

DP Smart Belt: accesorio innovador para deportistas de tenis adaptado con integración de dispositivos electrónicos

DP Smart Belt: innovative accessory for adaptive tennis athletes with electronic device integration

Paola Andrea García-Betancur¹, Carlos Mauricio Betancur-Vargas², Antonio José Rodríguez-Valencia³, Jorge Luis Pincay-Lozada⁴, Efrén Danilo Ariza Ruiz⁵

García-Betancur, P.A; Betancur-Vargas, Rodríguez-Valencia, A.J; Pincay-Lozada J.L; Ariza Ruiz, E.D. Dp smart belt: accesorio innovador para deportistas de tenis adaptado con integración de dispositivos electrónicos. *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° especial. Abril, 2025. VII Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software, Salud Electrónica y Móvil (AmiTIC). Pág. 5-16.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i5.7878>

- 1 Fundación Universitaria del Área Andina, Cali, Colombia.
pgarcia17@estudiantes.areandina.edu.co
<https://orcid.org/0009-0005-5723-9965>
- 2 Programa de Ingeniería Electrónica. Universidad de San Buenaventura. Cali, Colombia.
<https://orcid.org/0000-0002-9466-4005>
- 3 Programa Ingeniería en Sistemas. Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia
<https://orcid.org/0009-0006-6249-4036>
- 4 Universidad de San Buenaventura. Universidad Autónoma de Occidente. Universidad de Jaén. Cali, Colombia
<https://orcid.org/0000-0002-4929-8798>
- 5 Fundación Universidad del Área Andina. Bogotá, Colombia
<https://orcid.org/0000-0001-7762-3562>

Palabras clave

Actividad física; desplazamiento; aceleración; innovación; tecnología vestible; tenis en silla de ruedas.

Resumen

Esta investigación presenta el desarrollo de un accesorio con implementación electrónica diseñado para deportistas de tenis en silla de ruedas. El estudio se llevó a cabo mediante una metodología aplicada, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos en proporciones equitativas según los objetivos del estudio. La investigación tuvo un alcance exploratorio y se realizó con una población de once (11) jugadores olímpicos de tenis en silla de ruedas, pertenecientes al Instituto del Deporte, la Educación y la Recreación (INDERVALLE) de la ciudad de Santiago de Cali. Se empleó un muestreo simple, teniendo en cuenta las características específicas de los individuos que practican la actividad bajo la condición mencionada. El principal instrumento de recolección de datos fue la observación directa. El accesorio innovador, en adelante llamado “DP Smart Belt”, consiste en un cinturón que incluye tecnología electrónica, con la programación para medir el desplazamiento y las frecuencias de giro durante la actividad física, obteniendo así información para generar estadísticas de esfuerzo en periodos de tiempo. Con dicha implementación, el “DP Smart Belt” brinda la posibilidad de mejorar el acondicionamiento físico al proporcionar la medición de la aceleración, que puede ser uniaxial o triaxial. La medición uniaxial ocurre en una sola dirección (vertical), mientras que la triaxial abarca tres direcciones (anteroposterior, medio-lateral y longitudinal). Estos avances tecnológicos han permitido generar innovación y creatividad en los accesorios vestimentarios, facilitando cambios y proporcionando información crucial sobre el comportamiento corporal para mejorar el rendimiento deportivo. Esto es, especialmente importante, para deportistas que practican tenis de campo en silla de ruedas, ya que tienden a experimentar desgaste físico, agotamiento y una disminución de la condición física al sobregirar su capacidad máxima de esfuerzo.

Keywords

Physical activity; displacement; acceleration; innovation; wearable technology; wheelchair tennis.

