

CONESCAPANHONDURAS2025paper132.pdf

 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

Document Details

Submission ID

trn:oid:::14348:477745186

Submission Date

Jul 31, 2025, 10:10 PM CST

Download Date

Aug 12, 2025, 6:29 PM CST

File Name

CONESCAPANHONDURAS2025paper132.pdf

File Size

899.5 KB

6 Pages




3,911 Words

20,529 Characters

16% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags




0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 16%  Internet sources
- 1%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	www.rfetm.es	4%
2	Internet	docplayer.es	2%
3	Internet	inderlas.es	1%
4	Internet	www.coursehero.com	1%
5	Internet	vsip.info	1%
6	Internet	www.clubensayos.com	<1%
7	Internet	www.slideshare.net	<1%
8	Internet	definicion.de	<1%
9	Internet	es.readkong.com	<1%
10	Internet	archivosdemedicinadeldeporte.com	<1%
11	Publication	Carlos Matute Molina, Fernando Calderon Perdomo, Fernanda de Lourdes Cácere...	<1%

12	Internet	www.areacucuta.com	<1%
13	Internet	filadd.com	<1%
14	Internet	patents.google.com	<1%
15	Internet	www.mapfrecajasalud.com	<1%
16	Internet	www.redvoiss.net	<1%
17	Internet	www.researchgate.net	<1%
18	Publication	García, . "Numerical modeling and calculus", Dam Maintenance and Rehabilitatio...	<1%
19	Internet	qdoc.tips	<1%
20	Internet	es.scribd.com	<1%
21	Internet	pt.scribd.com	<1%

Cuantificación Cinemática en Atletas del Equipo de Tenis de Mesa Pumas UNAH Mediante Sensores Infrarrojos

Resumen—La siguiente investigación tuvo la finalidad de estudiar la viabilidad de implementar un sistema de medición cinemática deportiva aplicable al tenis de mesa mediante el uso de sensores infrarrojos en entornos de entrenamiento. El enfoque va dirigido a la optimización del registro de parámetros cinemáticos como velocidad y desplazamiento. Para la recopilación de datos, se diseñó y construyó un prototipo experimental el cual permitió registrar eventos de cruce, a partir de los cuales se calcularon variables cinemáticas. Para validar el funcionamiento del prototipo se realizó con tres atletas del equipo Pumas UNAH, aplicando el test de resistencia a la potencia, y comparando los resultados obtenidos con el método tradicional y el sistema TRPOTM PLATCONTACT – tm.

Palabras Clave— *Kinematics, Optimization, Infrared Sensors, Displacement Measurement, Sports equipment, Anthropometry, Velocity Measurement.*

I. INTRODUCCIÓN

El tenis de mesa es una disciplina deportiva que requiere del dominio de habilidades específicas, las variables cinemáticas relacionadas con el movimiento del jugador se vuelven cruciales para evaluar y mejorar el rendimiento deportivo, ya que influyen directamente en la capacidad de respuesta frente al oponente y en la efectividad del juego.

La presente investigación propone el desarrollo de un sistema de medición cinemática de bajo costo, basado en tecnología accesible como sensores infrarrojos y microcontroladores Arduino. El prototipo diseñado tiene la capacidad de registrar de forma precisa los desplazamientos laterales del atleta, así como calcular variables clave como velocidad, número de desplazamientos y duración de la prueba.

II. BASES DE LA DINÁMICA DEL MOVIMIENTO EN TENIS DE MESA

A. La Cinemática

Es la rama de la dinámica que describe el movimiento sin considerar las fuerzas que lo producen. Es una descripción geométrica (analítica y matemática) del movimiento de los cuerpos u objetos en el espacio, en términos de desplazamiento, velocidad y aceleración por unidad de tiempo sin considerar las fuerzas balanceadas o desbalanceadas que causan el movimiento en un sistema, con el fin de establecer el tipo, dirección y cantidad de movimiento.

B. La Traslación Rectilínea

Ocurre cuando todos los puntos de un cuerpo u objeto se mueven en línea recta, de tal manera que la dirección del movimiento y su orientación no cambian, así como todos los puntos del objeto se mueven en la misma distancia.



Fig. 1. Ejecución de Desplazamiento Lateral

C. La Traslación Curvilínea

Ocurre cuando todos los puntos de un cuerpo u objeto se mueven en una trayectoria curva. De tal manera que la dirección del movimiento está cambiando pero no así su orientación, que es constante. Este tipo de movimiento se presenta, por ejemplo, cuando el jugador se desplaza alrededor de la mesa.



Fig. 2. Desplazamientos Laterales con Toques de Mesa.

