tempranas de los nuevos productos clínicos. Por lo tanto funcionarán como “Laboratorios Virtuales Humanos”, facilitando las pruebas clínicas realizadas mediante computadoras, además serán útiles para entender el impacto que puede traer una cirugía alternativa, protocolos o nuevos implantes. Claramente los *VPH* serán el medio con el cual el mundo podrá mejorar el cuidado de la salud.

4.2.3. Aplicaciones de los *Digital Twins* para el cuidado de la salud

Según Thierry Marchal existen tres hitos que definirán nuestro camino hacia los *Digital Twins* y la salud, o como él lo llama “Medical Digital Twin”.

- **Medicina Personalizada:** Proveer la información necesaria al *digital twin*.

El cuidado de la salud se está volviendo personalizado ya que, pronto, todos vamos a estar bajo un permanente e intenso cuidado. Todos nuestros órganos vitales y funcionamientos corporales poseen parámetros que pueden ser monitorizados. Para esto aún se necesitan 5 innovaciones en el mercado de la bioelectrónica:

- Equipamiento *wearable* para el monitoreo y diagnóstico de parámetros físicos.
- Eficiencia energética para el reemplazo o recarga de baterías.
- Integridad y seguridad para las señales utilizadas por esos objetos *wearables*.
- Seguridad del paciente y conformidad con las regulaciones.
- Software simple e interfaces amigables para poder tratar a los pacientes y realizar las recomendaciones pertinentes.

A pesar de que parezca demasiado, los progresos actuales son asombrosos.

- **Prototipos Digitales Completos:** acelerar la aparición de esta nueva medicina.

Ya sea para el diseño de un nuevo dispositivo *wearable*, crear una nueva droga o simplemente una cama de hospital, el proceso de desarrollo siempre es bajo la temática digital. Los modelos computacionales y de simulación son utilizados constantemente para reducir costos y obteniendo retornos de inversión de hasta 1 a 30. Sin embargo, aún existen algunas razones para que algunas compañías no se hayan volcado hacia los Prototipos Digitales Completos.

- Falta de empleados expertos en ingeniería de simulación.
 - Falta de confianza de que la simulación reduce significativamente los tiempos, costos y también el riesgo para los pacientes.
 - A pesar de estar convencidos del valor de la simulación y del retorno de inversión que esto trae aparejado, algunos aún demoran su momento de inversión.
- **Pruebas clínicas simuladas en computadora:** Permitir que las innovaciones se aprueben más rápido.

Obtener las aprobaciones regulatorias es algo que lleva su tiempo pero es necesario contar con ellas por ley, éstas regulaciones son las que realmente están previniendo de que las innovaciones lleguen más rápido a los pacientes. Debido a la importancia de la seguridad de los pacientes, los legisladores y reguladores están en busca de alternativas tales como pruebas clínicas con test preliminares realizados en computadoras, pero aun así, se enfrentan a ciertas dificultades:

- Crear confianza en la comunidad médica a través de validaciones clínicas.
- Muchísima bibliografía acerca de casos particulares de pacientes, propiedades de los materiales y patologías.
- Definición del marco formal normativo y legislado.

4.3. Digital Twins, tecnología y el fútbol

4.3.1. Llegó la tecnología al fútbol, el VAR

El VAR⁷ que por sus siglas en inglés significa árbitro asistente de video o videoarbitraje, es un sistema de asistencia arbitral utilizado en el fútbol, cuyo objetivo es evitar errores humanos que condicionen el resultado (FIFA.com, 2016).

Durante el partido, uno o varios jueces de video están dentro de una sala, observan lo que sucede y pueden además ver la repetición de lo que acaba de suceder. Éstos se comunican con el árbitro principal a través de un auricular (Buxeres, 2016).

¿Cómo funciona?

Primer paso, se produce una incidencia: El árbitro informa a los asistentes de video, o los asistentes de video recomiendan al árbitro que se revise una decisión o incidencia.

Segundo paso, revisión y recomendación de los asistentes de video: Los asistentes de video examinan las imágenes grabadas e informan al árbitro mediante un sistema de audio de lo que están viendo en pantalla.

⁷ Video Assitant Referee.

Tercer paso, decisión o acción arbitral: El árbitro toma la decisión o actúa adecuadamente tras ver el video en el lateral del campo o basándose en la información que le han comunicado los asistentes de video (FIFA.com, 2017).

¿Cuándo se utiliza?

El árbitro puede recurrir al videoarbitraje en cuatro casos que pueden modificar radicalmente el curso del encuentro, estas son (FIFA.com, 2017):

- Goles: La función de los asistentes es ayudar al árbitro a determinar si se ha producido una infracción que impida conceder un gol.
- Penales: Los asistentes evitan decisiones erróneas relativas a la concesión o no de un penal.
- Tarjetas rojas: Los asistentes evitan decisiones erróneas relativas a la expulsión de un jugador.
- Confusión de identidad: Si el árbitro no amonesta o expulsa al jugador que debe, o no está claro qué jugador ha cometido una infracción, los asistentes pueden ayudarlo a que sancione al jugador pertinente.

4.3.2. Práctica de Fútbol en la era digital

Desde hace un buen tiempo a esta parte, la tecnología se ha metido de lleno en la práctica de fútbol, tanto para ayudar a que las reglas del juego se mantengan y sea lo más justo posible (sistema *VAR*), como también para ayudar a sacar el mejor provecho de los jugadores y sistemas de juego.

El presente proyecto se va a centrar en el segundo aspecto, ya que valiéndose de la tecnología actual, se intentará descubrir cómo poder ir más allá y ayudar a que esos beneficios también produzcan menos lesiones.

Los clubes de más alto nivel utilizan para estos fines unos chalecos GPS que miden en todo momento distintos aspectos de cada jugador, por lo tanto es conveniente primero determinar qué son estos chalecos (Casanovas, 2015).

Este dispositivo entonces permite obtener información de un jugador individual y performance de equipo, a cada segundo, minuto o durante toda una sesión de entrenamiento, e incluso de una temporada entera. El mismo se inserta en chalecos que visten los jugadores de manera que sean cómodos para ellos y no interfieran en su actividad normal.

Cada dispositivo cuenta con una antena que capta en todo momento la información del jugador durante un entrenamiento o un partido oficial para realizar análisis en tiempo real y poder tomar decisiones con respecto a ello.

Los datos más importantes que brindan éstos son el de velocidad del jugador, posición, ritmo cardíaco y más de un millón de números a cada minuto para saber todo acerca de cada jugador del equipo (Statsports.com, 2017).

Según el fabricante los chalecos pueden recibir distintos nombres, en la actualidad existe una gran variedad de éstos y están muy emparentados en cuanto a sus características. Intentando no ser exhaustivo en cuanto al listado, a continuación se describirán algunos ejemplos de los más utilizados por los clubes más importantes del mundo, igualmente se hace hincapié en que no son todos pero sí los que figuran representan las características que más se repiten entre éstos.

- *Viper*⁸, cuyo fabricante es *STATSports* (utilizado por clubes como la *Roma de Italia, Arsenal de Inglaterra*), el cual consiste en un dispositivo de monitoreo que contiene:
 - Cuatro procesadores
 - GPS de última generación
 - Acelerómetro 3-D
 - Compás Digital 3-D
 - Giroscopio 3-D
 - Radio de largo alcance
 - Receptor de ritmo cardíaco
- *Evo*, cuyo fabricante es *GPSPORTS* (utilizado por el *Real Madrid de España, Fiorentina de Italia*), y posee características similares al anterior mencionado.
- *Wimu Pro*, cuyo fabricante es *RealTrack Systems* (utilizado por *Barcelona de España*). La Figura 6 nos detalla acerca de cómo es físicamente un chaleco de éstos, donde se utiliza sobre el cuerpo humano, en que consiste el dispositivo GPS y el software utilizado para analizar la información obtenida:

⁸ Víbora



Figura 6. Detalle del funcionamiento del sistema Wimbu Pro (Pérez, 2017).

Otra técnica de seguimiento de jugadores de futbol es la comúnmente llamada pixelado, pero ésta se alimenta de muchas más cosas que un simple reconocimiento de píxeles y sus variaciones.

En el ámbito informático, se utiliza la palabra pixel para indicar la superficie homogénea más diminuta que forma parte de una imagen. Al ampliar la misma a través del zoom, se pueden observar los píxeles que permiten en definitiva la creación de la imagen propiamente dicha (DEFINICION.de, 2018c).

Para evaluar el rendimiento de un futbolista en un partido hay muchas variables: los pases que da, los goles que marca, los disparos entre los tres palos, las recuperaciones, entre otras. De todos estos datos que se recogen a lo largo del partido hay uno que se ha convertido en una de las principales referencias a criticar, o aplaudir, del desempeño del jugador: la distancia recorrida. En cuanto a la tecnología que hay detrás de esto, se trata de cámaras que guardan relación con este proceso de medición. A su vez ofrece también otras muchas variables de cada jugador: velocidad media,

velocidad máxima, aceleración, velocidad del balón, mapas de calor, distancia total, cantidad de veces que han tenido el balón, entre otras. A través de un sistema de cámaras la información que se puede obtener de cada futbolista en el campo es enorme. Las cámaras se encargan de seguir a los diferentes objetos del campo y extraer información de alta definición que se divide a su vez en dos plataformas para hacer el registro de los movimientos en el campo. Una combinación de hardware y software muy especial. No es una tecnología perfecta pero su margen de error es solo del 3% por lo que podemos considerarla lo suficientemente fiable para sacar conclusiones de lo recorrido en el campo (Gonzalez, 2017).

El sistema de seguimiento de jugadores es el siguiente: las cámaras se encargan de seguir el movimiento de cada jugador para calcular la distancia recorrida y generar los mapas de calor para ver por dónde se mueve cada uno. En el terreno profesional la utilización de esta información es de mucha utilidad: ver por dónde han corrido más los jugadores, analizar cómo se mueve el rival en cada partido. La información es analizada de forma exhaustiva para sacar conclusiones y aplicar mejoras de cara a los próximos partidos (Gonzalez, 2017). Como ejemplo tenemos la Figura 7 donde se visualizan las cámaras utilizadas y el mapa de calor que indica las zonas por donde más se movieron cada uno de los jugadores.



Figura 7. Ejemplo de elementos y resultados del seguimiento de jugadores (Gonzalez, 2017).

4.3.3. Fútbol cordobés y la tecnología

En cuanto a la tecnología aplicada al fútbol, Córdoba no se queda afuera, es más, se encuentra al mismo nivel de los clubes más importantes del mundo. Para llegar a estar a la altura, se vale de distintos métodos de mediciones como así también de herramientas (Abrutsky y Pérez, 2017).

Como se mencionó anteriormente, en la actualidad se utilizan chalecos GPS, Córdoba no es la excepción ya que emplea los que provee la empresa K-Sports. Ésta,

brinda distintos servicios los cuales están descriptos en su sitio oficial y son los siguientes (KSPORTAMERICA.com, 2017a):

- GPS: Éstos obtienen señales enviadas por satélites que permiten determinar la variación de su posicionamiento en la tierra (latitud, longitud y altitud) en función del tiempo. Las frecuencias de muestreo son de 10 y 50 hertz.

A partir de la descripción de la variación de posición del dispositivo en la tierra junto a sensores específicos que mejoran su precisión de medición, pueden obtenerse muchos parámetros que permiten analizar la carga externa de trabajo en el deporte como distancia recorrida, velocidad de desplazamiento, aceleraciones, desaceleraciones, angulación y velocidad de cambio de dirección, entre otros.

Además de la carga externa, los GPS estiman también parámetros fisiológicos de carga interna como el gasto energético relativo, potencia metabólica, consumo de oxígeno, que pueden combinarse con los datos de frecuencia cardíaca que registra el GPS, y de este modo obtener el perfil de estrés fisiológico que genera el entrenamiento.

Características de los GPS (KSPORTAMERICA.com, 2017a):

- Frecuencia de muestreo real: 10Hz y 50Hz.
- Peso: 65g.
- Dimensiones: 70*50*19 mm.
- Batería: Hasta 14h.

- Memoria: Hasta 14h.
- Descarga (Tipología): Paralelo, todos los dispositivos al mismo tiempo.
- Descarga (Tiempo): 9 segundos por cada hora de registración.
- Conexión PC: USB⁹
- Recarga: USB

Parámetros analizables (KSPORTAMERICA.com, 2017a):

- Posición y trayectoria
 - Distancia
 - Velocidad
 - Aceleración y desaceleración
 - Potencia metabólica
 - Gasto energético
 - Consumo de oxígeno
 - Frecuencia cardíaca y respiratoria
- Match analysis¹⁰ (KSPORTAMERICA.com, 2017b): Sistema de multicámaras que registran los partidos.

