

SMF: Diseño centrado en el humano. Indumentaria inteligente para futbolistas.

Nicolás Paez

- 1 Este documento fue elaborado por Nicolás Paez y publicado dentro del marco de investigación aplicada de OMO Data Studio.
- 2 Este documento y los modelos conceptuales, gráficos, tablas, visualizaciones, metodologías y descripciones técnicas incluidos forman parte de una obra original protegida por derechos de autor. Su uso o reproducción requiere autorización previa.
- 3 Puede encontrar el Índice en Pág. 15

Abstracto: La ropa inteligente desempeña un papel fundamental en el fomento de la innovación y en la optimización del rendimiento y la salud de los deportistas, elevando la calidad de su preparación y recuperación física. El diseño de prendas inteligentes para monitorizar las funciones físicas y fisiológicas en jugadores de fútbol es un recurso crucial que el diseño centrado en el humano está explorando, equilibrando las necesidades expresadas por los deportistas con los requisitos tecnológicos del proceso de diseño. En este artículo, el autor describe una metodología centrada en el humano para el diseño de prendas inteligentes, basada en la evaluación de la aceptación de la ropa inteligente por parte de los jugadores. Este método de comparación puede considerarse similar a una versión simplificada de la herramienta de despliegue de la función de calidad (QFD) y se utiliza para evaluar la respuesta general de cada tipología de prenda a diferentes categorías de requisitos, determinando la propensión del jugador a utilizar el producto desarrollado. La metodología propuesta busca introducir en el proceso de diseño una herramienta para evaluar y comparar las soluciones desarrolladas, reduciendo la complejidad de los procesos de diseño al proporcionar una herramienta para la comparación de soluciones significativas, correlacionando factores cuantitativos y cualitativos.

Palabras clave: Diseño centrado en el humano ; metodología de diseño ; usabilidad ; diseño deportivo ; jugadores de fútbol ; ropa inteligente ; indumentaria inteligente ; modelado humano digital ; biomonitoring ; despliegue de la función de calidad

1. Introducción

A nivel mundial, las sociedades deportivas y tecnológicas están transformando sus hábitos, pasando de «entornos de entrenamiento tradicionales» a «entornos inteligentes» que buscan resolver diversos desafíos de rendimiento y bienestar mediante la incorporación de las innovaciones de la cuarta revolución tecnológica (por ejemplo, el Internet de las Cosas (IoT), el big data, la inteligencia artificial (IA), la robótica y, por consiguiente, la analítica avanzada del rendimiento) en todos los sectores del deporte profesional y amateur. Esta «evolución», a largo plazo, influye en la manera de gestionar los problemas relacionados con la salud y el rendimiento físico de los deportistas, ofreciendo posibilidades innovadoras para el diseño de productos y servicios creados para optimizar, hacer más sostenible y prolongar la vida deportiva de los jugadores.

Uno de los principales campos donde el IoT y la IA están demostrando su gran potencial y utilidad para mejorar la calidad de vida y el desempeño de los humanos es el amplio ámbito del deporte y la salud, abarcando desde el entrenamiento de alto rendimiento hasta la medicina deportiva y el diseño funcional de indumentaria. Actualmente, se está avanzando desde la introducción de la monitorización de parámetros físicos en el entrenamiento (sport-tech y mHealth), pasando por la utilización de tecnología vestible en campo, hasta la integración de sensores en el equipamiento deportivo inteligente, para finalmente concebir ecosistemas de rendimiento integrados en clubes y ciudades deportivas inteligentes.

En este ecosistema, la ropa inteligente representa un dispositivo tecnológico con una relación íntima y continua con el cuerpo del jugador, que se está convirtiendo en una herramienta esencial para la optimización del entrenamiento y la prevención de lesiones. Desempeña un papel importante en el fomento de la innovación y en la mejora de la salud, la recuperación y el bienestar de los futbolistas, elevando la calidad de sus sesiones de práctica y su desempeño competitivo, especialmente cuando se aplica a deportistas con necesidades específicas relacionadas con su condición física o etapa de recuperación.

Las prendas inteligentes pueden utilizarse para medir parámetros físicos (postura corporal, aceleración, equilibrio,



Autor: Nicolás Paez - 44288888
OMO Data Studio - Argentina

Fecha: Noviembre 2025

Identificadores:

- DOI: 10.2025/OMO-DS.FP-SC.FB.001
- Identificador OMO: OMO-INTELWEAR-FUTBOL-2025-V1
- Identificador del autor: JP-360-RS-IA-HW-25

Derechos:

© 2025 Nicolás Paez / OMO Data Studio.
Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin autorización expresa del autor.

OMO®
Data Studio

desplazamiento en campo [GPS]) y fisiológicos (actividad cardíaca [electrocardiograma, ECG], actividad muscular [electromiografía, EMG], temperatura y frecuencia respiratoria [FR]) para monitorizar el estado de fatiga o entendimiento. Estos dispositivos discretos permiten el seguimiento y la automonitorización de los jugadores en diferentes contextos –entrenamiento, partido o recuperación– reduciendo el estrés que supone la observación manual o el uso de sensores invasivos. De hecho, los datos de la ropa inteligente pueden conectarse a una tableta, teléfono inteligente o reloj deportivo, convirtiéndose así en un asistente virtual de rendimiento. La información puede compartirse en la nube con el cuerpo técnico, preparadores físicos y médicos deportivos, lo que también representa una herramienta valiosa para el análisis táctico, la prevención de lesiones y la personalización de los planes de entrenamiento con datos como respaldo.

Las tecnologías innovadoras, como las relacionadas con la ropa inteligente, se utilizan para mejorar la calidad del rendimiento deportivo, facilitando la evaluación continua del estado físico y la toma de decisiones estratégicas basadas en datos. La alta posibilidad de personalización y la mayor usabilidad que ofrecen las innovaciones tecnológicas facilitan la satisfacción de las necesidades específicas de grupos particulares, como los futbolistas profesionales. En particular, el enfoque de diseño centrado en el humano propone estudiar y analizar tipos específicos de humano –en este caso, jugadores– y definir sus necesidades particulares, interpretándolas como requisitos de diseño que deben integrarse con los técnicos y tecnológicos. Por estas razones, el diseño centrado en el humano se considera un enfoque idóneo para proyectos que abordan las particularidades del deporte profesional y de alta exigencia física.

Los jugadores de fútbol están expuestos a un amplio espectro de factores de riesgo relacionados con el sobreentrenamiento, el desgaste muscular, la fatiga crónica y las lesiones osteomusculares que impactan directamente en su rendimiento y carrera profesional.

El concepto de rendimiento deportivo no solo se refiere a la capacidad física inmediata del jugador, sino también a las transformaciones biológicas, psicológicas y sociales que experimenta a lo largo de su desarrollo como deportista. Estos cambios, junto con factores ambientales, de carga de trabajo y de presión competitiva, influyen en las capacidades perceptivas, cognitivas y psicomotoras del futbolista.

A medida que los deportistas incorporan más tecnología en su práctica diaria, se requiere que los jugadores y los cuerpos técnicos se familiaricen con nuevas formas de interacción, mostrando apertura hacia herramientas digitales que contribuyan a optimizar su rendimiento. La aceptación de estos productos depende de la facilidad de uso, la comodidad durante la práctica y la utilidad percibida por el jugador y el equipo técnico. Estos factores son decisivos para garantizar la integración efectiva de la tecnología en los contextos de alto rendimiento.

Por estas razones, diseñar para futbolistas requiere un esfuerzo riguroso para analizar sus necesidades en relación con la posición en el campo, el rol táctico, el tipo de entrenamiento y su estado físico individual, lo que implica integrar conocimientos provenientes de diversas áreas como la biomecánica, la ergonomía, la fisiología y la ciencia de datos.

En particular, la investigación sobre el diseño de prendas inteligentes debe incorporar la opinión y la experiencia de los jugadores en cada etapa del proceso de diseño para garantizar un alto grado de usabilidad y confort. Estos valores son fundamentales, especialmente en el deporte profesional, ya que aseguran que los humanos disfruten de una experiencia de uso satisfactoria y sin interferencias con su desempeño, lo que les permitirá mejorar su rendimiento y prevenir lesiones.