D. Distancia y Desplazamiento

El cambio en posición de un objeto o cuerpo en el espacio se conoce como desplazamiento. Se refiere a la distancia y dirección que un objeto o cuerpo se traslada desde un punto de referencia. La distancia es una cantidad escalar (solo posee magnitud). Ésta describe la longitud del camino recorrido (representado por la longitud/largo del segmento de un vector).

E. La Velocidad

Representa la proporción en el cambio de la posición del objeto o cuerpo (desplazamiento) con respecto al tiempo empleado. Se puede estimar dividiendo el desplazamiento de un objeto o cuerpo entre la cantidad de tiempo transcurrido durante dicho desplazamiento. [1]. La siguiente ecuación describe el cálculo de la velocidad:

$$v = \frac{d}{t} \quad (1)$$

Donde:

v : Es la velocidad. La cual se mide en m/s.

d : Es la distancia recorrida. Su unidad es metros (m).

t : Es el tiempo medido en segundos (s).

III. TEST DE RESISTENCIA A LA POTENCIA

El rendimiento deportivo depende de la actitud para mantener un gasto energético elevado por unidad de tiempo y una elevada potencia durante un tiempo prolongado. Los determinantes del rendimiento son: la máxima potencia aeróbica, la resistencia aeróbica, y la eficiencia mecánica.

Los objetivos de la valoración son:

- Valorar la capacidad de esfuerzo.
- Obtener información sobre los efectos del entrenamiento.
- Permitir la planificación individual del entrenamiento.
- Ayudar a predecir el rendimiento deportivo.

En estas pruebas observamos si existe o no mejoría en diferentes periodos de entrenamiento. Las pruebas se realizan de acuerdo con protocolos normalizados de trabajo que garantizan la fiabilidad de los resultados y la reproductibilidad de la prueba. [2].

A. Potencia y Resistencia en el Deporte

La noción de potencia muscular refiere a la fuerza que puede aplicar una persona con un movimiento y a la velocidad con que dicha aplicación se concreta. Se trata, por lo tanto, de la capacidad de un individuo para ejercer fuerza de manera rápida. Es importante destacar que las necesidades de potencia muscular no son las mismas para todos los deportistas.

La potencia muscular, en definitiva, es la capacidad de un individuo de superar una cierta resistencia. Cuanto más grande sea la resistencia para vencer, mayor será la potencia muscular que se requiera. [3]

En el deporte, la resistencia es entendida como la capacidad de continuar con una determinada actividad, más allá del cansancio físico o psíquico.[4]

B. Test de Resistencia a la Potencia en Tenis de Mesa (TRPOTM)

El tenis de mesa es un deporte de raqueta que está clasificado desde el punto de vista fisiológico dentro de los deportes intermitentes de alta intensidad (DIAI) y se caracteriza por breves periodos de esfuerzos de alta intensidad seguidos por breves periodos de recuperación. Los diferentes cambios de posiciones, acciones y movimientos explosivos de los miembros inferiores juegan un papel fundamental en estos atletas.

Basado en que la competencia del tenis de mesa se caracteriza por la ejecución de continuos cambios de ritmos, dirección, rapidez, intercalados con micro y macro pausas, la prueba se diseñó para identificar la resistencia intermitente específica del jugador de tenis de mesa, con él se puede verificar el nivel de resistencia a diferentes velocidades. El resultado final de la evaluación es velocidad (m/s) y distancia (m). [5].

IV. DISEÑO DEL SISTEMA

A. Entradas y Salidas del Sistema de Cuantificación Cinemática

El sistema de Cuantificación Cinemática está diseñado específicamente para evaluar el rendimiento de los atletas a través del test de resistencia a la potencia en el tenis de mesa. Entre las entradas del sistema incluyen las señales generadas por los sensores infrarrojos al detectar el paso del sujeto de prueba, la activación manual a través de un botón de inicio, y el tiempo transcurrido, que determina la duración máxima de la medición el cual será de 60 segundos.

A partir de estas señales, el sistema ejecuta una serie de procesos internos, entre los cuales se incluyen la detección y validación de los cruces entre sensores, el cálculo automático de desplazamientos, la estimación de la velocidad individual y promedio en función del tiempo entre eventos, así como el registro continuo del tiempo y la distancia total recorrida al finalizar la prueba. Además, se implementan rutinas de filtrado temporal para evitar lecturas múltiples o erróneas por activaciones repetidas en un corto intervalo.

Como salidas, el sistema proporciona información como el número total de desplazamientos, la velocidad promedio y por desplazamiento en m/s, el tiempo total de la prueba en segundos, y la distancia recorrida en metros. Estas métricas se presentan tanto mediante indicadores visuales LED durante el proceso como a través de la interfaz serie del microcontrolador para su análisis externo o almacenamiento.

