

## Diseño y fabricación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo

*Design and manufacture of a tennis ball launcher machine*

- <sup>1</sup> Adriana Paola Noguera Cundar  <https://orcid.org/0000-0001-8399-8192>  
Máster en Ciencias en Ingeniería Mecánica, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá.  
[apn252@usask.ca](mailto:apn252@usask.ca)
- <sup>2</sup> Edwin Fernando Viteri Núñez  <https://orcid.org/0000-0003-3029-775X>  
Doctor en Ciencias Administrativas, Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima, Perú.  
[eviteri@epoch.edu.ec](mailto:eviteri@epoch.edu.ec)
- <sup>3</sup> Andrés Joao Noguera Cundar  <https://orcid.org/0000-0001-6763-9288>  
Máster Universitario en Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.  
[andres.noguera@epoch.edu.ec](mailto:andres.noguera@epoch.edu.ec)
- <sup>4</sup> Jaime Sebastián Cárdenas Chávez  <https://orcid.org/0000-0002-8793-9920>  
Máster en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá.  
[jsc494@usask.ca](mailto:jsc494@usask.ca)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 17/09/2022

Revisado: 19/10/2022

Aceptado: 15/11/2022

Publicado: 17/12/2022

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.1.2468>

### Cítese:

Noguera Cundar, A. P., Viteri Núñez, E. F., Noguera Cundar, A. J., & Cárdenas Chávez, J. S. (2022). Diseño y fabricación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo. *ConcienciaDigital*, 5(4.1), 286-301.  
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i4.1.2468>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>  
La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)



Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

**Palabras****claves:**

Máquina lanzadora de pelotas de tenis, rotación, ruedas, slice, top spin, flat spin.

**Keywords:**

Tennis ball launcher, rotating wheels, Slide, Top Spin and Flat Spin

**Resumen**

**Introducción:** Se diseñó y fabricó una máquina prototipo de lanzamiento de pelotas de tenis de campo mediante el uso de ruedas giratorias y movimiento vertical controlado para un sistema de entrenamiento programado. **Objetivos:** Fabricar una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo, realizando pruebas de funcionalidad, verificando tipos de lanzamiento y velocidad de la pelota para asegurar su correcto funcionamiento. **Metodología:** El cumplimiento de los objetivos se sustentó en: método de revisión bibliográfica; método dialéctico, para tener un manejo de la información y método histórico, debido a que se utilizó fuentes anteriores que ayudaron a encontrar las principales características de este tipo de máquinas existentes en el mercado internacional. **Resultados:** Se obtuvo una máquina provista de ruedas que, al girar con una velocidad de 2750 rpm, consiguen transmitirle suficiente energía cinética a la pelota de tenis logrando el disparo con tres efectos de lanzamiento: Slice, Top Spin y Flat Spin, similar a un jugador promedio. Se alcanzó una velocidad lineal promedio de expulsión de la pelota de 59,38 km/h. **Conclusiones:** En las pruebas de funcionalidad mostraron una precisión de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de un 93% con respecto al posicionamiento, además las pelotas cayeron en un diámetro máximo de 20 cm con relación a la posición final deseada.

**Abstract**

**Introduction:** This study designed and manufactured a field tennis ball launching machine using rotating wheels and controlled vertical movement for a scheduled training system. **Objectives:** To manufacture a tennis ball launcher by conducting functionality tests and verifying ball effects and speed to ensure its correct operation. **Methodology:** The researcher performed a literature review and the dialectical method to manage information to achieve the study objectives. In addition, the historical method was also used because previous sources were crucial to finding the main characteristics of tennis ball launchers existing in the international market. **Results:** It was obtained a machine with rotating wheels with a speed of 2750 rpm, capable of transmitting enough kinetic energy to the tennis ball, achieving different shots with three launching effects: Slice, Top Spin, and Flat Spin, similar to an average player. Also, the ball reached an average expulsion linear velocity of 59,38 km/h.