Abstract

This research presents the development of an electronic accessory designed for wheelchair tennis athletes. The study was conducted using an applied methodology, combining qualitative and quantitative approaches in equal proportions according to the study's objectives. The research had an exploratory scope and was carried out with a population of eleven (11) Olympic wheelchair tennis players, affiliated with the Institute of Sports, Education, and Recreation (INDERVALLE) in the city of Santiago de Cali. A simple sampling method was employed, considering the specific characteristics of individuals practicing the activity under the mentioned condition. The primary data collection instrument was direct observation. The innovative accessory, hereafter referred to as the “DP Smart Belt,” consists of a belt incorporating electronic technology, programmed to measure displacement and rotational frequencies during physical activity, thereby obtaining information to generate effort statistics over periods of time. With this implementation, the “DP Smart Belt” offers the possibility of improving physical conditioning by providing acceleration measurements, which can be uniaxial or triaxial. Uniaxial measurement occurs in a single direction (vertical), while triaxial measurement covers three directions (anteroposterior, medio-

lateral, and longitudinal). These technological advancements have facilitated innovation and creativity in wearable accessories, enabling changes and providing crucial information about bodily behavior to enhance athletic performance. This is especially important for athletes who play wheelchair tennis, as they tend to experience physical wear, exhaustion, and a decrease in physical condition due to exceeding their maximum effort capacity.

Introducción

Esta investigación se enfoca en el tenis en silla de ruedas, un deporte que ha experimentado un notable crecimiento tanto a nivel nacional como internacional, en sus categorías Open y Quad (ver Figura 1). El estudio resalta que los movimientos, desplazamientos y giros son aspectos fundamentales para el rendimiento competitivo de los atletas. El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un accesorio innovador con componentes electrónicos, diseñado específicamente para estos deportistas, que permita medir el desplazamiento y los giros del cuerpo durante la actividad física. A partir de la interpretación de los datos obtenidos sobre los movimientos y aceleraciones, se busca mejorar la capacidad física y deportiva de los jugadores.

Esta inclusión permite que cada individuo, independientemente de sus limitaciones, pueda disfrutar de los beneficios físicos y emocionales que ofrece la actividad deportiva. El deporte adaptado no solo promueve la actividad física, sino que también fomenta la socialización, la autoestima y el bienestar general de quienes participan en él [1]Se centra específicamente en la discapacidad física y, más concretamente, en el tenis adaptado, conocido como tenis en silla de ruedas. Este deporte ha demostrado ser un medio efectivo para que las personas con movilidad reducida puedan competir a un alto nivel, al tiempo que disfrutan del ejercicio y el compañerismo que brinda el deporte.

Es importante destacar estudios previos, que han desarrollado procesos de investigación en vestuario inteligente con la integración de elementos electrónicos programados. Estos avances buscan mejorar las condiciones de vida y contribuir al bienestar humano. En el ámbito deportivo, la aplicación de tecnología mediante dispositivos similares puede mejorar la condición física de los deportistas y facilitar su recuperación durante la práctica deportiva.

Con Mediciones de parámetros de rendimiento físico en tiempo real a través de un rastreador GPS PLAYS [2]Este dispositivo permite monitorizar de manera precisa las cargas de trabajo de los jugadores durante sus entrenamientos y competiciones. Al integrar tecnología avanzada, no solo registra datos como la velocidad, la distancia recorrida y la frecuencia cardíaca, sino que también proporciona información crucial sobre el esfuerzo físico y la intensidad del ejercicio.

La tecnología vestible ofrece una oportunidad sin igual para la investigación en fisiología humana y fisiopatología, permitiendo el monitoreo constante y continuo de los signos vitales durante la ejecución de actividades físicas. Esto resulta invaluable para la evaluación objetiva de la actividad física [3]

El mercado de la actividad física representa un amplio sector de consumo, donde la tecnología vestible se convierte en un aliado perfecto. Las personas buscan mantener niveles óptimos de condición física por razones de salud, estética o deporte, siendo el control preciso de la intensidad del ejercicio y su contribución a la salud los principales motivos para adquirir esta tecnología [4]

La tecnología aplicada en el ámbito deportivo ha facilitado la medición y mejora de las condiciones físicas de los seres humanos mediante dispositivos que previenen lesiones y promueven la recuperación del deportista. Esta tecnología permite a los diseñadores implementarla en una variedad de prendas como vestuario, calzado, accesorios y otras prendas

deportivas, permitiendo el monitoreo del rendimiento físico y mejorando el acondicionamiento del cuerpo, a partir de la interpretación de datos, que distan de los tradicionales síntomas de agotamiento y cansancio [5]

La tecnología vestible ha evolucionado significativamente, facilitando la integración de dispositivos electrónicos portátiles en el cuerpo a través de accesorios y prendas de vestir. Se enfoca especialmente en el monitoreo de las actividades físicas para promover la salud, considerando que el rendimiento depende de factores internos como la temperatura corporal y la frecuencia cardíaca, así como de factores externos como el clima y el entorno. La aplicación de herramientas tecnológicas para controlar estas variables ha ganado terreno en diversos ámbitos deportivos a lo largo de los años [6]. Con las prestaciones de la tecnología vestible se pueden desarrollar nuevas prendas que generen valor en el momento de practicar algún deporte.