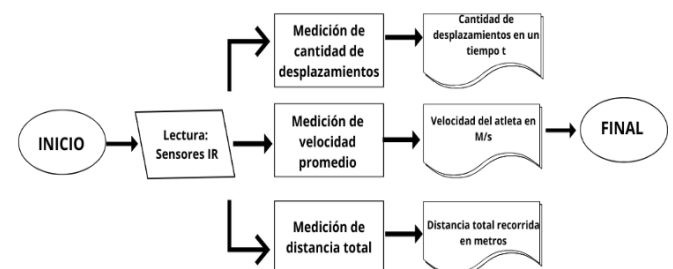


Fig. 3. Diagrama de Flujo del Funcionamiento del Prototipo IR-RPOTM.

V. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO IR-RPOTM.

A. Selección de Materiales

a) *Microcontrolador*: el microcontrolador central utilizado es una placa Arduino Uno, esta fue elegida por su facilidad de programación y bajo costo, esta placa es ideal para reconfiguración del código en caso de futuras mejoras al sistema, así como también para realizar mediciones con una mínima latencia.

b) *Sensores*: Dispositivo diseñado para detectar eventos o cambios en su entorno físico y convertirlos en señales eléctricas o digitales que pueden ser interpretadas y procesadas por un sistema electrónico, como un microcontrolador o un procesador. Para este proyecto se utilizó un sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21K0F, estos sensores permiten medir distancias en un rango de 10 a 80 cm, como las utilizadas en los test de rendimiento en tenis de mesa. Son adecuados para monitoreo de movimiento en tiempo real y permiten una medición sin contacto físico.

c) *Indicadores Visuales*: Estos tienen la función de brindar una señal visual inmediata cada vez que se detecta un evento, para el desarrollo del prototipo IR-RPOTM se

utilizaron LEDs como indicadores visuales. Adicional a los diodos LED se utilizaron resistencias de $220\ \Omega$ las cuales cumplieron la función de limitar la corriente a valores seguros para los LED y el pin de salida, esto con el propósito de evitar el daño de componentes.

d) *Sistema de Filtrado:* Se realizó un sistema de filtrado con el fin de eliminar el ruido causado por conmutación o interferencias. Se utilizaron capacitores cerámicos de $0.1\ \mu\text{F}$ y capacitores electrolíticos de $10\ \mu\text{F}$, los cerámicos filtran alta frecuencia y los electrolíticos amortiguaran variaciones más lentas. Estos eliminaran las interferencias y estabilizaran la señal antes de que llegue al Arduino.

e) *Modulo de activación:* Se selecciono un push button para poder iniciar manualmente la prueba, de manera que el atleta tenga una forma sencilla de poder dar inicio al test, esto asegura que el sujeto de medición se encuentre en condiciones óptimas antes de comenzar la prueba. Este componente nos permite la repetición de intentos de manera controlada.

B. Diagrama de Conexiones

Para el desarrollo del prototipo IR-RPOTM, fue necesario establecer un conjunto de conexiones electrónicas precisas las cuales permitieron la integración de cada uno de los componentes. A continuación, se presenta el diagrama de conexiones del prototipo IR-RPOTM.

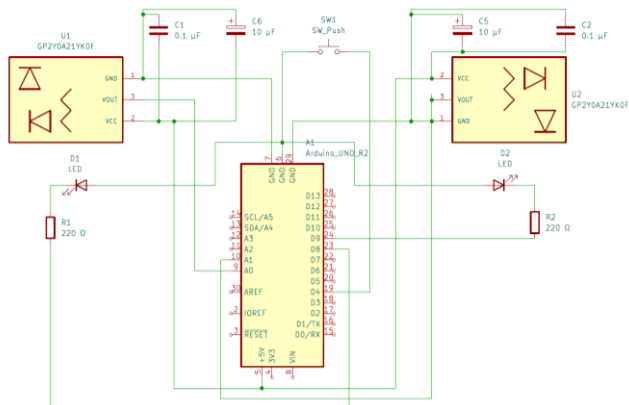


Fig. 4. Diagrama de Conexiones del Prototipo IR-RPOTM.

VI. MEDICIONES

A. Sujetos de Medición

Para la realización de las mediciones, se seleccionaron tres atletas pertenecientes al equipo de tenis de mesa Pumas UNAH, con el objetivo de evaluar el rendimiento físico específico mediante el test de resistencia a la potencia. La muestra estuvo compuesta por dos atletas del equipo masculino y una del equipo femenino, todos ellos con un perfil deportivo activo en esta disciplina.