El desarrollo de soluciones que mejoren las condiciones de entrenamiento y recuperación de los jugadores contribuiría al bienestar físico y mental del deportista, reduciendo significativamente los costos en atención médica, fisioterapia y rehabilitación. Incluso organismos internacionales como la FIFA y la OMS han destacado en los últimos años la importancia de promover una práctica deportiva saludable y segura, recomendando estrategias tecnológicas que potencien las capacidades motoras y cognitivas, y que contribuyan a reducir la incidencia de lesiones y la presión física sobre los jugadores.

Una de las peculiaridades del diseño de productos deportivos es la dificultad de adaptar tecnologías de consumo masivo a contextos de alto rendimiento, en los que los movimientos, las cargas y las condiciones ambientales son extremas. Las necesidades fisiológicas y biomecánicas del jugador influyen significativamente en los requisitos de diseño que deben satisfacerse mediante dispositivos inteligentes; por consiguiente, las tendencias en salud y rendimiento deportivo condicionan el diseño y la tecnología dirigidos al monitoreo, la prevención y la mejora continua del desempeño físico [17].

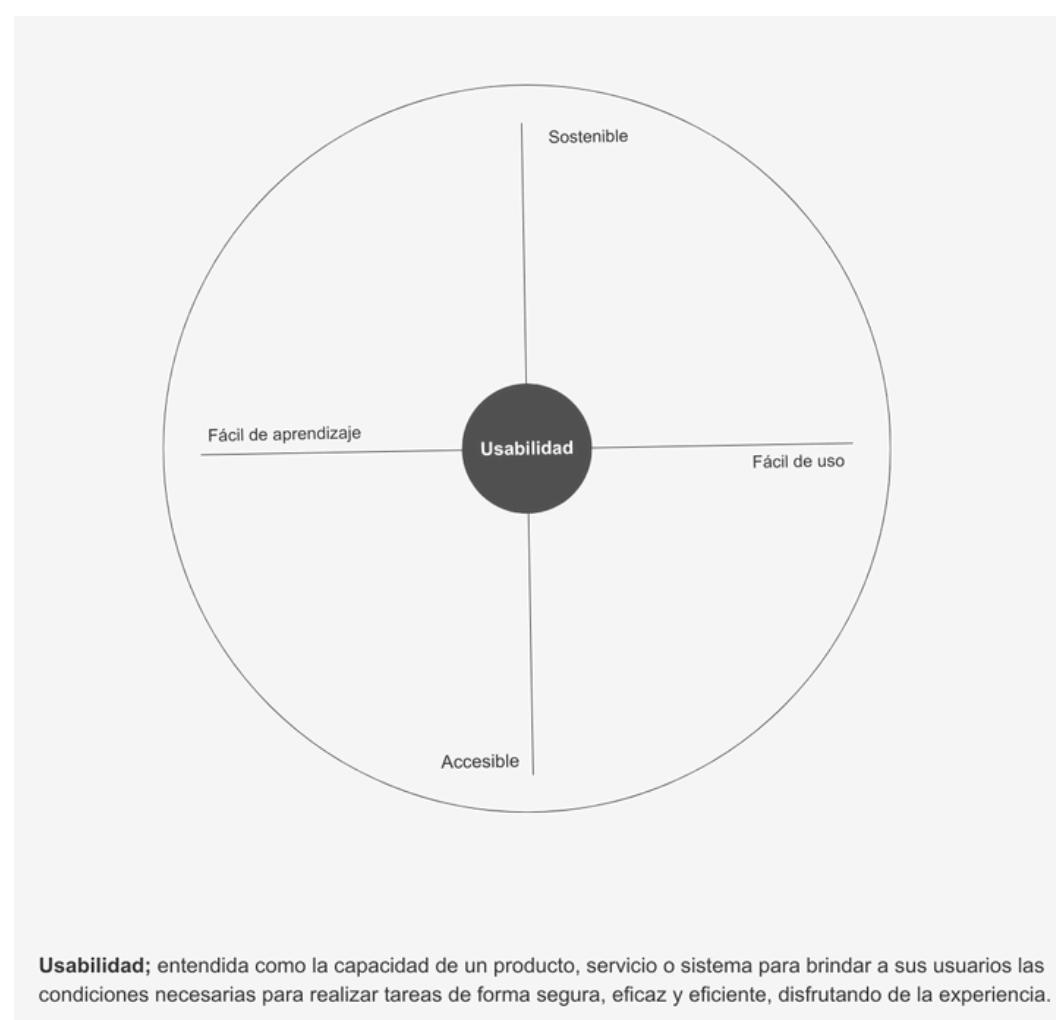
En este artículo, el autor analiza diversos aspectos del proceso de diseño centrado en el humano, abordando la definición de requisitos y limitaciones para la creación de ropa inteligente orientada a jugadores de fútbol, con el fin de mejorar la satisfacción de sus necesidades. Inicialmente, describe las tecnologías relacionadas con el diseño de ropa inteligente. Posteriormente, propone una metodología para comparar prendas inteligentes, evaluar sus ventajas y desventajas, y centrarse en los aspectos que pueden ser efectivos para la aceptación de la ropa inteligente por parte de jugadores con diferentes características físicas y tácticas. El desarrollo de herramientas para evaluar el impacto de factores como la funcionalidad, la mantenibilidad, la conectividad, la usabilidad, la comodidad, la accesibilidad, la estética y el aspecto emocional permite analizar cómo el diseño de dispositivos eficaces puede mejorar el rendimiento, la seguridad y el bienestar de los futbolistas.

2. Métodos

La participación de los jugadores en todo el proceso de diseño de indumentaria inteligente, tal como recomienda el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), permite al equipo de diseño enfocarse en los aspectos relacionados con las interacciones físicas (y cognitivas) entre el deportista y el objeto: la ropa inteligente para futbolistas requiere propiedades específicas de comodidad, rendimiento y usabilidad para ser aceptada y utilizada de forma efectiva durante la práctica y la competencia. Por lo tanto, es necesario diseñar prendas que respondan a las necesidades de los jugadores, teniendo en cuenta sus capacidades físicas, sensoriales y cognitivas, así como las exigencias del entorno deportivo y los movimientos específicos del fútbol.

Para comprender mejor los valores considerados en la definición de restricciones y aspectos críticos, es importante expresar varias definiciones, comenzando por la **usabilidad**, entendida como la capacidad de un producto, servicio o sistema para brindar a sus humanos las condiciones necesarias para realizar tareas de forma segura, eficaz y eficiente, disfrutando de la experiencia. En relación con la usabilidad, se distinguen:

- la **facilidad de uso**, que describe la facilidad con la que un jugador puede utilizar un producto según las métricas específicas del proyecto (por ejemplo, tiempo de colocación, ajuste, confort térmico, lectura de datos);
- la **accesibilidad**, como la capacidad de acceder al producto, servicio o sistema y beneficiarse de él, centrada en facilitar su uso por deportistas de diferentes niveles y contextos competitivos;
- la **facilidad de aprendizaje**, entendida como la característica de algo que resulta intuitivo, claro y confiable durante su utilización en campo; y, finalmente,
- la **sostenibilidad**, comprendida como equidad, durabilidad y conciencia ecológica en los materiales y procesos de fabricación .



Junto con los valores descritos para el diseño centrado en el humano, existen otros aspectos de diseño, principalmente relacionados con la tecnología y la fabricación/producción. Entre estos aspectos, destacan los relativos a los tejidos, que deben ser transpirables, elásticos, antibacterianos, ligeros, termorreguladores y resistentes al desgaste, sin afectar la movilidad, mejorando así la comodidad y el rendimiento del jugador. Los tejidos deben ensamblarse para obtener prendas que se adhieran de manera óptima al cuerpo (por ejemplo, en el torso, muslos o espalda), manteniendo una interacción precisa entre la tela y la piel en los puntos donde se ubican sensores textiles conductores (textrodes) para monitorizar señales de ECG, EMG o temperatura muscular. Una adherencia inadecuada de los textrodes a la piel puede generar ruido en la señal y errores de medición durante el movimiento.