Mediante un proceso en la producción y tratamiento de los datos, se entregan en menos de 24 horas los resultados de rendimiento físico del equipo, que se encontrarán disponibles para el staff técnico del club en

⁹ USB (Universal Serial Bus): Protocolo utilizado para conexión, comunicación y alimentación eléctrica de dispositivos electrónicos (PC, Celulares, etc.).

¹⁰ Match analysis: En castellano, análisis de partidos.

una base de datos online, y además en formato PDF, en 5 documentos, con un alto nivel en cuanto a calidad y cantidad de los datos y estadísticas.

Este sistema es capaz de medir las distancias recorridas en diferentes umbrales de velocidad, potencia metabólica, gasto energético, niveles de aceleración y desaceleración, de todos los jugadores, sin interferir sobre el juego y con el más elevado nivel de precisión posible. Además éste sistema, permite analizar no solo el rendimiento del equipo propio, sino también el del rival, de manera que se puede comparar la prestación física entre jugadores y oponentes.

Parámetros analizables (KSPORTAMERICA.com, 2017b):

- Distancia recorrida
- Distancia equivalente
- Velocidades de desplazamiento
- Aceleración y desaceleración
- Potencia metabólica
- Gasto energético
- Análisis de las variables cada 5 minutos.
- Control longitudinal
- Posesión de pelota

5. Presentación de los resultados

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos de la investigación tanto del material teórico, como así también de las entrevistas realizadas y la observación personal. Estos resultados se corresponden con la codificación abierta y coaxial. En primera instancia se procedió a revisar exhaustivamente el material con el que se cuenta para establecer una base fuerte con la que trabajar y desde allí partir hacia las entrevistas de manera que éstas nos brinden más información de forma directa y profundizar con lo que se cuenta en el ámbito local.

Por lo tanto, se presenta en primera instancia un diagrama con los conceptos más importantes, los cuales están fuertemente vinculados y que posteriormente se van a describir uno por uno incluyendo citas que fundamenten dicho concepto o categoría. De esta manera se obtiene una forma prolija y ordenada de visualizar el trabajo realizado.

5.1. Presentación de los resultados de la revisión del material y entrevistas realizadas

Antes de llevar a cabo la presentación de los resultados, es menester aclarar algunos puntos para facilitar la lectura y comprensión. En primera instancia se presenta un diagrama con los tópicos más sobresalientes. En segunda instancia se explican las distintas relaciones entre ellos, cómo surgen por sobre otros temas posibles y de qué manera están relacionados entre ellos. En tercera instancia se presentan los resultados obtenidos del análisis en profundidad de cada uno de dichos tópicos. Estos resultados se corresponden con la teoría de la codificación axial y abierta.

Para poder presentar los resultados se han llevado a cabo trabajos previos que involucran la búsqueda de información y transcripción de los conceptos más importantes y aclaratorios de lo que se intenta investigar, posteriormente se realizaron entrevistas en el medio local a organizaciones relacionadas a los distintos ámbitos que se ven involucrados dentro de la presente investigación, como ser tecnología, fútbol y salud.

Surgen así los siguientes resultados que se resumen en 11 tópicos principales (ver Figura 8).

1. Simulación de comportamientos
2. Modelado digital de objetos físicos
3. Optimización de performances
4. Evolución de los Digital Twins
5. Mediciones en tiempo real
6. Digital Twin Humano
7. Monitoreo remoto de pacientes
8. Optimización del rendimiento deportivo
9. Tecnología aplicada en el fútbol
10. Tendencia actual de lesiones deportivas
11. Tecnología disponible en Córdoba

debido a la importancia que toman en cuanto a la temática de la investigación.

La simulación de comportamientos está estrechamente ligada al modelado digital de objetos y a la optimización de performances ya que gracias al modelado digital se puede hacer una simulación de escenarios posibles en la realidad y así tomar decisiones para optimizar lo que se requiera. Por su parte el modelado digital de objetos está emparentado a su vez con las mediciones en tiempo real y la evolución de los *Digital Twins*, ya que gracias al modelado y la retroalimentación entre los distintos ámbitos como el digital y el físico, se pueden realizar mediciones en tiempo real, obteniendo todo tipo de información para la toma de decisiones, con esto en mente y valiéndose de dicho modelado, la evolución de los *Digital Twins* está en constante crecimiento y cada vez impacta más en la vida diaria de las personas.

El concepto de modelado digital por lo tanto es uno de los conceptos más importantes que surgen de la investigación, ya que como se menciona está relacionado a la mayoría de los demás conceptos. Se agrega también que es un concepto general que incluye al Digital Twin Humano ya que valiéndose del modelado se busca e investiga la forma de poder crear el gemelo digital de un humano, este último concepto se relaciona a su vez con la mejora en el cuidado de la salud el cual incluye el monitoreo remoto de pacientes, como vamos a profundizar más adelante, el poder crear un Digital Twin Humano hará que podamos tener una calidad de vida mucho mejor de la que tenemos, o al menos a eso se apunta.

En cuanto a optimización de performances se visualiza un concepto incluido pero no menos importante que es el de la optimización del rendimiento deportivo, el cual incluye también el de la tendencia actual de las lesiones deportivas, conceptos vinculados fuertemente con la tecnología aplicada en el fútbol en general y localmente también en Córdoba. Estos conceptos se relacionan debido a que con la tecnología aplicada se pueden optimizar los distintos aspectos relacionados al fútbol y evitar en gran medida las lesiones en dicha práctica.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis en profundidad de cada una de las categorías que surgieron en la investigación. Se incluye tanto lo registrado e investigado en primera persona como así también información valiosísima obtenida a través de las entrevistas para conocer acerca de la situación local con respecto a la temática abordada.

(1) Simulación de comportamientos: Simulación en el ámbito de las ciencias es definido como el artificio contextual que referencia a la investigación de una hipótesis o un conjunto de hipótesis de trabajo utilizando modelos, lo que se convierte en un método perfecto para la enseñanza y el aprendizaje (WIKIPEDIA.org, 2018b).

Al respecto, como se vio anteriormente, Michael Grieves (2014) nos dice que los *Digital Twins* nos permiten que se puedan simular comportamientos para evitar así problemas que se puedan presentar y además poder tomar decisiones a tiempo para obtener una mejor productividad en la actividad industrial. Agrega además que siempre el modelado nos permite realizar pruebas para evitar el desperdicio de tiempo y dinero.

Otra definición más adecuada para el presente trabajo es la que da R.E. Shannon, la cual dice que “la simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y

llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias para el funcionamiento del sistema” (Shannon, 1976).

Por su parte la firma Deloitte, como se observó en el marco teórico, afirma que las mediciones realizadas gracias a un *Digital Twin* crean un perfil evolucionado del objeto o proceso dentro del mundo digital que puede aportar datos significantes de la performance del sistema, pudiendo así realizar acciones en el mundo físico como cambiar el diseño del producto o el proceso de manufactura.

Se observa que la herramienta del modelado es muy poderosa ya que gracias a ella se pueden reducir mucho los costos, además de permitir predecir sucesos con bastante anterioridad lo que redundará en una gran eficiencia y a un proceso de toma de decisiones con muchísima más calidad.

Para fundamentar lo dicho anteriormente, Deloitte al respecto, asegura que gracias a esta conexión de mundos, los *Digital Twins* pueden proveer mejores modelos que producirán medidas más realistas y predecibles de algo impredecible. Y gracias a los bajos costos y gran poder de trabajo de los medios computacionales actuales, estas medidas extraídas pueden ser analizadas por potentes algoritmos y hardware avanzado para analizarse posteriormente.

Además dicha firma caracteriza al *Digital Twin* en componentes entre los cuales la parte fundamental para la simulación de comportamientos son tres; el análisis, el gemelo digital como componente parte del concepto más genérico y los impulsores. Esto se debe a que, como se observa en el marco teórico, las técnicas de análisis son utilizadas para revisar la información a través de algoritmos de simulación y medios de

visualización que son usados para que se genere el conocimiento buscado. El gemelo digital, valiéndose de impulsores, busca detectar desviaciones de las condiciones óptimas a través de distintas dimensiones. Esto ahorra costos, agrega calidad y produce gran eficiencia. El resultado es una acción a realizar en el mundo físico.

Si bien en el presente aún no se cuenta con modelos establecidos de las personas o al menos modelos que representen un humano completo en su conjunto, es algo a donde la tecnología está convergiendo y al día de hoy ya se comienzan a observar los beneficios que esto va a traer aparejado.

Por ejemplo Thierry Marchal (2016) augura que desarrollar un modelo del cuerpo humano de pacientes permitirá tener una gran plataforma para testear nuevos productos o conceptos sin necesidad de que participe la persona, además proveerá la posibilidad de contar con modelos físicos capaces de predecir con mucha probabilidad el comportamiento del cuerpo, sus componentes, fluidos corporales y campos electromagnéticos que interactúan con los tejidos blandos.

En el cuidado de la salud son muchos los potenciales beneficios que se vislumbran hacia el futuro, pero todo tiene que ser cuidadosamente validado y aprobado por las leyes vigentes ya que al tratarse de humanos, se debe ser extremadamente cuidadoso a la hora de implementar este tipo de automatizaciones y modelados.

Marchal (2016) en consonancia, los llama “Laboratorios Virtuales Humanos”, ya que facilitarán las pruebas clínicas realizadas mediante computadoras, además serán útiles para entender el impacto que puede traer una cirugía alternativa, protocolos o nuevos implantes.

De hecho, uno de los tres hitos a los cuales apunta Marchal (2017) menciona que las pruebas clínicas simuladas en computadora permiten que las innovaciones se aprueben más rápido. Sin embargo, obtener las aprobaciones regulatorias es algo que lleva su tiempo pero es necesario contar con ellas por ley, Thierry asegura que éstas regulaciones son las que realmente están previniendo que las innovaciones lleguen más rápido a los pacientes.

Debido a la importancia de la seguridad de los pacientes, Marchal (2017) agrega que los legisladores y reguladores están en busca de alternativas tales como pruebas clínicas con test preliminares realizados en computadoras, aun así, se enfrentan a dificultades como generar confianza en la comunidad médica, muchísima bibliografía acerca de casos particulares de pacientes, propiedades de los materiales y patologías y por último una definición del marco formal normativo y legislado.

(2) Modelado digital de objetos físicos: El modelado digital es el proceso de desarrollo de una representación matemática de cualquier objeto tridimensional a través de un software especializado. Al producto se le llama modelo 3D (WIKIPEDIA.org, 2018a).

Este concepto será fundamental para el presente trabajo ya que un Digital Twin de hecho es un objeto digital basado en un objeto físico, a lo cual Michael Grieves (2014) hace referencia y lo menciona como que son objetos computarizados que son copias exactas de objetos físicos valiéndose de sensores que envían información a cada instante y que sirven para diferentes propósitos.

Se observa una gran potencialidad en cuanto a su utilización en el futuro ya que como Yankelevich (2016) lo menciona en su trabajo, estos mellizos virtuales son la parte metafórica del diseño de arquitecturas del Internet de las Cosas (IoT), concepto muy utilizado y predominante en la actualidad con un futuro bastante promisorio en los años venideros.

El modelado digital entonces no solo involucra el hecho de que se cuente con un par físico-digital, sino que gracias a ésta técnica se puedan optimizar las performances en rendimientos de todo tipo valiéndose de la simulación de comportamientos, concepto profundizado anteriormente. De esto se vale la firma Deloitte (2017) para asegurar que un Digital Twin es un perfil digital evolucionado del comportamiento actual e histórico de un objeto físico o de un proceso que ayuda a optimizar sus performances. Agrega además, que gracias a las mediciones tomadas se puede crear un perfil evolucionado del objeto o proceso dentro del mundo digital que aporta datos significativos para poder así tomar decisiones en el mundo físico como cambiar el diseño de un objeto o cambiar la forma de cómo se realiza algún proceso de fabricación.

Se visualiza claramente, que más allá del autor que haga referencia al tema, todos convergen a lo mismo: el modelado digital o mejor dicho, el uso de los *Digital Twins*, recae inevitablemente en una optimización de rendimientos.

(3) Optimización de performance: Optimizar significa buscar la mejor manera de realizar una actividad u obtener un rendimiento el cual hace referencia a la proporción entre el resultado obtenido y los medios utilizados (RAE.es, 2018d).

En el ámbito de la tecnología, la optimización es el proceso a través del cual se mejora la eficiencia y la rapidez en el funcionamiento de un sistema (SIGNIFICADOS.com, 2018).