Estos atletas cuentan con un periodo continuo de entrenamiento de seis meses, durante el cual mantienen una frecuencia de cinco sesiones semanales de dos horas cada una, enfocadas en el desarrollo físico, técnico y táctico. Esta carga de entrenamiento asegura un nivel mínimo de preparación física y técnica que permite obtener datos representativos al momento de aplicar el protocolo de evaluación. Esta selección se realizó bajo criterios de disponibilidad, experiencia y

constancia en el entrenamiento, lo cual favorece la validez de los datos recogidos.

TABLA I: FICHA TÉCNICA DE SUJETOS DE PRUEBA.

Ficha de Atletas			
Atleta	Sexo	Altura (m)	Peso (Kg)
Diana Bográn	Femenino	1.63	58
Huber Centeno	Masculino	1.76	54
Pedro Portillo	Masculino	1.74	59

B. Condiciones de la Prueba Aplicada

La prueba realizada corresponde al Test de Resistencia a la Potencia en Tenis de Mesa (TRPOTM). Este test busca simular las demandas reales del juego, enfocándose en la agilidad, la capacidad anaeróbica y la eficiencia en los desplazamientos. El protocolo consiste en ejecutar la mayor cantidad de desplazamientos laterales posibles durante un periodo de 60 segundos, desplazándose de un lado al otro de la mesa en línea recta. Para cada desplazamiento se ha considerado una distancia fija de 2.4 metros. Esta distancia se ha establecido teniendo en cuenta el espacio real de movimiento del jugador en situaciones competitivas. Durante la prueba, cada desplazamiento es acompañado por un toque simbólico con la mano dominante de juego, simulando una acción ofensiva o de respuesta, lo que añade una carga técnica al esfuerzo físico realizado.



Fig. 5. Aplicación del Test de Resistencia a la Potencia en Tenis de Mesa, Huber Centeno.

C. Mediciones a través de TRPOTM PLATCONTACT-tm

Este sistema fue seleccionado como método de referencia debido a su uso extendido en entornos de evaluación deportiva profesional. El funcionamiento del sistema TRPOTM PLATCONTACT-tm se basa en el uso de plataformas de contacto, el dispositivo Chronopic y el software Chronojump. Las plataformas registran los momentos de contacto y despegue del atleta durante los desplazamientos, mientras que Chronopic actúa como interfaz de adquisición de datos conectada al software. Este último permite visualizar, almacenar y analizar los resultados en tiempo real.

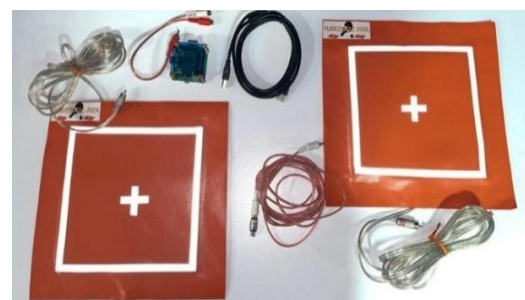


Fig. 6. Plataformas de Contacto.

Luego de la aplicación de la prueba pudimos obtener los siguientes resultados proporcionados por el software Chronojump:

Atleta		Velocidad Contro	Velocidad1	Velocidad2	Velocidad3	Velocidad4	Velocidad5	Velocidad6	Velocidad7	Velocidad8	Velocidad9	Velocidad10
Pedro Portillo (TRPOT-tm 2.4 x 60 s)	2.067	1-10	2.231	2.206	2.35	2.275	2.447	2.34	2.51	2.374	2.416	2.464
		11-20	2.41	2.353	2.329	2.335	2.313	2.221	2.293	2.283	2.304	2.313
		21-30	2.312	2.238	2.281	2.171	2.2	2.229	2.28	2.092	2.165	2.167
		31-40	2.153	2.087	2.192	2.216	1.099	1.031	2.081	2.057	2.137	1.943
		41-50	2.107	2.03	2.242	1.996	2.06	2.048	2.108	2.017	0.976	1.946
		51-60	1.938									
HUBER CENTENO (TRPOT-tm 2.4 x 60 s)	1.96	1-10	2.058	2.206	2.02	2.244	2.119	2.32	1.963	2.085	1.944	2.079
		11-20	1.923	2.054	2.03	2.197	2.058	2.054	1.927	2.08	1.921	2.25
		21-30	2.214	2.295	2.118	2.118	2.044	2.027	2.006	1.943	2.011	1.955
		31-40	1.936	2.043	1.929	1.944	1.906	2.066	1.77	2.093	1.914	1.849
		41-50	1.744	1.279	1.732	1.922	2.068	1.952	1.839	1.896	1.713	
		51-60										
Diana Bogran (TRPOT-tm 2.4 x 60 s)	1.582	1-10	1.681	1.651	1.639	1.541	1.75	1.718	1.658	1.688	1.687	1.706
		11-20	1.715	1.62	1.601	1.674	1.613	1.631	1.631	1.671	1.655	1.609
		21-30	1.595	1.569	1.509	1.498	1.5	1.622	1.554	1.569	1.563	1.52
		31-40	1.54	1.442	1.487	1.427	1.368	1.571	1.475	1.448	1.507	

Fig. 7. Resultados de Velocidad Promedios y por Desplazamiento para los 3 Sujetos de Prueba.

