



TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN MARKETING

CURSO ACADÉMICO 5º

CONVOCATORIA JUNIO

CAPACIDADES DE LA IA PARA OPTIMIZAR LA CONDICIÓN FÍSICA DE LOS DEPORTISTAS.

AUTOR: Expósito Martínez, Iván

DNI: 03216364K

En Madrid, a 10 de junio de 2024

ÍNDICE

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS	3
I. INTRODUCCIÓN	4
1. Contexto y justificación del estudio	4
2. Objetivos de la investigación	5
II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
1. Inteligencia Artificial (IA) y sus aplicaciones	6
2. Optimización de la condición física en el deporte	9
3. Estado actual de la investigación en IA y deporte.	11
III. LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DEPORTE	14
1. Análisis de datos biométricos.	14
2. Diseño de programas de entrenamiento personalizados	16
3. Seguimiento y prevención de lesiones	17
IV. DESARROLLO DE MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA OPTIMIZAR LA CONDICIÓN FÍSICA DE LOS DEPORTISTAS	19
1. Tipos de algoritmos y técnicas utilizadas	19
2. Recopilación y procesamiento de datos y patrones	21
V. CASO DE ESTUDIO	25
1. Descripción del caso de estudio	25
2. Desarrollo del caso de estudio	26
1. Fases del estudio	27
3. Análisis de resultados	31
VI. LIMITACIONES	36
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. BIBLIOGRAFÍA	39
IX. ANEXOS	43

ÍNDICE DE IMÁGENES Y TABLAS

Tabla 1: Los tres pilares de la mejora del rendimiento deportivo.....	11
Tabla 2: Recomendaciones para la mejora del rendimiento y prevención de lesiones.....	30
Tabla 3: Rutina de ejercicios para el equipo de fútbol.....	34
Figura 1. Datos de distancia recorrida por cada jugador.....	43
Figura 2: Datos de velocidad máxima de cada jugador.....	43
Figura 3: Datos de la velocidad media de cada jugador.....	44
Figura 4: Datos de carreras entre 15 y 20 KM\H	44
Figura 5: Datos de número de carreras por encima de 20 KM/H.....	44
Figura 6: Datos de la distancia recorrida entre 7 y 15 KM/H.....	45
Figura 7: Datos de la distancia recorrida entre 20 y 25 KM/H.....	45
Figura 8: Datos de la distancia recorrida a más de 25 KM/H.....	45

I. INTRODUCCIÓN

1. Contexto y justificación del estudio

La situación del mundo actual destaca por la proliferación y desarrollo de tecnologías punteras que benefician y ayudan a las personas en diferentes ámbitos de sus vidas entre las que destaca la inteligencia artificial (IA) que ha emergido como un catalizador de cambio y evolución en múltiples disciplinas. Desde aplicaciones industriales hasta innovaciones en la salud, la IA ha demostrado su capacidad para transformar prácticas tradicionales y presentar soluciones novedosas a problemas complejos. En el ámbito deportivo, particularmente, la integración de la IA se ha revelado no solo como un complemento para el análisis del rendimiento, sino como una herramienta esencial para la mejora continua de la condición física y la prevención de lesiones en deportistas de alto rendimiento.

Este estudio se centra en la evaluación exhaustiva de cómo la inteligencia artificial puede ser aplicada de manera efectiva para optimizar el rendimiento físico de los atletas y reducir significativamente la incidencia de lesiones. Dicho enfoque presenta avances en términos de preservación de la integridad física de los atletas y la mejora de su calidad de vida a pesar de influencias como la intensidad y la exigencia de las competiciones deportivas modernas.

La relevancia de esta investigación radica en la creciente necesidad de las disciplinas deportivas de adaptarse y optimizar constantemente las técnicas de entrenamiento y recuperación. Por ello, gracias a el desarrollo tecnológico y la acumulación de grandes volúmenes de datos (big data), la IA proporciona un potencial revolucionario para procesar y analizar complejos patrones de datos biomecánicos que cuando son interpretados correctamente, pueden ofrecer intervenciones personalizadas y altamente precisas que no solo promueven la eficiencia del entrenamiento, sino que también minimizan los riesgos de lesiones a través de estrategias preventivas adaptadas a cada atleta.

Además, este estudio busca explorar y validar modelos predictivos desarrollados mediante técnicas de aprendizaje automático, los cuales tienen el potencial de anticipar la probabilidad de lesiones. Estos modelos son fundamentales para implementar medidas proactivas que protejan a los atletas de posibles contratiempos físicos que podrían amenazar su

rendimiento y carrera deportiva como se aprecia el análisis de un caso práctico aplicado a un equipo de fútbol durante una competición de alta exigencia, que permitirá evaluar la efectividad de las metodologías y tecnologías de IA empleadas, ofreciendo así una perspectiva realista y aplicada de los beneficios y desafíos asociados a esta innovadora integración tecnológica.

En última instancia, la justificación de este estudio se basa en la premisa de que la optimización de la condición física y la prevención de lesiones mediante la IA no solo mejora el rendimiento deportivo, sino que también contribuye al desarrollo de prácticas de entrenamiento más seguras y eficaces, propiciando un ambiente deportivo donde la tecnología y la ciencia trabajan conjuntamente para el beneficio de los atletas. Así, este estudio no solo destacará la aplicabilidad práctica de la IA en el deporte, sino que también fomentará un diálogo continuo sobre cómo la tecnología puede ser una aliada esencial en la evolución del deporte moderno.

2. Objetivos de la investigación

El principal objetivo de la investigación radica en estudiar la capacidad que tiene la inteligencia artificial para, de forma activa, mejorar la condición física de los deportistas y ejercer una labor de prevención de lesiones. Este objetivo general, a su vez se puede dividir en una serie de objetivos específicos basados en el conocimiento en profundidad de la inteligencia artificial y sus aplicaciones en los deportes, las tecnologías precisas para encontrar el punto de encuentro de la inteligencia artificial y el rendimiento deportivo y el estudio de un caso real, con la finalidad de proponer modelos de entrenamientos mediante este tipo de inteligencia que velen por preservar la integridad física de los deportistas y mejorar su rendimiento

II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1. Inteligencia Artificial (IA) y sus aplicaciones

La inteligencia artificial (IA) es un campo de la ciencia computacional enfocado en el desarrollo de sistemas tecnológicos que imitan capacidades humanas utilizando algoritmos para realizar tareas de aprendizaje automático, solución de problemas y procesamiento de lenguaje, ya sea hablado o escrito. Su relevancia en la sociedad actual llega hasta el punto de estar presente en numerosos ámbitos (Lasse Rouhiainen, 2018).

La inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento destacable desde sus inicios en 1950, cuando los primeros sistemas se centraban en la lógica simbólica y la manipulación de símbolos. Durante esta primera década de vida aparecieron los primeros programas de IA como la prueba de Turing y el programa de ajedrez de Alan Turing. Fue a partir de los 70 cuando se produjeron avances que hoy siguen presente en dicha tecnología como es el desarrollo tanto del aprendizaje automático como de las redes neuronales artificiales y, durante la siguiente década, la aparición del procesamiento del lenguaje natural. Entrando en los 2000 fue el momento del comienzo del auge de la IA de la mano de la explosión de los datos y el aprendizaje profundo gracias a la mejora en la capacidad de almacenamiento y el almacenamiento de datos (Hao & Liu, 2021).

La IA se basa en una tecnología que necesita entradas de datos e información que procesar para poder proporcionar una solución o respuesta. Por ello, dicha tecnología requiere de ciertos modelos, algoritmos y tecnologías para poder realizar acciones de gestión, analítica y transformación de la información que recibe. Entre estos elementos destaca el aprendizaje automático (Machine Learning) que permite a los equipos desarrollarse de forma iterativa, las Redes Neuronales Artificiales que se encargan de recrear el procesamiento humano o el Procesamiento de Lenguaje Natural que se encarga del correcto entendimiento de las sentencias que le hacen los humanos.

Para usar y aprovechar las oportunidades de la inteligencia artificial de forma efectiva, es importante adquirir los conocimientos necesarios mediante formaciones o cursos que ayuden

a estar preparado a los avances con el fin de aprovechar todo tipo de beneficios, con los cuales se puedan desarrollar habilidades técnicas relacionadas con los datos, el procesamiento del lenguaje y el conjunto de algoritmos característicos de la IA. Para un correcto desarrollo de estas capacidades es eficiente la colaboración activa con profesionales y expertos de distintas áreas que permitan combinar conocimientos y conseguir innovación. No se debe dejar de lado aspectos éticos y sociales, pues es una tecnología cuyo motor son grandes cantidades de datos, lo que hace que tome vital importancia la preservación de la privacidad y la integridad de los usuarios (Rouhiainen, 2018).

La inteligencia artificial posee capacidades que pueden ser aplicadas en cualquier ámbito del entorno laboral, con la particularidad de que dicha utilización permite convertir el trabajo en acciones que requieren de menos tiempo para conseguir los objetivos o que poseen una carga de trabajo inferior. La IA tiene capacidades de captación y análisis de cantidades de datos imposibles de gestionar para una persona con las que realiza determinadas acciones y gestiones con el fin de proporcionar información de fácil entendimiento para los usuarios (Rouhiainen, 2018).

Respecto a las aplicaciones de dicha tecnología, son evidentes avances en entornos que emplean de diversidad de equipos tecnológicos y que realizar tareas repetitivas fácilmente automatizadas como es el caso de la industria, donde los robots industriales equipados con Inteligencia Artificial pueden realizar tareas complejas con mayor precisión y velocidad que lo pueden realizar los humanos. Además, aporta beneficios como una predicción de fallos en la maquinaria y los equipos para realizar un mantenimiento que reduzca el tiempo de inactividad (Lee & Yoon, 2021).

En otro campo como es la medicina, la IA es utilizada para el análisis de grandes volúmenes de datos mediante los que se realizan diagnósticos precisos y tratamientos altamente personalizados. Los algoritmos de aprendizaje automático facilitan tareas de identificar patrones que son invisibles para los médicos humanos garantizando una precisión superior. A su vez, la IA beneficia en términos de descubrir medicamentos al identificar compuestos efectivos de forma más veloz y con una clara reducción de los costes, funcionalidad utilizada por la empresa “Insilico Medicin” que aprovecha dicha tecnología para crear nuevos medicamentos (Lee & Yoon, 2021).

En educación, la inteligencia artificial propone situaciones de tutoría personalizada en las que se adapta el contenido y el ritmo de las clases a las necesidades de cada alumno,

identificando materias que implican dificultades para los individuos proponiendo recursos adicionales para ayudarles. Además, como en el resto de las aplicaciones, la IA tiene funcionalidades predictivas para ayudar a conocer estudiantes que requieren de apoyo adicional (Hao & Liu, 2021). Las aplicaciones en educación también se centran en las relaciones que se establecen entre los estudiantes ya que permite la creación de entornos de aprendizaje colaborativo que promueven el trabajo en equipo y la comunicación efectiva (Zawacki-Richter, Marín, Bond, & Gouverneur, 2019)

Las aplicaciones de la inteligencia artificial están permitiendo la modificación de gran cantidad de aspectos en cualquier ámbito de la sociedad, todos ellos con fines de mejora de la productividad y eficiencia de las acciones que se realizan. Algunos casos, por ejemplo, son los de la IA generativa, que está permitiendo la creación de numerosos avances en sectores como la tecnología, los negocios o la educación. El reconocido ChatGpt se enmarca en esta aplicación, pues se basa en elementos que permiten automatizar procesos de creación de contenido, gestión de conocimiento y soporte, realizando tareas convencionales con el propio robot (Ahmed et al., 2024).

En el ámbito de la seguridad y la salud también está generando avances significativos gracias a elementos como el “Computer Vision”, que utiliza tecnologías de visión e identificación de imágenes para monitorizar comportamientos y acciones con fines de identificación de riesgos, lo que está permitiendo la reducción efectiva de accidentes, sobre todo en ámbito laboral (Olaoye & Potter, 2024).

Estos hechos están generando impactos en áreas empresariales, como en departamentos encargados de la toma de decisiones, y en cambios en los roles de numerosos trabajadores, pues se tiene que reasignar actividades que requieren de habilidades cognitivas y creativas que no están al alcance de la IA, así como el desarrollo de técnicas de control de IA artificial y pensamiento crítico (Ahmed et al., 2024).