---

**Conclusion:** The tennis ball launching machine functionality tests showed a 93% of accuracy regarding positioning; in addition, balls fall in a maximum diameter of 20 cm concerning the desired final position.

---

## Introducción

La evidencia histórica sobre el diseño, fabricación de maquinaria apropiada para facilitar la práctica del tenis se remonta al año 1978. Jack Scott patentó la primera máquina lanzadora de pelotas de tenis. Su principal característica era la capacidad de controlar los lanzamientos con varias velocidades, giros y dirección logrando simular las condiciones que se producen en un juego verdadero. La pelota pasa por el medio de dos ruedas y de este modo es arrojada. (Scott, 1978)

En 1983, Gilbert A. Stokes propuso una máquina de lanzar pelotas de tenis que usaba un nuevo sistema. El principio de funcionamiento de este diseño consiste en que las pelotas se encuentran dentro de un ducto de sección circular y son arrojadas por un cilindro neumático. Las direcciones y velocidades de la pelota varían en función de la disposición angular del ducto. (Stokes, 1986).

La investigación realizada por Paulson Kerry en el año 2000, presenta una máquina lanzadora de pelotas que incluye un par de ruedas rotatorias de un elastómero sintético. Se encuentran instalados un par de motores eléctricos, cada uno de estos están acoplados a cada rueda. Este mecanismo hace uso de las baterías como fuente de energía para que los motores eléctricos funcionen. (Kerry, 2004)

El estudio llevado a cabo en Junio de 2013 por la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Técnica de Malasia, Design And Fabrication Of Thrower Mechanism For Tennis Ball Machine presentado por Khairul Amzar Bin Mohd Kassim como requisito para obtener el título de Ingeniero Mecánico (Amzar, 2013) ayuda a la comprensión del cambio de energía cinética rotacional a lineal para la elaboración de la presente Máquina Prototipo de Entrenamiento para Tenis de Campo.

Los avances hechos en los contextos mencionados anteriormente contrastan con el entorno del Ecuador pues en el país no se conoce de desarrollos de esta índole ya sea a nivel de diseño o de fabricación. Debido a este requerimiento se necesita de la ayuda de la ingeniería mecánica a nivel de diseño y manufactura. (Noguera, 2016)

### **Objetivo General**

Diseñar y fabricar una máquina prototipo de lanzamiento de pelotas de tenis de campo mediante el uso de ruedas giratorias para un sistema de entrenamiento programado.

### **Objetivos Específicos**

Realizar el estudio bibliográfico relevante acerca del diseño y construcción de máquinas lanzadoras de pelotas de tenis.

Desarrollar una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo con un sistema amigable con el usuario y transportable.

Realizar pruebas de funcionalidad de la máquina lanzadora de tenis y verificar los tipos de lanzamientos y la velocidad de la pelota asegurando su correcto funcionamiento.

### **Marco Teórico**

#### **Revisión de Patentes**

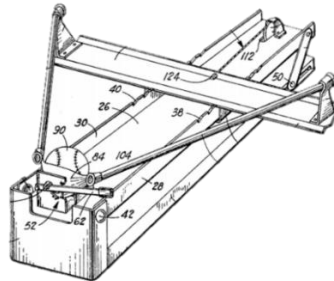
La United States Patent es la oficina de registro de patentes de los Estados Unidos, misma que contiene una gran variedad de patentes de máquinas lanzadoras de pelotas, no solo de tenis de campo sino también de tenis de mesa, de pelotas de fútbol y de béisbol que cuentan con sistemas para facilitar el entrenamiento de los distintos deportes. A continuación, se exponen los más relevantes:

#### *Máquina lanzadora de Béisbol*

Este mecanismo fue diseñado y construido con el fin de reducir el costo de otras máquinas lanzadoras de pelotas, utiliza un resorte que está sujeto en un par de brazos fijos. La pelota es colocada en el medio del tensor cuando este se encuentra estirado y dependiendo de cuán tenso esté, la pelota adquirirá la fuerza y la distancia esperada. El sistema está montado sobre una base móvil que es accionada por motores y la transmisión de movimiento se logra mediante un conjunto de cables y poleas con lo que se logra la posición deseada de la pelota, facilitando la práctica de bateo como se presenta en la figura 1.