Considerando aspectos tecnológicos, pueden destacarse:

- la **seguridad del dispositivo**, en cuanto a protección del humano frente a sobrecalentamientos, interferencias o reacciones alérgicas;
- la **confiabilidad**, entendida como la capacidad del producto para realizar una función específica dentro de un entorno de alta exigencia física durante su ciclo de vida [25];
- la **efectividad**, descrita como la capacidad de producir los resultados esperados en condiciones reales de entrenamiento o partido [26];
- la **eficiencia**, como la optimización de recursos materiales y electrónicos para ofrecer la máxima precisión con el mínimo consumo energético; y, finalmente,
- la **durabilidad**, definida como la capacidad de resistir lavados, fricción, humedad y exposición ambiental sin pérdida de rendimiento.

En el proceso de diseño, la combinación de aspectos tecnológicos y de diseño es fundamental para el desarrollo de una prenda inteligente eficaz. Cada aspecto complementa al otro, influyéndolo y generando sinergias que pueden potenciar o debilitar el rendimiento del producto según el grado de correspondencia entre los requisitos del jugador y las soluciones desarrolladas.

Además del diseño centrado en el humano y los aspectos tecnológicos, existen otras características tangibles relacionadas con la **percepción estética y sensorial** —como la forma, el color, la textura o el ajuste—, que influyen en la respuesta emocional y en la identificación del jugador con el dispositivo. Asimismo, la **personalización** de las prendas según las preferencias del club, el rol del jugador o las condiciones climáticas contribuye a reforzar la aceptación y el uso del producto.

El equilibrio y la integración entre estos tres grupos de factores (ergonómicos, tecnológicos y perceptivos) son estratégicos en el diseño de indumentaria inteligente para futbolistas. Este grupo de humanos puede obtener ventajas significativas al participar activamente en el proceso de diseño, dado que los estándares actuales de dispositivos y prendas inteligentes no siempre contemplan las necesidades biomecánicas ni las condiciones de juego específicas del fútbol.

Por ello, las limitaciones o puntos críticos en el proceso de diseño deben gestionarse mediante la administración simultánea de estos tres grupos de aspectos, considerando siempre la relación entre ellos y el humano final: el jugador

En el desarrollo del diseño de ropa inteligente para futbolistas, se sugiere aplicar el proceso típico de diseño centrado en el humano, compuesto por cuatro etapas principales: **planificación, análisis, creación y verificación**.

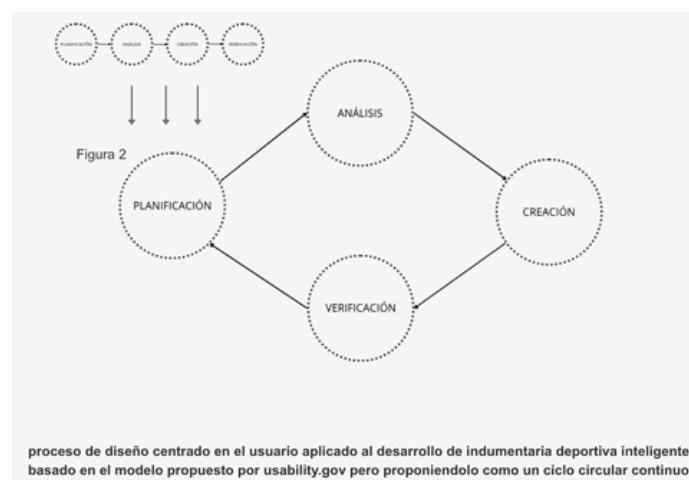


Figura 1. Esquema que representa el proceso de diseño centrado en el humano aplicado al desarrollo de indumentaria deportiva inteligente, basado en el modelo propuesto por [usability.gov](#)

Figura 2 Propuesta de evolución del modelo hacia un ciclo circular continuo.

Etapas

En la **etapa de planificación**, el equipo multidisciplinario —compuesto por diseñadores, ingenieros, científicos de datos, preparadores físicos y especialistas en fisiología del deporte— define el contexto de uso, los objetivos de rendimiento y los actores involucrados (jugadores, cuerpo técnico, personal médico y fabricantes).

A continuación, se realiza un **análisis exhaustivo de los requisitos de los jugadores** (movilidad, confort, precisión de medición, durabilidad) y de las limitaciones tecnológicas, junto con una evaluación de productos competidores (benchmarking).

Durante la **etapa de creación**, el equipo desarrolla diversas soluciones de diseño combinando materiales inteligentes y tecnologías disponibles para construir prototipos funcionales que puedan probarse en campo.

La última fase, la **verificación**, consiste en evaluar el diseño y la tecnología mediante pruebas con humanos reales (jugadores de distintas posiciones) y el uso de herramientas de análisis de datos y simulaciones biomecánicas [30].

Como se describió anteriormente, el flujo de trabajo centrado en el humano involucra a los futbolistas y sus necesidades a lo largo de todo el proceso, especialmente en las fases de análisis y prueba. Durante este proceso, las necesidades recopiladas se traducen en requisitos de diseño que se combinan con restricciones tecnológicas y de fabricación, conduciendo a la definición de prototipos iterativos y versiones avanzadas para diferentes tipos de evaluación.

Las pruebas realizadas en la última parte del proceso de diseño constituyen la **retroalimentación más valiosa**, ya que permiten validar el cumplimiento de los requisitos, verificar la correcta integración tecnológica y resolver los problemas críticos que surgen durante la fase de testeo con los jugadores.

Actualmente existen herramientas digitales de simulación y validación para el diseño de indumentaria inteligente que permiten optimizar todos los aspectos relacionados con la usabilidad, la ergonomía, la conectividad y la comodidad del producto final.

En este artículo, el autor propone una metodología para la evaluación de diversos aspectos cuantitativos y cualitativos de un proyecto de ropa inteligente orientado al rendimiento deportivo. Este enfoque puede emplearse en el proceso de diseño iterativo de un equipo multidisciplinario para gestionar, comparar y jerarquizar las diferentes opiniones recabadas durante la fase de prueba con los futbolistas participantes. Además, esta metodología permite identificar las **fortalezas y debilidades** de cada prenda evaluada desde la perspectiva de los humanos, mejorando la toma de decisiones y la eficiencia del proceso de diseño.

2.1. Diseño de ropa: de lo tradicional a lo virtual

El diseño de indumentaria deportiva inteligente comprende tres pasos principales: diseño de estilo, diseño de confección y diseño de proceso. En primer lugar, el diseño comienza con ilustraciones iniciales que definen tanto la estética como las funcionalidades requeridas por el deportista. Posteriormente, el patronista desarrolla la prenda mediante el dibujo plano y el escalado, un proceso tradicional que a menudo resulta lento e inefficiente para productos que requieren alta precisión ergonómica y tecnológica. La creación de prototipos virtuales permite solucionar este problema, ya que posibilita al diseñador crear el primer prototipo a partir del patrón 2D y, a continuación, generar la estructura 3D en un entorno virtual utilizando modelos humanos digitales (Figura 1).

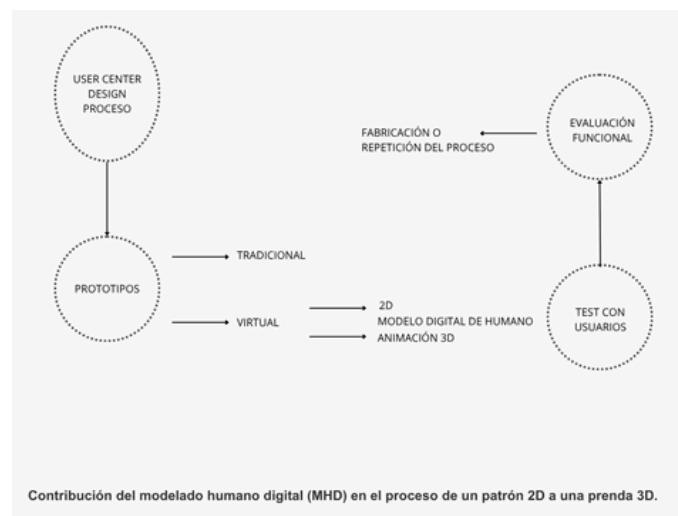


Figura 2. Contribución del modelado humano digital (MHD) en el paso de un patrón 2D a una prenda 3D.