En el ámbito deportivo, la Inteligencia artificial está tomando un papel basado en la predicción y la creación. Esta se utiliza de forma activa en funciones de predicción y prevención de lesiones mediante el análisis de datos biométricos y patrones de movimiento a partir de ángulos articulares, fuerzas aplicadas y otros índices biomecánicos. A su vez facilita tareas a entrenadores al ofrecer métricas relativas al rendimiento como las estadísticas, movimientos e información táctica con los que se pueden crear modelos y estrategias de entrenamiento con

una alta personalización, utilizando a la IA como principal herramienta que interactúe directamente con los deportistas (Chmait & Westerbeek, 2021)

La ética constituye un aspecto fundamental que debe ser valorado de forma particular cuando se trata de inteligencia artificial. Como se ha estudiado, esta funciona mediante el suministro de grandes cantidades de datos e información, por ello, se debe velar por la integridad de la información, el respeto y la privacidad de los usuarios para no entrometerse en aquella información que pueda afectar a las personas (Olaoye & Potter, 2024).

2. Optimización de la condición física en el deporte

El rendimiento deportivo se aborda desde diversas perspectivas, destacando tanto los elementos físicos del atleta como sus capacidades cognitivas. En este contexto, la optimización de la condición física se convierte en un factor crucial, donde los entrenamientos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo y mantenimiento de estas capacidades (Mudarra Perales & Solana Sánchez, 2002).

El entrenamiento se define como el proceso que permite al deportista adaptarse a estímulos para mejorar su capacidad física, condición y psicología. En estos términos es esencial mantener una rutina de entrenamiento que beneficie todas estas áreas para alcanzar el rendimiento máximo, considerando el entrenamiento como una actividad a largo plazo que requiere acciones continuas. Para ello, la gestión adecuada de la carga de entrenamiento es fundamental con el fin de prevenir lesiones y asegurar un desempeño óptimo del atleta. Por todo esto, el entrenamiento es fundamental para el desarrollo del atleta y, por tanto, un proceso importante para alcanzar los objetivos mediante la llamada sobrecarga progresiva, basada en incrementar los estímulos en términos de intensidad o fuerza para producir estrés en el organismo con el objetivo de readaptarlo tras un descanso para recuperar a todos los componentes del organismo. Para garantizar resultados no se debe caer en el conformismo y se debe buscar la evolución, de tal manera que deben existir objetivos y metas a corto plazo que faciliten el proceso de alcanzar un objetivo general capacidades (Mudarra Perales & Solana Sánchez, 2002).

La capacidad física, entendida como la potencialidad en fuerza, rapidez, resistencia, ritmo, equilibrio, forma la base del estudio del rendimiento deportivo. Las capacidades físicas fundamentales como la fuerza, resistencia, velocidad y movilidad son cruciales para el éxito deportivo capacidades (Mudarra Perales & Solana Sánchez, 2002)

Estas capacidades físicas son esenciales para la condición física, considerada como el motor de los deportistas que les permite realizar esfuerzos físicos sostenidos, retrasar la aparición de la fatiga y mitigar el riesgo de lesiones. Además de esto, la alimentación, el descanso y el entrenamiento, junto con factores genéticos, influyen significativamente en la condición física del atleta. Estas capacidades deben ser estudiadas de manera más exhaustiva cuando se trata de atletas de alto rendimiento ya que son estas capacidades físicas y su combinación las que garantizan un rendimiento superior con la reducción de los riesgos de aparición de lesiones musculares capacidades (Mudarra Perales & Solana Sánchez, 2002).

La utilización de tecnologías modernas para el seguimiento de la actividad física, el progreso y los patrones de ejercicio es cada vez más importante ya que estas herramientas tecnológicas facilitan la personalización del entrenamiento, adaptándolo a las necesidades individuales de cada atleta, lo cual es fundamental para mejorar la condición física en la era actual. Los equipos y clubes deportivos de alto rendimiento incorporan dispositivos que monitorizan a sus atletas para recapitular métricas que permitan controlar los rendimientos y adaptar entrenamientos, por ello, cada vez es más frecuente ver a deportistas con dispositivos GPS integrados en relojes, pulseras o chalecos.

Estos dispositivos utilizan algoritmos de aprendizaje automático mediante los cuales procesan datos y proporcionan patrones. Los beneficios de utilizar dichos dispositivos están relacionados con el aumento de las capacidades en términos de recolección de información mediante el uso de redes de sensores corporales inalámbricas encargadas de recibir toda la información y transmitirla para su posterior análisis (Yang, Amin, & Shihada, 2023).

Estos dispositivos poseen un campo de aplicación muy extenso, pues se puede usar en ámbito médico para detectar enfermedades, rehabilitación y medicina personalizada, sin embargo, en el deporte, mejoran las posibilidades de análisis deportivo tanto de parámetros físicos como de elementos tácticos, que benefician en términos de prevención de lesiones proporcionando retroalimentación respecto a los patrones de movimiento de los deportistas y ayudan a predecir variables importantes en términos de condición física como el VO₂ máximo de un atleta para afinar métodos y estrategias de entrenamiento personalizadas (Yang, Amin, & Shihada, 2023).

La condición física no solo impacta en el ámbito deportivo, sino que también juega un papel crucial en el mantenimiento de un buen estado de salud general, ayudando a prevenir numerosas enfermedades y problemas de salud. Los componentes de la condición física, como

la resistencia cardiovascular, la fuerza muscular, la flexibilidad, la velocidad, la agilidad y la coordinación, son indispensables para la realización eficaz de esfuerzos físicos y la prevención de lesiones. Por ello, se debe mejorar estos componentes para alcanzar el éxito en cualquier disciplina deportiva.

Además del entrenamiento, la alimentación juega un rol vital en la optimización de la condición física en el deporte que, unida al entrenamiento de resistencia, fuerza, velocidad, junto con periodos adecuados de descanso y recuperación, constituye un enfoque integral para mejorar la capacidad física. Los tres pilares de la mejora del rendimiento se pueden entender como:

Tabla 1: Los tres pilares de la mejora del rendimiento deportivo

Aspecto	Descripción
Alimentación	Alimentación de calidad, con diversidad de productos y nutrientes, que permita al deportista recargar energías, recuperar el organismo y estar preparado para los entrenamientos y el alto ritmo de competición.
Entrenamientos	Entrenamientos de calidad que estimule el organismo con el fin que la masa ósea y muscular mejore para potenciar el aguante, fuerza y rendimiento.
Descanso	Descanso eficaz que permita recuperar fibras musculares y componente energético mientras se duerme.

Tabla 1. Tabla informativa. Fuente: Creación propia.

La condición física, determinada por las capacidades de los atletas, es esencial para alcanzar objetivos deportivos significativos y requiere una estrategia de entrenamiento, descanso y alimentación óptima para un progreso adecuado. Estos elementos, fundamentales para el rendimiento deportivo, deben considerar aspectos ergométricos como el consumo de oxígeno y la prueba de lactato para evaluar la capacidad cardiorrespiratoria y metabólica de los deportistas, lo cual subraya la importancia de una aproximación holística y basada en datos para la optimización de la condición física (Vilchez et al, 2023).

3. Estado actual de la investigación en IA y deporte.

La Inteligencia Artificial (IA) está marcando una era de transformación en múltiples esferas con un impacto notable en el ámbito deportivo. Esta revoluciona la forma de medir y

optimizar los indicadores cuantitativos en el deporte mediante la gestión avanzada de datos proporcionados por el Big Data abriendo un amplio espectro de posibilidades para mejorarla.

El mercado de la IA en el deporte está en una trayectoria ascendente, esperándose un crecimiento aproximado del 29% hacia el 2026. La región de Asia-Pacífico lidera este avance, aunque es América del Norte la que domina en tamaño y en impacto en el mercado. Empresas líderes como IBM, SAP, Opta, SAS, y Sportradar están a la vanguardia de este desarrollo, evidenciando el creciente interés y la inversión en la inteligencia artificial deportiva (Lingeswaran, 2023). Este notable crecimiento se sustenta en varios pilares fundamentales como son, la integración creciente de tecnologías avanzadas en el deporte, un aumento en el volumen de datos generados y gestionados por empresas, y una preferencia marcada por el análisis de datos en tiempo real. Esta última tendencia no solo mejora la experiencia de los aficionados haciéndolos sentir más conectados con sus equipos o deportistas favoritos, sino que también amplía las posibilidades de interacción de maneras inexistentes previamente.

Respecto a las perspectivas futuras de la Inteligencia Artificial en el deporte, se precisa el desarrollo de innovaciones tecnológicas mediante las que se apliquen modelos de procesamiento del lenguaje natural y la realidad aumentada en los deportes centrado en fines de recreación de situaciones y entrenamientos. Estos modelos facilitarán el uso y la expansión de un conjunto de aplicaciones que supongan claros avances, como son aquellas dedicadas a gestionar entrenamientos en tiempo real mediante IA o la gestión de eventos deportivos. Dichas perspectivas futuras se ven acogidas por el impacto socioeconómico que generan en términos de empleo y nuevas oportunidades (Reis, Alaiti, Vallio & Hespanhol, 2024).

Son claras las habilidades de la IA para generar beneficios tanto en la investigación deportiva como en el entrenamiento, centrándose en fortalezas relativas a la reducción del tiempo y la carga de trabajo. Así, facilita el proceso de automatizar tareas repetitivas y que consumen cantidades de tiempo que se pueden emplear en otro tipo de acciones, como reducir la carga en acciones de procesamiento y analítica de los datos obtenidos en los entrenamientos para usarlos y focalizar los esfuerzos en la creación de informes y el tratamiento o respuesta que se le da al deportista. Relativo a esto, dicha tecnología posee la capacidad de procesar grandes cantidades de datos, sacando parámetros, creando modelos o generando predicciones, permitiendo a los especialistas utilizar dicha información en el estudio aplicado de los atletas. Todas estas fortalezas se muestran como oportunidades para especialistas en el ámbito deportivo, las cuales, si son aprovechadas, reducirán de forma activa tanto el tiempo empleado en tareas repetitivas como la carga de trabajo (Sperlich, Düking, Leppich & Holmberg, 2023).

Estas fortalezas, permiten a los especialistas del mundo del deporte la obtención de funcionalidades como la predicción futura de lesiones, analizando datos de atletas individuales, para prever y prevenir posibles lesiones, persiguiendo la finalidad de crear modelos de entrenamiento y estrategias más efectivas con relación a la preservación de los integrantes de sus equipos. (Sperlich, Düking, Leppich & Holmberg, 2023).

También, la IA surge como motor para captar nuevos atletas, aquellos cuyo talento destaca y que es gracias a un exhaustivo análisis de datos por el cual se obtienen conclusiones relativas a sus números. En este proceso se analizan elementos físicos y técnicos que anteriormente era complicado medir y que aportan información clave relativa al rendimiento deportivo (Sperlich, Düking, Leppich & Holmberg, 2023).

Relativo al uso de la Inteligencia Artificial en competiciones deportivas aplicaciones destacables son en la justicia, tanto en el aporte de objetividad como de precisión. Alguna de las funcionalidades que más destacan son los sistemas de repetición instantánea, formalmente conocido en el mundo del fútbol como “VAR” o los sistemas de cámaras de alta velocidad usadas en el tenis mediante las cuales se siguen en todo momento las trayectorias de las pelotas y generan, de forma inmediata, recreaciones de los botes en el campo, lo que ayuda a mitigar los errores arbitrales. La aplicación de la Inteligencia Artificial en el deporte se puede aplicar en las múltiples dimensiones de este, con funcionalidades para equipos, para cuerpos arbitrales o para el aficionado (Xu & Tang, 2021).

III. LA APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DEPORTE

1. Análisis de datos biométricos.

El análisis de datos biométricos representa una aplicación significativa de la inteligencia artificial (IA) en el deporte ya que, utilizando el aprendizaje automático y otras técnicas avanzadas de IA, los equipos pueden analizar vastas cantidades de datos, incluidas estadísticas de juego y datos biométricos de los jugadores. Este análisis permite a los entrenadores tomar decisiones más informadas sobre formación y estrategias de juego optimizando así el rendimiento deportivo. Este hecho, ha supuesto una revolución en el deporte suministrando herramientas que facilitan tareas de evaluación de rendimiento y prevención de lesiones.

