MOBILE ROBOT USED AS A HARE FOR THE CONTROL OF ATHLETICS TRACK TRAINING

ROBOT MOVIL UTILIZADO COMO LIEBRE PARA EL CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE ATLETISMO EN PISTA

Ms.c(e) Juan Camilo Fidel Barajas Rueda, Ms.c(e) Julián Camilo Araque Gómez, Ms.c Luis Carlos Gómez Flórez[1], Ph.D. Fabio Villafrades González[1], PhD. John Faber Archila Diaz[1]

Universidad Industrial de Santander
Cra 27 – cll 9 Ciudad Universitaria. Santander, Colombia.
Grupo de Investigación en Robótica y Diseño - GIROD UIS
[1]Profesor Universidad Industrial de Santander
Tel.: 57-7-6344000, Ext. 2882

E-mail: juan.barajas@correo.uis.edu.co, julian2178183@correo.uis.edu.co, villafra@uis.edu.co , lcgomezf@uis.edu.co, jfarchid@uis.edu.co

Abstract: Athletics is a competitive sport that evaluates the varied physical and technical abilities of athletes. Athletic resistance means the ability to maintain a high intensity, for as long as possible. In this sport it is known as "hare" in the corridor in function of marking during the race. In this research we propose the study of a robot as a hare, based on the action research methodology, for media training and long distance running track. The development was attended by athletics professionals, systems engineers, mechanics and students of industrial design from the Universidad Industrial de Santander.

Keywords: *Athletic, Mobile robot, training, hare.*

Resumen: El atletismo es un deporte de competición que evalúa las variadas habilidades físicas y técnicas de los deportistas. La resistencia atlética supone la capacidad de mantener una alta intensidad, durante el mayor tiempo posible. En este deporte se conoce como "liebre" al corredor cuya función es marcar un determinado ritmo durante la carrera. En esta investigación se propone el estudio de un robot como liebre, a partir de la metodología de investigación-acción, para ser referencia en el entrenamiento de media y larga distancia en pista de atletismo. En el desarrollo participaron profesionales del atletismo, ingenieros de sistemas, mecánica y estudiantes de diseño industrial de la Universidad Industrial de Santander.

Palabras clave: *Atletismo, robot móvil, entrenamiento, liebre.*

1. INTRODUCCIÓN

El atletismo es un deporte de competición tanto individual como grupal, que consta de diferentes pruebas en las que se demuestran variadas habilidades físicas y técnicas que permiten el desarrollo de las mismas. Estas pruebas se pueden desarrollar en pistas al aire libre o cubiertas, que

cumplen con una serie de requisitos técnicos. El objetivo general de esta disciplina es la lucha contra el tiempo y la distancia (Gómez y Valero , 2013).
Actualmente, el alto rendimiento de los atletas se encuentra íntimamente relacionado con el uso de avanzada tecnología y el atletismo no se escapa de ésta realidad. Haciendo uso de cámaras de alta velocidad, Smartwatch, pistas con mayor agarre, trajes hechos con tejidos alta calidad y zapatillas que controlan el impacto y adherencia a la pista, se ha vuelto ésta una carrera por crear al atleta perfecto (Reyes y Chaparro, 2012).

2. SITUACIÓN DE INTERES

Los inicios de la historia del deporte en Colombia van desde el periodo que sigue a la Regeneración (1886-1899). En este periodo, en el que se da la llegada episódica, no estructurada y simultánea, de practicantes de alguna disciplina deportiva al país, finaliza con dos hechos relevantes: el primero, la sanción de la Ley 80 de 1925, que reglamenta la educación física y los deportes y que da vida a la Comisión Nacional de Educación Física. El segundo acto es la celebración de las primeras justas de impacto regional-nacional: los llamados Juegos Olímpicos de 1924 y 1926, y los Juegos Olímpicos Nacionales de 1928, celebrados en Cali (Roldán, 2012).