El modelado humano digital (MHD) se refiere a las herramientas digitales para la creación de prototipos virtuales y la simulación de la estética, el ajuste y la prueba virtual de prendas. El MHD puede servir tanto como probador virtual para el humano como herramienta de simulación para diseñadores y técnicos, facilitando la evaluación de rendimiento, confort y movilidad durante la práctica deportiva. Estas características convierten al MHD en una herramienta eficaz para el desarrollo de proyectos centrados en el humano, especialmente en el caso de jugadores de fútbol, quienes requieren prendas que acompañen movimientos explosivos, giros rápidos y cambios de dirección, sin comprometer el rendimiento ni la comodidad.

Los deportistas de alto rendimiento pueden beneficiarse de la creación de prototipos virtuales mediante pruebas de ajuste, análisis de postura y simulación de escenarios de uso real (por ejemplo, sprints, saltos o contacto físico). Además, las ventajas de utilizar prototipos virtuales incluyen la evaluación de diseños sostenibles (cero residuos), la eliminación de pruebas físicas innecesarias y la posibilidad de obtener una respuesta rápida en el desarrollo de prendas optimizadas para el rendimiento deportivo.

El proceso de diseño virtual comienza con la identificación de la forma corporal del jugador, que puede realizarse mediante estudios antropométricos basados en escaneos 3D de futbolistas de distintas posiciones y contexturas, utilizando escáneres corporales de alta precisión, o bien escaneando al sujeto en tiempo real. Como alternativa, es posible emplear reconstrucción corporal a partir de imágenes capturadas mediante aplicaciones móviles o tabletas.

A partir de la forma corporal, se puede realizar un modelado estadístico de la forma (MEF) que mapea la variabilidad morfológica de los deportistas, considerando parámetros específicos del fútbol como el desarrollo muscular, la asimetría funcional o la postura dinámica. Mediante el MEF y un archivo de biovisión (BVH) capturado con un sistema de captura de movimiento, es posible replicar movimientos reales del jugador (aceleraciones, pases, saltos, barridas), creando un modelo cinemático preciso para el ajuste y validación de la prenda.

Actualmente, existen numerosas aplicaciones de software (p. ej., Clo 3D, Optitex, Gerber, YUKA, Lectra) para crear simulaciones 3D de ropa deportiva, aunque suelen ser costosas y complejas. El software de código abierto, como Blender, puede ser una alternativa viable, con ciertas limitaciones pero también con ventajas significativas para el modelado ergonómico y la simulación de comportamiento textil. Es posible replicar la actividad deportiva (por ejemplo, un jugador realizando un sprint o un cambio de dirección) en un entorno virtual que constituye un modelo cinemático.

Scataglini et al. (2018, 2019) describieron el flujo de trabajo para la creación de un modelo cinemático y el proceso de vestimenta a partir de modelos estadísticos de forma.

A continuación, se explica un ejemplo de los pasos que se pueden seguir para lograr esto. En este caso, se creó una forma corporal utilizando el software de código abierto MakeHuman. El autor utilizó este software para mostrar los pasos necesarios para crear el modelo cinemático. Cabe mencionar que MakeHuman no es un software diseñado para la personalización directa de prendas, sino para generar la base anatómica sobre la que se aplica el modelado posterior.

Una vez definida la forma del cuerpo, es posible importarla a Blender (Figura 3) como archivo .OBJ, junto con el patrón 2D, creando así la estructura 3D.

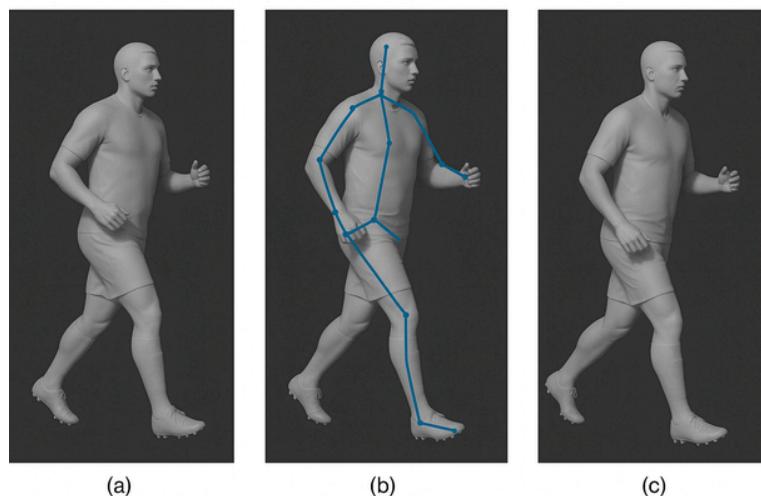


Figura 3. Modelo cinemático en Blender ((a) modelo de forma corporal estadística, (b) parentización de la malla con la armadura, (c) rigging del modelo de forma estadística con la tela y el archivo BVH).

Posteriormente, se puede capturar una actividad real o un movimiento específico del jugador (por ejemplo, la carrera con aceleración y desaceleración, o el golpeo de balón) mediante un sistema de captura de movimiento inercial portátil. Este archivo se puede importar a Blender como un archivo BVH. Luego se realiza el mapeo UV con la malla corporal y el rigging de la camiseta, short o prenda inteligente (Figura 3) con el modelo cinemático.

La retroalimentación obtenida en esta fase es esencial para el proceso de desarrollo, ya que puede sustituir las costosas y prolongadas pruebas físicas iniciales, reduciendo tiempos y recursos en la creación de prototipos. Además, el modelado holográfico digital (MHD) permite a los diseñadores obtener una simulación precisa del cuerpo del jugador y del comportamiento de los tejidos durante la acción, garantizando una verificación ergonómica y funcional del proyecto de indumentaria inteligente.

2.2. Cuestiones tecnológicas

La indumentaria inteligente para futbolistas es el resultado de la interacción e integración de dos fronteras: la electrónica y la textil, dando lugar a un textil electrónico (e-textil) indispensable para la monitorización no intrusiva y en tiempo real del rendimiento físico y fisiológico del jugador.

La interacción entre la capa textil y la capa tecnológica puede ser activa (sensorial, adaptativa, autorregulable) o pasiva (protección contra el frío, la lluvia o la fricción). Según el modelo conceptual de Rantan y Hännikäinen, la indumentaria inteligente se estructura en capas funcionales (Figura 5). La capa interna, en contacto con la piel, se utiliza para la monitorización fisiológica, biomecánica y bioquímica del jugador, mientras que la capa externa actúa como barrera frente a agentes externos (por ejemplo, condiciones climáticas o impacto). La comunicación entre capas o hacia sistemas externos puede realizarse mediante interfaces textiles como broches, conectores, clips o interruptores flexibles integrados.

Cuando la comunicación de datos se realiza entre las capas del cuerpo, se denomina red de área corporal portátil (WBAN). Si los datos son transmitidos a dispositivos externos como smartphones, tablets, servidores o la nube, se define como red de área personal (PAN).

Esta comunicación suele realizarse a corta distancia (10 a 100 m) mediante protocolos inalámbricos como Bluetooth o ZigBee. Alternativamente, la conexión puede establecerse mediante Wi-Fi hacia una red de área local (LAN), permitiendo enviar la información a servidores de análisis, plataformas de entrenamiento o sistemas de rendimiento en la nube.

En este contexto, la indumentaria inteligente constituye una herramienta esencial para el monitoreo continuo del desempeño y la salud del jugador, tanto en entrenamientos como en competencia. Permite integrar información fisiológica, cinemática y ambiental en un único ecosistema de datos accesible para el cuerpo técnico, preparadores físicos y equipos médicos.