La biométrica, que abarca la medición y estadísticas de características físicas y comportamentales, es esencial para recopilar, procesar y analizar información que mejore el rendimiento, prevenga lesiones, y optimice el entrenamiento entre otros. La gama de datos biométricos que se pueden analizar es amplia, incluyendo desde la frecuencia cardíaca hasta la coordinación que se obtienen a través de tecnologías como sensores y camisetas inteligentes. La recopilación de datos biométricos mediante dispositivos portátiles proporciona información valiosa en tiempo real sobre aspectos como la frecuencia cardíaca y la intensidad del ejercicio, esencial para la toma de decisiones informadas en el entrenamiento deportivo.

El análisis de datos biométricos tiene aplicaciones clave como la monitorización del rendimiento, prevención de lesiones y mejora del entrenamiento. Para esto, los algoritmos de aprendizaje automático son esenciales dado a que proporcionan retroalimentación en tiempo real a atletas y entrenadores, permitiendo ajustes instantáneos y personalizados a los entrenamientos para cumplir con los objetivos deportivos. Además, la IA juega un papel crucial en la analítica de estrategias y la mejora de la recuperación y el bienestar de los deportistas, incluyendo análisis de sueño para optimizar los procesos de recuperación. Sin embargo, es fundamental abordar las cuestiones éticas y de privacidad para garantizar un uso responsable

de los datos biométricos en el deporte (Seçkin, Ateş, & Seçkin, 2023; King & Robeson, 2021; Faber & van den Bemt, 2023).

Un estudio publicado en *Sports Medicine - Open* revisó las metodologías actuales de IA utilizadas para la evaluación del riesgo de lesiones y la predicción del rendimiento en deportes de equipo. En dicho estudio, se identificaron diversas técnicas de IA como redes neuronales artificiales que se utilizan para analizar la carga de entrenamiento y factores de riesgo específicos, como la fuerza de reacción del suelo y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Estas técnicas ayudan a predecir y prevenir lesiones, así como a mejorar el rendimiento técnico y táctico de los atletas (Claudino et al., 2019).

La captura de movimiento y el análisis en tiempo real son áreas clave donde la IA y los datos biométricos se combinan para mejorar el rendimiento deportivo. Un ejemplo destacado es el uso de trajes de captura de movimiento, como MySwing Professional, que registra los movimientos de los jugadores con gran precisión. Estos datos permiten a los atletas y entrenadores analizar los patrones de movimiento en un entorno tridimensional, facilitando la identificación de áreas de mejora y comparaciones con profesionales de alto nivel (Wei, Huang, Li, Liu, & Zou, 2021).

La aplicación de la IA en el análisis de la marcha ha avanzado significativamente, utilizando técnicas de aprendizaje automático para mejorar la precisión y la interpretabilidad de los datos biométricos. Estudios han demostrado que modelos de aprendizaje profundo pueden extraer características óptimas directamente de los datos crudos de la marcha, mejorando la fase de clasificación y la predicción de eventos relacionados con la marcha. Estas técnicas incluyen la reducción de dimensionalidad mediante análisis de componentes principales (PCA) y técnicas de agrupamiento como t-SNE, que ayudan a identificar patrones complejos en los datos biométricos (Harris, Khoo, & Demircan, 2024)

La integración de la IA y el análisis de datos biométricos en el deporte ofrece numerosas ventajas, desde la mejora del rendimiento hasta la prevención de lesiones. Estas tecnologías permiten un análisis más detallado y preciso de los movimientos y parámetros fisiológicos de los atletas, facilitando decisiones informadas y personalizadas para optimizar su desempeño. A medida que estas tecnologías continúan evolucionando, su impacto en el deporte seguirá creciendo, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la salud y el rendimiento de los atletas.

2. **Diseño de programas de entrenamiento personalizados**

El diseño de programas de entrenamiento personalizados comprende aquel proceso de tomar las salidas que ofrece la inteligencia artificial, a partir de los procesos estudiados previamente, con los respectivos modelos y estrategias individuales de cada uno de los integrantes de un equipo. La IA en estos términos genera muchos avances, pues tiene capacidades de estudio de las situaciones de cada deportista de forma aislada, facilita mucho la adaptación de los entrenamientos de preparadores físicos a partir de esta información.

En el proceso de diseñar programas de entrenamiento personalizados es eficiente crear una metodología con una sucesión de pasos que permita realizar cada una de las tareas para conseguir el objetivo preestablecido. Todo proceso debe partir del establecimiento del conjunto de dispositivos y tecnologías necesaria para poder analizar a cualquiera de los atletas, mediante los cuales se recapitulará en cómputo de información (Fraile Gil, Psarommatis, Alarcón Valero, & Linares-Pellicer, 2023).

Para elaborar cualquier tipo de programación de entrenamiento personalizado se requieren principios fundamentales como la especificidad, la sobrecarga progresiva, individualización, variación y reversibilidad. Centrados en la especificidad y la individualización se define que el entrenamiento debe ser específico, tanto a los objetivos de cada uno de los atletas como a los movimientos, músculos, habilidades y limitaciones específicos que se necesitan para realizar cada acción. Dichos objetivos, deben ser mejorados mediante el principio de sobrecarga progresiva, incrementando los estímulos a los que se enfrenta el organismo en cada situación para adaptarse al mismo y mejorar, previniendo el estancamiento, para lo que también es efectivo la variación de los entrenamientos en términos de intensidad y volumen (Clayton et al., 2015).

Estos principios se deben aplicar siguiendo metodologías claras que, en su mayoría comparten una serie de pasos que parten de una evaluación inicial que permita conocer el estado físico del deportista al completo mediante pruebas de fuerza, resistencia, flexibilidad y composición corporal que permitirá establecer las áreas de mejora sobre la que se establecen los objetivos. Una vez concluida esta fase y a partir de la información obtenida en la misma, se seleccionan la variedad de ejercicios que busquen objetivos completos, tanto la mejora de las condiciones de músculos como la mejora en habilidades. Para concluir la metodología cada vez toma más importancia llevar a cabo controles en los ciclos de entrenamiento para no sobrecargar al deportista y monitorizar los esfuerzos para reajustar los programas (Clayton et al., 2015).

Una vez conocidos estos elementos propios de cualquier proceso de instauración y creación de modelos de entrenamiento adaptados de forma individual y específica a los distintos atletas es importante considerar la participación y los avances que supone la utilización de la IA en dichas situaciones ya que facilita cualquier tarea de comprensión de la actividad física permitiendo mejorar el proceso de personalización de los programas de entrenamiento.

Uno de los desarrollos más significativos es el uso de dispositivos de seguimiento de la condición física equipados con sensores y algoritmos de IA. Estos dispositivos pueden medir y rastrear diversos aspectos de la actividad física, como el número de pasos, la frecuencia cardíaca, las calorías quemadas y los patrones de sueño. Gracias a estos datos se puede proporcionar retroalimentación en tiempo real a los estudiantes sobre sus niveles de actividad.

Los rastreadores de condición física basados en IA no solo monitorean la actividad, sino que también facilitan el establecimiento de metas y el seguimiento del progreso. Al analizar los datos recolectados, estos dispositivos pueden ofrecer recomendaciones personalizadas sobre ejercicios, planes de entrenamiento, nutrición y recuperación. Este enfoque educativo no solo mejora el bienestar físico de los estudiantes, sino que también los educa sobre la importancia de un estilo de vida saludable.

A partir de dicha información, la inteligencia artificial se encarga de crear los programas de entrenamiento personalizados a las necesidades de cada deportista asegurando un equilibrio entre ejercicios y descanso que potencie su desarrollo físico con la particularidad de permitir modificaciones conforme las exigencias se incrementan.

3. Seguimiento y prevención de lesiones

El desempeño y bienestar de los deportistas se benefician significativamente de la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) en la creación de modelos y planes de entrenamiento personalizados, así como en el seguimiento y prevención de lesiones. Esta revolución ha permitido a los atletas concentrarse en mejorar su rendimiento con una menor preocupación por las lesiones, factores que previamente limitaban su desarrollo. La IA mediante sus capacidades predictivas y de creación de modelos puede facilitar soluciones, tanto a especialistas como a deportistas, que permitan mitigar cualquier riesgo de lesión que priven, tantos equipos como jugadores, de proporcionar el máximo desempeño.

La base de esta aplicación de la inteligencia artificial en el deporte reside en la capacidad de esta para recopilar y analizar grandes cantidades de datos biométricos y de rendimiento mediante dispositivos portátiles, sistemas de análisis de video y cuestionarios de autoevaluación. Estos datos incluyen métricas como la frecuencia cardiaca, la fuerza de la pisada, patrones de movimiento y calidad de sueño (Rossi, Pappalardo, & Cintia, 2022).

Centrándose en la prevención de lesiones destaca el uso de algoritmos de aprendizaje automático que poseen capacidades de identificación de patrones y correlaciones en los datos que no son evidentes a simple vista mediante el uso de redes neuronales artificiales y clasificadores de árboles de decisión (Rossi, Pappalardo, & Cintia, 2022).

El desarrollo de estos modelos de aprendizaje automático requiere de acciones propias de la creación de cualquier modelo que funcione mediante inteligencia artificial. Dichas acciones deben comenzar por una recolección exhaustiva de datos, mediante dispositivos portátiles, los cuales deben ser procesados realizando tareas como la limpieza y normalización, usando técnicas como a reducción de dimensionalidad mediante análisis de componentes principales (PCA) y el agrupamiento con t-SNE. A partir de estos datos, se realiza el entrenamiento del modelo mediante redes neuronales y clasificadores de árboles de decisión, que permiten validar la información gracias a técnicas de validación cruzada. La última parte consiste en el proceso de evaluación del rendimiento del proceso mediante métricas como la precisión, el recall y la F1-score (Claudino et al., 2019).

En el fútbol, estos modelos se utilizan para predecir la probabilidad de lesiones basándose en datos históricos y actuales de los jugadores lo que permite a los entrenadores ajustar los programas de entrenamiento y las estrategias de juego para minimizar el riesgo de lesiones. También se destacan las aplicaciones en la evaluación de la carga de trabajo y la identificación de patrones de sobre entrenamiento que pueden conducir a lesiones (Claudino et al., 2019).

IV. DESARROLLO DE MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA OPTIMIZAR LA CONDICIÓN FÍSICA DE LOS DEPORTISTAS

1. Tipos de algoritmos y técnicas utilizadas

Los algoritmos, modelos e información son los 3 pilares básicos que permiten a la inteligencia artificial realizar el conjunto de actividades con la velocidad y precisión que la identifica. Estos elementos constituyen las herramientas y formas de trabajar en procesos de gestión y análisis de datos, intercambios de información y devolución de respuestas.

El aprendizaje automatizado o “Machine Learning” (ML) compone uno de los elementos principales en relación con los algoritmos y técnicas utilizadas en el desarrollo de modelos de Inteligencia Artificial para optimizar la condición física de los deportistas, ya que el conjunto de estos se sustenta en el mismo para su funcionamiento. El Machine Learning consiste en el proceso mediante el cual un equipo, tecnología o inteligencia realiza procesos de aprendizaje sin requerir de la presencia o la acción directa de un usuario. Este es un proceso que permite a las máquinas aprender de forma autónoma a partir de interacciones y de experiencia. Algunas de las técnicas de Machine Learning que más se utilizan destacan los modelos basados en Árboles de decisión, las máquinas de soporte vectorial y las redes neuronales artificiales (Van Eetvelde, Mendonça, Ley, Seil, & Tischer, 2021).