Por lo tanto, la programación de dispositivos para detectar y supervisar los movimientos durante rutinas de entrenamiento [7] Siendo capaz de detectar y supervisar los movimientos del usuario, proporcionando información valiosa para optimizar el rendimiento y garantizar una práctica segura. El principal objetivo de los dispositivos es detectar y supervisar los movimientos del usuario durante las rutinas, proporcionando datos precisos sobre la intensidad y la efectividad del entrenamiento.

El desarrollo generado para la presente investigación tuvo lugar en el Instituto del Deporte, la Educación y la Recreación (INDERVALLE), institución pública de la ciudad de Santiago de Cali, que viene funcionando como organismo rector del deporte, la recreación, el aprovechamiento del tiempo libre y la educación física en el departamento del Valle del Cauca desde el año 1999 [8]. Se llevó a cabo una investigación con un diseño metodológico cualitativo que permitió un contacto directo mediante la observación. El resultado fue el desarrollo de un cinturón con implementación electrónica, el cual integra una tarjeta de desarrollo ESP32 para conectividad Wi-Fi y transferencia de datos a iCloud®, junto con un acelerómetro ADXL345 y un MPU6050 que registran los giros y la aceleración del deportista durante su práctica.

Finalmente, se busca que el cinturón inteligente con el ADXL345 alcance el propósito de medir la fuerza de aceleración, con sus movimientos de impacto y vibración. Al mismo tiempo, el MPU6050 permitirá medir la velocidad de rotación, actuando como acelerómetro y giroscopio a la vez. Con base en esto, se pretende generar una base de datos que almacene los valores obtenidos y poder determinar representaciones gráficas. Esto orientará hacia una visión del Internet de las Cosas, facilitando la visualización gráfica de la información.



Figura 1. Tenis en silla de ruedas categorías Open y Quad.

Dentro de este contexto, la oportunidad que se le ofrece a las personas de practicar el ejercicio fusion con movilidad reducida en forma de deporte es uno de los avances sociales más notable's que se ha logrado conseguir en las últimas décadas. [9]. Esta oportunidad no solo

fomenta la salud y el bienestar, sino que también contribuye a la cohesión social y al desarrollo personal. Promover el acceso al deporte es, por tanto, fundamental para construir sociedades más sanas, inclusivas y resilientes.

Materiales y metodos

En el Instituto del Deporte, la Educación y la Recreación INDERVALLE en la ciudad de Santiago de Cali [10], se observó a deportistas practicando tenis en silla de ruedas, con edades entre 18 y 35 años. Se llevó a cabo una investigación con un diseño metodológico cualitativo que permitió un contacto directo a través de la observación. Esta metodología identificó aspectos físicos, socioculturales, socioeconómicos y de rendimiento relacionados con su práctica deportiva durante entrenamientos y competencias. Se obtuvo el consentimiento informado del entrenador para determinar qué elementos electrónicos serían necesarios para implementar en el prototipo de accesorio vestimentario decidido realizar.

Según Gómez Bastar [11], “Debido a la importancia y necesidad del hombre para indagar, descubrir y averiguar sobre su entorno, la ‘metodología de la investigación’ constituye una gran fuente de conocimientos; ya que, al investigar, el sujeto reflexiona y cuestiona una situación, y es así como enriquece sus concepciones de la realidad”, lo que permite viabilizar la etapa inicial del proyecto como exploratoria, intentando comprender las realidades de los jugadores y sus necesidades.