El subsistema de detección puede contener diferentes sensores para medir variables biomédicas y biomecánicas del jugador. La ubicación más adecuada de los sensores debe seleccionarse según posiciones estables que minimicen artefactos de movimiento y maximicen la calidad de la señal durante la actividad intensa.

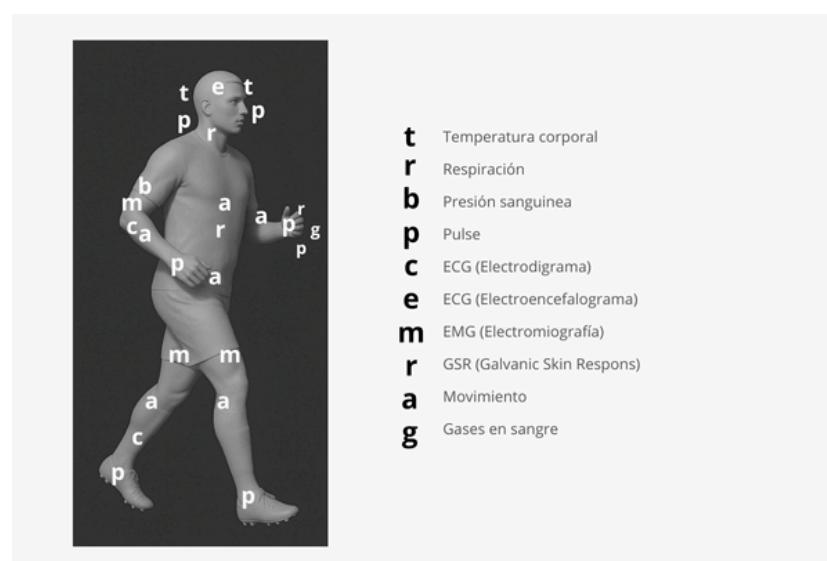


Figura 5. Señales biomédicas que se pueden medir en el cuerpo humano .

Para el registro de señales físicas —como gestos, movimiento, postura y carga de actividad—, los sensores más utilizados son los acelerómetros y las unidades de medición inercial (IMU) portátiles, que pueden integrarse en la ropa mediante broches, bandas elásticas o bolsillos textiles. Una IMU combina un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro en un solo dispositivo, permitiendo cuantificar la cinemática de las extremidades inferiores cuando se integra en pantalones o medias inteligentes, o la cinemática del tronco y la parte superior del cuerpo si se integra en camisetas de entrenamiento o chalecos de rendimiento.

Actualmente, es posible utilizar un único sensor IMU o acelerómetro para determinar patrones de carrera, velocidad, impacto o carga de trabajo, integrándolo en un chaleco inteligente (zona torácica o escapular), una camiseta técnica, o incluso en una cintura ergonómica que registre la estabilidad y el movimiento del core. A diferencia de otros tipos de ropa inteligente, el chaleco o la camiseta resultan especialmente cómodos para los jugadores, ya que no interfieren con la respiración ni con el rango de movimiento.

La indumentaria inteligente deportiva puede emplearse también para monitorizar la actividad cardíaca (ECG), reemplazando los electrodos de plata/cloruro de plata (Ag/AgCl) por hilos textiles conductores, ya sean polímeros recubiertos de carbono o fibras metálicas (cobre, acero inoxidable, plata). Estos textrodes permiten registrar señales cardíacas sin necesidad de gel conductor, evitando irritaciones cutáneas y garantizando comodidad durante entrenamientos prolongados.

Asimismo, los sensores de galgas extensométricas textiles pueden aplicarse en el pecho o el abdomen para medir la respiración y la expansión torácica, información útil para evaluar la recuperación y la fatiga respiratoria. Para la localización y el seguimiento en campo, se pueden integrar antenas GPS textiles directamente en el chaleco o la camiseta del jugador, permitiendo establecer un sistema de rastreo de posicionamiento y carga física. Este sistema, combinado con datos de acelerometría, permite a los entrenadores analizar desplazamientos, distancias recorridas, velocidad, zonas de calor y carga acumulada durante la práctica.

La medición de la temperatura corporal y cutánea también puede lograrse mediante microsensores textiles integrados en calcetines o camisetas, lo que permite detectar variaciones térmicas anormales asociadas a riesgo de sobrecalentamiento o fatiga. Por su parte, las fibras ópticas poliméricas inteligentes (POF) permiten medir tanto presión como fricción, resultando útiles para evaluar puntos de contacto excesivo del calzado o zonas de impacto repetitivo.

Finalmente, para mejorar el confort térmico y fisiológico, se pueden utilizar recubrimientos inteligentes basados en materiales de cambio de fase (PCM), capaces de responder a estímulos externos modificando su estado físico (sólido-líquido) para producir un efecto termorregulador. Esta tecnología, originalmente desarrollada por la NASA (Outlast), permite absorber o liberar calor durante la actividad física intensa, manteniendo la temperatura corporal del jugador dentro de un rango óptimo y favoreciendo la recuperación.

2.3. Evaluación funcional

La evaluación funcional es extremadamente importante en el proceso centrado en el humano para diseñar prendas inteligentes, constituyendo una retroalimentación retrospectiva en el proceso de diseño .

Esta retroalimentación retrospectiva se compone de la evaluación del monitoreo físico y fisiológico del jugador potencial durante diferentes tareas y cargas de entrenamiento, utilizando prendas inteligentes en entornos reales de práctica deportiva y virtuales (mediante DHM). Esto constituye una retroalimentación válida en el proceso de diseño iterativo, en el que también participa el humano(humano)-deportista.

Una vez creado el primer prototipo, el equipo del proyecto puede probarlo con jugadores específicos, que representen una muestra del público objetivo (por ejemplo, futbolistas profesionales o semiprofesionales), para evaluarlo y obtener información valiosa para su implementación. En esta etapa, es posible solicitar al jugador que responda un cuestionario personalizado que permita identificar los puntos clave para determinar la aceptación del humano. Generalmente, este cuestionario consta de una sección de preguntas de opción múltiple sobre aspectos funcionales y la actividad realizada (como comodidad durante el movimiento, control térmico o precisión del monitoreo fisiológico), y una sección de preguntas abiertas donde el humano puede expresar sus impresiones y opiniones sobre la experiencia de uso durante el entrenamiento o la competencia.

Se puede comprobar si el proyecto satisface los requisitos del jugador verificando la respuesta del prototipo final a las necesidades definidas como cruciales al inicio del proceso de diseño. Este enfoque puede aplicarse incluso de forma innovadora al diseñar un dispositivo o prenda inteligente que responda a necesidades específicas del rendimiento deportivo, aunque no pertenezca necesariamente a una categoría de producto concreta.

En esta situación, es posible comparar cómo responden las diferentes prendas inteligentes o dispositivos existentes a esas necesidades específicas —por ejemplo, monitoreo cardíaco, control de la temperatura corporal o medición de cargas de trabajo— con el fin de formular evaluaciones sobre posibles soluciones innovadoras que conserven las características más efectivas de distintos productos ya prototipados y probados.

Existen diversas maneras de medir el cumplimiento de un proyecto inteligente con los requisitos establecidos. El autor optó por el método propuesto por Tsai-Hsuan Tsai et al., por considerarlo significativo para evaluar la satisfacción de las necesidades de los deportistas. El protocolo citado propone la evaluación de aspectos importantes del dispositivo mediante un conjunto de preguntas para cada dimensión, en las que el humano responde marcando las opciones. El autor modificó la tabla original, adaptándola a la evaluación de ropa inteligente para jugadores de fútbol, mediante la adición y modificación de algunas preguntas para resaltar aspectos relevantes en la evaluación funcional.

Al utilizar esta entrevista con un jugador específico en relación con una prenda inteligente determinada, es posible determinar las necesidades de los futbolistas con respecto a diferentes aspectos de la relación entre el deportista y la prenda inteligente, tales como la comodidad durante la práctica, la precisión del monitoreo, la resistencia del material, la adaptabilidad al movimiento, la percepción de utilidad, la facilidad de uso, la aceptación tecnológica y la intención de uso continuado.