**Figura 1**

*Lanzadora de pelotas con dos discos rotativos tomado de (PANKRATZ, 1966)*

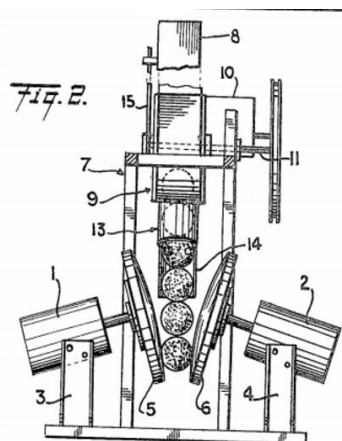


*Lanzadora de pelotas con dos discos rotativos*

El principio de funcionamiento de este prototipo se basa en dos discos rotatorios que giran a máxima velocidad, las pelotas caen al espacio que existe en medio de los dos discos, los cuales ejercen presión a la pelota. Debido a la fricción ejercida entre la pelota y la superficie de las ruedas, durante el contacto la pelota adquiere la velocidad entregada por los motores al punto que la pelota es expulsada de la máquina. El ángulo de expulsión de la pelota se logra mediante la variación de la posición de los motores y de las ruedas que trabajan solidarias a los motores. En la figura 2 se muestra un esquema ilustrativo.

**Figura 2**

*Lanzadora de pelotas con dos discos rotativos tomado de (SWARTOUT, 1968)*



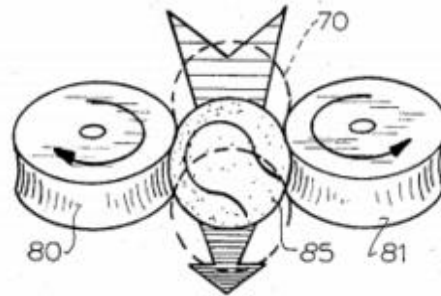
*Dispositivo con Ruedas para lanzar Pelotas de tenis*

Como se indica en el gráfico 3, este dispositivo consiste en un par de cilindros separados montados en ejes paralelos que giran sincronizados a un par de motores eléctricos, los cilindros están dispuestos en posición horizontal. Las pelotas al pasar por los cilindros

son comprimidas momentáneamente y al instante de salir, adquieren una velocidad muy similar a la velocidad angular de los cilindros en rotación.

**Figura 3**

*Cilindros Rotatorios tomado de (HOLLOWAY, y otros, 1973)*



**Efectos sobre la pelota de tenis (Noguera, 2016)**

*Slice o efecto cortado*

Consiste en proporcionar a la pelota una rotación hacia atrás, de este modo la pelota adquiere una trayectoria baja y a la vez produce que intente regresar hacia la red después del rebote como se indica en la figura 4.

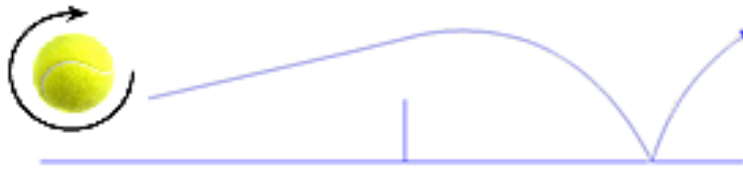
**Figura 4**

*Trayectoria efecto Slice*

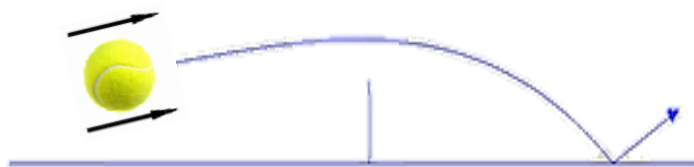


*Topspin o efecto liftado*

Con el efecto Topspin, debido a la velocidad y a la rotación hacia adelante que adquiere la pelota, esta tiende a ir hacia delante de forma más pronunciada como se muestra en la figura 5. Este efecto se logra golpeando a la pelota por la parte superior.