Entre estos algoritmos se encuentran algunos mencionados anteriormente como las “Redes Neuronales Artificiales”, que son sistemas que simulan la estructura y el funcionamiento del cerebro humano, formado por capas que integran nodos conectados en los que cada capa interacciona con la información recibida de la capa anterior. Este modelo tiene una arquitectura propia, el “Perceptrón Multicapa” (MLP) que explica la existencia y disposición de las capas divididas en capas de entrada, por las que se recibe la información; capas ocultas, que realizan el trabajo de gestión de la información; y capas de salida, mediante las que es proporcionada la retroalimentación. Esta técnica se utiliza en el deporte como método de predicción y de evaluación, pues garantiza la identificación de patrones complejos, incluso en relaciones no lineales entre variables, en grandes volúmenes de datos y una tanto datos históricos como información en tiempo real para facilitar toda tarea de predicción (Claudino et al., 2019).

Siguiendo con los algoritmos, destacan los Árboles de decisión, que utilizan un conjunto de reglas basadas en características de los datos para tomar decisiones. Estos también están formados por nodos, con la particularidad que cada nodo pone a prueba un atributo o característica y ofrece el resultado de dicha prueba en las ramas del árbol. Dicho modelo requiere de una construcción basada en seleccionar los atributos y entrenarlo con los mismos con el fin de reducir los datos en subconjuntos hasta alcanzar una clasificación final. Este modelo es eficiente en el ámbito deportivo en términos de evaluar riesgos de lesiones mediante el conocimiento de factores de riesgo de dicha problemática, como para predecir el rendimiento mediante datos anteriores (Claudino et al., 2019).

Entre estos modelos y patrones destacan a su vez las “Máquinas de Soporte Vectorial” (SVM) que permiten realizar tareas de clasificación de una forma más eficiente para facilitar tareas de adaptación de entrenamientos. Este modelo se utiliza en situaciones específicas, donde la robustez de los datos dificulta procesos de análisis y requiere de métodos que encuentre elementos que separe y defina los datos (Claudino et al., 2019).

Otro de los pilares de la Inteligencia Artificial en su aplicación al mundo deportivo son los “Procesos de Markov”, modelos probabilísticos que describen sistemas que transitan entre varios estados con la particularidad de que la probabilidad depende únicamente del estado actual. Estos modelan secuencias de eventos en deportes como la progresión de las jugadas o la evolución del rendimiento de un deportista en el tiempo basándose en el estado actual. Se trata de una técnica simple de implementar basada en capturar relaciones temporales en los datos, uno de los elementos que más información proporciona a los especialistas del mundo del deporte (Claudino et al., 2019).

El uso de técnicas de aprendizaje profundo, conocido como “Deep learning” es otro de los métodos que más importancia tienen en trabajos relacionados con la IA. Este consiste en una división del aprendizaje automático, el “machine learning”, que está consiguiendo avances en diversos escenarios deportivos en los que toma un partido relevante la percepción, la comprensión y la toma de decisiones, mediante el análisis de grandes volúmenes de datos de los que se consigue extraer patrones y relaciones complejas. Dividiendo cada uno de estos enfoques se permite el seguimiento de los atletas y deportistas en todo momento de una forma activa y obteniendo tanto datos como información relevante en tiempo real mediante el uso de Redes Neuronales Convolucionales (CNNs). Este método consiste en seguir al jugador y comparar los datos e imágenes que obtiene en tiempo real con datos e imágenes que cuenta en la base de datos y a partir del resultado de dicha comparación obtener conclusiones y

proporcionar retroalimentación. La comprensión mencionada anteriormente consiste en el proceso de obtención de información de la percepción mencionada anteriormente, que permite la identificación efectiva de cada uno de los participantes, así como de elementos importantes en términos de rendimiento y prevención de lesiones como son la técnica en sus movimientos, sus patrones y comportamientos bajo fatiga. Estos procesos de percepción y de comprensión aportan información que beneficia al proceso de toma de decisiones mediante el aporte de predicciones gracias a las Redes Neuronales Recurrentes (RNNs) (Zhang, Li, & Wang, 2023).

El campo de los algoritmos y técnicas que utiliza la Inteligencia Artificial aplicada en el deporte es muy amplio dado al conjunto de posibilidades que dicha tecnología ofrece, sin embargo, es la eficiente combinación de estas las que garantizará resultados en términos de obtención de información importante y aporte de retroalimentación. Los especialistas centrados en la condición física de los equipos deben tratar de incorporar dichas herramientas como elementos de trabajo, donde la combinación de la experiencia de las personas unida la eficacia de los dispositivos y la IA debe tratar de afinar estudios, análisis y resultados a niveles de garantizar tanto la mejora de la capacidad física de los deportistas como la prevención y preservación de estos. A su vez, son distintas las alternativas que ofrece la IA en dicha materia, permitiendo la interacción tanto con datos, con información o con imágenes, lo que aumenta las posibilidades de conocimiento para dichos expertos.

2. Recopilación y procesamiento de datos y patrones

La recopilación y procesamiento tanto de datos y patrones forma la base mediante la cual el conjunto de algoritmos y técnicas relativas a la Inteligencia Artificial funcionan. Este proceso se diferencia en 2 partes:

La recopilación de datos, basado en la captura y obtención de la información de diversas fuentes o procesos, con la particularidad que puede gestionar tanta información estructura que cuenta con un hilo conductor y relaciones fáciles de identificar, pero también posee capacidades de análisis de información desestructurada que destaca por sus relaciones son inexistentes.

A su vez, el procesamiento de datos consiste en el método mediante el cual se obtiene información de todas las entradas obtenidas. Este se basa en estudiar relaciones y patrones en los datos y proporcionar informes que garanticen un conocimiento que a los expertos les

requeriría grandes espacios de tiempo a la vez de esfuerzos, perdiendo capacidad de focalizarse en otras tareas.

Centrado en la recopilación de los datos, esta puede ser de diversos métodos, todos ellos centrados en dispositivos que cuentan con las últimas tecnologías. Algunos de los mismos son los dispositivos portátiles y sensores como relojes inteligentes, arneses y rastreadores GPS que obtienen datos en tiempo real de la fatiga, frecuencia cardíaca, niveles de oxígeno en sangre, gracias a acelerómetros, giroscopios y magnetómetros presentes en dichos dispositivos. Sin embargo, se utilizan otros medios para recolectar información como cámaras de video y sistemas de seguimiento GPS que permite la captura de todos los movimientos de una forma más precisa y en tiempo real. Además, las cámaras pueden grabar secuencias que se procesan para extraer datos mientras que los GPS rastrean la ubicación y el movimiento en el espacio, como es el caso de la tecnología AutoStats que usa la predicción de movimiento mediante imagen gracias al estudio de la imagen píxel por píxel (Chmait & Westerbeek, 2021). Algunos ejemplos reales de esta metodología destacan la tecnología de la empresa Intel denominada 3D Athlete Tracking (3DAT) con el que se captura movimiento sin sensores, únicamente mediante video para la creación de modelos tridimensionales de cuerpo completo, con el fin de analizar los modelos para ajustarse a la mejora del rendimiento y que utiliza Exos, empresa de rendimiento deportivo, en el estudio de las carreras realizadas en la NFL. Otro ejemplo de un elemento que se refleja en el rendimiento es la dieta de los deportistas, así, otro ejemplo es el realizado por Alicia Glass, dietista del Comité Olímpico y Paralímpico de EE. UU., que usando con una aplicación impulsada por IA denominada “Notemeal” se procesan los datos de dietistas deportivos para generar planes de alimentación personalizados a cada deportista, que lo recibe en su móvil para planificar compras y comidas (Banchhor, 2023). Dentro de estos métodos de recolección de información se deben mencionar otro tipo de dispositivos relacionados con la Biomecánica Deportiva como son los sensores inerciales, encargados de medir la aceleración y la rotación del cuerpo en tres dimensiones ya que dado a su reducido tamaño permite incorporarse en la ropa deportiva (Pérez-Castilla & García-Pinillos, 2024).

El procesamiento de datos se puede entender como un proceso encargado de transformar todas las métricas recopiladas en información con valor que puede ser usado tanto por personas como por otras tecnologías, sin embargo, se requiere de cierto tratamiento comenzando por la limpieza de datos eliminando aquellos incorrectos, incompletos o irrelevantes, siguiendo el propósito de estandarizar los datos para poder analizarse. Tras esto, es frecuente un proceso de transformación de datos en cierto formato que la Inteligencia Artificial pueda analizar y

procesar de una forma más efectiva. Esta transformación puede constar en convertir las imágenes de un video en datos como velocidades, movimientos o aceleraciones. Para este procesamiento, se utilizan herramientas regidas por algoritmos como el Aprendizaje Supervisado explicado anteriormente, o las técnicas de Vision por Computador mediante las que se extrae información de las imágenes (Hammes, Hagg, Asteroth, & Link, 2022).

Una vez concluida la fase de procesamiento de información se comienza con la identificación de patrones en los datos recibidos con el fin de encontrar correlaciones y tendencias que aporten información de calidad a especialistas deportivos. En este análisis de patrones toman importancia las denominadas “Métricas Esperadas”, que transforman resultados en probabilidades para aportar un contexto a las diversas situaciones. Un ejemplo es la métrica de goles esperados en el fútbol, encargada de evaluar la probabilidad de que un tiro termine en gol dependiendo tanto en la posición como la situación de tiro (Cossich, Carlgren, Holash, & Katz, 2023).

Este proceso permite a la inteligencia artificial la obtención de aquella información que le permite trabajar de la forma más eficiente posible para realizar el soporte y la ayuda necesaria tanto a los deportistas como los encargados de la gestión de su condición física. Este proceso se aplica en las diversas funcionalidades, mencionadas anteriormente, que genera la Inteligencia Artificial como la automatización de tareas, la creación de modelos predictivos y la identificación de patrones complejos. Aun así, se trata de un proceso que se puede aplicar en otras vertientes relacionadas con dicha tecnología como son los casos de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada (Cossich, Carlgren, Holash, & Katz, 2023).

En términos de realidad virtual, se facilita la creación de situaciones de entrenamiento altamente realistas y sobre las que se puede ejercer un control total, facilitando las mejoras en ciertas situaciones sin someter a riesgos asociados con el entrenamiento físico. Estas recreaciones pueden ser simulaciones del juego, sin embargo, se pueden realizar tareas de rehabilitación con determinados ejercicios muy específicos. Un ejemplo se da en el boxeo, en el que se usa para recrear combates con el fin de mejorar diversas capacidades sin riesgo de lesión (Cossich, Carlgren, Holash, & Katz, 2023).

La realidad aumentada permite combinar información digital en entornos reales para apreciar dichos datos en un terreno de juego real, pudiendo superponer estadísticas, análisis e incluso zonas en las que realizar las acciones desde un dispositivo tecnológico, lo que permite realizar analíticas en tiempo real para realizar ajustes en el desempeño de las acciones de forma

inmediata. Esta tiene aplicaciones en algunos deportes como el golf, donde se analiza la disposición del campo para planificar las tácticas con precisión (Cossich, Carlgren, Holash, & Katz, 2023).

Por último, se debe mencionar la visualización de datos que permite interpretar los datos más complejos mediante su transformación en representaciones visuales intuitivas para facilitar el análisis de métricas del rendimiento. Para ello, los especialistas cuentan con paneles de control en tiempo real para facilitar la toma de decisiones, las cuales se realizan en comparación del resto de parámetros para identificar de forma rápida las áreas de mejora (Cossich, Carlgren, Holash, & Katz, 2023).

V. CASO DE ESTUDIO

1. Descripción del caso de estudio

En este caso de estudio se combina la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) para optimizar la condición física de los deportistas y prevenir lesiones con los conceptos y técnicas discutidos a lo largo del documento. Para este propósito, se ha elegido un equipo de fútbol que participó en un torneo de alta exigencia, un mundial en la categoría sub17. La recopilación de datos se llevó a cabo mediante dispositivos portátiles equipados con tecnología GPS, los cuales proporcionan métricas detalladas como distancias recorridas, velocidades, número de sprints y otros parámetros cruciales que reflejan el estado físico y el rendimiento de los jugadores.

El análisis se centra en una situación interesante como es un Mundial de Fútbol celebrado en Sudamérica, región que presenta condiciones climáticas específicas, como alta humedad y temperaturas extremas, lo que añade un nivel adicional de complejidad a la preparación y rendimiento de los atletas. Además, la presión y el estrés inherentes a una competición de esta magnitud también influyen significativamente en el desempeño de los jugadores, haciendo que la optimización de la condición física y la prevención de lesiones sean aún más críticas.