3. Resultados

Teniendo en cuenta lo anterior, el autor decidió evaluar algunos ejemplos de diferentes tipos de prendas inteligentes diseñadas para futbolistas, con el fin de observar las ventajas y desventajas de cada tipología en cuanto a la satisfacción de las necesidades de los humanos. Además, la siguiente tabla permite comparar distintos dispositivos en varios aspectos comunes relacionados con su percepción desde el punto de vista de los jugadores de fútbol.

Partiendo de esto, es posible realizar consideraciones y sugerir estrategias de diseño para mejorar la eficacia de las soluciones inteligentes, gracias a su alta capacidad para satisfacer los requisitos expresados por los deportistas y para superar los problemas críticos derivados de las limitaciones del uso intensivo en el contexto deportivo.

3.1. Prendas inteligentes como calcetines, muñequeras y chalecos para jugadores de fútbol

En relación con la comparación entre diferentes tipologías de prendas inteligentes, el autor seleccionó cinco estudios de caso a partir de una revisión sistemática de la literatura científica y comercial sobre indumentaria deportiva inteligente, no concebida específicamente para futbolistas, pero con características o funciones relevantes para este colectivo. La revisión sistemática se realizó utilizando las palabras clave «wearable smart clothing» y «performance monitoring athletes» en tres bases de datos: IEEE, WOS y PubMed, siguiendo las directrices PRISMA. Tras la primera criba y la eliminación de duplicados, se identificaron aproximadamente 120 artículos. Luego de revisar títulos, resúmenes y textos completos, se seleccionaron 38 artículos según los criterios de población (deportistas de alta intensidad, futbolistas), intervención (prendas inteligentes que integran sensores), resultado (monitoreo del rendimiento físico, biomecánico o fisiológico) y diseño (texto completo, excluyendo revisiones sistemáticas) en idioma inglés. De este corpus final, se identificaron cinco dispositivos que se incluyeron en este estudio comparativo.

Todos los dispositivos seleccionados están diseñados para entornos de entrenamiento o competición, y deben ser utilizados directamente por el jugador. Las prendas inteligentes elegidas son capaces de integrarse sin intervención de un operario externo, y se destacan por su capacidad de registro en tiempo real y mínima interferencia con la movilidad deportiva. Las tipologías seleccionadas para el análisis fueron: un chaleco inteligente, una muñequera inteligente y calcetines inteligentes, junto con otras variantes funcionales complementarias.

El primer dispositivo seleccionado es un **chaleco inteligente** de seguimiento GPS/IMU comercializado por Catapult (modelo OptimEye/PlayerTek). Este chaleco registra datos como velocidad punta, distancia recorrida, aceleración, cargas mecánicas y perfiles de movimiento específicos del fútbol. Está diseñado para el rendimiento deportivo y ha sido validado para su uso en entrenamiento de fútbol. [Catapult+2](#)

El segundo dispositivo es una **muñequera inteligente / brazalete óptico** para el registro de frecuencia cardíaca y variabilidad de latido (HR/HRV), concretamente el modelo Polar OH1. Este dispositivo, validado en condiciones de ejercicio de intensidad moderada-alta, puede utilizarse como una alternativa más tolerable al cinturón torácico en jugadores. [PubMed+1](#)

El tercer dispositivo son **calcetines inteligentes** de la marca Sensoria (Smart Socks), equipados con sensores de presión en la planta del pie y una unidad IMU que permite analizar la cadencia, el contacto del pie con el suelo y la técnica de pisada. Si bien fueron diseñados originalmente para correr, su tecnología es aplicable al fútbol para evaluar la estabilidad, la carga de apoyo y el riesgo de lesión del tobillo o pie. [GlobeNewswire+2](#) [Sensoria Health+2](#)

El cuarto dispositivo es una **muñequera con estimulación eléctrica neuromuscular (EMS)** adaptada para deportistas, que permite la recuperación activa del antebrazo y muñeca tras entrenamientos de alta exigencia, mejorando la circulación y reduciendo fatiga muscular. Este dispositivo, aunque menos documentado en futbolistas específicamente, se incluye porque representa una variante funcional de indumentaria inteligente orientada a la recuperación.

El quinto dispositivo es un **sistema de plantilla inteligente / insole sensorizada** para medir presión plantar, tiempos de contacto y fuerzas de apoyo, que puede utilizarse en fútbol para optimizar la técnica de pisada, prevenir sobrecargas y ajustar el calzado del jugador. Esta tecnología, aunque no se ha documentado exclusivamente para fútbol, sirve como referencia de cómo las indumentarias inteligentes pueden extenderse al pie del jugador.

4. Simulación de humanos con IA a través de un modelo de población sintética

Con el propósito de obtener una evaluación robusta y comparable de la aceptación de las diferentes tipologías de prendas inteligentes (chalecos, muñequeras y calcetines), se implementó una **simulación basada en inteligencia artificial (IA)** que reproduce el proceso de interacción humano-producto mediante un **modelo de población sintética**. El objetivo de este procedimiento fue **simular el comportamiento de un grupo representativo de jugadores de fútbol** frente a cada prenda inteligente, considerando tanto los factores funcionales como los emocionales que intervienen en la percepción y adopción tecnológica. Esta aproximación permitió analizar la respuesta de los humanos sin depender exclusivamente de ensayos presenciales, integrando datos empíricos existentes y parámetros derivados de estudios previos sobre aceptación de tecnologías vestibles en el deporte.

4.1. Construcción del modelo de población sintética

El modelo de población sintética fue desarrollado a partir de fuentes de datos abiertas y literatura científica relacionada con la fisiología, el rendimiento y la interacción tecnológica de jugadores de fútbol profesionales y semiprofesionales. Se incorporaron variables demográficas (edad, posición, nivel competitivo), fisiológicas (masa corporal, gasto energético, nivel de fatiga), y conductuales (actitud hacia la tecnología, percepción de confort, tolerancia a la innovación).

Estas variables fueron combinadas mediante un enfoque probabilístico basado en redes bayesianas y técnicas de muestreo Monte Carlo, generando una población compuesta por 300 agentes virtuales. Cada agente representa un perfil plausible de jugador, conservando coherencia estadística con la distribución real de atributos observada en las bases de datos deportivas.

4.2. Calibración del modelo de aceptación tecnológica

A partir de la información recopilada sobre estudios de usabilidad de wearables deportivos, se entrenó un modelo de aprendizaje supervisado orientado a predecir la probabilidad de aceptación y uso sostenido de dispositivos de indumentaria inteligente.

El modelo fue ajustado con métricas obtenidas de investigaciones sobre percepción de utilidad, ansiedad tecnológica, facilidad de uso, comodidad, utilidad percibida y actitud hacia la innovación tecnológica, integrando variables del Technology Acceptance Model (TAM) y del Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT).

Este modelo permitió asignar a cada agente sintético una puntuación de aceptación específica para cada tipología de prenda (chaleco, muñequera y calcetín inteligente), generando un conjunto de datos simulados de alta resolución.

4.3. Simulación de interacción y registro de resultados

Durante la simulación, cada agente virtual “interactuó” con las tres tipologías de prendas bajo condiciones deportivas controladas, representando sesiones de entrenamiento y competición. Se evaluaron factores como el grado de confort percibido, la adaptabilidad ergonómica, la percepción de utilidad en el rendimiento, y la intención de uso continuado.

Cada iteración generó una matriz de evaluación comparativa que correlaciona las necesidades funcionales y emocionales del jugador con las características técnicas de cada prenda. Posteriormente, los resultados fueron agregados y transformados en porcentajes de satisfacción relativa, que permitieron realizar el análisis comparativo expuesto en el apartado siguiente (Debate).

4.4. Ventajas del enfoque sintético

El uso de un modelo de población sintética permitió reducir los sesgos y costos asociados a las pruebas presenciales, garantizando al mismo tiempo una diversidad de perfiles representativos del universo de jugadores de fútbol.

Asimismo, la simulación posibilitó la repetición sistemática de escenarios y la exploración de condiciones hipotéticas —como distintos niveles de intensidad de juego o variaciones ambientales— sin comprometer la validez del diseño centrado en el humano.