**Figura 5***Trayectoria efecto Topspin**Flatspin o plano.*

Este efecto es utilizado generalmente en los saques, la pelota no posee ningún efecto en específico debido a esto la pelota se mueve con traslación pura como se observa en la figura 6.

**Figura 6***Trayectoria efecto Flatspin o plano*

## Metodología

Los métodos que se han utilizado para la realización de este trabajo están en función del alcance de este estudio y de los objetivos planteados, es así que:

Se utilizaron métodos de revisión bibliográfica, dialéctico para tener un manejo de la información y método histórico debido a que se utilizó fuentes anteriores que ayudaron a encontrar las principales características de este tipo de máquinas existentes en el mercado internacional. Además, se utilizó procedimientos de ponderación propuestos por Carles Riba en su libro de Diseño Concurrente para la selección de alternativas para el diseño.

Finalmente, para el diseño mecánico de detalle se manejaron criterios de ASME para el cálculo del eje, procedimiento planteado en el libro de Mecanismos de David H. Myszka en el capítulo 5, página 116 (Myszka, 2012) para el dimensionamiento del mecanismo.

El análisis de elemento finito mediante software ANSYS para la verificación de resistencia de sistemas mecánicos importantes permitió conocer el comportamiento de las soldaduras al someterlas a las cargas de funcionamiento. (Noguera, 2016)

La validación de resultados se llevó a cabo mediante la estadística básica a partir de datos obtenidos experimentalmente mediante uso de aplicaciones para teléfono inteligente y análisis cinemáticos en base a los datos sacados de del estudio sobre los videos de los lanzamientos de pelotas de tenis realizados en las canchas de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

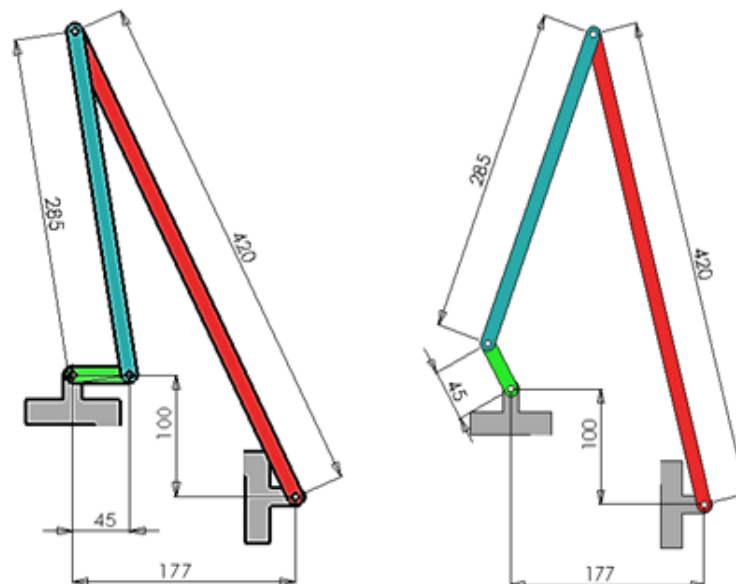
## Resultados

### Sistema de posicionamiento

Tanto la figura 7 como la figura 8 muestra el mecanismo diseñado que tiene como propósito direccionar a la pelota a distintas alturas según se requiera alcanzar una posición dentro de la cancha de tenis. El grafico 7 muestra un esquema cinemático con las medidas del sistema. Mientras que el gráfico 8 muestra los componentes del mecanismo manivela-balancín de la máquina lanzadora de pelotas de tenis con ruedas giratorias mismas que son impulsadas por motores eléctricos.