Para mantener la confidencialidad de los jugadores, club, especialistas y cumplir con los estándares de privacidad, los datos utilizados en los informes están anonimizados. Cada jugador ha sido designado con un número que corresponde con su dorsal, en lugar de su nombre, lo que permite un análisis detallado sin comprometer su identidad.

Dada la particularidad de no contar con una licencia específica de un club o equipo deportivo para utilizar tecnologías avanzadas de IA, se ha recurrido a la suscripción de ChatGPT-4, una de las inteligencias artificiales más avanzadas y punteras disponibles en el mercado. ChatGPT-4 ha sido instrumental en el análisis de grandes volúmenes de datos y en la generación de informes detallados ya que es una herramienta que permite realizar un análisis exhaustivo del rendimiento de los jugadores y ofrece retroalimentación precisa y recomendaciones personalizadas para mejorar su desempeño y prevenir lesiones.

En el proceso de recopilación de datos se han utilizado dispositivos portátiles como son chalecos equipados con GPS y otros sensores biométricos que los jugadores llevaron durante los entrenamientos y partidos. Estos dispositivos registraron una variedad de datos, incluyendo:

- Distancias Recorridas: Total de kilómetros cubiertos por cada jugador durante los partidos.
- Velocidades: Velocidades promedio y máximas alcanzadas.
- Carreras a alta velocidad: Número de sprints realizados, incluyendo la intensidad y duración de cada uno.
- Patrones de Movimiento: Información sobre los patrones de movimiento y posicionamiento en el campo.

Una vez recopilados, los datos fueron procesados y analizados utilizando ChatGPT-4, IA es capaz de manejar grandes conjuntos de datos, identificar patrones complejos y generar informes detallados que incluyen un análisis del rendimiento de cada jugador, destacando sus fortalezas y áreas de mejora, un conjunto de recomendaciones personalizadas mediante sugerencias específicas para cada jugador, centradas en mejorar su condición física, aumentar su rendimiento y prevenir lesiones; planes de entrenamiento adaptados a las necesidades y capacidades individuales de los jugadores y, por último, estrategias para reducir el riesgo de lesiones basadas en el análisis de los datos biométricos y de rendimiento.

Como se ha visto durante el estudio, el uso de IA en este caso ha demostrado ser extremadamente beneficioso para optimizar la condición física de los jugadores y mejorar su rendimiento en el campo. Las recomendaciones personalizadas y los planes de entrenamiento desarrollados a partir del análisis de datos han permitido mejorar el rendimiento en los entrenamientos reduciendo la incidencia de lesiones y optimizando la recuperación.

2. Desarrollo del caso de estudio

Se adjunta un conjunto de datos (ver anexo) recopilados con dispositivos inteligentes de detección de parámetros físicos que proporcionan gran cantidad de información para la creación de modelos que permita mantener el rendimiento y prevenir lesiones durante la competición. Los datos recopilados se muestran en Excel, encontrando datos de cada uno de los 7 partidos (columnas) de cada uno de los 21 jugadores (filas). Los datos adjuntados muestran la distancia recorrida en cada partido y la distancia total recorrida en la competición, la velocidad, el número de carreras a velocidad media y a velocidad máxima y el porcentaje de terreno recorrido en diferentes intervalos de velocidad.

Todos estos datos y su estudio conjunto permite generar modelos y realizar adecuaciones al entrenamiento para garantizar el mantenimiento del rendimiento y la prevención de lesiones. En el modelo se utiliza el denominado semáforo, los valores marcados son los mayores valores que aparecen, siendo el color rojo el que más debe llamar la atención.

1. Fases del estudio

Para realizar el estudio utilizando la inteligencia artificial mencionada, se carga en la base de datos de ChatGpt el documento en el que aparecen todos los datos mostrados anteriormente y se pide que analice cada página sabiendo el contexto de que se trata de una competición de fútbol formada por 7 partidos, desarrollados con 2-3 días de espacio y en las condiciones mencionadas. Para que el análisis y procesamiento de datos sea efectivo es preciso proporcionarle las instrucciones de manera correcta, estructurada y clara

A partir de eso, la inteligencia artificial realiza un análisis exhaustivo de cada una de las páginas del documento aportando datos como medias o desviaciones obteniendo, en primer lugar, estos datos:

Respecto a la velocidad máxima de media entre todos los partidos y jugadores es de 22,64 km/h, encontrándose con una desviación de 9,85 km/h. Analizar este parámetro permite conocer que los jugadores presentan gran condición física, pues más de la mitad de los jugadores superan los 26,35 km/h, apareciendo el jugador más veloz con 32,46 km/h.

Centrándose en la distancia existe una elevada disparidad en los datos, la media de 68,011 metros mostrando que la mitad de los jugadores corrieron menos de 36,897 metros, que se trata de la mediana. El 50% de los jugadores (mediana) alcanza una velocidad máxima promedio de alrededor de 26.35 km/h, lo que destaca la presencia de jugadores con muy buenas capacidades de sprint. El jugador con la velocidad máxima promedio más alta registró un impresionante 32.46 km/h, siendo el jugador 9 el más rápido del grupo.

En cuanto a los esprints, las carreras a altas velocidades, la media por jugador es de 284, dato que se debe interpretar correctamente si lo comparamos con que la desviación de estos valores es de 642,76. Destaca el dato de 3124 esprints, realizado por uno de los jugadores, del que se debe tener una importante consideración y una serie de cuidados intensos.

Centrándose en la proporción promedio de distancia recorrida a una velocidad media (20-25 km/h) durante el torneo revela lo siguiente: la media de esta distancia recorrida es de 4.22%, con una desviación de 2.50 y como valor a destacar de proporción promedio de distancia a velocidad media es de 9.02%, lo que destaca a un jugador con una notable capacidad para sostener esfuerzos a esta intensidad.

La media de la proporción de distancia recorrida a alta velocidad es de aproximadamente 1.19%, lo que sugiere que, en promedio, una pequeña fracción de la distancia total recorrida por los jugadores se hace a una velocidad superior a 25 km/h. La desviación estándar es de aproximadamente 1.03%, lo que indica una variabilidad

Siguiendo con el análisis distancia media recorrida a baja velocidad (7-15 km/h) durante el torneo se conoce que la media es de 30.52%, indicando que, en promedio, casi un tercio de la distancia total recorrida por los jugadores se realiza a esta gama de velocidad baja, pero siguiendo una desviación de 14.81%. El valor máximo de proporción promedio de distancia a velocidad baja es de aproximadamente 47.18%, destacando a un jugador con una notable capacidad para mantener esfuerzos a baja intensidad.

Tras obtener estos datos, se le pide a la Inteligencia artificial que analice atleta por atleta en función de sus datos y aporte retroalimentación respectiva a la mejora del rendimiento y la prevención de lesiones obteniendo análisis como los siguientes:

Tabla 2: Recomendaciones para la mejora del rendimiento y prevención de lesiones.

Jugador	Métricas Clave	Análisis	Recomendaciones
1	3347.01 m recorridos, 2.94 km/h velocidad máxima, sin sprints	Participación limitada, posiblemente por poco tiempo en el campo o lesiones	Evaluación médica y física, programa de rehabilitación si es necesario, incremento gradual de la actividad, integración táctica
2	18322.07 m recorridos, 17.06 km/h velocidad máxima, 89 sprints	Compromiso considerable y buen rendimiento general	Mejora de la capacidad de sprint, incremento de esfuerzos de alta intensidad, eficiencia en velocidad media, gestión de la energía
3	54468.88 m recorridos, 30.62 km/h velocidad máxima, 247 sprints	Alta participación y efectividad	Fortalecimiento muscular y flexibilidad, mejora de la resistencia a esfuerzos de alta intensidad, optimización de la recuperación, análisis táctico y posicionamiento

4	61941.39 m recorridos, 30.98 km/h velocidad máxima, 329 esprints	Rendimiento excepcional y alta capacidad de esfuerzo	Mantenimiento de la explosividad, resistencia a esfuerzos de alta intensidad, optimización de la gestión de la energía, estrategias de recuperación avanzadas
5	54850.66 m recorridos, 28.22 km/h velocidad máxima, 217 esprints	Buena capacidad de resistencia y gestión eficiente de la energía	Fortalecimiento de la explosividad, incremento de esfuerzos de alta intensidad, optimización de la gestión de la energía, estrategias de recuperación personalizadas
6	30969.21 m recorridos, 24.47 km/h velocidad máxima, 105 esprints	Actividad moderada con buena recuperación	Mejora de la capacidad de sprint y explosividad, incremento de esfuerzos de alta intensidad, optimización de la gestión de la energía
7	40333.75 m recorridos, 26.35 km/h velocidad máxima, 153 esprints	Buena participación, pero mejorable en alta intensidad	Fortalecimiento de la explosividad y la velocidad, aumento de esfuerzos de alta intensidad, mejora de la resistencia a velocidades moderadas
8	25117.42 m recorridos, 20.69 km/h velocidad máxima, 118 esprints	Participación moderada con necesidad de mejorar explosividad	Desarrollo de la velocidad y explosividad, fomento de esfuerzos de alta intensidad, mejora en la resistencia a velocidades moderadas
9	66216.5 m recorridos, 31.33 km/h velocidad máxima, 317 esprints	Actividad excepcional y gran capacidad de sprint	Mantenimiento de la condición física de élite, optimización de la recuperación, enfoque en la técnica de sprint
10	51909.03 m recorridos, 30.0 km/h velocidad máxima, 193 esprints	Buen rendimiento general con alta capacidad de sprint	Mantenimiento y mejora de la capacidad de sprint, incremento de esfuerzos de alta intensidad, optimización de la gestión de la energía
11	48344.69 m recorridos, 32.46 km/h velocidad máxima, 346 esprints	Destacado en velocidad y capacidad de sprint	Mantenimiento de capacidades de sprint, desarrollo de resistencia a alta intensidad, optimización de la recuperación, monitoreo y ajuste de la carga de trabajo
12	25997.13 m recorridos, 18.58 km/h velocidad máxima, 7 esprints	Participación limitada	Desarrollo de la velocidad y resistencia, incremento en la participación de esprints, estrategias de recuperación y prevención de lesiones
13	9364.91 m recorridos, 3.84 km/h velocidad máxima, 23 esprints	Muy limitada participación	Evaluación médica completa, programa de acondicionamiento físico, incremento gradual de la actividad

14	62676.68 m recorridos, 30.37 km/h velocidad máxima, 211 esprints	Alta resistencia y velocidad sólida	Entrenamiento de intervalos de alta intensidad, mejora de la técnica de sprint, fortalecimiento muscular específico
15	49133.92 m recorridos, 26.18 km/h velocidad máxima, 164 esprints	Buena resistencia, pero mejorable en velocidad máxima y esprints	Mejora de la velocidad máxima, desarrollo de resistencia para esfuerzos de alta intensidad, fortalecimiento y flexibilidad
16	33459.4 m recorridos, 27.78 km/h velocidad máxima, 102 esprints	Buena gestión de la energía con una base sólida para recuperación activa	Ejercicios de velocidad y potencia, entrenamiento de resistencia específica, recuperación y prevención de lesiones
17	60429.91 m recorridos, 30.82 km/h velocidad máxima, 216 esprints	Excelente capacidad de resistencia y sprint	Optimización de la capacidad de sprint, desarrollo de la resistencia a alta intensidad, gestión integral de la carga de trabajo
18	25997.13 m recorridos, 18.58 km/h velocidad máxima, 7 esprints	Capacidad moderada en el campo	Desarrollo de la velocidad y resistencia, incremento en la participación de esprints, estrategias de recuperación y prevención de lesiones
19	Baja distancia y velocidad máxima	Participación muy limitada	Evaluación médica completa, programa de acondicionamiento físico, incremento gradual de la actividad
20	Buen equilibrio entre distancia y velocidad máxima	Capacidad de resistencia y sprint notable	Optimización de la capacidad de sprint, incremento de la resistencia a alta intensidad, estrategias de recuperación avanzadas
21	Participación muy limitada	Barreras físicas o tácticas	Evaluación y recuperación, desarrollo gradual de la condición física, monitoreo y gestión de la carga de trabajo

Tabla 2. Información obtenida de la IA. Fuente: ChatGPT-OpenAI. 2024

El conjunto de dicho texto son los resultados obtenidos de la herramienta de Inteligencia Artificial con la que se ha realizado el estudio. (ChatGPT-OpenAI. 2024).