Partiendo de dichos conceptos es que se pueden asociar los mismos a lo que representa un Digital Twin, ya que según la firma Deloitte (2017), éstos son una especie de perfil digital evolucionado del comportamiento actual e histórico de un objeto físico o de un proceso que ayuda a optimizar sus performances. Se basa en información que se va acumulando en tiempo real y del mundo real y que es medida a través de varias dimensiones pudiendo así realizar acciones en el mundo físico, como cambiar el diseño de un objeto o modificar el accionar de cómo llevar a cabo un proceso.

Se visualiza entonces una estrecha relación en el uso de los *Digital Twins* y la consecuente mejora en la performance y obtención del rendimiento deseado.

Por otra parte y con respecto a costos, lo que nos dice Deloitte es que éstos producen mejores modelos para predecir comportamientos, sumado al gran poder de procesamiento y bajo costo de los sistemas actuales, todo esto redundando en un sistema general donde su potencial es inmenso y augura aún más mejorías en el futuro, sin perder de vista que sus costos asociados son en gran medida aceptables.

Anteriormente en este trabajo ya se habló de los impulsores con los que cuenta un Digital Twin, éstos para Deloitte (2017) son la clave donde reside todo el secreto de la cuestión, ya que gracias a ésta característica es que los *Digital Twins* pueden reproducir situaciones en el mundo virtual y llevarlos a cabo como consecuencia en el mundo real.

(4) Evolución de los *Digital Twins*: Al referirse el presente trabajo a la evolución de algo, hace referencia a la serie de transformaciones continuas que va experimentando un objeto a través de sucesivas generaciones (RAE.es, 2018b).

Para hablar de la evolución de los *Digital Twins* entonces es necesario partir del trabajo de Michael Grieves, quién fue la persona que los presentó en el año 2003 en un curso de Administración de Ciclos de Vida y que gracias a los avances tecnológicos ocurridos durante este último tiempo es que toman una mayor relevancia los mismos. Thierry Marchal también tuvo su acercamiento por el lado de la medicina cuando menciona que desde los años '90 que se viene trabajando con el concepto de VPH (por sus siglas en ingles de Humano Fisiológico Virtual) que refiere a crear un modelo computarizado de un ser humano.

Dicho esto se puede observar que se viene gestando desde hace varios años la idea de contar con algo virtual relacionado directamente a algo físico, tanto en materia de objetos inanimados como de seres humanos.

Siguiendo con la línea de pensamiento de Marchal (2016), él afirma que promediando los últimos años de la década del '90 se realizaron grandes avances en la materia, como por ejemplo un progreso muy notorio de interpretación de los estudios con imágenes para la simplificación de la conversión de humanos a figuras geométricas, como así también, modelos físicos capaces de predecir comportamiento del cuerpo, fluidos corporales y tejidos blandos. Por último él menciona que otro avance grande fue en la creación de métodos confiables y elaborados que incluyen actividades diarias que los pacientes deben realizar según las características de cada uno de ellos. Por lo tanto para Thierry Marchal, los VPH serán esenciales tanto para el abaratamiento de los

costos como también para poder crear prototipos que permitan probar nuevos productos en medicina.

Se observa por consiguiente que en la actualidad aún no se cuenta con *Digital Twins* humanos, pero si se vislumbran los beneficios que se podrán obtener una vez que ya se cuente con la tecnología deseada. Siguiendo con lo que menciona Thierry (2017), uno de los hitos es de los prototipos digitales completos, los cuales permitirán un avance de la medicina basándose en que todo el proceso de desarrollo del diseño de algo que aporte al bienestar es bajo el manto de lo digital y como ejemplos él presenta tanto un *Wearable* o simplemente una cama de hospital. Sin embargo, y si se me permite el término, no todo es color de rosa, aún queda mucho por hacer y muchos logros por alcanzar, ya que llegar a esos prototipos digitales completos requiere de gente muy capacitada en simulación que pueda operar con ellos además de la desconfianza aún presente en la sociedad de que esto trae beneficios tanto en materia de costos como en la disminución y control de riesgos, esto hace que las inversiones en este campo se demoren y por lo tanto como se mencionó anteriormente en este trabajo las regulaciones y legislaciones al respecto se pospongan para después.

(5) Mediciones en tiempo real: La medición consiste en determinar qué porción existe entre una dimensión de algún objeto y una cierta unidad de medida (DEFINICION.de, 2018a).

Que la misma sea en tiempo real hace referencia a que se realiza una interacción con un entorno físico dentro de un tiempo determinado (Villaroel Salcedo, 2014).

En nuestras vidas convivimos a cada momento con dispositivos que logran lo que mencionamos como sistemas que utilizan mediciones en tiempo real, pero quizás no nos damos cuenta de la magnitud. Es por esto que Mann menciona que existen objetos que usamos a diario o que llevamos con nosotros a los que él llama *Wearables*. Estos dispositivos compuestos de sensores realizan mediciones en todo momento y de todo tipo para enviarlas a internet u otro dispositivo de almacenamiento, como puede notarse entonces, esto es algo que a diario observamos y que en la actualidad se cuenta con una gran cantidad y además están al alcance de la mano.

Por su parte Grieves (2014) relaciona estos conceptos a los del *Digital Twin* y hace mención a que éstos utilizan la información brindada por los sensores de otros dispositivos para representar en tiempo real el estado actual de un objeto, ya sea su condición actual o comportamiento. La firma Deloitte (2017) confirma lo que menciona Grieves, “el verdadero potencial de un *Digital Twin* es que provee una conexión en tiempo real del mundo físico y digital”. Pero además agrega que éstos aparte de realizar la representación en tiempo real, también son una fuente de almacenamiento de información que hace que el objeto no solo sea algo del momento, sino que va acumulando datos medidos en distintas dimensiones y que gracias a eso pueden tomarse decisiones más íntegras con respecto al objeto en cuestión.

Se ve claramente el potencial que se puede disponer al utilizar los *Digital Twins* buscando facilitar la toma de decisiones y que sean en el momento que se precisan, ya que para decidir un curso de acción ahora, la información que necesito debe ser consistente y actualizada. Para dar soporte a estas necesidades, Deloitte menciona que un *Digital Twin* posee ciertas características y componentes, como por ejemplo los

sensores, la información y la integración. Estos tres conceptos/componentes se relacionan de manera que los sensores captan la información del momento, ésta se entremezcla con información del negocio y se ven integradas por medio de distintos medios de comunicación y protocolos de seguridad.

Se habla de mediciones en tiempo real, pero no se especifica concretamente que es lo que se mide, para clarificar un poco el asunto Fabián Ramírez (2017) menciona unos cuantos ejemplos, como ser la temperatura, gases, distancias, fuerza o potencia y que para esto hay varias herramientas como GPS o acelerómetros.

Se auguran por lo tanto interesantes perspectivas como lo menciona Romero, ya que gracias a las mediciones en tiempo real y a los dispositivos que permiten realizarla, se cuenta con dispositivos que permiten un mejor conocimiento de nuestro cuerpo, de nuestras necesidades y de todo el mundo físico que nos rodea.

(6) Digital Twin Humano: Es un modelo computarizado de un ser humano que permite la investigación del cuerpo humano como único sistema complejo (Marchal, 2016).

A lo largo del presente trabajo ya se ha tocado en distintos momentos el concepto de Digital Twin Humano, esto se debe en gran medida a que es uno de los conceptos fundamentales que se busca entender y determinar si ya se cuenta con pruebas que demuestren su uso actualmente o al menos indicios de que no estemos como sociedad muy lejos de lograr utilizarlos. Es conveniente aclarar en este punto que habrá conceptos que nos serán muy familiares ya que se repiten en otros tópicos y que al verse entremezcladas estas definiciones en los distintos conceptos, confirma aún más lo que se

trata de sostener en esta instancia del trabajo, lo que en definitiva significa que la teoría emergente surge de todos estos conceptos que están fuertemente interrelacionados.

Volviendo a lo que menciona Marchal (2016) donde hace referencia a que los modelos computarizados para cada uno de los órganos del cuerpo humano son la base de los *Medical Digital Twins*, cabe destacar que se hace referencia también a los avances conquistados desde finales de la década del '90, como por ejemplo mayores progresos en traducción de humanos a figuras geométricas, contar con modelos físicos que predican comportamiento tanto del cuerpo como de fluidos y también el tener métodos confiables para realizar un seguimiento de cerca a cada paciente y sus necesidades.

Otro de los hitos importantes hacia los *Digital Twins* a los que Thierry Marchal (2016) hace mención es el de la medicina personalizada, la cual consta de la proveeduría de información al propiamente dicho *Digital Twin*. Pero para lograr llegar a esto se necesita entre otras cosas un equipamiento *Wearable* para monitoreo y diagnóstico, integridad y seguridad de las señales utilizadas por estos *Wearables* y por sobre todo seguridad del paciente y conformidad con las regulaciones.

En consecuencia se puede observar que en la actualidad aún no se cuenta con un Digital Twin Humano en su conjunto, pero si se observan grandes avances en cuanto al enfoque en partes del ser humano que se van convirtiendo en digitales.

(7) Monitoreo remoto de pacientes: El monitoreo consiste en observar parámetros para descubrir posibles irregularidades (DEFINICION.de, 2018b).

Remoto en informática hace referencia a la acción de controlar una computadora u otro dispositivo a través de otro, que puede encontrarse en un punto geográfico diferente. Por lo tanto, cuando hablamos de Monitoreo remoto de pacientes nos referimos a permitir analizar ciertos datos para poder dar un diagnóstico correcto a los mismos (OMEGA.com).

Más allá de los tecnicismos, se observa en este punto del trabajo que la aplicación de los *Digital Twins* al cuidado de la salud sería muy beneficiosa en muchos aspectos, como se mencionó anteriormente en cuanto a costos y avances en la tecnología. Sin embargo, esto también va de la mano con la ventaja de poder hacerlo desde un lugar remoto o que no necesariamente el profesional a cargo del cuidado de los pacientes esté in situ¹¹ para realizar su trabajo. Como bien lo describe Erno Muuranto (2015), en materia de salud y el cuidado de los pacientes, se observan salas de cuidados intensivos con una red de pacientes conectados a una gran variedad de cables diminutos y máquinas de gran tamaño que permiten el cuidado de éstos. Esto es lo habitual en la actualidad, pero no deja de ser incómodo.

Se sabe que es muy difícil cambiar de forma masiva algo que esta estandarizado y utilizado en todo el mundo por algo nuevo y que irrumpa en la sociedad, ya sea por cuestiones físicas como también de convencimiento de que lo nuevo viene a dar una mejor solución a lo anterior. Por esto es que Muuranto (2015) sentencia: “La misma transformación que sucedió con los teléfonos móviles está teniendo lugar en el monitoreo de pacientes”. A lo cual agrega que en cuanto al cuidado de pacientes, los

¹¹ In Situ: En el lugar, en el sitio.

Wearables serían la solución en el futuro, ya que cuentan con sensores inalámbricos que permiten poder analizar la información extraída por éstos y de esa manera poder diagnosticar correcta y remotamente a los pacientes, reduciendo costos y mejorando la atención. Por ejemplo él menciona que ya existen sensores inalámbricos que miden los latidos del corazón, presión arterial y varios parámetros más.

Mikko Kauppinen (2015) concuerda con Muuranto al mencionar que se estima que para el 2020, la tecnología de los *Wearables* permitirá la supervisión de los pacientes a través de una red inalámbrica y facilitará a los médicos el conocer lo que sucede con un paciente desde cualquier parte del mundo.

Otro experto que se suma a la corriente del uso de *Wearables* en el monitoreo remoto de pacientes es Tomas Kellner (2015) quién nos dice también que gracias a los sensores con que éstos cuentan, se pueden conectar con receptores en los pacientes o habitaciones, de manera de poder observarlos las 24 horas y de forma ininterrumpida.

Se observa a las claras el inminente cambio hacia los *Wearables* en la salud, las ventajas son inmensas pero para ser justos hoy por hoy aún no se utilizan de forma masiva y resta esperar a que la sociedad los vaya conociendo y confiando en que son una solución para muchos inconvenientes.

A nivel mundial ya se vaticinan estos avances y de hecho se han comenzado a utilizar, pero a nivel local ¿Contamos con la tecnología necesaria? Fabián Ramírez (2017) nos aclara un poco la cuestión, nos dice que hoy se cuenta con la tecnología necesaria para conectar distintos dispositivos a través de artefactos llamados Arduinos (ver ANEXO II), que son programables y adaptables. Éstos permiten entonces conectar

distintos dispositivos de forma fácil y rápida, permitiendo así por ejemplo el monitoreo de pacientes.

Finalizando el tópico por lo tanto, se avizora un futuro prometedor en cuanto al tema, y mejor aún, a nivel local también estamos preparados ya para poder formar parte de ese futuro.

(8) Optimización del rendimiento deportivo: Optimizar significa buscar la mejor manera de realizar una actividad u obtener un rendimiento el cual hace referencia a la proporción entre el resultado obtenido y los medios utilizados (RAE.es, 2018d).