Figura 7

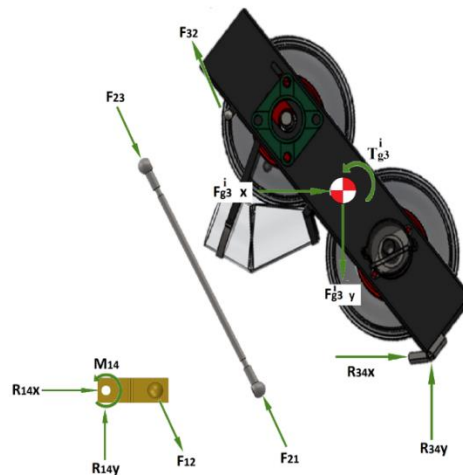
*Esquema cinemático sistema de posicionamiento*





**Figura 8**

*Mecanismo manivela-balancín, máquina lanzadora de pelotas de tenis*

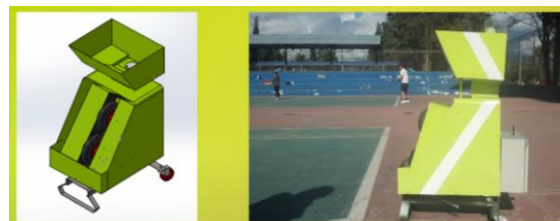


### Características del prototipo

El prototipo propuesto es capaz de generar lanzamientos con 3 efectos de rotación más traslación gracias al impulso de motores de corriente continua de 12 voltios alimentados por una batería recargable tipo Lipo de 5000 mAh. El sistema fue automatizado mediante uso de Arduino el cual fue alimentado por una fuente de 9 voltios. El prototipo fue controlado a distancia por radio mediante control remoto. El posicionamiento automático de disparo logró una precisión de 93%. La capacidad de almacenamiento de la máquina es de 25 pelotas simultáneamente y 50 más en el espacio de reserva. El gráfico 9 muestra el prototipo de la máquina lanzadora de pelotas de tenis, realizado en SolidWorks (izquierda) y ya construido (derecha).

**Figura 9**

*Máquina lanzadora de pelotas de tenis*



### Análisis de deformación y esfuerzos

Uno de los elementos más propensos a fallas son los ejes. Por lo que se ha realizado un análisis de deformación y esfuerzos utilizando el método de elemento finito para

garantizar que el eje (manufacturado de acero de transmisión SAE 1045) soportará las cargas generadas en el sistema. Como se observa en el gráfico 10, debido a la fuerza que se transmite por la presión que genera la pelota sobre el eje, la flecha fleja, pero su deformación es considerada como admisible. Además, como muestra el grafico 11, se genera un punto de concentración de esfuerzos en el cambio de sección del eje. Es aquí donde se genera el esfuerzo combinado mayor sin embargo es suficiente para que el eje pueda trabajar de forma correcta.

Figura 10

Resultados de deformación del análisis en ANSYS del eje

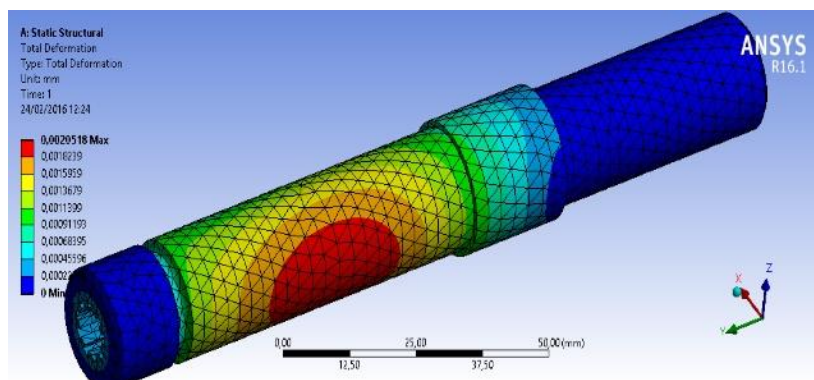
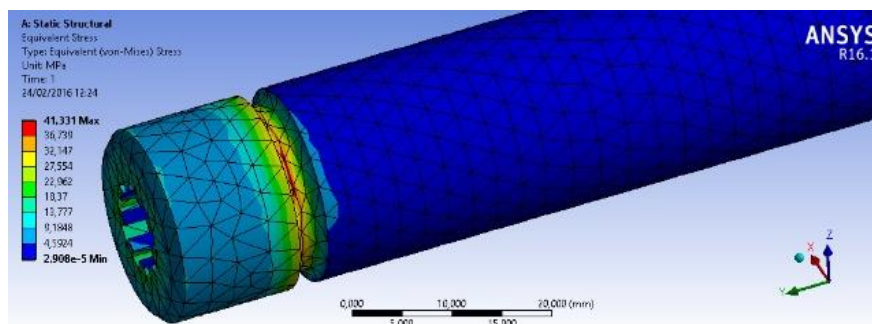