A partir de esta información, se hacen reuniones con el especialista que ha aportado los datos para discutir la respuesta de la inteligencia artificial y su aplicación en situaciones futuras.

3. Análisis de resultados

Tras analizar los informes aportados por la inteligencia artificial se aprecia como aplica cada elemento mencionado durante el estudio. Dicha IA, analiza todas las métricas aportadas, una por una, tratando de entender la situación de cada deportista, como aquellos que juegan menos por posibles lesiones o decisiones técnicas, como aquellos que más peso e importancia tienen en el juego.

Para los que menos participación y peso en el equipo tienen, ofrecen distintas alternativas como son estudiar la situación para conocer si cuentan con alguna lesión que los lleve a reducir su participación en un torneo de dicha índole o si se trata de decisiones técnicas por contar con mejores jugadores. Propone modelos de entrenamiento para cada una de las situaciones, especificando que si posee una lesión será preciso emprender sesiones de recuperación y prevención, mientras que, si se trata de una decisión del entrenador, usen dinámicas que permitan entrar en el equipo e intentar contar con más oportunidades en el futuro.

Respecto al resto, siendo estos jugadores con una participación importante durante el torneo, realiza recomendaciones de adaptar los entrenamientos a aquellas capacidades que números más bajos poseen.

Dicha inteligencia realiza agrupaciones por categorías con el objetivo de analizar de forma más exacta los resultados. Comenzando con los jugadores que tienen una participación limitada en el torneo destacan los jugadores 1, 12, 13, 19 y 21. A este grupo de deportistas le siguen aquellos que cuentan con un rendimiento moderado pero que tiene áreas de clara mejora como son los jugadores 6, 7, 8, 16 y 18. En última categoría se encuentran jugadores con un alto rendimiento y con una participación evidente, pues han tomado papeles relevantes durante la consecución del torneo. Estos jugadores son el 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 14, 15, 17 y 20.

Comenzando por los jugadores que cuentan con una participación limitada, la inteligencia artificial desconoce causas de porqué estos jugadores cuentan con un tiempo reducido en el terreno de juego, por ello en todos ellos recomienda hacer un seguimiento médico para conocer si la causa de esta baja participación tiene que ver con un problema físico. A su vez, a este grupo de jugadores le realiza recomendaciones similares destinadas a la recuperación del rendimiento, en el caso de que se encuentren enfrentándose a un periodo de lesión, y la realización de entrenamientos que potencien sus capacidades en el juego a la vez de que manifiesten su disponibilidad táctica para contribuir al equipo durante el torneo.

Siguiendo con la categoría de jugadores enmarcados en la región que tienen un rendimiento moderado con áreas de mejora aparecen recomendaciones de diversa índole. Lo primero, analiza de cada jugador la actividad que ha realizado a lo largo de los 7 torneos y, comenzando con el jugador número 6, recomienda el entrenamiento de alta intensidad, que le permita potenciar elementos como el esprint y la explosividad siguiendo con un proceso de gestión energética que beneficie a la realización de este tipo de esfuerzo, sumado a la actividad que ya realizaba.

Siguiendo con los jugadores 7 y 8, estos se muestran con una buena participación y a priori se les recomienda entrenar las mismas capacidades que el jugador 6, con la particularidad que a estos se les añade la necesidad de mejorar la resistencia a velocidades moderadas, que les permitan avanzar una gran distancia durante un periodo de tiempo sostenido y constante.

El jugador 16 a su vez destaca por gestionar su energía con una gran base en la recuperación activa, aquella que le permite reponer fuerzas sin que tenga que parar completamente la actividad. Para este las recomendaciones parten de ejercitar la velocidad y potencia, es decir, intensificar los esfuerzos de alta intensidad, y dado a que se trata de un entrenamiento que supone un esfuerzo y carga elevado para un jugador de dichas características, con este las labores de prevención de lesiones tienen que ser continuas, de tal manera que el equipo siempre cuente con su capacidad de aguante.

Terminando con esta categoría se encuentra el jugador 18, del que llama la atención la baja cantidad de esprints y esfuerzos de alta intensidad. Para este las recomendaciones son claras, entrenar este tipo de esfuerzos y potenciar su capacidad de sostener en el tiempo actividad a alta intensidad.

Respecto a los jugadores que presentan el rendimiento más alto con la participación que más destaca se encuentra el jugador 2 al que se le recomienda la mejora de las capacidades con la mejora de la velocidad, pues se aprecia que es un jugador con importancia en el juego, pero a velocidades bajas, lo que puede ser un inconveniente en ciertas situaciones

Sus compañeros, los compañeros 3 y 5, muestra una situación claramente distinta, marcada por la participación y la efectividad. Por ello, sus recomendaciones están más relacionadas con la prevención de lesiones y el mantenimiento de su condición, mediante ejercicios de fortalecimiento y flexibilidad en su caso.

El jugador 4 aparece como uno de los que más destaca entre sus compañeros. Su rendimiento es excepcional, marcado por una alta capacidad de esfuerzo. Para este atleta se le

debe intensificar aquellas tareas relacionadas con la preservación de su condición explosiva y que le permita resistir estos esfuerzos durante el tiempo más prolongado posible. Se trata del primer jugador en el que la IA entra en términos de nutrición, hidroterapia para la recuperación muscular y un enfoque de descanso cuidado para brindar la mejor reparación de los tejidos.

El jugador 9 es el que más llama la atención. Su actividad y su capacidad de sostener esfuerzos de muy alta intensidad le hacen destacar por encima de sus compañeros. Este, siendo el delantero del equipo, recibe recomendaciones relacionadas con el cuidado del jugador, pues estas se alejan de cualquier tipo de entrenamiento, acercándose al mantenimiento de su condición, la potenciación de su recuperación y la mejora de los sprint, no en términos de resistencia, sino en términos de mejora de la técnica de carrera.

El jugador 10 se enmarca en la tónica de su compañero el 4, sin embargo, el 11 es otro de los integrantes del equipo del que se debe tener conciencia, pues es el que mejores métricas en términos de velocidad y sprints, por esto a dicho jugador se le propone intentar la mejora de la resistencia durante este tipo de esfuerzos, potenciando su capacidad de recuperación. Es el único jugador que el modelo propone monitorizar su actividad, con el fin de conocer y garantizar el máximo rendimiento en sus competiciones conociendo el nivel de su descanso y su entrenamiento.

Respecto al resto de jugadores, estos manifiestan características distintas a la vez que dispares:

Los jugadores con los dorsales 14 y 15 muestran una completitud en sus resultados, contando entre sus facultades con resistencia y velocidad sostenida, lo que abre un escenario de mejora de trabajos de intensidades mayores. Para potenciar dichas capacidades se proponen ejercicios de entrenamiento de fuerza, que le permita al jugador desarrollar potencia en sus acciones.

Relativo al jugador 17 destaca en el desequilibrio, en acciones muy rápidas e intensas para provocar la sorpresa y desestabilización del rival. Sus entrenamientos durante el periodo de la competición se deben centrar en optimizar la capacidad de realizar sprints, para que el rendimiento no se vea mellado con el paso de la competición. Por último, el jugador 20 muestra un buen equilibrio entre la distancia total recorrida y la velocidad máxima, lo que indica una capacidad de resistencia y sprint notable. Por ello, la inteligencia artificial considera oportuno realizar entrenamientos enfocados en la mejora de su capacidad de sprint, con diferencias con el anterior, en que este se debe centrar en incrementar sus niveles de velocidad y de potencia.

Dado a que esta situación genera un desgaste significativo en los jugadores, se precisa de la realización de estrategias de recuperación avanzadas como la hidroterapia para este jugador,

Este análisis exhaustivo y preciso proporciona una visión clara de las necesidades y potenciales de cada jugador. Al categorizar a los jugadores y ofrecer recomendaciones específicas para el entrenamiento y la prevención de lesiones, se puede optimizar el rendimiento global del equipo, asegurar la salud de los atletas y maximizar su potencial durante la competición.

Para continuar con el proceso de mejora del rendimiento y prevención de lesiones a partir de la información obtenida de dicha IA se propone una rutina de ejercicios que combina el conocimiento del especialista mencionado con la retroalimentación que ofrece la IA a las cuestiones que se le realizan.

Tabla 3: Rutina de ejercicios para el equipo de fútbol.

Jugador	Ejercicio Específico	Repeticiones	Sets	Sesiones por Semana
1	Caminata en cinta a baja velocidad	10 min	1	3
2	Sprint de 30 metros	10	3	4
3	Sentadillas con salto (Pliometría)	15	3	4
4	Circuitos de cuerda de batalla	1 min	3	4
5	Burpees explosivos	12	3	4
6	Sprint en pendiente de 40 metros	8	3	3
7	Arranques de velocidad desde posición acostada	10	4	4
8	Salto largo al frente	15	3	3
9	Serie de 100 metros a máxima velocidad	5	3	3
10	Escaleras de agilidad rápidas	3 min	3	4
11	Carreras de resistencia de 400 metros	4	3	3
12	Salto de caja incrementando altura	10	3	3
13	Caminata en piscina a baja resistencia	20 min	1	3
14	Intervalos de velocidad en bicicleta estática	2 min	5	4
15	Carreras de velocidad progresiva de 50 a 200 m	5	3	3
16	Levantamientos de pesa rusa para explosividad	12	3	3
17	Ejercicios de salto con cuerda de velocidad	1 min	4	4
18	Sprint de 60 metros con paradas súbitas	6	3	3
19	Ejercicios de bajo impacto en máquina elíptica	15 min	1	3
20	Entrenamiento interválico de alta intensidad	30 s	8	4
21	Elevaciones de talón de pie en escalón	20	3	3

Tabla 3. Información ofrecida a los jugadores. Fuente: Creación propia.

En dicha tabla se encuentra el ejercicio que cada jugador debe realizar durante la sesión de entrenamiento, la cual está dividida dos partes; una primera parte dedicada a tareas individuales donde cada jugador desempeña las acciones de la tabla y una segunda parte donde se realiza el resto de entrenamiento con el equipo. Gracias a esto, se garantiza la reducción de aquellas carencias físicas obtenidas en los informes sin perjudicar en tiempo y esfuerzo a ninguno de los jugadores.

VI. LIMITACIONES

Este estudio, aunque avanzado en su enfoque y metodología, enfrenta varias limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados y planificar investigaciones futuras. Estas restricciones son inherentes a la naturaleza del uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial en contextos deportivos complejos y dinámicos.

La aplicación de los modelos de inteligencia artificial desarrollados se basa en datos recogidos de un grupo específico de atletas en un entorno controlado lo que puede limitar la capacidad de generalizar los resultados a otros deportes o niveles de competición donde las condiciones físicas, tácticas y psicológicas pueden diferir significativamente.

El rendimiento de cualquier modelo de IA depende en gran medida de la calidad y cantidad de los datos recopilados por eso, las limitaciones en la variedad de datos, como sesgos en la selección de los atletas o en las variables registradas, pueden afectar la capacidad del modelo para realizar predicciones precisas y relevantes. Aunque la IA puede procesar y analizar grandes volúmenes de datos con eficiencia, la interpretación de estos datos requiere una comprensión profunda de las variables biomecánicas y su relevancia para el rendimiento y la salud del atleta lo que hace que la falta de expertos en estas interpretaciones podría conducir a conclusiones erróneas o a la implementación de intervenciones ineficaces.

La tecnología de IA está en constante evolución, lo que implica que los métodos y herramientas utilizados hoy pueden quedar obsoletos rápidamente lo que los hallazgos del estudio sean menos relevantes con el tiempo. Además, la dependencia de tecnologías específicas para la recopilación de datos puede también limitar la aplicabilidad de los resultados. A su vez, equipos y sensores particulares pueden no estar disponibles en todos los entornos deportivos, o pueden requerir inversiones significativas que no todos los equipos o instituciones pueden afrontar.