La optimización del rendimiento deportivo entonces está vinculada a los logros que se consiguen o pueden conseguir los deportistas y que para aumentar el rendimiento los jugadores deben disponer de sus máximos recursos (Gutierrez, 2014).

Cualquier equipo de fútbol de elite que hoy decida ser competitivo, no puede dejar de tener de aliada a la tecnología. Ésta, ayuda mucho para que los jugadores rindan en su máximo potencial y sufran menos lesiones, a la vez que los cuerpos técnicos también la utilicen para mejorar a sus equipos táctica y técnicamente. Sergio Álvarez, ya en el 2015 decía que en el fútbol se aplicaban avances tecnológicos en materia de rendimiento deportivo, como los chalecos-sujetadores. Comenta él que primero había un recelo de utilizarlos ya que parecía incomodo utilizarlos durante el juego o la práctica y no se sabía bien que beneficios traía el utilizarlos. Pero, en cuanto se pudieron comprobar los grandes beneficios y ventajas que traía a quienes lo usaban de los que no, se comenzó a utilizar más y más en los partidos oficiales. Añade por último que los chalecos son usados para medir entre otras cosas ritmo cardíaco, rendimiento, distancia

recorrida, intensidad, velocidad, número de impactos, lo cual permite mejorar muchos aspectos de índole físico, táctico y técnico.

Observando las mediciones que se pueden obtener y las decisiones que se pueden realizar en base a ello, resulta claro el porqué de utilizar la tecnología, contar con esa información es de vital importancia para tomar decisiones.

Jordi Casanovas (2015) por su parte también menciona que la tecnología ayuda a sacar el mejor provecho de los jugadores y sistemas de juego. Él también hace referencia a los chalecos GPS que permiten medir distintos aspectos de cada jugador.

La firma Statsports (2017) se introduce un poco más en las características de los dispositivos, indica que los dispositivos que están ubicados en los chalecos pueden medir a cada segundo e incluso durante toda una sesión de entrenamiento o partido toda la información relevante para el cuerpo médico y técnico, gracias que éstos poseen una antena que capta la información en tiempo real y así poder decidir al instante. Por lo tanto saber la velocidad, posición, ritmo cardíaco y demás aspectos, ya no es un impedimento con la tecnología, por lo que hoy ya depende de cómo se utilice esa información para tomar decisiones y no si tengo o no la información, puede parecer un tema trivial pero marca la diferencia y los resultados están a la vista, por mencionar algunos clubes de elite como Barcelona, Real Madrid, Juventus, a nivel nacional como Boca o River e incluso a nivel local como Belgrano y Talleres lo utilizan.

Prueba de ello es lo que surge en las entrevistas que se realizaron (ver ANEXO I), por ejemplo Marcos Abrutsky (2017) que forma parte del club Belgrano, menciona que utilizan esos GPS para mejorar día a día a cada uno de los jugadores, pudiendo tener un informe detallado de cada uno de ellos al finalizar la actividad física. Al iniciar la

pretemporada además, se realiza un barrido de todos los jugadores y se los mide para tener un punto de partida para el resto del año, entonces como se observa, no solo podemos usar la tecnología para ir midiendo y tomar decisiones en el día a día, sino que es algo a mediano plazo ya que se realiza toda una planificación de la temporada valiéndose de la información obtenida gracias a la ayuda de las tecnologías existentes.

Sin embargo, no todo está enfocado a ser los mejores deportivamente, sino que también se visualiza un uso de la tecnología por el cuidado de las personas, ya que al contar con tanta información, se puede además anticipar cuando está una persona próxima a lesionarse, fatigarse o tener algún tipo de problema cardíaco o similar. Es innegable entonces el aporte positivo que le realiza la tecnología al fútbol y al deporte en general.

Abrutsky (2017) remarca que la información utilizada no solo es para mejorar los rendimientos, sino como él dice “cuidar a los que no están al 100%”.

Por su parte Guillermo Perez del club Talleres (2017) concuerda con Marcos en las ventajas que trae aparejado el uso de la tecnología, diciendo que todos los jugadores utilizan estos chalecos tanto los de primera como los de inferiores. En cuanto a los aspectos tácticos y técnicos se utilizan cámaras fijas que graban todos los movimientos y pixelado que identifica a cada jugador y así poder medir distintas características y eventos durante el partido, como pases correctos o tiros al arco.

Queda entonces por decir que en la actualidad la tecnología ha hecho mejorar la práctica de fútbol, física y tácticamente, tanto a nivel mundial como a nivel local. Gracias a la globalización es que se puede decir que a nivel local no tenemos nada que envidiar de la elite del fútbol en cuanto al uso de la tecnología y la ayuda que brinda, por

lo que pensar en un futuro donde las innovaciones irán mejorando cada vez más ésta práctica, significa pensar en que no nos quedamos atrás y que podremos a nivel local estar a la altura, solo restará preocuparnos por las decisiones que tomemos con la información obtenida.

(9) Tecnología aplicada en el fútbol: Tecnología es la aplicación de un conjunto de conocimientos y habilidades con el objetivo de conseguir una solución que permita al ser humano desde resolver un problema hasta lograr satisfacer una necesidad (DEFINICION.de, 2018d).

La tecnología aplicada es un término que se utiliza para mostrar la manera en que la tecnología beneficia a diferentes sectores del mundo tanto en actividades empresariales, cotidianas, de la salud, entre otras (TBT.blogspot.com.ar, 2018).

En el mundo del fútbol siempre existieron las controversias, las decisiones arbitrales desde siempre han sido puestas en duda debido a la naturaleza propia de este tipo de deporte. En otros deportes como el tenis la tecnología vino a ayudar a que los fallos de los jueces sean con el menor error posible, entonces la lógica indicaría que en el fútbol esto también pase. Sin embargo, aún no se cuenta con la madurez en cuanto a tecnología se refiere pero grandes avances han ocurrido para ayudar a que el error en las decisiones sea cada vez menor. Por ejemplo la FIFA (ente regulador máximo del fútbol mundial) ha puesto en marcha el VAR, el cual consiste en asistentes del arbitraje a través de videos, entonces cuando sucede alguna incidencia tipificada por la FIFA, este sistema ayudará a los jueces a impartir justicia.

Luis Buxeres (2016) por su parte añade que además de los videos existen otros jueces en una sala que ven la incidencia repetidas veces y le comunican la decisión por un auricular al juez que está en el campo de juego.

Como ya se vino analizando en el tópico anterior, la tecnología en el fútbol no solo se utiliza para impartir justicia, sino también y de hecho es donde más se la utiliza, es en el ámbito del rendimiento deportivo. Por ejemplo la marca K-Sports nos habla de un sistema multicámaras que registran los partidos, obteniendo así una gran cantidad de información que es entregada a sus clientes (o clubes) en menos de 24 horas para que la utilicen como mejor les parezca. Por otro lado y como ya se vio antes, lo que más se usa en la actualidad son los chalecos con GPS, que haciendo foco en lo que es fútbol, hay una gran mayoría de equipos que los utiliza a nivel mundial.

Se observa una estrecha relación entonces entre la tecnología aplicada al fútbol y la optimización de rendimiento deportivo, haciendo más evidente la relación existente en el diagrama inicial.

Finalmente queda por decir que la tecnología en la práctica de fútbol goza de buena salud en la actualidad, están íntimamente ligados y hablar de futbol ya en el año 2018 sin mencionar a la tecnología es casi imposible. Todavía quedan cosas por resolver, pero como se sabe, todo proceso requiere de una madurez por parte de los involucrados en cuanto al conocimiento de la materia.

(10) Tendencia actual de lesiones deportivas: Tendencia es una corriente o preferencia hacia determinados fines (DEFINICION.de, 2018e).

Las lesiones son daños corporales causados por una herida, un golpe o una enfermedad (RAE.es, 2018c).

Las lesiones deportivas por su parte se refieren a cualquier daño que se le haga al organismo, practicando una actividad física o deportiva, tanto a nivel amateur como profesional (FORMADXT.com, 2018).

El presente concepto surge a partir de una de las preguntas que se busca responder en esta investigación donde en resumidas cuentas se analiza si la tecnología puede ayudar a que haya menos lesiones deportivas más precisamente con el uso de los *Digital Twins*. Por lo tanto para entender si en el futuro se puede lograr algún cambio con respecto a hoy, se debe analizar lo que sucede en la actualidad para que sea el punto de partida.

Para elaborar teoría acerca de éste tópico, se realizaron entrevistas de primera mano y a nivel local, surgen de ellas conceptos muy interesantes en cuanto a las lesiones y de cómo fueron evolucionando con el tiempo.

Marcos Abrutsky (2017) no duda al decir que las lesiones deportivas se redujeron significativamente desde que se comenzó a utilizar la tecnología, añade además de que hoy existe en la FIFA una media en cuanto a cantidad de lesiones que se obtiene del relevamiento de los clubes más importantes del mundo y que gracias a esa media es que los clubes locales pueden basarse para realizar los trabajos físicos correspondientes.

Por otro lado Marcos aclara que más allá de que las lesiones han bajado y se mantienen en la media expuesta por la FIFA, hay riesgos a los que se exponen los

futbolistas que antes no, ya que hoy todo es más intenso y con mayor velocidad, las canchas son más rápidas e incluso los jugadores cuentan con una mayor carga física.

Está claro entonces que la tecnología ayuda al deporte con respecto a las lesiones, pero ésta debe continuar evolucionando para adaptarse a los cambios que va sufriendo la práctica de fútbol.

Por último Marcos menciona que no conoce lo que son los *Digital Twins* pero tiene una visión positiva en cuanto a sus posibles usos valiéndose de la experiencia que tiene él con respecto a los usos tecnológicos en el deporte.

Por su parte Guillermo Pérez (2017) también se suma a Marcos en la idea de que la tecnología les permite tener un plantel de jugadores con la menor cantidad de lesiones, de hecho, Guillermo atribuye una gran importancia a esto y que todo lo que signifique un avance y que ayude a reducir estos inconvenientes, bienvenido sea.

Se observa entonces un estado muy saludable en cuanto a lesiones de los clubes del fútbol local debido al uso de las tecnologías disponibles y la tendencia indica que gracias a la gran cantidad de información que se posee se pueden tomar decisiones más inteligentes.

(11) Tecnología disponible en Córdoba: Tecnología es la aplicación de un conjunto de conocimientos y habilidades con el objetivo de conseguir una solución que permita al ser humano desde resolver un problema hasta lograr satisfacer una necesidad (DEFINICION.de, 2018d).

Por otro lado, hablar de disponible se refiere a que se puede disponer libremente o que está listo para utilizarse (RAE.es, 2018a).

Tras las entrevistas realizadas, un eje que surge casi de forma automática es el de cuáles son las tecnologías con que cuenta la ciudad de Córdoba, es evidente que para poder abordar las preguntas realizadas en esta investigación se debe hacer un análisis de lo que contamos en cuanto a tecnologías actualmente en la provincia.

Emergen entonces conceptos que en ciertas ocasiones tomaron de sorpresa al autor, como por ejemplo Marcos Abrutzsky del club Belgrano el cual menciona que en Córdoba se dispone de la misma tecnología que utilizan los clubes de elite a nivel mundial, como él lo dice “no tenemos nada que envidiarles a los clubes del exterior”.

Ejemplos como el de los chalecos sujetadores con GPS, cámaras fijas que captan todos los movimientos de los jugadores o la técnica del pixelado, demuestran que los clubes de fútbol de Córdoba cuentan con tecnología de punta y que ante una posible irrupción de los *Digital Twins* en el fútbol, éstos no demorarían mucho tiempo para comenzar a utilizarlos.

Claramente entre el presente concepto y los teorizados anteriormente hay una estrecha relación, una gran cantidad de la tecnología usada sirve para evitar lesiones deportivas y optimizar los rendimientos de los jugadores. Guillermo Pérez del club Talleres (2017) también menciona las tecnologías utilizadas y hace foco en su utilización para evitar situaciones indeseables para los deportistas.

Algo en lo que Guillermo hace hincapié, es en la inmediatez con que cuentan con la información, ya que los dispositivos una vez utilizados, se conectan a una computadora y desde allí pueden a través de gráficos que hacen más amena la lectura de esa gran cantidad de datos, tomar decisiones de cambios de cargas en el trabajo o en ejercicios. No solo eso, sino que al poder subirlos a internet, información generada de

manera local puede leerse en cualquier parte del mundo, puede parecer algo común y corriente o algo incluso normal por el uso de internet, pero para el que utiliza dicha información y la misma es muy importante para su actividad, el hecho de que no esté atado a estar físicamente presente en el lugar de los hechos, le facilita su trabajo y puede ocuparse de otros aspectos laborales.