Los once deportistas de la liga INDERVALLE se agrupan en dos categorías según su condición física: la categoría Open, que incluye a aquellos con afectación exclusivamente en los miembros inferiores, y la categoría Quad, que abarca a los deportistas con limitaciones en tres extremidades. Además, se llevaron a cabo 6 observaciones en parejas durante los partidos, utilizando un cuestionario con 13 ítems específicos (ver Figura 2).

OBSERVADOR	ÍTEM													RANGO	CONFIABILIDAD													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13															
E1	1	2	1	2	2	3	3	2	3	2	3	3	4	2	12													
E2	2	1	2	3	2	4	2	2	2	3	3	3	4	2	14													
E3	3	1	2	4	2	4	3	2	2	3	4	4	2	3	16													
E4	2	2	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	15													
E5	1	2	2	1	1	3	2	3	2	2	2	2	2	2	15													
E6	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	16													
E7	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	15													
E8	2	2	1	4	2	3	1	2	2	2	4	4	2	2	18													
E9	2	1	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	14													
E10	1	1	2	2	2	4	2	3	2	2	2	2	2	2	14													
E11	3	1	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	2	15													
SUMATORIA	6,125	6,125	6,25	6,25	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	6,125	25													
VARIANZA CV	8,9390909																											
VARIANZA CV	14,442309																											
$\alpha = \frac{1}{K} \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^K s_i^2}{\sum_{i=1}^K s_i} \right)$																												
α = coeficiente de confiabilidad del cuestionario K = número de ítems del instrumento														0,72	Excelente Confiabilidad													
$\sum_{i=1}^K s_i^2$ = sumatoria de las varianzas del ítem $\sum_{i=1}^K s_i$ = Varianza total del instrumento														4,91														
														14,4														

Figura 2. Cálculo de Alfa de Cronbach con Excel.

La confiabilidad de estos datos se calculó utilizando el coeficiente Alfa de Cronbach, obteniendo un valor de 0,72, lo cual indica una excelente confiabilidad (ver Figura 3).

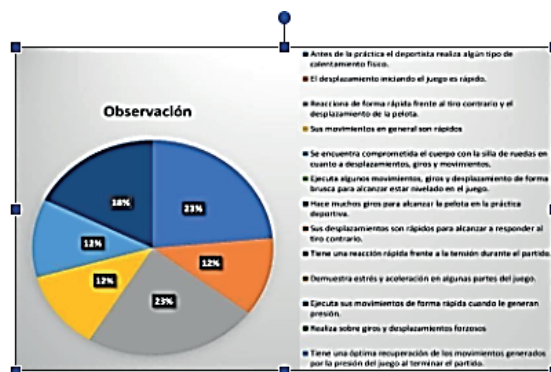


Figura 3. Gráfico observación para determinar los elementos de medición.

Estudios previos sobre el tenis en silla de ruedas han demostrado que la interacción entre el jugador y la silla de ruedas no es óptima al impulsarse con una raqueta en la mano, lo que reduce la velocidad de desplazamiento [12].

Teniendo en cuenta lo anterior, la aplicación de este método permitió identificar el accesorio innovador más adecuado para alcanzar los objetivos propuestos, considerando que la silla de ruedas actúa como las piernas del deportista, mientras que el torso, los brazos y las manos generan los movimientos y la velocidad.

Inicialmente se diseñó un cinturón canguro para decidir la implementación de los sensores electrónicos y determinar su ubicación para las mediciones deseadas. Sin embargo, el primer prototipo resultó ser un diseño fallido debido a su volumen excesivo y falta de ergonomía para cumplir los objetivos establecidos.

Posteriormente, se decidió reutilizar una caja en poliuretano transparente perteneciente a “Raspberry Pi®” para organizar las piezas electrónicas. Se confeccionó un estuche donde el integrado estaría protegido de la humedad y las piezas estarían distribuidas correctamente (ver Figura 4).



Figura 4. Caja en poliuretano transparente perteneciente a “Raspberry Pi®”.

Una vez definido el estuche, se desarrolló un cinturón deportivo tipo canguro, denominado “DP Smart Belt”, con un diseño ergonómico y continuo. Este diseño garantiza la ubicación precisa de los componentes electrónicos para las mediciones específicas requeridas. El prototipo se fabricó en color rojo, logrando uniformidad con el uniforme y los colores institucionales de la liga deportiva INDERVALLE de Santiago de Cali, cuyo color principal es el rojo y cuyo logotipo es blanco (ver Figura 5).