Como parte de los resultados obtenidos, el software genera una gráfica comparativa utilizando los datos mostrados en la Fig. 7.

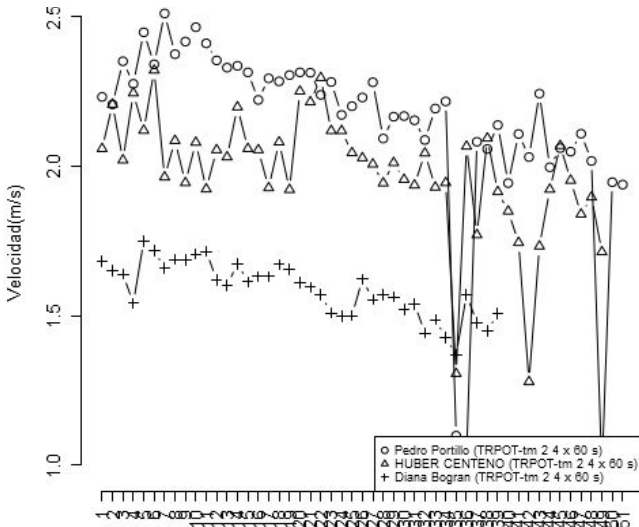


Fig. 8. Gráfica Comparativa Proporcionada por Chronojump.

D. Mediciones a través del Método Tradicional

Como parte del proceso de comparación entre diferentes metodologías para la aplicación del TRPOTM, se llevaron a cabo pruebas utilizando el Método Tradicional, el cual se basa en la observación subjetiva por parte del evaluador. Durante la aplicación de esta prueba, el sujeto realiza desplazamientos laterales continuos durante un período de 60 segundos, tocando con su mano dominante de juego las esquinas laterales de la mesa de tenis de mesa. El evaluador, por su parte, se encarga de cronometrar el tiempo con un cronómetro de mano y contabilizar de forma manual cada uno de los desplazamientos realizados.

Para asegurar un mejor control del proceso, se asignaron dos personas encargadas de aplicar el test: una fue responsable de cronometrar el tiempo utilizando un cronómetro de mano, mientras que la otra se encargó de registrar los desplazamientos realizados por el atleta. Para facilitar el conteo de desplazamientos, se empleó la aplicación “Contador: contador de clics”, disponible de forma gratuita en la Google Play Store, la cual permite registrar rápidamente cada acción con un simple toque en pantalla. Esta herramienta sirvió para mejorar la precisión del conteo, aunque la prueba en sí continúa dependiendo en gran medida de la atención y rapidez del evaluador.

Para el cálculo de la velocidad se utiliza la ecuación (1) y para la distancia este método utiliza la siguiente formula:

$$d = (2.4)(D_{TOT}) \quad (2)$$

Donde:

d : Es la distancia total recorrida (m)

2.4: Es la distancia en metro fija que se considera a lo largo de la mesa de juego.

D_{TOT} : Desplazamientos totales

TABLA II. RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE APLICACION DEL METODO TRADICIONAL

	Atleta		
	Diana Bográn	Huber Centeno	Pedro Portillo
Desplazamientos Totales	47	48	69
Distancia Total (m)	112.80	115.20	165.60
Tiempo (s)	60.00	59.90	59.65
Velocidad Promedio (m/s)	1.88	1.92	2.78

E. Mediciones a través del Prototipo IR-RPOTM

Como parte fundamental de esta investigación, se aplicaron pruebas utilizando el prototipo desarrollado (IR-RPOTM), diseñado específicamente para registrar y analizar desplazamientos en un test de resistencia a la potencia en tenis de mesa. Este sistema integra sensores infrarrojos que detectan el paso del sujeto de prueba por puntos estratégicos a los costados de la mesa. Cada vez que el atleta atraviesa uno de estos puntos, el sistema activa indicadores LED y registra el evento mediante el microcontrolador Arduino UNO, lo que permite llevar un control preciso de los desplazamientos y los tiempos entre ellos. Los datos obtenidos se visualizaron al momento de la realización de la prueba a través del monitor serial del entorno de programación de Arduino. Esta salida mostró información detallada como el número de desplazamientos, la velocidad de cada cruce, la distancia total recorrida, el tiempo total del test y la velocidad promedio, todos estos parámetros calculados automáticamente por el propio código cargado en el microcontrolador.