Guillermo concuerda con que en Córdoba estamos a la altura de los clubes del resto del mundo, mencionando que los equipos con los que trabajan ellos son los mismos del fútbol italiano, de México o de los grandes de nuestro país.

Otro aspecto importante por el cual se usa la tecnología en el fútbol es para mejorar tácticamente, Córdoba también dispone de esas tecnologías que fueron tomadas como ejemplos anteriormente, este aspecto del fútbol es algo más abstracto y subjetivo que el de las lesiones, ya que depende en gran parte de la idea que tenga quien comanda el equipo y de que es lo que quiera para su equipo.

Es necesario en este punto mencionar que utilizando los *Digital Twins* se podrían utilizar tanto para ir relevando el estado actual de un jugador, como el estado actual del equipo, sus movimientos y todo tipo de información que le podría servir al técnico en ese preciso instante, incluso también en una práctica o posterior a ellos, ya que simular jugadas o simular movimientos tácticos y técnicos podría ser muy beneficioso tanto en costos de tiempo y por limitaciones físicas. Al respecto Guillermo Pérez hace mención a que desconoce lo que son los *Digital Twins*, pero que no duda en abrirle las puertas si es algo que los ayudaría como lo hace hoy la tecnología, tanto reemplazando a la existente o sumándose para tener todos los aspectos bien tratados. Marcos por su lado tampoco

conoce lo que es un *Digital Twin*, pero adhiere a lo que Guillermo pregona, agregando énfasis en lo que a lesiones deportivas se refiere.

Como se puede observar, la tecnología tratada en esta investigación aún no se conoce en el ámbito futbolístico de elite de la provincia, pero ambos entrevistados se mostraron optimistas en cuanto a su utilización y ventajas potenciales.

En cuanto a materia de tecnología en sí en la provincia de Córdoba se observa que los *Digital Twins* ya comienzan a insertarse en algunos trabajos de la mano del Internet de las Cosas (IoT por sus siglas en ingles). Fabián Ramírez en su entrevista menciona la aplicación AWS IoT que soporta a los *Digital Twins*, además menciona la tecnología de ZWave, la que como él dice permite tener una especie de Casa Inteligente, ya que permite que todos los dispositivos de una casa estén conectados a través del Wi-Fi.

Todo indica que gracias al Internet de las Cosas los *Digital Twins* pueden comenzar a utilizarse en nuestra provincia, pero aún resta saber si podrán ser aplicados a la salud y al fútbol. Es cuestión de seguir investigando y trabajando con la tecnología que se cuenta y la que se avecina, una vez más se ve que Córdoba no queda atrás pero si en este aspecto va un poco más atrasada en la utilización de la última tecnología, aún así se vislumbran avances e investigaciones propias, palabras tan optimistas se deben a lo expuesto por Fabián, él asegura: “se está trabajando con una gran cantidad de tecnologías y nuestro equipo está sirviendo como una incubadora de información para poder aplicarlos en algún proyecto nuevo o dirigirlos a un cliente específico”.

6. Conclusiones

“Nada tiene tanto poder para ampliar la mente que la capacidad de investigar de manera sistemática y real todo lo que es susceptible de observación en la vida.”

(Marco Aurelio, aprox. 161-180 d.C.)

6.1. Generalidades

Partiendo de la precondition de que investigar una nueva tecnología conlleva una gran complejidad y que algunas preguntas puedan no ser respondidas, asimismo este trabajo se embarca en la ardua tarea de responder las inquietudes presentadas, con las limitaciones con que se cuentan como por ejemplo un número reducido de participantes, característica fundamental de un estudio exploratorio cualitativo. Surge además la importancia del marco teórico para subsanar interrogantes y fundamentar la teoría que va emergiendo a medida que se analiza la información para llegar a las conclusiones pertinentes.

Otra limitación que se presenta es la de no poder contar con la retroalimentación necesaria en las entrevistas por cuestiones de tiempo e incluso no poder acceder a entrevistas que hubiesen enriquecido aún más la presente investigación. Sin embargo, la gran cantidad de información con que se cuenta en la internet y la que se va generando a diario por deberse a una tecnología en auge, sumada a las tres entrevistas concretadas que pudieron resolver varios aspectos de las tres características principales de la investigación (tecnología, salud y fútbol), permiten que las respuestas expuestas aquí tengan un gran valor y estén fundamentadas oportunamente.

Frente a esto se expone que es adecuado sumar aún más al universo de entrevistados para enriquecer el aspecto cualitativo de la investigación, como por ejemplo otras organizaciones especializadas en tecnología de punta en la Ciudad de Córdoba o realizar una mayor profundización en las organizaciones de salud para hacer un mejor diagnóstico de cómo se usan las tecnologías del momento.

Entonces, en la presente investigación, para llevar a cabo el trabajo solo se tomaron en cuenta algunos ejemplos de forma experiencial sobre el universo total de posibles, ya que tomar los grupos completos no es viable por cuestiones de tiempo, espacio y costo. De nueva cuenta, es necesario aclarar que los individuos elegidos fueron tomados en base a la representatividad e importancia que éstos tenían con respecto a los demás, siendo buenos ejemplos para hacer una extrapolación en cuanto a los resultados posibles obtenidos. Se podrían sumar algunos ejemplos más para llegar a una mayor evidencia e integridad en cuanto a resultados obtenidos, de manera de concluir cuestiones que acá todavía son preliminares.

Por las características del trabajo realizado, como ser la autoexploración, entrevistas y finalmente el análisis de la información a través de la técnica del *Grounded Theory*, se presenta la imposibilidad de llegar a conclusiones evidentes por repetición en las respuestas, por el contrario, se trata de un análisis lento y exhaustivo de la teoría para concluir y donde incluso puedan presentarse ambigüedades que deben ser salvadas por el autor. Poder llevar a cabo las técnicas antes mencionadas también requiere por parte del autor una especialización y estudio para poder profundizar los temas y poder llevar a cabo la tarea correctamente. A pesar de todo esto, la investigación cumple con los lineamientos, expectativas y deseos de quién escribe, tanto por cada uno de los tópicos

que se fueron estudiando como también lo interesantes que resultaron cada uno de los temas y conclusiones arribadas.

Por el tipo de investigación exploratoria, se busca un punto de partida con el cual otras investigaciones puedan continuar el trabajo, generar nuevas preguntas y dudas, orientar a nuevos descubrimientos, expandir y explorar nuevos fenómenos o describir e inducir a profundizar en fenómenos existentes pero poco tratados.

A nivel local surgen preguntas como ¿Cuándo Córdoba podrá contar con la tecnología de los *Digital Twins* en pleno funcionamiento? ¿Cuándo contaremos con *Digital Twins* Humanos? Por otro lado a nivel deportivo emergen cuestionamientos difíciles de determinar ¿Ayudarán los *Digital Twins* a predecir los sucesos en los partidos de fútbol? ¿Ayudarán éstos a reducir lesiones de forma definitiva? En cuanto a salud es dónde más esperanzas se tienen en cuanto a inmediatez y disponibilidad ¿Se los podrá utilizar para hacer estudios completos de las personas? ¿Ayudarán a que nuestras vidas sean con una mayor calidad?

Surge entonces un aspecto interesante que constantemente es materia de conversación y discusiones: Si en el futuro podemos crear Humanos Digitales y además podemos simular comportamientos ¿Podremos lidiar con eso? Esta pregunta surge ya que en demasiadas ocasiones todo descubrimiento tecnológico no es utilizado con total moralidad y legalidad a la hora de aplicarlo en los humanos, entonces lo que surge como algo que puede ayudarnos, se convierte de repente en un foco de grandes discusiones para aplicarlo de manera que todos estemos de acuerdo, ya que temas de moral, fe y creencias entran en conflicto y pueden ser algo difícil de resolver.

6.2. Frente al objetivo general planteado

- Conocer el estado de situación de la utilización de los *Digital Twins* en los humanos y analizar las variantes de su aplicación en los ámbitos de la salud y el fútbol en la ciudad de Córdoba.

Se obtiene al finalizar, un entendimiento de que los *Digital Twins* como tales, en la actualidad aún no se utilizan con humanos pero si existen avances hacia dicha situación, los *Wearables* están haciendo un gran aporte para dicho acercamiento, ya que proveen formas de medir estados de los humanos en tiempo real para que los *Digital Twins* puedan simular acciones o comportamientos. Cuando la brecha entre lo que se estima y lo que suceda sea inexistente, se deberán considerar cuestiones de índole cultural, religioso, moral y legal que aún quedan por resolver.

Por otro lado se concluye que los *Wearables* están realizando su aporte fundamental en el ámbito de la salud, proveyendo de información muy importante para las personas y su cuidado, sin embargo aún no se cuenta con modelos cercanos a los *Digital Twins* para poder diagnosticar enfermedades de forma temprana o incluso simular tratamientos para ver cómo evolucionan los pacientes.

Con respecto al fútbol otra vez aparecen los *Wearables* en forma de chalecos GPS, éstos son muy utilizados y brindan una gran cantidad de información que es muy útil para los clubes y profesionales que se encargan de la salud y desempeño de los jugadores. Es importante aclarar también que hoy, parados en el año 2018, los *Digital Twins* no se ven relacionados al fútbol, pero si los *Wearables* hacen que ésta relación de a poco se vaya haciendo más fuerte, a su vez y sumado a los chalecos, se dispone de

tecnología de punta para realizar seguimientos a los jugadores durante partidos, por lo que una combinación de métodos puede hacer que se obtengan modelos e historial de comportamientos, siendo así una herramienta muy útil para generar simulaciones tanto de aspectos físicos como de aspectos tácticos y técnicos.

Como conclusión final resta decir que todo lo antes expuesto se da de forma general en el mundo, siendo Córdoba parte de éste y aplicable también. Esta provincia dispone tanto en materia de tecnología como deportiva lo último que se utiliza en todo el planeta, por lo que los avances que se dan a gran escala también son aprovechados acá, solo en la salud es donde se demoran más las implementaciones de lo nuevo ya que es delicada la aplicación de novedades al sistema de salud debido a los efectos secundarios que pueden existir, por lo que para poder aplicarlos es necesario un estudio aun mayor de los escenarios y la legislación correspondiente para ponerlos en práctica.

6.3. Frente a los objetivos específicos

- Conocer en qué consiste y cómo funciona un *Digital Twin*.
- Identificar qué y cómo es el funcionamiento de un *Wearable*.
- Detectar los factores críticos que determinan la utilización de los *Digital Twins* en los humanos.
- Concluir si es factible económicamente la utilización de los *Digital Twins* en la ciudad de Córdoba.
- Entender los beneficios que trae aparejado el uso de los *Digital Twins* en los humanos.

- Plantear si los *Digital Twins* van a reemplazar a las tecnologías utilizadas actualmente o si pueden complementarse y aprovechar el potencial de cada una de estas tecnologías.
- Lograr un entendimiento de la situación actual en la ciudad de Córdoba en cuanto al uso de ésta tecnología y su aplicación en la salud y el fútbol.

El presente trabajo realizó un gran aporte para que el autor pueda conocer en qué consisten y cómo funcionan tanto los *Digital Twins* como los *Wearables*, interiorizando los aspectos fundamentales, sus usos actuales y posibles aplicaciones en el futuro.

Además se logró dar con que los *Digital Twins* pueden ser aptos de crear con humanos, hoy ya existen muchas mediciones de distintas partes del cuerpo humano y los *Digital Twins* resumirían en un solo conjunto todo lo que hoy se encuentra a través de distintos objetos y aplicaciones, sumándole el valor agregado de poder simular comportamientos y predecir acciones. Los aspectos críticos que hacen que aún no estén en plena utilización en los humanos son; por un lado la parte legal, tecnología aún no disponible para realizar mediciones complejas y modelos informáticos inexistentes relacionados a seres humanos en su conjunto.

Tras realizar un análisis profundo de la teoría expuesta en el documento, se puede concluir además que los *Digital Twins* podrían ayudar mucho a los humanos, prevenir enfermedades, monitorizar pacientes de forma remota y en las áreas de investigación permitirán realizar experimentos sobre los humanos sin necesidad de afectar a ninguna persona, imaginar que se pueda lograr esto es formidable y el hecho que no se esté tan lejos hace que las expectativas crezcan en materia de investigación.