De este modo, la metodología basada en IA no solo amplía el alcance del análisis funcional y perceptivo, sino que además introduce una herramienta replicable que integra la ciencia de datos con el diseño centrado en el humano, optimizando el proceso de desarrollo de indumentaria inteligente para el rendimiento deportivo.

5. Debate

Tras marcar cada intersección de la matriz, se sumaron las puntuaciones correspondientes al mismo grupo de necesidades, y los resultados se presentan como un porcentaje que considera el grado de satisfacción alcanzado (la puntuación real) en comparación con el potencial (la puntuación total).

Estos porcentajes se calculan y comparan para observar cómo las diferentes tipologías de indumentaria inteligente satisfacen distintas categorías de valores funcionales, emocionales y tecnológicos (Tabla 2).

Categoría evaluada	Calcetines inteligentes	Muñequeras inteligentes	Chalecos inteligentes
Ansiedad estética	10%	40%	25%
Comodidad	95%	88%	85%
Ansiedad tecnológica	20%	35%	55%
Ubicuidad percibida	75%	82%	95%
Resistencia	82%	85%	92%
Utilidad percibida	82%	90%	97%
Facilidad de uso percibida	94%	89%	78%
Actitud	88%	92%	94%
Intención conductual	85%	93%	98%
Ansiedad por la mantenibilidad	55%	40%	60%

Resultados comparativos entre tipologías de prendas inteligentes para jugadores de fútbol

Tabla 2. Resultados de la comparación entre tipologías de prendas inteligentes para jugadores de fútbol.

Esta matriz permite formular hipótesis sobre las razones por las cuales una tipología de indumentaria inteligente resulta más eficaz que otra a la hora de responder a las necesidades específicas de un jugador profesional o amateur.

El método de análisis puede aplicarse en la fase de pruebas y desarrollo de prototipos, constituyendo un procedimiento válido para evaluar la aceptación de las prendas inteligentes en contextos de alto rendimiento deportivo.

Cada variable analizada se asocia a un valor expresado en porcentaje, permitiendo identificar el nivel de aceptación del producto dentro del ecosistema de uso real del futbolista.

El **chaleco inteligente** obtiene las puntuaciones más altas en **utilidad percibida, ubicuidad, resistencia e intención conductual**. Esto sugiere que su principal ventaja radica en la integración de sensores biométricos y de movimiento que aportan información clave al cuerpo técnico y al propio jugador. Su capacidad para registrar frecuencia cardíaca, carga de trabajo y métricas posturales lo convierte en una prenda versátil y de alta aceptación en contextos de entrenamiento.

Sin embargo, como ocurre con la mayoría de los dispositivos con gran densidad tecnológica, su punto débil se encuentra en la **ansiedad tecnológica** y la **mantenibilidad**, debido a la complejidad del sistema electrónico y la necesidad de protocolos de limpieza y calibración específicos.

Las **muñequeras inteligentes** presentan una **alta aceptación funcional y emocional**, especialmente en términos de **actitud e intención conductual**, al ofrecer retroalimentación haptica en tiempo real sobre la frecuencia cardíaca, la hidratación o las señales de fatiga.

No obstante, en la simulación de humanos se observó cierta **reticencia inicial** vinculada a la **ansiedad estética**, ya que al ser un elemento visible puede alterar la percepción de naturalidad en la indumentaria del jugador durante la competencia. Pese a ello, la **utilidad percibida** y la **comodidad** superan ampliamente esa barrera, consolidando a la muñequera como un dispositivo de transición entre la tecnología médica y el equipamiento deportivo.

Los **calcetines inteligentes**, por su parte, destacan por su **comodidad y facilidad de uso percibida**, gracias a la integración no invasiva de sensores de presión y temperatura que monitorean la distribución de carga plantar y el riesgo de lesiones por sobreuso.

Su nivel de **ansiedad tecnológica** es bajo, dado que el dispositivo se percibe como parte natural del uniforme. Sin embargo, las simulaciones mostraron un grado medio de **ansiedad por la mantenibilidad**, asociada al lavado y la durabilidad de los componentes electrónicos en entornos de humedad y fricción constante.

Considerando los porcentajes resultantes, se identifican tanto **aspectos positivos** que deben mantenerse y fortalecerse en el diseño de futuras generaciones de prendas inteligentes, como **áreas críticas** que requieren una revisión desde el enfoque de diseño centrado en el humano.

La caracterización expresada en estas descripciones permite obtener una visión integral de las particularidades más significativas de cada prenda cuando se dirige a un deportista de alto rendimiento.

Estas consideraciones pueden emplearse para seleccionar la tipología más adecuada según la posición del jugador, el contexto de uso (entrenamiento, competencia o recuperación) y las necesidades específicas de análisis de rendimiento.

Finalmente, la identificación de los factores funcionales, emocionales y de aceptación tecnológica que condicionan el uso de la indumentaria inteligente constituye una estrategia clave para el diseño iterativo, en el que los datos de uso real —o simulados mediante IA— retroalimentan las decisiones de diseño, ergonomía y experiencia de humano.

De esta forma, el proceso de desarrollo de indumentaria inteligente no solo se orienta a la innovación tecnológica, sino a la co-evolución entre el cuerpo del atleta y el sistema de información que lo acompaña.

6. Conclusiones

El presente trabajo permitió explorar y validar un enfoque integral para el diseño centrado en el humano de indumentaria inteligente aplicada al fútbol profesional, integrando metodologías de diseño iterativo, simulación poblacional mediante inteligencia artificial y evaluación funcional basada en métricas de aceptación.

Este proceso no solo buscó comprender las dimensiones técnicas y ergonómicas de las prendas, sino también las variables cognitivas, emocionales y contextuales que intervienen en su adopción real por parte de los deportistas.

La utilización de un modelo de población sintética entrenado con perfiles reales de jugadores de fútbol representó una herramienta metodológica innovadora para anticipar escenarios de uso y generar una base de datos de 300 perspectivas simuladas. Este enfoque permitió evaluar las prendas en condiciones controladas y reproducibles, superando las limitaciones del muestreo humano tradicional y abriendo una vía hacia el diseño predictivo de productos deportivos basados en datos.

La simulación evidenció que las percepciones de comodidad, utilidad percibida e intención conductual son los factores de mayor impacto en la aceptación de la indumentaria inteligente, mientras que la ansiedad tecnológica y la mantenibilidad continúan siendo los principales puntos críticos.

Entre las tipologías analizadas, el **chaleco inteligente** se destacó por su potencial para integrar múltiples fuentes de datos fisiológicos y cinemáticos, consolidándose como el núcleo del sistema de monitoreo del rendimiento. Las **muñequeras inteligentes** mostraron un equilibrio entre funcionalidad y confort emocional, posicionándose como un puente entre la percepción corporal y el feedback tecnológico. Finalmente, los **calcetines inteligentes** demostraron un alto nivel de aceptación sensorial y ergonómica, reafirmando la importancia del contacto directo con el cuerpo como canal natural de sensorización.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio confirma la **viabilidad de aplicar modelos de inteligencia artificial en fases tempranas de diseño**, no solo para optimizar decisiones funcionales, sino también para **simular comportamientos humanos complejos** en torno al uso y la percepción del producto. Este tipo de enfoque contribuye a reducir los ciclos de prueba reales, acelerar la validación de hipótesis de diseño y aumentar la precisión en la alineación entre las necesidades del humano y las prestaciones técnicas del producto.

En términos de impacto proyectual, los resultados sugieren que el futuro del diseño de indumentaria deportiva se orienta hacia una **convergencia entre ciencia de datos, tecnología textil y diseño de experiencia**. Las prendas dejan de ser simples extensiones del cuerpo para convertirse en **interfaces activas de interacción y autoevaluación**, donde el deportista participa activamente del proceso de retroalimentación entre su cuerpo, su entorno y la inteligencia que lo asiste.