Figura 11

Resultados del análisis de esfuerzos en el eje usando el software ANSYS

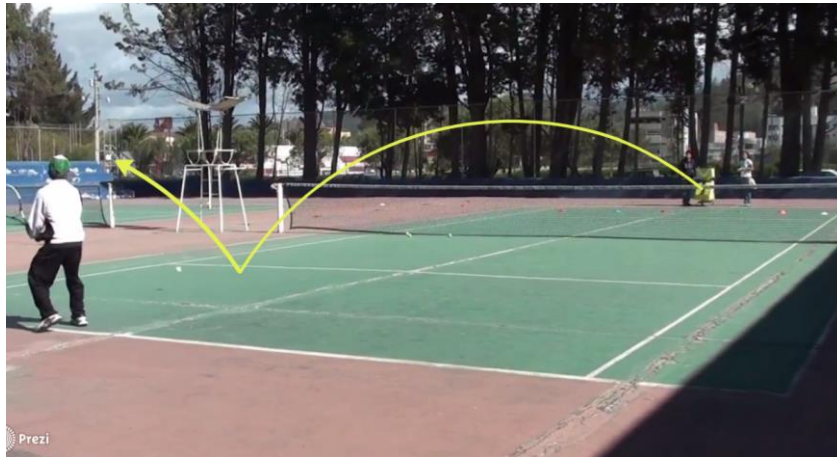


### Pruebas de funcionalidad

Una vez construido el prototipo, fue momento de realizar las pruebas de funcionalidad en condiciones reales, es decir en el campo de tenis como se muestra en el gráfico 12. La máquina se puso a prueba durante un entrenamiento donde jugadores de distintos niveles pudieron testar el funcionamiento del mecanismo.

**Figura 12**

*Trayectoria de un lanzamiento de pelota de tenis*



### Pruebas de velocidad

Para esta prueba se utilizaron dos métodos: analítico y un aplicativo Tennis Radar Gun. Para el primer método se usó fórmulas de cinemática, movimiento parabólico y datos provenientes de 15 observaciones (Tabla1) provenientes de videos en cámara lenta de distintos lanzamientos hechos por el prototipo. Para el segundo método, mediante la aplicación, se obtuvieron datos de velocidades de la pelota, que se encuentran sintetizados en la Tabla 2. A continuación se exponen los resultados de las pruebas de funcionamiento que fueron realizadas en campo:

**Tabla 1**

*Pruebas usando Cinemática*

	Tiempo (s)	Alcance (m)	Altura (m)	Ángulo (grados)	Velocidad (Km/h)
Efecto slice	1,53	18,5	3,162	30,668	50,497
	1,70	19,0	3,821	35,617	49,494
	1,50	17,0	3,038	31,640	47,923
	1,33	17,5	2,461	25,002	52,135
	1,47	17,5	2,917	29,721	49,461
				<b>Promedio</b>	
Efecto flat spin	1,10	18,3	62,425	1,770	16,380
	1,13	18,3	60,925	1,860	17,425
	1,07	18,5	64,700	1,682	15,196
	0,73	11,9	60,169	1,367	13,855
	0,73	11,9	60,111	1,340	13,628
				<b>Promedio</b>	