Debido al incremento de la participación de atletas en las pruebas de media y larga distancia en la región de Santander y la selección de atletismo de la Universidad Industrial de Santander (UIS), se hace necesario el perfeccionamiento en el control y registros de entrenamiento de estas pruebas como apoyo al proceso llevado por el entrenador. Es así, como surge la idea de crear una herramienta que en primer lugar facilite la interacción entre el entrenador y los deportistas, diseñando un prototipo funcional de robot “liebre”.
Para el desarrollo de este se ha contado con la participación de profesionales del atletismo, ingenieros de sistemas, mecánica y estudiantes de diseño industrial de la UIS.

3. MARCO TERORICO

3.1 Atletismo

Este deporte se compone de varias especialidades, donde existen similitudes en los tipos de pruebas, técnica, formas de entrenamiento y las características del competidor son sustancialmente diferentes; por lo tanto, cada especialidad se debe tratar particularmente (Jimenez, 2014). Las especialidades que componen el atletismo se dividen en cinco categorías: carreras, saltos, lanzamientos, marcha atlética y pruebas combinadas(Ochoa, 2008).

Daremos atención a la especialidad de las carreras, la cual se compone de velocidad: 100, 200 y 400 metros planos, Vallas: 100, 110 y 400 metros con vallas, 3000 metros con obstáculos; Medio fondo: 800 y 1500 metros planos; Fondo 5000 y 10000 metros; Maratón; Relevos: 4 x 100 y 4 x 400 metros planos(Ochoa, 2008).

Para poder poner en práctica estas pruebas, se suele utilizar un estadio de atletismo, que podrá ser de pista cubierta o al aire libre (Ochoa, 2008).

3.2 Resistencia en el atletismo

Resistencia se define como la capacidad de realizar un esfuerzo intensidad durante el mayor tiempo posible con determinada intensidad. Weineck, la define como la capacidad psíquica y física que posee un deportista para resistir la fatiga(Pineda y Torres, 2011).
En otras palabras, supone la capacidad de mantener una alta intensidad, durante el mayor tiempo posible.(Rodríguez, 2009)

3.3 Control del entrenamiento

El control del entrenamiento es el proceso mediante el cual puede ser registrado o monitoreado el desempeño de un atleta desde el punto de vista físico, técnico e incluso psicológico (Jimenez, 2014). Los entrenadores o preparadores siguen este proceso en las sesiones de entrenamiento con el fin de ajustar la programación deportiva, evaluar los efectos de la carga de entrenamiento a la que se debe someter el atleta a corto, mediano y largo plazo, así como para la identificación de los posibles talentos teniendo en cuenta su desempeño deportivo (Villafrades, Jova, y Archila, 2017).

3.4 Pista de carrera

La International Association of Athletics Federation – IAAF, en su reglamento para el periodo 2018-2019 , regula por medio del en el artículo 160 las medidas de una pista de carreras para competición:

La longitud estándar de carreras será de 400 metros. La pista tendrá dos rectas paralelas y las curvas cuyos radios serán iguales. El interior de la pista estará limitado por un bordillo de material apropiado, de color blanco y de una altura de 50mm a 65mm y de una anchura de 50mm a 250mm. En ambas rectas, el bordillo puede ser suprimido y reemplazado por una línea blanca de 50mm de ancho (IAAF, 2018).

La separación de las calles seguirá las especificaciones que se observan en la Figura 1:

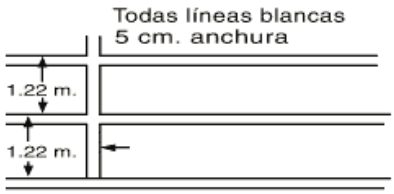


Figura 1. Especificaciones de carriles de pista de atletismo estándar. Fuente: (CNICE, 2018)**.**

La distribución de carriles en la pista está dispuesta para 8 espacios con las especificaciones de pista de atletismo estándar (Figura 2) y las dimensiones de esta se pueden apreciar en la Figura 3.