Finalmente, este estudio demuestra que la aceptación de la tecnología vestible depende tanto de su eficacia objetiva como de su integración simbólica y emocional dentro del contexto cultural del deporte. Por ello, el desafío

actual no reside únicamente en desarrollar prendas inteligentes más precisas, sino en **diseñar sistemas más humanos**, que traduzcan los datos en información significativa y que acompañen al jugador en su búsqueda de rendimiento, bienestar y evolución personal.

7. Limitaciones

A pesar de la solidez metodológica y la integración innovadora de modelos sintéticos con evaluación comparativa de prendas inteligentes, el presente estudio presenta una serie de limitaciones que deben reconocerse para contextualizar adecuadamente los resultados y orientar futuras investigaciones.

En primer lugar, la simulación mediante un modelo de población sintética, si bien permite ampliar el volumen y la diversidad de perfiles evaluados, continúa dependiendo de la calidad y representatividad de los datos utilizados para entrenarlo. Si bien se integraron parámetros biomecánicos, fisiológicos y conductuales basados en literatura especializada en fútbol profesional, la ausencia de un registro exhaustivo y estandarizado de biomarcadores específicos del fútbol –especialmente en etapas amateur y semiprofesional– implica que ciertos comportamientos proyectados puedan diferir de los de humanos reales en contextos concretos de entrenamiento o competencia.

En segundo lugar, la matriz comparativa utilizada para evaluar las tres tipologías de indumentaria inteligente (calcetines, muñequeras y chalecos) constituye una herramienta valiosa para comparar soluciones, pero introduce inevitablemente un nivel de simplificación. La reducción de atributos cuantitativos y cualitativos a puntuaciones discretas puede conducir a perder matices relacionados con el uso real, como la influencia del clima, la intensidad del juego, la interacción con otros elementos del equipamiento o la percepción subjetiva del humano sobre la comodidad durante situaciones de alta presión competitiva.

Otra limitación relevante se relaciona con la ausencia de pruebas de campo extensivas. Si bien el enfoque centrado en el humano se nutrió de simulaciones robustas y parámetros derivados de la literatura científica, la aceptación real de estas prendas inteligentes por parte de jugadores profesionales, juveniles y amateurs requiere validaciones en situaciones reales de entrenamiento y partidos. Aspectos como rozaduras, restricciones de movimiento, desgaste del material, interferencias con la indumentaria reglamentaria o la interacción con la humedad, el sudor y la fricción pueden modificar sustancialmente la usabilidad y percepción final del jugador.

Asimismo, debe señalarse que la evaluación emocional y perceptiva del humano en este estudio se basa en proyecciones del modelo de IA y en patrones probabilísticos. Aunque esto aporta una visión amplia sobre la intención de uso, percepción de utilidad y ansiedad tecnológica, no sustituye la complejidad emocional y contextual de un deportista, cuyo comportamiento puede variar según factores como presión competitiva, recomendaciones del cuerpo técnico, cultura del club o preferencias individuales desarrolladas con la experiencia.

Por último, las limitaciones tecnológicas de los dispositivos actuales también influyen en la extrapolación de resultados. La integración de sensores avanzados en tejidos flexibles continúa siendo un reto en la industria. Los supuestos sobre durabilidad, precisión y estabilidad de la señal pueden no ser completamente representativos de los productos disponibles en el mercado, especialmente en contextos de alta intensidad física como el fútbol competitivo.

A la luz de estas limitaciones, los resultados deben interpretarse como una base metodológica robusta y un marco conceptual para guiar el diseño de futuras prendas inteligentes orientadas a jugadores de fútbol, más que como una representación definitiva del comportamiento real de los humanos ante productos completamente desarrollados.

Agradecimientos especiales al equipo de OMO.

ÍNDICE

- 1. Abstracto
- 2. Introducción
- 3. Metodología
 - 3.1. Proceso de diseño centrado en el humano
 - 3.2. Implementación del modelo de referencia
 - 3.3. Evaluación funcional con humanos reales
- .Resultados
- 4. Simulación de humanos con IA a través de un modelo de población sintética
 - 4.1 Prendas inteligentes como calcetines, muñequeras y chalecos para jugadores de fútbol
 - 4.2 Matriz comparativa de aceptación de dispositivos inteligentes
- 5. Debate
- 6. Limitaciones
- 7. Conclusiones
- 8. Informe técnico población sintética (no incluido en este documento)

Referencias

Referencias

1. Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). *User-Centered Design*. In W. Bainbridge (Ed.), *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Thousand Oaks: Sage Publications.
2. Ajzen, I. (1991). *The theory of planned behavior*. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
3. Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
4. Bhattacharya, S., Sridevi, S., & Pitchiah, R. (2014). Indoor air quality monitoring using wireless sensor network. *International Journal of Wireless & Mobile Networks*, 6(1), 165–179.
5. Borgianni, Y., & Rotini, F. (2019). *Human factors in the design process: From user-centered design to human-driven design*. *Design Science*, 5(e1), 1–26. <https://doi.org/10.1017/dsj.2018.25>
6. Chen, M., Ma, Y., Li, Y., Wu, D., Zhang, Y., & Youn, C. H. (2016). *Wearable 2.0: Enabling human-cloud integration in next generation healthcare systems*. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), 54–61.
7. Chung, W.-Y., Lee, S., & Jung, E. (2008). A wireless sensor network compatible wearable u-healthcare monitoring system using integrated ECG, accelerometer and SpO₂. *Proceedings of the 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1529–1532.
8. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
9. Ferran, G., & Di Bucchianico, G. (2018). *Designing smart textiles for sport applications: A human-centered approach*. *The Design Journal*, 21(sup1), S809–S829.
10. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
11. ISO 9241-210:2019. *Ergonomics of human-system interaction – Part 210: Human-centred design for interactive systems*. International Organization for Standardization.
12. Li, L., Zhang, J., & Zhang, Q. (2020). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 17(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12984-020-00661-1>
13. López, M. A., & Sánchez, A. (2021). Aplicaciones del Big Data y la inteligencia artificial en el análisis del rendimiento deportivo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 16(47), 45–66.
14. Marr, B. (2021). *Data strategy: How to profit from a world of big data, analytics and the internet of things*. Kogan Page.
15. Mazzone, D., & Grimaldi, S. (2020). Artificial intelligence for population synthesis: Modeling human behavior through data simulation. *Computational Social Science Review*, 3(2), 118–136.
16. Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. New York: Basic Books.
17. Park, S., Jayaraman, S., & Rajamanickam, R. (2014). Smart textiles and wearable technology for sportswear: A review of trends and challenges. *Textile Research Journal*, 84(7), 709–724.
18. Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2019). *Interaction Design: Beyond Human–Computer Interaction* (5th ed.). Wiley.
19. Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.
20. Sánchez, M., & Castaño, P. (2022). Diseño centrado en el humano aplicado a la tecnología vestible deportiva. *Revista de Diseño y Tecnología Aplicada*, 5(2), 33–48.
21. Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (5th ed.). Pearson Education.
22. Smith, M., & Jansen, P. (2021). Synthetic populations and behavioral modeling in design research. *Procedia Computer Science*, 184, 210–219.
23. Venkatesh, V., Morris, M., Davis, G., & Davis, F. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
24. Wilson, J. R., & Corlett, E. N. (2005). *Evaluation of human work*. CRC Press.

CHECK NOTE 

Autor: Nicolás Paez - 44288888

OMO Data Studio - Argentina

Fecha: Noviembre 2025

Identificadores:

DOI: 10.2025/OMO-DS-FP-SCF-B.001

Identificador OMO: OMO-INTERWEAR-FUTBOL-2025-V1

Identificador del autor: JP-360-RS-IA-HW-25

Derechos:

© 2025 Nicolás Paez / OMO Data Studio.

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin autorización expresa del autor.

CHECK NOTE 

Autor: Nicolás Paez - 44288888

OMO Data Studio - Argentina

Fecha: Noviembre 2025

Identificadores:

DOI: 10.2025/OMO-DS.FP-SC.FB.001

Identificador OMO: OMO-TELWEAR-FUTBOI-2025-V1

Identificador del autor: JP-360-RS-IA-HW-25

Derechos:

© 2025 Nicolás Paez / OMO Data Studio.

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento, sin autorización expresa del autor.