En cuanto al fútbol se pudo obtener de forma directa información que trajo claridad en cuanto al uso de los chalecos GPS que son empleados, éstos a modo de ver del autor, son el nacimiento del uso de los *Digital Twins* en el fútbol ya que si bien todavía no hay modelos completos de jugadores e incluso equipos, se puede contar con bastante información útil para tomar decisiones y torcer el rumbo de ciertas cuestiones físicas y del deporte en sí. El autor cree que los *Digital Twins* no reemplazarán a los chalecos GPS, sino que como se da también directamente en el uso de los humanos y la salud (no debe olvidarse que los chalecos no son otra cosa que *Wearables*), se complementan a la perfección y los chalecos son una fuente completa de información para que los *Digital Twins* se metan de lleno en el fútbol. Si a todo esto se le agrega la tecnología de cámaras que filman constantemente todos los movimientos sucedidos en una práctica o en un partido, estamos ante la posibilidad de contar con una herramienta bastante poderosa y que reúne en un solo objeto todo lo necesario para optimizar los rendimientos dentro del verde césped.

6.4. Respecto al problema de investigación y las preguntas planteadas

¿Se está llevando a cabo la utilización de los *Digital Twins* en los humanos?

¿Qué factores influyen a la hora de avanzar con la utilización de los mismos?

¿Cómo podemos combinar dicha tecnología con la utilizada actualmente en la práctica de fútbol para lograr una disminución en cantidad de lesiones a lo largo del tiempo?

¿Cuáles son los factores que influyen al momento de simular comportamientos a nivel individual y/o grupal?

¿Podremos lograr que un equipo haga más goles o reciba menos durante una temporada?

¿Se logrará anticipar cómo juega un equipo para poder prever situaciones y capitalizar ventajas y desventajas que éste pudiese tener?

Ya se ha hablado mucho sobre el tema, es evidente que las respuestas van apareciendo solas. El uso de los *Digital Twins* aún no es posible, sin embargo, no queda mucho tiempo para que esto se concrete y el uso que pueda dársele sea significativo, por ejemplo medir estados del cuerpo humano, posibles enfermedades que se avecinan, simular comportamientos o tratamientos para determinar si un paciente es apto para tomar un determinado medicamento, determinar si una rutina física es conveniente bajo ciertas variables y en un contexto determinado.

Una aplicación total de los Digital Twins en el mundo del fútbol ayudaría en varios aspectos: determinar si realizando ciertas actividades los jugadores van a correr más durante un partido, no se van a lesionar, realizar jugadas tácticas de un equipo en conjunto y simular tantas veces se quiera dichas jugadas para ver qué resultados positivos se pueden obtener. El tema lesiones es fundamental y aqueja a los equipos de todo el mundo, disminuirlas gracias a esta tecnología es lo que se espera y a donde se apunta de cara al futuro.

El potencial de beneficios que tienen los *Digital Twins* es enorme, sin embargo existen algunas cuestiones que hay que tener en cuenta, por lo tanto algo por más estudiado y analizado que esté, siempre se involucrará la parte del azar. El libre albedrío juega un papel fundamental si hablamos de fútbol, éste es un deporte donde cada

jugador tiene que tomar decisiones a cada momento, incluso si la pelota no está en sus pies. Cómo posicionarse, a quién marcar o indicaciones a compañeros, parece difícil poder hacer determinístico algo que es casi imposible de predecir, lo que el ser humano piensa y actúa en consecuencia ante estímulos que constantemente cambian y son nuevos a cada momento. Sin embargo, a pesar de no poder predecir en su totalidad lo que va a suceder, si se puede ayudar a que los jugadores ante situaciones parecidas actúen de la mejor forma posible y ante contingencias físicas puedan optar por hacer o dejar de hacer si ven que las alarmas impuestas por la tecnología así lo exteriorizan.

Finalizando entonces la conclusión queda por decir que el fútbol como lo dijo Dante Panzeri (2011) es un deporte donde domina “la dinámica de lo impensado”, de hecho es el deporte más popular del mundo porque es donde menos se presenta la lógica, lo que puede previamente ser algo dado por hecho, no es así en este deporte. La tecnología entonces no puede romper esa barrera (y que bueno que no lo haga, por el bien del deporte) pero si puede ayudar a tomar decisiones más inteligentes, practicarlo de forma más sana y un aspecto que pocos toman en cuenta, pueda servir a que los amantes de la táctica y la estrategia puedan visualizar en un partido, horas de trabajo previo puestos en práctica y llevados a cabo con éxito.

7. Bibliografía

Alvarez S. (2015). *¿Para qué sirven los chalecos que llevan los jugadores en los partidos?* Recuperado el día 02/10/2017 de <https://es.besoccer.com/noticia/para-que-sirven-los-chalecos-que-llevan-los-jugadores-en-los-partidos>.

Buxeres, L. (2016). *¿Qué es y cómo funciona el videoarbitraje en el fútbol?* Recuperado el día 10/10/2017 de <http://www.lavanguardia.com/deportes/futbol/20161215/412617047118/video-arbitraje-var-fifa-mundialito.html>

Casanovas J. (2015). *Big Data aplicado al deporte* Recuperado el día 04/10/2017 de <https://inlab.fib.upc.edu/es/blog/big-data-aplicado-al-deporte>

DEFINICIÓN.de (2018a). *Medición*. Recuperado el día 25/01/2018 de <https://definicion.de/medicion/>

DEFINICION.de (2018b). *Monitoreo*. Recuperado el día 25/02/2018 de <https://definicion.de/monitoreo/>

DEFINICION.de (2018c). *Pixel*. Recuperado el día 16/02/2018 de <https://definicion.de/pixel/>

DEFINICION.de (2018d). *Tecnología*. Recuperado el día 25/02/2018 de <https://definicion.de/tecnologia/>

DEFINICION.de (2018e). *Tendencia*. Recuperado el día 25/02/2018 de <https://definicion.de/tendencia/>

Deloitte (2017). *Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match*. Prensa Universitaria no publicada. Deloitte University.

Digital Twins. Recuperado el 05/04/2017 de https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Twins.

FIFA.com (2016). Recuperado el día 10/10/2017 de <http://es.fifa.com/about-fifa/news/y=2016/m=3/news=el-ifab-acepta-introducir-experimentos-de-asistencia-por-video-para-ar-2768701.html>

FIFA.com (2017). *VIDEOARBITRAJE (VAR)*. Recuperado el día 10/10/2017 de <https://football-technology.fifa.com/es/media-tiles/video-assistant-referees-var/>

- FORMADXT.com (2014). *El concepto de lesión deportiva*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://www.formadxt.com/blog/item/348-el-concepto-de-lesi%C3%B3n-deportiva>
- Gonzalez J. (2017). *Así se mide la distancia que recorre un futbolista durante un partido*. Recuperado el día 16/02/2018 de <https://www.xataka.com/otros/asi-se-mide-la-distancia-que-recorre-un-futbolista-durante-un-partido>
- GPSPTS.com (2017). *Evo* Recuperado el día 04/10/2017 de <http://gpsports.com/evo/>
- Grieves M. (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. Artículo científico.
- Gutierrez D. (2014). *Qué es el rendimiento deportivo*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://www.coachingdeportivo.com/que-es-el-rendimiento-deportivo/>
- Hernandez R., Fernandez C. y Baptista L. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). Distrito Federal, Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- K-Sports (2017a). *Nuestros productos*. Recuperado el día 20/11/2017 de <http://www.ksportamerica.com/productos-1-gps/>
- K-Sports (2017b). *Nuestros productos*. Recuperado el día 20/11/2017 de <http://www.ksportamerica.com/productos-2-match-analysis/>
- Mann S. (2013). *Wearable Computing: The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed. InteractionDesignFoundation*. Recuperado el día 05/04/2017 de <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/wearable-computing>.
- Marchal T. (2016). *VPH: The Ultimate Stage Before Your Own Medical Digital Twin* Recuperado el día 30/09/2017 de <https://www.linkedin.com/pulse/vph-ultimate-stage-before-your-own-medical-digital-twin-marchal/?trk=mp-reader-card>
- Marchal T. (2017). *3 Milestones on Our Way to the Medical Digital Twin: ANSYS Leads the Charge*. Recuperado el día 12/10/2017 de <http://www.ansys-blog.com/3-milestones-medical-digital-twin/>
- Moreno Guerrero A., Vélez Isasmendi G, Barandiaran I, Ruíz de Infante A y Chopitea R. (Noviembre de 2015). *Digital Twins in the Industry 4.0 vision: Virtualisation process of a sheet metal punching machine*. Virtual Concept Workshop 2015. Congreso llevado a cabo en San Sebastián, España.

Muuranto E. (2015). *Meet Your Digital Twin: Internet For The Body Is Coming And These Engineers Are Building It - GE Reports*. Recuperado el día 07/04/2017 de <https://www.ge.com/reports/these-engineers-are-building-the-industrial-internet-for-the-body/>.

OMEGA.com (2018). Recuperado el día 25/02/2018 de <https://mx.omega.com/technical-learning/monitoreo-remoto.html>

Panzeri, D. (2011). *Fútbol, dinámica de lo impensado*. Madrid, España: Capitán Swing

Perez A. (2017). *El Barça cambia de sistema GPS* Recuperado el día 15/10/2017 de <http://www.mundodeportivo.com/futbol/fc-barcelona/20170903/431004712377/barca-gps-valverde.html>

Pettey C. (2017). *Prepare for the Impact of Digital Twins*. Recuperado el día 18/09/2017 de <http://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins/>

RAE.es (2018a). *Disponible*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=disponible>

RAE.es (2018b). *Evolucionar*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=evolucionar>.

RAE.es (2018c). *Lesión*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=NA5QOrA>.

RAE.es (2018d). *Performance*. Recuperado el día 23/02/2018 de <http://dle.rae.es/?w=performance> .

Romero M. (2014). *Tecnología vestible: Los dispositivos que acompañarán nuestro día a día | Tecnología*. Recuperado el día 07/04/2017 de <https://www.guioteca.com/tecnologia/tecnologia-vestible-los-dispositivos-que-acompanaran-nuestro-dia-a-dia>.

Rosen R, von Wichert G, Lo G y Bettenhausen K (2015). About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine* 48(3), 567-572.

Saxena, A. (Septiembre de 2016). *DIGITAL TWIN: Enabling PHM at Industrial Scales*. 19th Nordic Seminar on Railway Technology. Seminario llevado a cabo en Luleå, Sweden.

- Shannon, R. (1976). *Simulación*. Recuperado el día 21/02/2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n#cite_note-Shannon-1
- SIGNIFICADOS.com (2018). *Performance*. Recuperado el día 25/01/2018 de <https://www.significados.com/performance/>
- STATSPORTS.com (2017). *Viper Pod*. Recuperado el día 01/10/2017 de <http://statsports.com/viper/>
- Strauss A. y Corbin J. (1998). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. (3ª ed.). California, Estados Unidos: Sage Publications.
- TBTSISTEMASDEINFORMACIONYBASESDEDATOS.blogspot.com.ar (2008). *TBT: SISTEMAS DE INFORMACION Y BASES DE DATOS*. Recuperado el día 25/02/2018 de <http://tbtsistemasdeinformacionybasesdedatos.blogspot.com.ar/2008/09/concepto-de-tecnologia-aplicada.html>.
- The Digital Twin Becomes Tangible*. Recuperado el día 12/09/2017 de <https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2017/digitalfactory/2017-04-hannovermesse/background-digitalization-e.pdf>
- Villaroel Salcedo (2014). *Sistemas de Tiempo Real*. Artículo científico. Recuperado el día 12/09/2017 de <https://web.archive.org/web/20140222165922/http://webdiis.unizar.es/~joseluis/STR.pdf>
- Volkman D. (2016). *The Rise of Digital Twins*. Recuperado el día 15/09/2017 de <https://www.ge.com/digital/blog/rise-digital-twins>.
- WIKIPEDIA.org (2018a). Recuperado el día 23/02/2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_3D.
- WIKIPEDIA.org (2018b). Recuperado el día 21/02/2018 de <https://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n>
- Yankelevich, D. (2016). *Digital Twins y Digital StepBrothersen internet de las cosas*. Recuperado el día 05/04/2017de <https://es.linkedin.com/pulse/digital-twins-y-step-brothers-en-internet-de-las-daniel-yankelevich>.

ANEXO I

ENTREVISTAS

1.

Entrevistado 1, Marcos Abrutsky, rehabilitador del Club Atlético Belgrano de Córdoba y kinesiólogo/ rehabilitador en el Instituto Oulton de Córdoba (entrevistado el 14 de Noviembre de 2017).

¿Hace cuánto que se desempeña como rehabilitador del Club?

Hace muchos años, pasé por varias etapas de Belgrano, desde que estuvo en la “B” hasta hoy que estamos en primera división y competimos contra los mejores equipos del país.

Dentro de su labor diaria, ¿Utiliza con los jugadores la aplicación de alguna tecnología para determinar diversos factores tales como velocidad, resistencia o fatiga muscular?