● SENSOR 1 → Desplazamiento 23 Velocidad: 1.91 m/s
● SENSOR 2 → Desplazamiento 24 Velocidad: 0.41 m/s
● SENSOR 1 → Desplazamiento 25 Velocidad: 0.62 m/s
● SENSOR 2 → Desplazamiento 26 Velocidad: 2.06 m/s
● SENSOR 1 → Desplazamiento 27 Velocidad: 1.73 m/s
● SENSOR 2 → Desplazamiento 28 Velocidad: 1.99 m/s
● SENSOR 1 → Desplazamiento 29 Velocidad: 1.79 m/s
● SENSOR 2 → Desplazamiento 30 Velocidad: 2.06 m/s
■ PRUEBA FINALIZADA
→ Desplazamientos totales: 30
→ Distancia total: 72.00 m
→ Tiempo total: 60.00 s
→ Velocidad promedio: 1.63 m/s
■ Presiona el botón para una nueva prueba...

Fig. 9. Resultados de Diana Bográn Visualizados en Monitor Serial Arduino IDE.

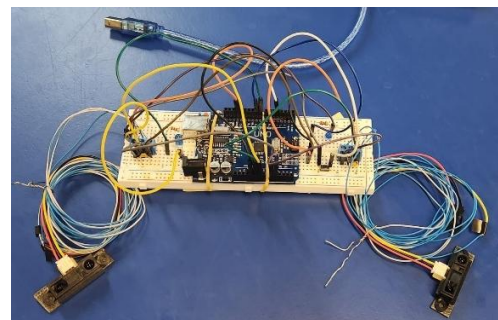


Fig. 10. Prototipo de Medición IR-RPOTM

Posteriormente, los datos generados fueron tabulados manualmente en hojas de cálculo, lo que permitió organizar los resultados por sujeto y por variable. Esta sistematización

18

fue clave para la posterior representación gráfica de los resultados, permitiendo visualizar patrones de desempeño, identificar posibles inconsistencias y realizar una comparación directa con los otros dos métodos empleados en el estudio.

F. Resultado Obtenidos

a) Diana Bográn

TABLA III: RESULTADOS DE VELOCIDAD POR CADA DESPAZAMIENTO (ATLETA: DIANA BOGRÁN)

		No. Tramo		
		1-10	11-20	21-30
Velocidades en Cada Tramo (m/s)	Velocidad 1	0.37	2.02	1.95
	Velocidad 2	2.20	0.30	2.16
	Velocidad 3	1.92	1.72	1.91
	Velocidad 4	0.68	2.02	0.41
	Velocidad 5	2.05	1.87	0.62
	Velocidad 6	2.21	0.69	2.06
	Velocidad 7	2.19	2.06	1.73
	Velocidad 8	2.06	1.90	1.99

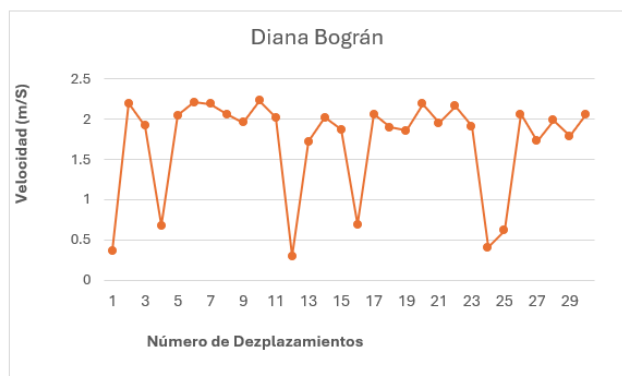


Fig. 11. Relación De Velocidad Vs No. De Desplazamientos (Diana Bográn).

b) Huber Centeno

TABLA IV. RESULTADOS DE VELOCIDAD POR CADA DESPAZAMIENTO (ATLETA: HUBER CENTENO)

		No. Tramo			
		1-10	11-20	21-30	31-40
Velocidades en Cada Tramo (m/s)	Velocidad 1	0.20	2.10	1.88	1.96
	Velocidad 2	2.40	2.32	1.88	1.86
	Velocidad 3	2.12	1.83	1.77	1.78
	Velocidad 4	1.98	2.15	1.88	1.80
	Velocidad 5	2.04	1.95	1.20	1.79
	Velocidad 6	2.05	2.08	1.71	1.85
	Velocidad 7	1.97	1.83	1.89	1.97
	Velocidad 8	2.21	1.88	1.75	1.80
	Velocidad 9	2.11	2.16	1.73	1.85
	Velocidad 10	2.22	1.72	1.86	1.79