Figura 2. Distribución de carriles en pista, UIS 2018
Fuente: Autor

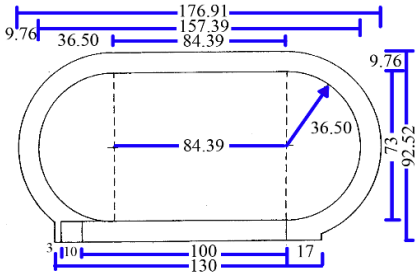


Figura 3. Pista de atletismo, medidas.
Fuente: Tomado y editado (Tejera, 2018)

3.5 Liebre

En este deporte se conoce como "liebre" al corredor cuya función es marcar un determinado ritmo durante la primera parte de algunas carreras de media y larga distancia. Generalmente, las liebres no completan las carreras en las que participan, sino que abandonan tras haber cubierto una distancia predeterminada (Butcher, 2004).

El uso de liebres se ha hecho común en carreras de alto prestigio y en eventos en los que algún atleta vaya a intentar batir un récord.
Algunos corredores han alcanzado la fama al ganar de manera inesperada competiciones en las que participaban como liebres. Por ejemplo, en la final de los 1500 metros de los Juegos de Bislett en 1981, los corredores decidieron mantener un ritmo relativamente lento para poder vigilarse mutuamente, en vez de seguir el ritmo rápido impuesto por la liebre Tom Byers; cuando decidieron atacar, Byers ya había acumulado suficiente ventaja como para acabar ganando el título por delante del favorito Steve Ovett.("canaryrun," 2014)

3.6 Tecnología en el deporte

En el ámbito deportivo, particularmente en la última década, en la cual los cambios se han incrementado gracias al continuo rompimiento de los récords, se acuñó un nuevo término: "dopaje tecnológico", el cual consiste en la utilización de sofisticados implementos sin los cuales serían imposibles las marcas obtenidas c
Ahora bien, toda esta avalancha de tecnología en el deporte conlleva a otra necesidad y es que su compleja preparación no deja al manejo autónomo del atleta. Él deportista dispone del talento, pero requiere de la dirección de un especialista en entrenamiento. Ese especialista es el entrenador con pergaminos y experiencia que establece una relación tradicionalmente presencial pero que de manera paulatina también ha sido invadida por la tecnología (Reyes y Chaparro, 2012).

4. DESARROLLO

El desarrollo de esta investigación se abordó desde un enfoque metodológico de investigación-acción, el cual se centra en resolver problemas cotidianos y mejorar prácticas concretas, construyendo el conocimiento por medio de la práctica (Hernández y Baptista, 2014).
Se inició la investigación realizando una revisión del estado del arte, se identificaron los componentes y tecnologías existentes en el mercado con el fin de determinar las herramientas para el planteamiento del modelo de un robot móvil utilizado como liebre para el control del entrenamiento de atletismo en pista (figura 4).

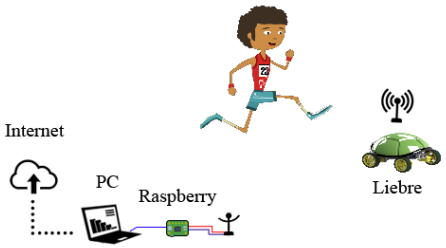


Figura 4. Modelo conceptual de robot móvil utilizado como liebre de atletismo en pista.
Fuente: Autor

4.1 Modelo CAD

Como desarrollo del semillero de Investigación DIRO, se trabajó en el concepto de un robot móvil para entrenamiento deportivo en el área de atletismo, como se observa en la (figura 5).



Figura 5. Diseño ilustrativo de prototipo, GIROD UIS 2018
Fuente: Estudiantes semillero de Investigación DIRO

Utilizando una placa 4WD Smart car y un Arduino UNO, se procedió a realizar el prototipo de una liebre para atletismo como se observa en la Figura. 5