Figura 5. “DP Smart Belt” componentes electrónicos estén ubicados precisamente para las mediciones específicas determinadas.

El “DP Smart Belt” o cinturón inteligente, con implementación electrónica, permite mejorar el acondicionamiento físico al medir la aceleración, el desplazamiento y los giros realizados por el deportista durante la actividad. Esta información se obtiene mediante la integración electrónica y se transmite vía WiFi. Los datos se envían a iCloud® o al dispositivo celular durante la actividad física, proporcionando información para generar estadísticas de movimiento y velocidad en intervalos de tiempo entre puntos específicos. Esto facilita la comparación entre prácticas y ayuda a mejorar el rendimiento deportivo.

Resultados

El “DP Smart Belt”, o cinturón inteligente con implementación electrónica, permite realizar mediciones durante la actividad física. Este dispositivo mide la aceleración, el desplazamiento y los giros realizados en tiempo real, generando registros de la actividad física.

Con la integración de dispositivos se realizan mediciones, teniendo en cuenta que a pesar que no exista movimiento, siempre el acelerómetro estará censando la aceleración de la gravedad. [13]. esta capacidad de detección constante permite evaluar no solo la actividad física activa, sino también momentos de reposo, lo que puede ser crucial para entender el comportamiento del cuerpo en diferentes contextos. Esta funcionalidad se vuelve especialmente relevante en el monitoreo de la salud general, ya que puede ayudar a identificar patrones de inactividad o a evaluar la capacidad física, brindando así un enfoque holístico en la supervisión del bienestar del individuo.

Estos parámetros son capturados mediante programación electrónica y se realizan pruebas de funcionalidad basadas en objetivos específicos de medición utilizando la tarjeta ADXL345 Accelerometer Interfacing with ESP32, un dispositivo electrónico que mide la fuerza de aceleración unitaria y detecta movimientos, impactos y vibraciones (ver Figura 6).

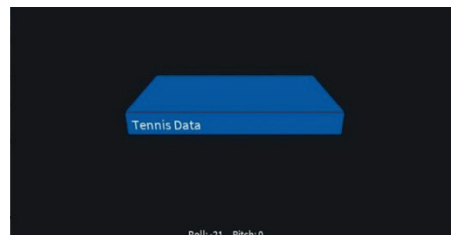


Figura 6. Roll, Pitch, Yaw. Forma gráfica en el dispositivo los movimientos del ADXL345 Accelerometer.

Además, se implementó en el “DP Smart Belt” un ADXL345 Accelerometer Interfacing with ESP32 para determinar las variables de aceleración en X, Y, Z, y los valores derivados de roll, pitch y yaw, los cuales indican la orientación del dispositivo según los movimientos generados por las aceleraciones (ver Figura 7).



Figura 7. Distancias entre un estado de reposo y un movimiento. Fuente: Elaboración propia

Se incorporó también el MPU6050, un acelerómetro y giroscopio, para medir la velocidad de rotación y la inclinación mediante la integración para obtener la medida total del desplazamiento angular (ver Figura 8).

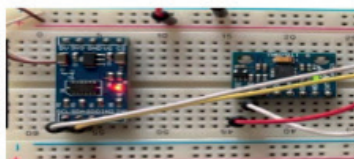


Figura 8. MPU6050 unidad de medición inercial mide la inclinación mediante la interacción de la suma de los movimientos. Fuente: Elaboración propia

El ADXL345 Accelerometer está conectado al ESP32 a través de wifi para transportar los datos al iCloud®, donde se registra la información del ADXL345 Accelerometer (ver Figura 9).

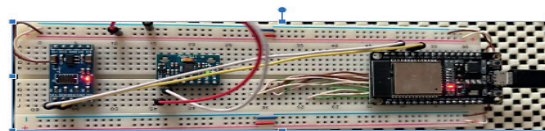


Figura 9. Diagrama de interfaz ESP32 con acelerómetro ADXL345 + MPU6050. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se concentran en una base de datos donde se guardan los valores definidos para su posterior representación gráfica (ver Figura 10).