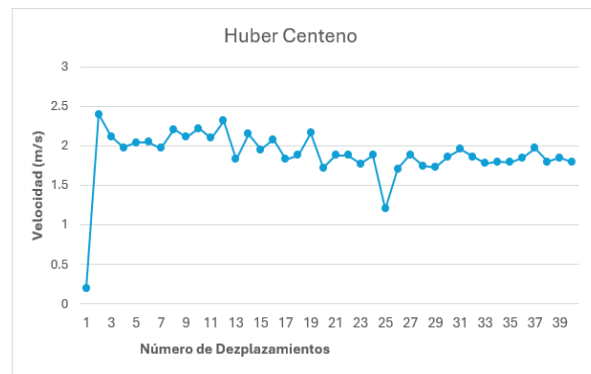


Fig. 12. Relación de Velocidad vs No. de Desplazamientos (Huber Centeno).

c) Pedro Portillo

TABLA V: RESULTADOS DE VELOCIDAD POR CADA DESPAZAMIENTO (ATLETA: PEDRO PORTILLO)

		No. Tramo					
		1-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Velocidades en Cada Tramo (m/s)	Velocidad 1	0.38	2.57	2.54	2.34	2.44	2.05
	Velocidad 2	2.30	2.53	2.61	2.45	2.27	2.06
	Velocidad 3	2.46	2.65	2.37	2.31	2.06	2.11
	Velocidad 4	2.53	2.56	2.47	2.58	2.26	2.41
	Velocidad 5	2.66	2.31	2.47	2.30	2.15	2.17
	Velocidad 6	2.56	2.58	2.14	2.39	2.36	
	Velocidad 7	2.51	2.49	2.20	2.38	2.20	
	Velocidad 8	2.59	2.61	2.62	2.31	2.40	
	Velocidad 9	2.59	2.57	2.45	2.18	2.05	
	Velocidad 10	2.51	2.42	2.33	2.32	2.28	



Fig. 13. Relación de Velocidad vs No. de Desplazamientos (Pedro Portillo)

d) Gráfica Comparativa

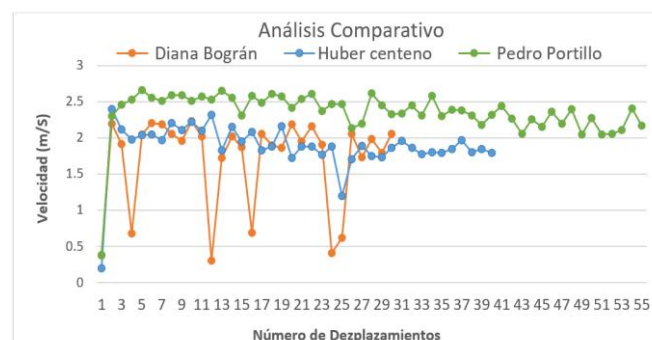


Fig. 14. Relación de Velocidad vs No. de Desplazamientos (Comparación entre los 3 Atletas)

VII. ANÁLISIS

A. Análisis de Resultados Comparativo con cada una de las mediciones

a) Diana Bográn:

TABLA VI. COMPARATIVA ENTRE METODOS DE MEDICIÓN (DIANA BOGRÁN)

Variable	Sistema IR-RPOTM	TRPOTM PLATCONTACT T – tm	Método tradicional
Nº de desplazamiento	30	39	47
Distancia total (m)	72.00	63.60	112.80
Velocidad promedio (m/s)	1.63	1.582	1.88
Tiempo total (s)	60.00	59.17	60.00
Distancia de tramo (m)	2.40	2.40	2.40

El sistema de sensores infrarrojos registro una velocidad promedio ligeramente mayor que el sistema TRPOTM PLATCONTACT–tm, con menor número de desplazamientos lo cual se debe a la detección más precisa ofrecida por los sensores IR. En el caso de la plataforma de contacto, esta atleta optaba solo por estirar su brazo y alcanzar a tocar las plataformas sin realizar el desplazamiento completo lo cual no permite obtener un resultado totalmente confiable comparado con los sensores IR que requerían de la realización efectiva del desplazamiento para poder detectar una señal.

b) Huber Centeno:

TABLA VII: COMPARATIVA ENTRE METODOS DE MEDICIÓN (HUBER CENTENO)