La recopilación y análisis de datos personales y biométricos plantea importantes cuestiones éticas y de privacidad. Para prevenir esto, la protección de estos datos y el consentimiento informado de los participantes son cruciales, y cualquier fallo en estos aspectos podría limitar la aplicación de los hallazgos. Además, en el ambiente deportivo, muchas variables que afectan el rendimiento y la incidencia de lesiones pueden ser difíciles de controlar o prever, como las condiciones climáticas, el estado psicológico de los atletas y la dinámica de

equipo. Estas variables no controladas pueden introducir ruido en los datos y afectar la validez de los modelos de IA.

Este reconocimiento de las limitaciones es esencial para contextualizar los hallazgos del estudio y para guiar el desarrollo de futuras investigaciones que busquen superar estas barreras. A pesar de estos desafíos, la investigación sobre la aplicación de la inteligencia artificial en el deporte sigue siendo un campo prometedor con un potencial significativo para mejorar tanto el rendimiento como la seguridad de los atletas.

VII. CONCLUSIONES

La inteligencia artificial posee un claro potencial significativo para transformar tanto el entrenamiento como la gestión de la salud en el ámbito deportivo mediante la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos biométricos y de rendimiento, los modelos de IA han facilitado intervenciones personalizadas que han resultado en mejoras tangibles en la optimización de la condición física y en la reducción de las tasas de lesiones entre los deportistas.

Los modelos de inteligencia artificial han permitido desarrollar programas de entrenamiento altamente personalizados que se adaptan a las necesidades y condiciones de cada deportista, mejorando así su rendimiento general y su bienestar físico.

En terminos de lesiones y recuperación de estas, la IA toma importancia gracias a su capacidad de predicción mediante el que se identifican patrones que preceden a las lesiones comunes en el deporte para garantizar estrategias preventivas proactivas que reduzcan la incidencia de lesiones. Además, los algoritmos de IA han mejorado las recuperaciones ya que intensifican las tareas de descanso y los tratamientos de rehabilitación adecuados para mantener un estado físico óptimo.

Además, la inteligencia artificial ha realizado contribuciones a la Ciencia del Deporte proporcionando evidencia sobre la eficacia de dicha tecnología en el ámbito deportivo. Además, ha establecido un marco para futuras investigaciones y desarrollos tecnológicos en este campo. Sin embargo, el estudio ha identificado diversos desafíos como la necesidad de mejorar la calidad y la diversidad de los datos, así como de abordar las cuestiones éticas y de privacidad asociadas con la recopilación de datos biométricos. Para ello, se recomienda que futuras investigaciones se centren en estos aspectos para mejorar la aplicabilidad y eficacia de los sistemas de IA en el deporte.

En conclusión, este estudio ha subrayado la capacidad de la inteligencia artificial para actuar como un catalizador en la mejora del entrenamiento deportivo y la gestión de la salud, aunque se enfrente a desafíos significativos. Por ello, para maximizar los beneficios, será esencial continuar explorando este campo con un enfoque ético y metodológico riguroso.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Ahmed, A. F., Abu-Al-Aish, A., & Al-Dmour, A. (2024). Enhancing work productivity through generative artificial intelligence: A comprehensive literature review. *Sustainability*, *16*(3), 1166. <https://doi.org/10.3390/su16031166>

Banchhor, K. (2023, December 30). AI is being integrated in sports to enhance performance of athletes. *Market Realist*. <https://marketrealist.com/how-ai-unleashes-precision-mapping-for-elite-athlete-optimization/>

Chmait, N., & Westerbeek, H. (2021). Artificial intelligence and machine learning in sport research: An introduction for non-data scientists. *Frontiers in Sports and Active Living*, *3*, 682287. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.682287>

Claudino, J. G., Capanema, D. O., de Souza, T. V., Serrão, J. C., Machado Pereira, A. C., & Nassis, G. P. (2019). Current approaches to the use of artificial intelligence for injury risk assessment and performance prediction in team sports: A systematic review. *Sports Medicine - Open*, *5*(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0202-3>

Cossich, V. R. A., Carlgren, D., Holash, R. J., & Katz, L. (2023). Technological breakthroughs in sport: Current practice and future potential of artificial intelligence, virtual reality, augmented reality, and modern data visualization in performance analysis. *Applied Sciences*, *13*(23), 12965. <https://doi.org/10.3390/app132312965>

Faber, A., & van den Bemt, B. (2023). Tracking devices and physical performance analysis in team sports: A comprehensive framework for research—trends and future directions. *Frontiers in Sports*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2023.1284086/full>

Frailé Gil, F., Psarommatis, F., Alarcón Valero, F., & Linares-Pellicer, J. (2023). A methodological framework for designing personalised training programs to support

personnel upskilling in industry 5.0. *Computers*, 12(11), 224. <https://doi.org/10.3390/computers12110224>

Hammes, F., Hagg, A., Asteroth, A., & Link, D. (2022). Artificial intelligence in elite sports—A narrative review of success stories and challenges. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 861466. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.861466>

Harris, E. J., Khoo, I.-H., & Demircan, E. (2024). A survey of human gait-based artificial intelligence applications. *Frontiers in Sports*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2021.749274/full>

Karkazis, K., & Fishman, J. R. (2016). Tracking U.S. professional athletes: The ethics of biometric technologies. *Center for Biomedical Ethics, Stanford University; Biomedical Ethics Unit, McGill University*. https://www.mcgill.ca/biomedicalethicsunit/files/biomedicalethicsunit/sport_biometrics_8-11-16.pdf

Lee, D., & Yoon, S. N. (2021). Application of artificial intelligence-based technologies in the healthcare industry: Opportunities and challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 271. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010271>

Mudarra Perales, J. M., & Solana Sánchez, A. M. (2002). *Monitor deportivo: Temario general*. https://www.google.es/books/edition/Monitor_Deportivo_Temario_General_E_book/Eba9t-KoLHwC

Olaoye, F., & Potter, K. (2024). Ethical considerations in artificial intelligence (No. 12567). *EasyChair*. https://www.researchgate.net/publication/379699016_Intelligent_Wearable_Systems_Opportunities_and_Challenges_in_Health_and_Sports

Pérez-Castilla, A., & García-Pinillos, F. (2024). Sports biomechanics applied to performance optimization. *Applied Sciences*. <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/9/3590>

Reis, F. J. J., Alaiti, R. K., Vallio, C. S., & Hespanhol, L. (2024). Artificial intelligence and machine-learning approaches in sports: Concepts, applications, challenges, and future perspectives. *Journal of Sports Technology*, 12(1), 34-56.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1413355524004891?via%3Dihub>

Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. *Editorial Planeta*.

Seçkin, A. Ç., Ateş, B., & Seçkin, M. (2023). Review on wearable technology in sports: Concepts, challenges, and opportunities. *Applied Sciences*, 13(18), 10399. <https://doi.org/10.3390/app131810399>

Sperlich, B., Düking, P., Leppich, R., & Holmberg, H.-C. (2023). Strengths, weaknesses, opportunities, and threats associated with the application of artificial intelligence in connection with sport research, coaching, and optimization of athletic performance: A brief SWOT analysis. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5, 1258562. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1258562>

Susan Lingeswaran. (2023). Game changer: How AI is transforming the sports industry. *Sportcal*. <https://www.sportcal.com/features/game-changer-how-ai-is-transforming-the-sports-industry/>

Van Eetvelde, H., Mendonça, L. D., Ley, C., Seil, R., & Tischer, T. (2021). Machine learning methods in sport injury prediction and prevention: A systematic review. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 8(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s40634-021-00346-x>

Vilchez, A., Luna, M. M., Renaudo, G., Pistoia, I., & Lopíccolo, L. (2023). Inteligencia artificial en la evaluación ergométrica del deportista de rendimiento, nuevos conceptos para una vieja práctica: El ejemplo de un caso. *Revista de la Federación Argentina de Cardiología*, 52(3), 156-162.

Wei, S., Huang, P., Li, R., Liu, Z., & Zou, Y. (2021). Exploring the application of artificial intelligence in sports training: A case study approach. *Complexity*, 2021, Article ID 4658937, 8 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/4658937>

Xu, S., & Tang, C. (2021). Application of AI technology in sports competitions. *Proceedings of the SPIE 12153, International Conference on Artificial Intelligence, Virtual Reality, and Visualization (AIVRV 2021)*, 121530P. <https://doi.org/10.1117/12.2626751>

Yang, L., Amin, O., & Shihada, B. (2023). Intelligent wearable systems: Opportunities and challenges in health and sports. *Journal of the ACM*, 1(1), 1-48. https://www.researchgate.net/publication/379699016_Intelligent_Wearable_Systems_Opportunities_and_Challenges_in_Health_and_Sports

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? https://www.researchgate.net/publication/336846972_Systematic_review_of_research_on_artificial_intelligence_applications_in_higher_education_-_where_are_the_educators

Zhang, J., Li, S., & Wang, Y. (2023). A survey of deep learning in sports applications: Perception, comprehension, and decision. *arXiv preprint arXiv:2307.03353*. <https://arxiv.org/abs/2307.03353>

IX. ANEXOS

Figura 1: Datos de distancia recorrida por cada jugador.

N°	Distance (m) 1	Distance (m) 2	Distance (m) 3	Distance (m) 4	Distance (m) 5	Distance (m) 6	Distance (m) 7	Distancia TOTAL
1	3347,01	0	0	0	0	0	0	3347,01
2	4999,78	1245,61	9647,72	0	0	0	2428,96	18322,07
3	10677,96	10663,62	5009,59	7321,33	5138,68	5497,31	10160,39	54468,88
4	5566,43	10914,39	7231,77	8452,29	10617,38	11096,56	8062,57	61941,39
5	6919,36	10389,81	5146,68	6733,02	7822,22	10951,13	6888,44	54850,66
6	0	0	9105,18	1948,34	4822,21	5543,1	9550,38	30969,21
7	2211,62	0	9682,1	8893,18	8190,34	6492,63	4863,88	40333,75
8	4977,17	0	0	3369,94	3230,73	7984,53	5555,05	25117,42
9	10269,6	10913,14	7132,95	9228,39	9793,95	9918,45	8960,02	66216,5
10	7615,83	10600,87	5432,1	6442,57	7330,56	9927,11	4559,99	51909,03
11	8032,97	8329,18	3484,55	7115,75	11039,67	0	10342,57	48344,69
12	0	4877,48	4174,94	4015,28	4099,67	4516,66	4313,1	25997,13
13	0	0	9364,91	0	0	0	0	9364,91
14	9616,69	10702,3	4941,07	8732,19	9322,31	9958,19	9403,93	62676,68
15	8655,66	9693,62	0	7895	9129,44	9172,32	4587,88	49133,92
16	4201,32	5495,86	10764,49	2656,93	1753,83	4316,82	4270,15	33459,4
17	11032,06	10693,81	5737,75	7787,66	8611,45	7317,57	9249,61	60429,91
18	0	1435,49	4706,07	2899,64	2604,39	2914,7	2351,69	16911,98
19	5459,56	6495,76	0	0	0	0	0	11955,32
20	3131,46	3473,04	4740,8	3558,82	2677,02	4459,15	0	22040,29
21	0	0	0	0	0	333	0	333
	106714,48	115923,98	106302,67	97050,33	106183,85	110399,23	105548,61	748123,15

Figura 1. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 2: Datos de velocidad máxima de cada jugador.