Sí, los jugadores utilizan tanto en los entrenamientos como en los partidos oficiales chalecos GPS que marcan todas estas cuestiones que vos me mencionas. Esto nos permite determinar a nosotros las condiciones de cada jugador y poder así darle a cada uno las indicaciones necesarias para que mejoren ciertos aspectos para lograr así mejorar día a día.

¿Los chalecos presentan mucha diferencia con los que utilizan afuera (en el Barcelona por ejemplo)?

No, no tenemos nada que envidiarles a los Clubes del exterior, contamos con los mismos chalecos que utilizan muchos Clubes desde River, hasta la selección de Perú, como también el Barcelona, entre otros.

¿Cómo determinan qué jugador utiliza el chaleco? ¿O lo utilizan todos sin distinción?

Lo utilizan todos los jugadores excepto los arqueros, ya que tienen más probabilidad de caer de espalda y golpearse, además de no realizar los mismos movimientos que el resto de sus compañeros, por lo que no es tan útil el empleo de los chalecos en ellos.

¿Utilizan alguna otra herramienta para medición?

Sí, además de los chalecos que te mencionaba recién, contamos en cada partido con cámaras que se encuentran ubicadas en el centro de la cancha. Las cuales toman todos los movimientos de todos los jugadores, esto nos permite sacar un informe de cada uno finalizado cada partido para mejorar en el próximo si fuese necesario.

¿Qué técnica se utiliza para detectar a cada uno de los jugadores? ¿Se emplea algo relacionado a técnicas de pixelado?

Sí, justamente es eso lo que se usa. A través de pixeles se identifica a cada jugador.

¿Para qué utilizan todos los datos que les brindan todas estas herramientas que usan?

Los utilizamos no solo para mejorar la calidad y el rendimiento de cada jugador, sino también para intentar evitar lesiones y “cuidar” a aquellos que no están al 100%.

También al iniciar la pre temporada, realizamos distintas mediciones de cada uno de los jugadores para tomarlo como punto de partida y determinar así las decisiones que tomaremos para diagramar el resto de la temporada.

¿Estas mediciones que usted menciona, con qué las realizan?

Las realizamos a través de sensores que le colocamos a cada jugador en distintas partes del cuerpo.

¿Desde que comenzaron a utilizar todas estas tecnologías en el fútbol, detectan una disminución en cuánto a lesiones y demás cuestiones relacionadas?

Sí, claramente. Hoy en día (año 2018) nos encontramos bajo la media de lo que indican los números estándar de la FIFA.

En los últimos tiempos se están viendo muchas más lesiones de los jugadores ¿A qué considera que se debe?

El fútbol de hoy en día (año 2018) es mucho más dinámico, intenso y rápido, por lo cual no es lo mismo al de antes, da la impresión que lo hacían todo trotando. Por lo tanto, el riesgo de sufrir una lesión para un jugador hoy es mayor por cuestiones físicas, ya que por obvias razones por ejemplo no es lo mismo frenar ante una velocidad rápida que a una lenta. A esto se le suma que los jugadores cuentan con una mayor carga física y a la rapidez de las canchas.

¿Considera que la aplicación de los Digital Twin en el fútbol podría ayudar a lo utilizado actualmente?

Sin conocer en detalle esta tecnología considero que todo aporte tecnológico ayuda a que esta práctica sea más eficiente y predictiva en cuanto a lesiones y demás cuestiones relacionadas.

Con respecto a su labor en el Instituto Oulton ¿Manejan algún tipo de monitoreo de pacientes?

No, el Instituto no está preparado para eso. Solo se realiza todo tipo de estudios mediante el diagnóstico por imágenes, ya que aquí no se realizan ni partos, ni internaciones. A través de estos diagnósticos se detecta lo que tiene cada paciente para que el médico “vaya directo al punto a tratar” pero no hay ningún tipo de monitoreo.

¿Qué tipo de actividad realiza en el Instituto?

Acá mi actividad consiste en la rehabilitación de pacientes con lesiones de diversos tipos. Mediante ejercicios, pero como mencioné anteriormente sin ningún tipo de monitoreo a través de maquinarias.

2.

Entrevistado 2, Fabián Ramírez, líder del equipo de desarrollos IoT en Vates, empresa de Software de Córdoba (entrevistado el 07 de Noviembre de 2017).

¿Con qué tecnologías están trabajando en los desarrollos relacionados al Internet de las Cosas acá en Vates?

Actualmente estamos trabajando con una gran variedad de tecnologías ya que nuestro equipo está sirviendo como una incubadora de información para poder aplicarlos en algún proyecto nuevo o dirigirlos a algún cliente específico. Te puedo mencionar tecnologías como *ZWave*, el cual es un protocolo para comunicaciones de tipo Wireless muy utilizado para lo que llamamos *Smart Home*, lo cual hace alusión a una “casa inteligente” o sea que todos los dispositivos que se encuentren en un hogar puedan estar conectados y puedan ser monitorizados de forma remota. También trabajamos con las aplicaciones que nos brinda Amazon, por ejemplo, *AWS IoT*¹², la cual es una buena plataforma que soporta a los Digital Twins.

Localmente tenemos varios dispositivos conectados a través *ZWave*, por ejemplo un sensor de movimiento que envía señales al centralizador *ZWave*, y éste a su

¹² AWS IoT: Amazon Web Services Internet of Things: Servicio proporcionado por la compañía Amazon

vez está programado para que si recibe señal de éste sensor, enviarle a una alarma la información necesaria para que ésta se prenda, por lo que de manera simple tenemos dispositivos conectados y que nos sirven para mayor seguridad en el piso. También contamos con lo que llamamos un Smart Switch (ver ANEXO II), el cual es un adaptador que nos puede servir tanto para conectar cualquier aparato a la corriente eléctrica como también para poder activarlo de forma remota a través de señales mediante sensores.

¿Según lo que vos me comentas, crees que podríamos tener varios sensores conectados a una PC y que todos se comuniquen de forma fácil y rápida para poder por ejemplo monitorizar a un paciente?

Yo creo que sí, todo depende de la existencia de los sensores necesarios para cada fin, la tecnología hoy nos permite como te decía conectar distintos dispositivos y a través de unos artefactos llamados Arduinos, los podemos adaptar y programar para distintas necesidades.

¿Cómo funcionan estos Arduinos?

Éstos Arduinos son de libre acceso y constan de una parte electromecánica y su parte de programación, por lo que son adaptables al uso que queramos darle. Nosotros por ejemplo a un Arduino le agregamos un GPS y a través de la IDE que viene incorporada a éste lo programamos para que responda a nuestras necesidades.

¿O sea que éstos Arduinos sirven como multipropósito?

Totalmente, el éxito de éstos reside justamente en eso, y la verdad son bastantes útiles para muchas cosas.

¿Qué tipo de cosas podemos medir con éstas tecnologías?

Por ejemplo podemos medir temperatura, gases, humo, luminancias e incluso distancias. Se cuenta con giróscopos, GPS, acelerómetros, entre otros. La velocidad de muestreo en general para los GPS es de 1 por segundo ya que éstos cuentan con mucho ruido en la información, en cambio tanto el acelerómetro como el giróscopo envían 400 muestras por segundo.

3.

Entrevistados, Guillermo Perez e Ignacio Scolari, forman parte del equipo que analiza los datos recopilados por los sistemas utilizados por el cuerpo técnico del Club Talleres de Córdoba, tanto del equipo de primera como de las inferiores (entrevistados el 16 de Noviembre de 2017).

¿Qué herramientas utilizan hoy en día (año 2018) para realizar las mediciones del rendimiento de los jugadores tanto en los entrenamientos como en los partidos?

Hoy en día (año 2018) contamos con una variedad de métodos y herramientas para medir a nuestros jugadores. Por un lado tenemos mediciones más clásicas, donde nos valemos de aparatitos de medición que nosotros después volcamos casi manualmente a una PC y también contamos con dispositivos directamente conectados que envían información constantemente que nos sirven para el análisis.

¿Me podrías contar un poco más acerca de esos métodos clásicos que me decís?

Sí, por un lado para medir las distintas velocidades usamos unos paneles que están situados a 10 mts, a 30mts y a 40 mts. Esto nos da la pauta de las distintas características del jugador a diferentes distancias. También contamos con unos dispositivos llamados Encoders Rotatorios que nos permiten medir la Potencia Media Impulsiva de cada jugador, ayudándonos a determinar si los músculos están próximos a fatigarse por ejemplo o si vemos con datos previos que el rendimiento ha ido decayendo

sobre los ejercicios, entonces ahí tomamos la decisión que creemos correcta para evitar una situación indeseada.

¿Y con respecto a los métodos actuales, qué me podrías contar?

Con respecto a éstos métodos más automatizados contamos con unos GPS que van incorporados a unos chalecos que visten cada uno de los jugadores, tanto en los entrenamientos como en los partidos. Gracias a estos dispositivos podemos medir la longitud, latitud y altitud con respecto al tiempo, con estas cuatro variables podemos determinar muchas características como aceleración, desaceleración, velocidad, entre otras.

¿Y cómo ustedes interactúan con éstos dispositivos?

Estos dispositivos, una vez finalizado el entrenamiento, los conectamos a una PC mediante un cable y allí volcamos toda la información proporcionada por estos, a su vez nuestra PC está conectada al sistema que nos brinda el proveedor de estos dispositivos, llamado K-Sports, lo cual hace que toda la información esté disponible de forma online a través de una página web, para que pueda ser accedida desde cualquier parte del mundo siempre y cuando esté autorizado para hacerlo.

¿Hay algún tipo de particularidad con respecto al uso de estos GPS, los utilizan todos o depende de alguna característica del jugador?

Todos los jugadores los utilizan, excepto los arqueros donde no nos sirve medir lo que si necesitamos medir de los demás jugadores, pero de ahí en más todos los demás jugadores si los usan tanto los de primera como también los chicos de inferiores, no hay distinción. Lo que si por cuestiones de costo beneficio no los usamos en todos los jugadores de inferiores, sino en los más representativos que nosotros creemos. Lo que sí

creo necesario comentarte es que algo importante en cuanto a los GPS es que deben ir colocados de una manera particular para que tome bien como referencia los puntos conocidos y se realice correctamente la triangulación de la información, por lo demás no hay excepciones.

¿En Córdoba, estamos a la altura de los equipos de elite tanto del país como del mundo?

Estamos a la altura de la elite del fútbol, ya que los sistemas con lo que trabajamos nosotros son los mismos que usan en el futbol italiano, los clubes grandes de nuestro país y demás países como México.

¿Desde que se comenzaron a aplicar estas herramientas y tecnologías, crees que han disminuido las lesiones en cuanto a cantidad y gravedad?

Efectivamente, hoy gracias a la ayuda recibida de la tecnología, contamos con un plantel con cero lesiones de índole muscular y similares características, si bien es cierto que dos jugadores están lesionados, dichas lesiones son producto de situaciones imponderables, como lo es una quebradura por una caída, por ejemplo. Por lo que creemos que la tecnología es de gran ayuda tanto para ser mejores como club como también en el cuidado de los jugadores.

¿En cuánto a análisis tácticos y/o técnicos, cuentan con algunas herramientas para su análisis?

Si, hoy contamos con un sistema de cámaras que se colocan fijas y que graban en todo momento un partido, esto sumado a un grupo de personas que manualmente van registrando distintos tipos de estadísticas como por ejemplo, pases correctos, tiros al arco, entre otros. También es de gran utilidad para el cuerpo técnico ya que también se puede trabajar sobre los puntos considerados más flojos o menos logrados.

¿Qué vínculos existen entre donde ustedes trabajan y las demás áreas que respecta al plantel de Fútbol?

Nuestra relación es con todas las áreas, ya que la información que nosotros recopilamos con éstas herramientas, le sirven tanto al área de kinesiología, medicina, cuerpo técnico e incluso el mismo director técnico nos puede pedir que hagamos hincapié en cierta característica a medir y nos ponemos a trabajar para poder satisfacer las necesidades del club, y así como las demás áreas.

¿Considera que la aplicación de los Digital Twin en el fútbol podría ayudar a lo utilizado actualmente?

Sería interesante que se siga investigando sobre ésta tecnología de manera de que podamos utilizarla si es que aplica para aportar sus beneficios a la práctica de futbol y todo lo que eso conlleva. Quizás sumado a lo que ya usamos, podemos avanzar en todo lo bueno que ya se ha avanzado en materia de entrenamiento de alto rendimiento, y sumarle cuestiones tácticas y técnicas.