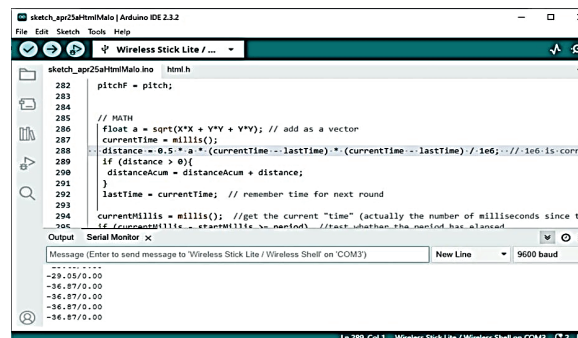


Figura 10. Valores a de las distancias, medición en estado de reposo.

Todo este entorno está orientado hacia una visión del Internet de las Cosas, ya que la información proporcionada por el dispositivo integrado en el cinturón es evaluada tanto por el entrenador como por el equipo de desarrollo de la prenda. Esto permite visualizar y analizar los datos obtenidos durante la actividad física a través de gráficos.

En los hallazgos encontrados en los deportistas que practican tenis en silla de ruedas y utilizaron el “DP Smart Belt” o cinturón inteligente, mostraron interés en utilizarlo en los Juegos Paralímpicos para determinar y mejorar su capacidad física de cara a competencias futuras. El dispositivo permitió almacenar una base de datos que facilita la comparación con registros de competiciones anteriores, contribuyendo así a mejorar la condición física y el rendimiento deportivo.

Actualmente, estos dispositivos están en constante evolución, impulsados por la necesidad de mejorar la precisión y la utilidad en el monitoreo de la actividad física [14]. Las futuras direcciones que pueden tomar incluyen el desarrollo de algoritmos más sofisticados que no solo interpreten datos de movimiento, sino que también integren información biométrica, como la frecuencia cardíaca y los niveles de oxígeno en sangre, entre otros.

De tal modo, el “DP Smart Belt” fue probado en tenistas de las categorías Open directamente en el cuerpo y Quad en el cuerpo y la silla y los ensayos arrojaron datos de pitch, roll y yaw de acuerdo con las lecturas realizadas en el dispositivo. Estos datos pueden ser graficados y representados visualmente (ver Figura 12).

Figura 12. Recolección de la información, de forma gráfica simular y visualizar la información.

Utilizando estos valores y procesando de forma directa a partir de la data recolectada en InfluxDB. Esta simulación puede realizarse en tiempo real o posterior a la recolección de la información, permitiendo simular y visualizar la información gráficamente.

Además, con las distancias recorridas calculadas a partir de las aceleraciones durante el proceso de lectura, se pueden determinar las distancias totales recorridas. Esta información se puede descargar en Excel desde las lecturas del InfluxDB (ver Figura 13).

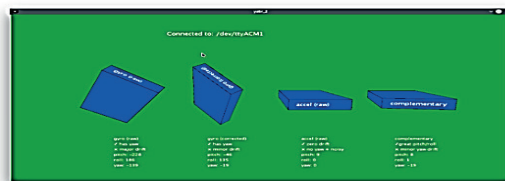


Figura 13. Cálculos de distancias parciales y totales recorridas a partir de las lecturas.

Los valores del giroscopio permiten determinar la aceleración de los giros realizados por el dispositivo durante todo el periodo de lectura de la información. Además, se pueden investigar otros KPI's a partir de esta información, que podrían ser interesantes según el análisis realizado por los entrenadores deportivos (ver Figura 14).

	A	B	C	D	E
1	#group	false	false	false	false
2	#datatype	string	string	double	double
3	#default				
4		SSID	device	distance	distance
2089		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	1,7	
2090		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2091		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2092		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	7,21	
2093		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	5,09	
2094		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	11,93	
2095		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	8,81	
2096		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	2,41	
2097		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	33,3	
2098		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	10,36	
2099		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	9,56	
2100		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	7,97	
2101		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	8,04	
2102		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	2,96	
2103		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	2,41	
2104		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	5,51	
2105		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	7,97	
2106		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	9,63	
2107		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	9,59	
2108		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2109		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2110		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2111		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2112		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2113		Antonio Jose's Galaxy A14	ESP32	0	
2114		Totales de Distancias recorridas		32.613,74	
2115					
2116					
2117					

Figura 14. Aceleraciones y Giros durante el proceso de las lecturas en la práctica del deporte.