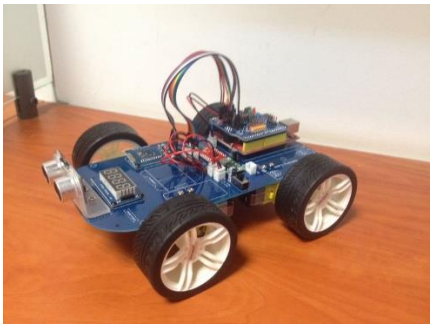


Figura 5. Prototipo con dispositivo 4WD Smart Car
Fuente: Autor

4.2 Cinemática

Con la finalidad de escalar este prototipo se contempla la implementación de una subrutina de control, la cual permitirá por medio de datos recopilados con una serie de sensores, ubicar la posición del robot y su posición ideal para corregir su trayectoria contemplando una tolerancia en el error de esta. Para esto es necesario desarrollar la ecuación 1, la cual permitirá calcular la posición del robot en base a la velocidad de las rudas del mismo (Archila y Marcelo, 2013).

$$\begin{bmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{\theta}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\cos(\theta) & -\sin(\theta) & 0\\ \sin(\theta) & \cos(\theta) & 0\\ 0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\ \frac{rw}{2}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2)\\ \frac{rw}{d}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2)\end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix}\dot{x}\\ \dot{y}\\ \dot{\theta}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}-\sin(\theta)\,\frac{rw}{2}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2)\\ \cos(\theta)\,\frac{rw}{2}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2)\\ \frac{rw}{d}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2)\end{bmatrix} \quad (2)$$

La ecuación 2 puede ser descompuesta en tres igualdades, como se muestra a continuación:

$$\dot{x} = -\sin(\theta)\frac{\dot{rw}}{2}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2) \quad (3)$$

$$\dot{y} = \cos(\theta)\frac{\dot{rw}}{2}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2) \quad (4)$$

$$\dot{\theta} = \frac{rw}{d}(\dot{\gamma}_1+\dot{\gamma}_2) \quad (5)$$

$$\int \dot{x} = \int -\sin\left(\frac{rw}{d}(\gamma_1+\gamma_2)(t)+C\right)\frac{rw}{2}(\dot{\gamma_1}(t)+\dot{\gamma_2}(t))\,dt \quad (6)$$

$$\int \dot{y} = \int \cos\left(\frac{rw}{d}(\gamma_1+\gamma_2)(t)+C\right)\frac{rw}{2}(\dot{\gamma_1}(t)+\dot{\gamma_2}(t))\,dt \quad (7)$$

5. RESULTADOS

5.1 *Diagrama de Flujo*

El diagrama de flujo (Figura 6) describe el funcionamiento del modelo de aplicación del robot móvil para entrenamiento de atletismo en pista. Gracias a que las dimensiones de la pista de atletismo están parametrizadas como lo podemos observar en la sección (3.4 Pista de carrera), se facilita la programación del movimiento del robot a lo largo de la trayectoria, simplificándolo en dos opciones, recta y curva.
El entrenador u operador de la aplicación debe ingresar los valores del ritmo de carrera y la cantidad de vueltas a realizar. El desplazamiento se ajusta de acuerdo a los parámetros y compara el estado del dispositivo respecto a la velocidad, en base a las condiciones de la pista.

Siempre que la trayectoria de la liebre sea en línea recta se mantendrá la velocidad de los dos motores igual. En el momento de la trayectoria cuando se inicia el recorrido sobre la curva, el motor del robot que se encuentra hacia la zona interna de la pista sufre una modificación en su velocidad para continuar con la trayectoria oblicua.

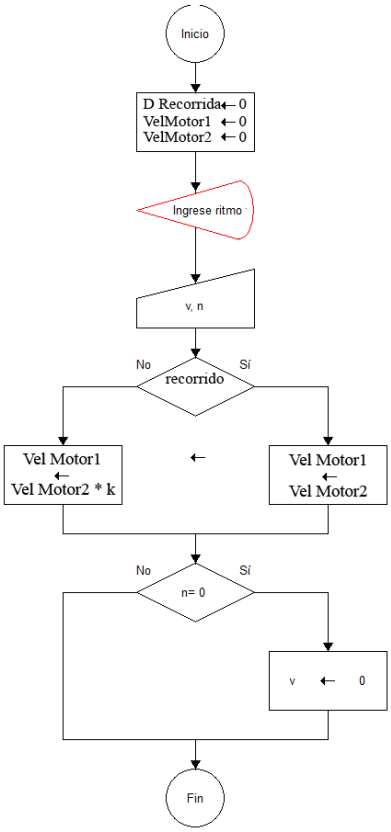


***Figura** 6. Diagrama de Flujo robot Liebre*
Fuente: Autor

5.2 Prototipo

Para la validación de los algoritmos y el modelo cinemático se utilizara en trabajos futuros la plataforma que se presenta en las figura 6 y 7.