ANEXO II

IMAGENES



Imagen I: Arduino

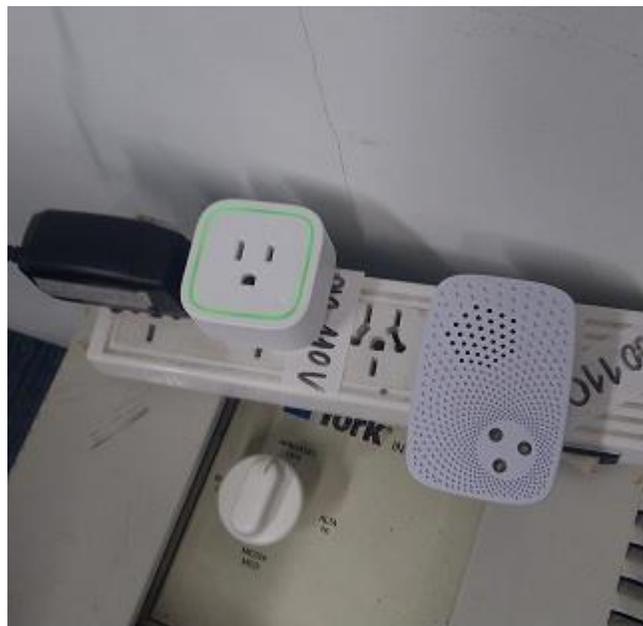


Imagen II: Smart Switch

Cantidad y tipo de lesiones.

Año	Lesiones Totales	Lesiones Traumáticas	Lesiones x sobreuso
2009	316	135	181
2010	256	133	123
2011	261	152	109
2012	197	107	90
2013	167	94	73
2014	133	80	53
2015	134	75	59
2016	156	79	77

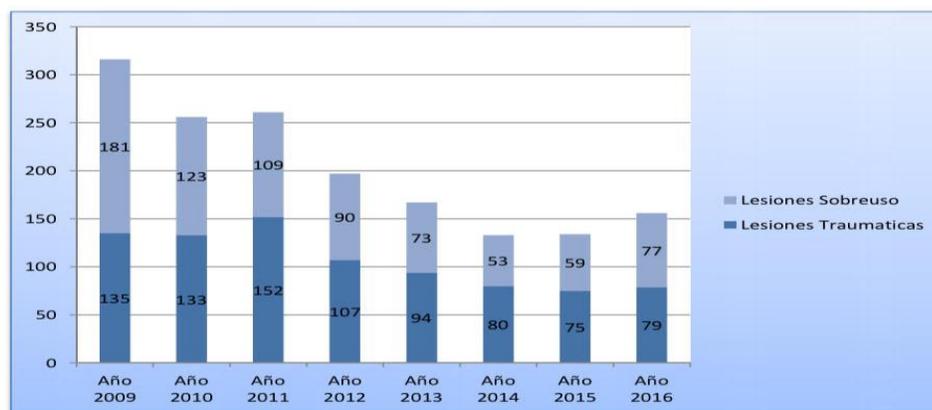


Grafico 1. Cantidad y tipo de lesiones totales en el año.

Imagen III: Evolución de cantidad y tipo de lesiones (Club Belgrano)

Riesgo relativo de lesiones musculares.

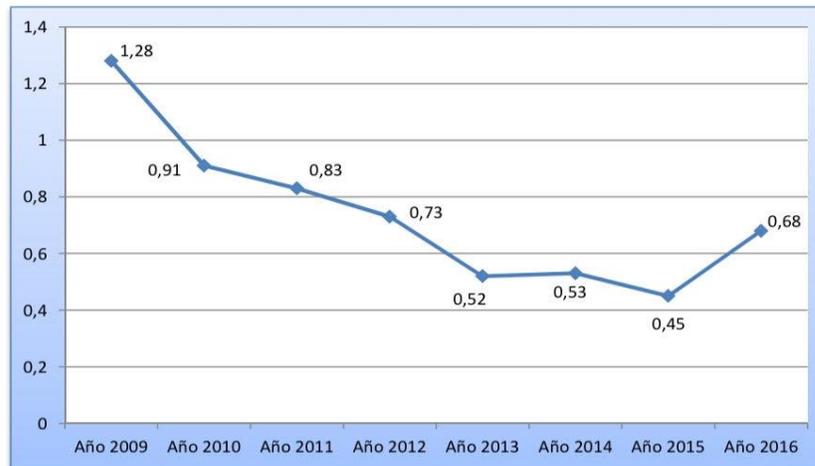


Grafico 4. Riesgo relativo de lesiones musculares.

Riesgo relativo de lesiones ligamentarias de rodilla y tobillo.

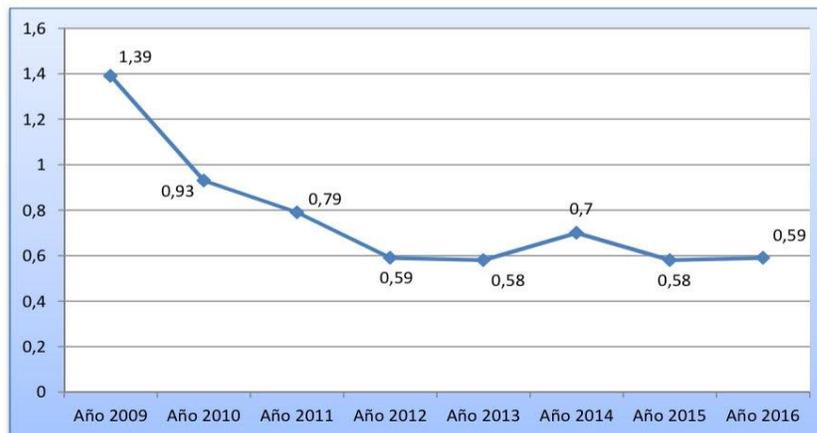


Grafico 6. Riesgo relativo de lesiones ligamentarias de rodilla y tobillo.

Control estadístico de lesiones con atención fisiokinésica. Temporadas 2009 a 2016
Área de Prevención y Rehabilitación de Lesiones – Cuerpo Médico – Club Atlético Belgrano



Imagen IV: Evolución de riesgo de lesiones (Club Belgrano)

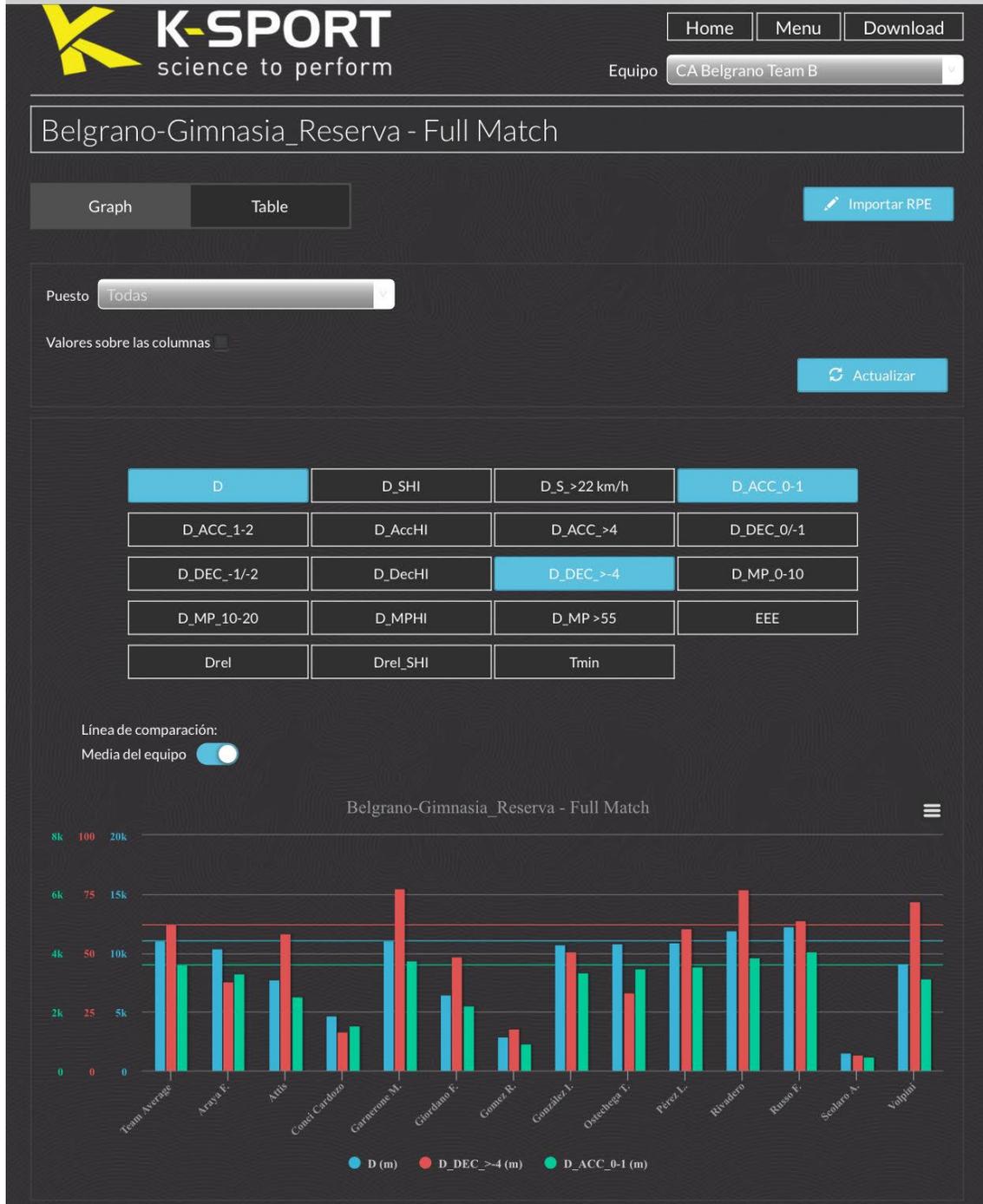


Imagen V: Tablero de visualización de distintas estadísticas post partido de Fútbol

Distance	Distancia Total (metros)	VALORES EN METROS TOTALES
D_SHI	Distancia Alta Intensidad (>16 km/h)	
D_>22 km/h	Distancia Sprint (>22 km/h)	
D_ACC_0-1	Distancia Aceleración (0-1 mts/seg ²)	
D_ACC_1-2	Distancia Aceleración (1-2 mts/seg ²)	
D_AccHI	Distancia Aceleración Alta Intensidad (> 2 mts/seg ²)	
D_ACC_>4	Distancia Aceleración Máxima (> 4 mts/seg ²)	
D_DEC_0-1	Distancia Desaceleración (0-1 mts/seg ²)	
D_DEC_-1/-2	Distancia Desaceleración (-1/-2 mts/seg ²)	
D_DecHI	Distancia Aceleración Alta Intensidad (> -2 mts/seg ²)	
D_DEC_>-4	Distancia Aceleración Máxima (> -4 mts/seg ²)	
D_MP_0-10	Distancia Potencia Metabólica 0-10 w/kg	
D_MP_10-20	Distancia Potencia Metabólica 10-20 w/kg	
D_MPHI	Distancia Potencia Metabólica Alta Intensidad > 20 w/kg	
D_MP_>55	Distancia Potencia Metabólica Máxima > 55 w/kg	
NU_>22 km/h	Cantidad de Sprint (>22 km/h) realizados	VALORES EN CANTIDAD (N°)
NU_Acc_>4	Cantidad de Aceleraciones Máxima (> 4 mts/seg ²)	
NU_MP_>55	Cantidad de desplazamiento en Potencia Metabólica Máxima (>55 w/kg)	VALORES EN METROS
Smak	Velocidad Máxima de desplazamiento	
Amak	Aceleración Máxima de desplazamiento	
MPmak	Potencia Metabólica Máxima	VALORES EN METROS POR MINUTO DE EN
Drel	Distancia Relativa (metros por minuto)	
D_SHI/min	Distancia Relativa en Alta Intensidad (> 16 km/h) (metros por minuto)	
D_S_>22/min	Distancia Relativa en Sprint (> 22 km/h) (metros por minuto)	
D_HIACC/min	Distancia Relativa en Aceleración Alta Intensidad (> 2 mts/seg ²) (metros por minuto)	
D_HIDEC/min	Distancia Relativa en Desaceleración Alta Intensidad (> -2 mts/seg ²) (metros por minuto)	
D_ACC_>4/min	Distancia Relativa en Aceleración Máxima (> 4 mts/seg ²) (metros por minuto)	
D_DEC_>-4/min	Distancia Relativa en Desaceleración Máxima (> -4 mts/seg ²) (metros por minuto)	
D_MP_>55/min	Distancia Relativa en Potencia Metabólica Alta Intensidad > 20 w/kg (metros por minuto)	
D_MP_>55/min	Distancia Relativa en Potencia Metabólica Máxima > 55 w/kg (metros por minuto)	
RPE	Percepción Subjetiva del Esfuerzo	
T	Tiempo (h:min:seg)	

Imagen VI: Tabla con mediciones utilizadas por el software K-Sports