Estas pruebas han generado hallazgos relevantes, ya que el “DP Smart Belt” puede implementarse en cualquier tipo de deporte que requiera medición de aceleración, movimiento, impacto, vibración, rotación e inclinación. Esto abre el campo de acción a diversos enfoques deportivos y permite en investigaciones posteriores la implementación de otros elementos electrónicos para descubrir nuevas funciones o aspectos relacionados con la salud.

Las nuevas tecnologías han traído consigo dispositivos que pueden ser utilizados en la vida diaria, integrándose como parte del vestuario o accesorios como relojes, zapatos y chaquetas, combinando avances tecnológicos con la moda. El diseño con implementación tecnológica cumple una función social al contribuir al bienestar, convirtiendo los vestuarios y accesorios en piezas útiles en diversos aspectos.

A través de la tecnología GPS, el dispositivo registra información clave como la velocidad, la distancia recorrida, el tiempo de actividad y la frecuencia cardíaca [15]. Una de las principales ventajas de utilizar este tipo de tecnología es la capacidad de realizar ajustes inmediatos en la rutina de entrenamiento. Al obtener datos en tiempo real, los entrenadores pueden identificar si un jugador está trabajando en su máxima capacidad o si necesita incrementar la intensidad de su entrenamiento.

Es interesante destacar estos hallazgos en la implementación del “DP Smart Belt”, especialmente en el contexto de la transformación digital asociada al surgimiento de tecnologías que afectan fenómenos económicos, y productivos, estos fenómenos impulsan sistemas de fabricación físicos y virtuales que transforman la manera en que se estudia y se interactúa con el cuerpo humano.

Conclusiones

En esta investigación, se concluye que el tenis en silla de ruedas ha ganado gran popularidad tanto a nivel nacional como internacional en sus categorías Open y Quad.

La aplicación del instrumento de observación directa durante los juegos permitió identificar la importancia crucial de los movimientos, desplazamientos y giros para el rendimiento deportivo. Por lo tanto, se determinó que la integración de dispositivos electrónicos en el “DP Smart Belt” o cinturón inteligente sería fundamental. Estos dispositivos medirían aceleración, desplazamiento y giros del deportista, almacenando los datos en una base que mejore su acondicionamiento físico.

El “DP Smart Belt” se desarrolló mediante una metodología combinada de enfoques cualitativos y cuantitativos según los objetivos del estudio. Diseñado ergonómicamente, garantiza que los componentes electrónicos estén ubicados precisamente para las mediciones requeridas. Estos elementos están programados y verificados para almacenar datos a través de wifi, registrándolos en iCloud® y en la base de datos InfluxDB del PC. Además, se planea desarrollar una aplicación y agregar más dispositivos para interpretar movimientos en tiempo real en dispositivos móviles.

Los resultados obtenidos son relevantes en funcionalidad e innovación, permitiendo que el “DP Smart Belt” se implemente en cualquier deporte que requiera medir aceleración, movimiento, impacto, vibración, rotación e inclinación. Esto amplía su aplicación en diferentes enfoques deportivos y en investigaciones futuras con otros elementos electrónicos para descubrir nuevas funciones relacionadas con la salud.

En términos de cumplimiento de objetivos, se ha creado un accesorio innovador, el “DP Smart Belt”, con dispositivos electrónicos integrados que miden múltiples aspectos físicos. Esta implementación abre un amplio mercado en deporte y salud, siendo accesible con un costo de \$81,26 dólares. Además, se prevé una iniciativa social al ofrecer a la población vulnerable la oportunidad de financiar a los deportistas más destacados del Instituto del Deporte, la Educación y la Recreación (INDERVALLE) de la ciudad de Santiago de Cali, permitiendo participar en competencias olímpicas internacionales.