Figura 6. Prototipo robot en pista de atletismo Universidad Industrial de Santander
Fuente: Autor

Las pruebas consistirán en utilizar la plataforma como liebre con los parámetros biomecánicos de la selección de atletismo de la UIS.



Figura 7. Vista de robot en pista con corredores
Fuente: Autor

6. RECONOCIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión - VIE, y al semillero de investigación DIRO, del grupo de investigación GIROD de la Universidad Industrial de Santander. Y al proyecto de investigación "Molificación discreta para esquemas miméticos explícitos: implementación en problemas de convección-difusión", número 2415 de la convocatoria interna VIE UIS.

7. CONCLUSIONES

- La reglamentación de medidas en las pistas de atletismo, facilita la parametrización de la trayectoria para programar el desplazamiento de la liebre.
- A futuro integrar este tipo de estrategias permite controlar de manera más efectiva el proceso de preparación de los atletas en las pruebas de carreras del atletismo o deportes en los que el tiempo o ritmo de ejecución de la tarea en el entrenamiento.
- Fueron propuestos los algoritmos de control y el modelo cinemático directo para el robot móvil de control del entrenamiento de atletismo.

REFERENCIAS

Archila J. F., y Marcelo B. (2013). Mathematical models and design of an AGV (Automated Guided Vehicle). *2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 1857–1862. https://doi.org/10.1109/ICIEA.2013.6566670

Butcher P. (2004). The Guardian.

canaryrun. (2014). Retrieved from

https://www.canaryrun.com/las-liebres-del-atletismo/
CNICE. (2018). Educación y atletismo.
Gómez A. y Valero V. A. (2013). El atletismo desde una perspectiva pedagógica. *Acciónmotriz*, *1*(11), 39–46.
IAAF. (2018). *REGLAMENTO DE COMPETICIÓN 2018- 2019*. Retrieved from http://www.iaaf.org
Jimenez O. (2014). *Planificación del entrenamiento Deportivo*. *Uma ética para quantos?* (Vol. XXXIII). https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2
Ochoa A. (2008). Conoce lo básico y disfruta. Carreras corta, media y larga distancia; vallas, relevos y obstáculos.
Pineda M. y Torres F. (2011). Entrenamiento de la resistencia aeróbica en futbolistas: Revisión histórica, tendencias y avances., *1*, 72.
Reyes J. A. M. y Chaparro A. (2012). Tecnología, rendimiento deportivo y trashumanismo, 1–39.
Rodríguez L. A. M. (2009). La capacidad de trabajo funcional de las practicantes de Gimnasia Aerobia de Salón en correspondencia con las edades de 18 a 50 años de las escuelas comunitarias del municipio de Pinar del Río. *Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*.
Roldán D. L. Q. (2012). Deporte y modernidad: caso Colombia. Del deporte en sociedad a la deportivización de la sociedad. *Revista Colombiana de Sociología*, *36*(1), 19–42.
Tejera A. (2018). La pista de Atletismo. Retrieved from https://www.monografias.com/trabajos20/pista-atletismo/pista-atletismo.shtml
Villafrades F. , Jova L. y Archila J. F. (2017). Athletes Training Control System, *2*(1), 155–162. https://doi.org/10.1093/biolre/ioy009/4813327

SITIOS WEB

canaryrun. (2014). Retrieved from https://www.canaryrun.com/las-liebres-del-atletismo/
Concurso.cnice.mec.es. (n.d.). Educación y atletismo. Retrieved from http://concurso.cnice.mec.es