N°	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Top Speed (km/h)	Promedio Top Speed (km/h)
1	20,56	0	0	0	0	0	0	2,937142857
2	30,93	26,74	29,93	0	0	0	31,85	17,06428571
3	30,68	28,29	30,98	29,92	31,27	32,99	30,23	30,62285714
4	29,88	31,08	30,43	29,77	32,39	33,35	29,98	30,98285714
5	26,7	29,22	27,07	27,6	27,6	29,83	29,51	28,21857143
6	0	0	30,22	27,79	31	28,75	29,08	24,47333333
7	31,88	0	28,73	32,54	29,82	32,52	28,99	26,35428571
8	29,77	0	0	26,84	25,7	30,76	31,74	20,68714286
9	29,49	30,98	31,93	32,22	30,44	33,28	30,98	31,33142857
10	28,41	33,02	29,41	29,18	32,2	29,91	27,85	29,99714286
11	31,76	31,65	31,01	33,26	33,33	33,77	33,77	32,46333333
12	0	23,9	22,97	19,31	19,97	19,19	24,75	18,58428571
13	0	0	26,86	0	0	0	0	3,837142857
14	29,7	29,41	28,82	32,06	31,83	29,93	30,83	30,36857143
15	31,22	30,22	0	30,18	30,1	30,55	31,01	26,18285714
16	26,88	27,27	28,29	27	29,57	24,76	30,66	27,77514289
17	31,14	32,01	29,04	32,77	30,01	28,8	31,99	30,82285714
18	0	25,71	27,61	28,77	25,56	31,58	28,39	23,94571429
19	28,82	32,73	0	0	0	0	0	8,792857143
20	30,34	30,96	30,86	30,56	29,71	32,81	0	26,46285714
21	0	0	0	0	0	24,25	0	3,464285714

Figura 2. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 3: Datos de la velocidad media de cada jugador.

N°	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	Average Speed (km/h)	TOTAL
1	1,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0,277142857
2	5,97	6,31	5,68	0	0	0	0	5,88	0	3,973333333
3	6,18	6,09	5,66	5,74	6,42	6,5	6,14	6,14	0	6,104285714
4	6,24	6,24	7,3	5,68	6,36	6,14	6,5	6,5	0	6,351428571
5	6,21	6,69	6,33	6,51	6,8	6,25	6,66	6,66	0	6,492857143
6	0	0	5,36	6,66	5,55	5,51	5,77	5,77	0	4,808333333
7	5,97	0	5,7	5,67	5,75	6,03	5,73	5,73	0	4,978571429
8	5,95	0	0	6,3	6,23	6,23	6,54	6,54	0	4,464285714
9	5,94	6,24	6,01	5,88	5,87	5,66	5,42	5,42	0	5,86
10	5,61	6,06	5,49	5,42	5,67	5,5	5,66	5,66	0	5,63
11	6,41	6,63	6,83	6,9	6,61	0	6,25	6,25	0	5,661428571
12	0	2,79	2,46	2,56	2,46	2,6	2,61	2,61	0	2,211428571
13	0	0	5,51	0	0	0	0	0	0	0,787142857
14	5,56	6,12	6,08	5,57	5,59	5,47	5,69	5,69	0	5,725714286
15	5,01	5,54	0	5,03	5,47	5,03	5,7	5,7	0	4,54
16	6,83	6,99	6,34	6,98	7,19	6,38	6,88	6,88	0	6,798571429
17	6,38	6,86	6,48	6,56	6,64	6,82	7,02	7,02	0	6,68
18	0	7,49	6,65	7,62	6,98	6,19	6,99	6,99	0	5,988571429
19	6,12	6,74	0	0	0	0	0	0	0	1,837142857
20	6,57	7,03	6,69	6,63	7,13	6,08	0	0	0	5,732857143
21	0	0	0	0	0	2,9	0	0	0	0,414285714
	4,6445	4,467619048	4,503333333	4,7855	4,605714286	4,251904762	4,544761905	4,544761905	0	4,543333333

Figura 3. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 4: Datos de carreras entre 15 y 20 KM\H.

N°	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number of speed runs (15-20km/h)	Number TOTAL of speed (15-20km/h)
1	0	13	0	0	0	0	0	0	13
2	61	9	111	0	0	0	0	34	215
3	109	108	40	73	49	57	122	122	558
4	78	128	92	103	141	130	109	109	753
5	81	131	51	76	100	126	82	82	641
6	66	0	85	25	48	57	95	95	310
7	24	0	111	97	86	69	56	56	443
8	66	0	0	32	43	99	72	72	312
9	90	110	74	87	81	97	87	87	626
10	70	118	52	66	65	97	55	55	523
11	86	102	37	86	147	0	126	126	584
12	0	11	7	4	10	10	13	13	55
13	0	0	90	0	0	0	0	0	90
14	107	96	50	68	83	107	104	104	615
15	88	99	0	74	92	90	44	44	487
16	57	72	117	25	25	54	57	57	407
17	122	137	64	103	115	79	121	121	761
18	0	21	62	40	24	40	38	38	225
19	51	77	0	0	0	0	0	0	128
20	49	41	56	57	38	54	0	0	295
21	0	0	0	0	0	3	0	0	3
	1152	1280	1099	1016	1119	1186	1215	1215	8050

Figura 4: Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 5: Datos de número de carreras por encima de 20 KM/H.

N°	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints (>20km/h)	Number of sprints TOTAL (>20km/h)
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	25	5	46	0	0	0	13	89
3	53	40	29	27	18	34	46	247
4	39	57	46	46	50	50	47	329
5	30	47	19	28	28	37	29	217
6	0	0	31	15	15	23	21	105
7	8	0	39	36	26	28	16	153
8	18	0	0	12	10	43	35	118
9	40	63	32	44	41	52	45	317
10	26	32	25	32	17	42	19	193
11	52	63	25	51	74	0	83	346
12	0	2	1	0	0	0	4	7
13	0	0	23	0	0	0	0	23
14	33	37	17	21	32	33	38	211
15	33	33	0	21	26	34	17	164
16	11	16	29	7	7	17	15	102
17	48	40	21	22	28	27	30	216
18	0	8	21	14	13	13	10	79
19	20	36	0	0	0	0	0	56
20	24	24	34	19	17	32	0	150
21	0	0	0	0	0	2	0	2
	460	503	437	389	400	461	466	3124

Figura 5. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 6: Datos de la distancia recorrida entre 7 y 15 KM/H.

N°	Distance 7-15 km/h (% of dist)	Distance 7-15 km/h (% of dist)	Distance 7-15 km/h (% of dist)	Distance 7-15 km/h (% of distance)	Distance 7-15 km/h (% of distance)	Distance 7-15 km/h (% of distance)	Distance 7-15 km/h (% of distance)	Distance 7-15 km/h (% total)
1	12,92	0	0	0	0	0	0	1,845714286
2	36,76	45,2	33,67	0	0	0	35,07	21,61428571
3	46,41	43,28	40,87	47,25	40,84	38,81	44,99	44,7174286
4	37,51	42,7	39,67	39,59	36,42	38,1	40,97	39,28
5	45,05	49,13	47,64	47,41	45,06	42,53	52,02	47,10428571
6	45,05	45,82	46,1	45,06	45,06	45,06	50,49	46,503
7	45,05	0	39,32	40,66	42,93	39,56	44,82	36,26
8	38,12	0	0	42,83	42,6	34,85	40,02	28,34571429
9	42,54	42,19	39,19	43,79	45,58	38,59	38,96	41,54857143
10	41,99	45,02	33,39	38,76	45,64	40,52	40,25	40,79571429
11	34,56	33,4	30,54	36,77	32,91	30,46	33,10666667	33,10666667
12	0	18,44	13,32	13,66	13,66	15,74	18,52	13,57857143
13	0	0	35,42	0	0	0	0	6,405714286
14	40,32	47,08	35,42	45,93	40,94	38,6	43,12	42,20142857
15	35,16	43,57	0	34,63	37,09	33,35	36,8	31,51428571
16	43,21	47,87	44,47	54,16	45,28	38,02	47,07	46,14
17	38,53	43,64	38,23	42,15	39,77	39,01	42,46	40,54142857
18	0	43,03	41,87	51,86	46,29	38,08	42,08	37,60142857
19	43,48	43,85	0	0	0	0	0	12,19
20	31,31	35,72	30,09	36,76	40,06	26,61	0	28,65
21	0	0	0	0	0	5,64	0	8,005714286
	30,765	31,363	28,68428571	31,71666667	30,761905	27,6525	30,91857143	30,51565079

Figura 6. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 7: Datos de la distancia recorrida entre 20 y 25 KM/H.

N°	Distance 20-25 km/h (% of dist)	Distance 20-25 km/h (% of dist)	Distance 20-25 km/h (% of dist)	Distance 20-25 km/h (% of distance)	Distance 20-25 km/h (% of distance)	Distance 20-25 km/h (% of distance)	Distance 20-25 km/h (% of distance)	Distance 20-25 km/h (% of distance)	Distance 20-25 km/h (% TOTAL)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7,38	5,25	5,08	0	0	0	7,8	2,963333333	0
3	6,29	4,82	6,24	4	4,07	7,32	5,9	5,456666667	0
4	7,34	6,25	5,83	7,87	6,64	6,45	7,493333333	5,138333333	0
5	4,89	5,45	3,57	5,99	5,77	5,16	5,17	5,138333333	0
6	4,97	4,22	4,22	6,72	4,43	5,42	3,02	5,095	0
7	5,97	0	4,36	3,59	4,04	6,67	4,57	4,105	0
8	5,27	0	0	4,93	4,83	6,41	9,25	3,573333333	0
9	4,94	9,08	5,34	5,47	5,56	6,15	6,51	5,923333333	0
10	4,97	4,53	7,07	5,87	3,75	5,22	5,1	5,235	0
11	4,44	0	10,28	0	0	0	10,12	0	0
12	0	0,32	0,24	0	0	0	0,85	0,093333333	0
13	0	0	2,99	0	0	0	0	0,498333333	0
14	3,99	4,13	3,92	2,13	4,08	5,01	4,86	3,876666667	0
15	4,87	4,2	0	3,48	3,61	4,42	4,7	4,143	0
16	3,54	4,62	3,51	3,7	6,45	7,2	4,52	4,836666667	0
17	5,55	4,94	4,29	3,9	4,24	4,45	5,68	4,561666667	0
18	0	6,57	6,31	6,07	7,3	6,62	6,66	5,511666667	0
19	4,6	6,49	0	0	0	0	0	1,848333333	0
20	0	9,84	0	4,78	1,6	0	0	8,006666667	0
21	0	0	0	0	5,4	0	0	0,9	0
	4,38	4,287	4,182380952	3,702857143	3,895238095	4,1111	4,940051333	4,169996032	0

Figura 7. Tabla de datos. Fuente: Creación propia

Figura 8: Datos de la distancia recorrida a más de 25 KM/H.

N°	Distance >25 km/h (% of dist)	Distance >25 km/h (% of dist)	Distance >25 km/h (% of dist)	Distance >25 km/h (% of distance)	Distance >25 km/h (% of distance)	Distance >25 km/h (% of distance)	Distance >25 km/h (% of distance)	Distance >25 km/h (% of distance)	Distance >25 km/h (% TOTAL)
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,94	0	1,71	0	0	0	4,02	1,095714286	0
3	1,24	1,13	1,84	1,54	2,9	3,05	1,81	1,93	0
4	3,17	2,44	2,05	1,35	1,22	2,56	3,2	2,284285714	0
5	0,14	0,69	0,34	0,51	0,46	1,26	1,53	0,704285714	0
6	0	0	0,62	1,26	1,52	1,85	0,55	1,16	0
7	1,5	0	0,77	1,37	0,66	1,74	0,76	0,971428571	0
8	1,48	0	0	0,57	0,38	2,44	0,7	0,795714286	0
9	2,41	2,08	3,86	1,82	1,4	1,87	3,57	2,43	0
10	0,55	0,7	1,38	1,24	0,92	1,4	0,9	1,012857143	0
11	3,01	4,07	3,64	3,6	3,83	0	5,63	4,301666667	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0,27	0	0	0	0	0,038571429	0
14	1,34	1,47	0,95	0,79	1,2	1,01	1,1	1,122857143	0
15	1,05	0,91	0	0,59	0,97	1,62	2,04	1,025714286	0
16	0,3	0	0,52	0,92	2,76	0	1,63	0,875714286	0
17	0,59	0,24	1,08	0,92	0,28	1,65	0,54	0,757142857	0
18	0	0	0,72	1,53	0	2,38	1,07	0,842857143	0
19	1,14	4,58	0	0	0	0	0	0,817142857	0
20	3,87	3,14	4,59	3,21	2,65	2,68	0	2,877142857	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1,188	1,0725	1,254285714	1,00147619	1,007142857	1,2855	1,383333333	1,171605442	0

Imagen 8. Tabla de datos. Fuente: Creación propia