Referencias

- [1] D. Boscán, «Ventajas de la tecnología vestible en la actividad física,» *Revista Electrónica de Estudios Telemáticos, Temematique*, vol. 21, n° 2, pp. 69-74, 2022.
- [2] E. A. Sullón Atoche, Control de la actividad física con tecnología vestible (wearables), una revisión sistemática, Trujillo, Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

- [3] S. A. Conger, S. D. Herrmann, E. A. Willis, T. E. Nightingale, J. R. Sherman y B. E. Ainsworth, «2024 Wheel chair Compendium of Physical Activities: An update of activity codes and energy expenditure values,» *Journal of Sport and Health Science*, vol. 13, n° 13, pp. 18-23, 2024.
- [4] C. Collazo, J. González Santos, J. González Bernal y E. Cubo, «Estado sobre la situación del uso y utilidades potenciales de las nuevas tecnologías para medir actividad física. Revisión sistemática de la literatura,» *Atención Primaria Práctica*, vol. 2, n° 100064, p. 6, 2020.
- [5] INDERVALLE, «Instituto del Deporte, la Educación Física y la Recreación del Valle del Cauca,» Cloud City, 02 02 2024. [En línea]. Available: <https://indervalle.gov.co/historia/>. [Último acceso: 26 06 2024].
- [6] S. Gómez Bastar, Metodología de la Investigación, Tlalnepantla: Red Tercer Milenio, 2012.
- [7] B. F. K. J. H. A. V. R. de Groot S, «The effect of a novel square-profile hand rim on propulsion technique of wheelchair tennis players,» *Applied ergonomics*, vol. 71, pp. 38-44, 2018.
- [8] T. Allen, J. Shepherd, J. Wood, D. Tyler y O. Duncan, «Wearables for disabled and extreme sports,» de *Digital Health*, 2021, pp. 253-273.
- [9] A. Rubén, J. Piña, M. A. Luis, and Y. B. Blanco, "Desarrollo de un dispositivo tipo wearable orientado al entrenamiento HIIT utilizando aprendizaje supervisado P R E S E N T A Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería".
- [10] Propuesta metodológica para fortalecer las capacidades condicionales fuerza máxima y velocidad explosiva en personas con discapacidad que practican el quadrugby en silla de ruedas. [online]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10901/5216>.
- [11] M. J. Aguilar Cordero, A. M. Sánchez López, R. Guisado Barrilao, R. Rodríguez Blanque, J. Noack Segovia, and M. D. Pozo Cano, "Descripción del acelerómetro como método para valorar la actividad física en los diferentes periodos de la vida: revisión sistemática," *Nutr Hosp*, vol. 29, no. 6, pp. 1250–1261, 2014, doi: 10.3305/NH.2014.29.6.7410.
- [12] A. Santos-Lozano y N. Garatachea, «Tendencias actuales de la acelerometría para la cuantificación de la actividad física», *RICCAFD*, vol. 1, n.º 1, pp. 24–33, dic. 2012.
- [13] V. A. Betancourt vásquez, M. J. Hernández Villarreal, and M. F. Dávila Matute, "Medición de los parámetros de rendimiento físico en tiempo real a través de un chaleco de neopreno equipado con rastreador gps playr para monitorizar las cargas de trabajo y forma física de los jugadores de la sub 13 del club de futbol templo fc.," oct. 2020, Accessed: oct. 27, 2024. [online]. Available: <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/4322>
- [14] Peralta de Aguas, A D. 2022. Diseño e implementación de un guante electrónico para favorecer la productividad y seguridad en talleres industriales en la Institución Educativa INEM de Montería, Córdoba.
- [15] D. Sanz Rivas, "Tenis en silla de ruedas," *Apunts: Educación física y deportes*, ISSN-e 2014-0983, ISSN 1577-4015, No 44-45, 1996 (Ejemplar dedicado a: El tenis: una realidad desde diferentes perspectivas), págs. 98-105, no. 44, pp. 98–105, 1996, Accessed: Oct. 27, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=296074&info=resumen&idioma=SPA>

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Los autores aquí firmantes declaramos que no se utilizó ninguna herramienta de IA para la conceptualización, traducción o redacción de este artículo.