Variable	Sistema IR-RPOTM	TRPOTM PLATCONTACT– tm	Método Tradicional
Nº de desplazamiento	40	49	48
Distancia total (m)	96.00	117.60	115.20
Velocidad promedio (m/s)	1.84	1.96	1.92
Tiempo total (s)	60.00	59.98	59.90
Distancia de tramo (m)	2.40	2.40	2.40

Con el atleta Centeno, el sistema TRPOTM PLATCONTACT–tm y el método tradicional presentan resultados cercanos, las plataformas de contacto son el método que más desplazamientos arrojo, esto se debe a que, al igual que la atleta Diana Bográn, este simplemente estira su brazo en lugar de desplazarse completamente. Respecto al método tradicional, nuevamente, este es conteo manual y no preciso, por otro lado, el sistema IR-RPOTM muestra datos más precisos eliminando errores por doble toque y el no desplazamiento del atleta.

c) Pedro Portillo

TABLA VIII: COMPARATIVA ENTRE METODOS DE MEDICIÓN (PEDRO PORTILLO)

Variable	Sistema IR-RPOTM	TRPOTM PLATCONTACT – tm	Método tradicional
Nº de desplazamiento	55.00	51.00	69.00
Distancia total (m)	132.00	122.40	165.60
Velocidad promedio (m/s)	2.31	2.07	2.78
Tiempo total (s)	60.00	59.22	59.65
Distancia de tramo (m)	2.40	2.40	2.40

Con el atleta Pedro Portillo, el Sistema IR-RPOTM arroja datos más consistentes y precisos, bastante cercanos a los resultados obtenidos mediante el sistema TRPOTM PLATCONTACT – tm, este último llego a no poder registrar algunos desplazamientos debido a que la fuerza aplicada en las plataformas no era la necesaria para poder detectar una señal.

B. Análisis de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos revela que el prototipo IR-RPOTM, demostró ser el método más eficiente en la recolección de datos durante la aplicación del Test de Resistencia a la Potencia. A diferencia del método tradicional, que depende de la observación subjetiva y la coordinación entre dos personas (una encargada del cronómetro y otra del conteo manual de desplazamientos), el prototipo ofreció un sistema automatizado, reduciendo el margen de error humano. Asimismo, en comparación con el sistema TRPOTM PLATCONTACT – tm, que si bien es preciso, requiere equipamiento más complejo y menos accesible. El prototipo desarrollado mostró una excelente relación entre precisión, simplicidad y bajo costo. Además, el uso del monitor serial de Arduino permitió visualizar en tiempo real las mediciones, brindando resultados más detallados. Estos factores consolidan al prototipo como una herramienta fiable y práctica para la evaluación del rendimiento físico en el tenis de mesa.

VIII. AGRADECIMIENTOS

Expresamos un especial agradecimiento al Grupo de Investigación y Desarrollo en Electrónica y Telecomunicaciones GI-2018-03, INDELECTRO, por el acompañamiento técnico y científico brindado durante el desarrollo del presente estudio. Su aporte fue determinante para la adecuada implementación del sistema de cuantificación cinemática. Su colaboración resultó esencial para garantizar el rigor experimental y la solidez del enfoque tecnológico adoptado en esta investigación.

IX. REFERENCIAS

- [1] F. Moreno, "Descripción/Análisis Cinemático del Movimiento Humano", SectorFitness European Academy, 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.sectorfitness.com/img/web/material/18/Art%C3%ADcul o_2_--_Descripci%C3%B3n-an%C3%A1lisis_cinem%C3%A1tico_del_cuerpo_humano.pdf [Accedido: 18-abr-2025]
- [2] J. A. González Cabrero, S. Capa Espejo, R. Blasco Redondo, L. Montes Sánchez, y M. J. Andrés Puertas, Guía de Pruebas para la Valoración del Rendimiento Deportivo, Centro Regional de Medicina Deportiva de Castilla y León (CEREMEDE), Junta de Castilla y León, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.saludcastillayleon.es/MedicinaDeportiva/es/biblioteca/documentos-guias.ficheros/1382935-Gu%C3%ADa%20de%20Pruebas%20Rendimiento%20Deportivo.CEREMEDE.pdf>
- [3] E. Coluccio Leskow, Resistencia. Enciclopedia Concepto, 24-oct-2024. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/resistencia/>. [Accedido: 20-abr-2025].
- [4] M. Del Rey y P. Bores, Diseño de un test para valorar la resistencia específica en tenis de mesa, Real Federación Española de Tenis de Mesa, [En línea]. Disponible en: https://www.rfetm.es/documents/cytm/DiseNo_de_un_test_para_valorar_la_resistencia_especifica.pdf. [Accedido: 20-abr-2025].