**Tabla 1**

*Pruebas usando Cinemática (continuación)*

	Tiempo (s)	Alcance (m)	Altura (m)	Ángulo (grados)	Velocidad (Km/h)
Efecto top spin	1,30	17,5	52,980	2,354	23,834
	1,30	17,5	52,980	2,354	23,834
	1,40	18,0	51,811	2,684	26,702
	1,90	21,0	51,359	4,702	39,219
	1,87	20,8	51,232	4,548	38,464
					<b>Promedio</b>

**Tabla 2**

*Pruebas usando "Tennis Radar Gun"*

	No. de lanzamiento	Velocidad (Km/h)	≥ 30 [km/h]	
			Si	No
Efecto slice	1	53,2	x	
	2	62,5	x	
	3	52,8	x	
	4	63,9	x	
	5	62	x	
	<b>Promedio</b>		<b>58,88</b>	
Efecto flat spin	1	73,1	x	
	2	73,8	x	
	3	80	x	
	4	81,5	x	
	5	74,4	x	
	<b>Promedio</b>		<b>76,56</b>	
Efecto top spin	1	54,5	x	
	2	55,9	x	
	3	54,5	x	
	4	62,9	x	
	5	65,8	x	
	<b>Promedio</b>		<b>58,72</b>	

## Discusión

### Análisis bibliográfico

La revisión bibliográfica fue profunda y relevante, poniendo énfasis en la revisión de patentes relacionadas con este ámbito en el registro de patentes de Estados Unidos (USP), así como en Internet. Pero debido a la amplia gama de información y la velocidad con la que esta se genera existe la posibilidad de omitir algún dato o información, sin embargo, se considera que lo estudiado es suficiente para lograr el alcance de este trabajo.

### Precisión de lanzamiento

Gracias al sistema de posicionamiento mediante un mecanismo de cuatro barras y control electrónico se posiciona el lanzamiento, tiene un alto índice de precisión evaluado experimentalmente. Se debe tomar en cuenta que la velocidad del motor está también en dependencia del voltaje de alimentación que es variable, sin embargo, este no altera el alcance de lanzamiento más allá de un radio de error de 20 cm.

### Estimación de la velocidad

Para estimar la velocidad con que la pelota sale de la máquina, se analizó cuadro por cuadro los videos de lanzamiento de la pelota y se realizó el análisis en una hoja de cálculo en función del tiempo que tarda, desde que sale la pelota hasta que toca el piso. Para la validación de este procedimiento se experimentó primero con videos de tenistas profesionales descargados de internet y se comprobó que los resultados eran equiparables. Para esto se despreció factores como la resistencia del viento.

## Conclusiones

- El diseño final de la máquina prototipo de lanzamiento de pelotas de tenis de campo se realizó satisfactoriamente. La pelota de tenis entra al sistema de alimentación, donde el giro del dispensador hace que caigan una a una las pelotas después de un tiempo programado de 4 segundos, para después pasar por un ducto flexible que las guía hacia las ruedas las cuales se encuentran girando, es entonces cuando la pelota es expulsada hacia el exterior, logrando así el lanzamiento deseado.
- El diseño conceptual de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo ayudó a obtener un diseño funcional y a cumplir con los requerimientos y deseos del usuario como el direccionamiento variable considerando que las pelotas llegan hasta una distancia de 23,78 metros debido a la velocidad de rotación de los motores de 2750 rpm cubriendo así la longitud total de la cancha.
- Se alcanzó una velocidad lineal promedio de expulsión de la pelota de 59,38 km/h misma que es considerada una velocidad adecuada para un entrenamiento.

- El prototipo consta de las siguientes características: una batería marca Venom de 5000 mAh recargable a 110 V tipo Lipo, sistema automatizado, de fácil operación, fácil mantenimiento debido a que es totalmente desmontable, capacidad de almacenaje total de 25 pelotas, además el sistema es controlado por radio logrando comunicación a larga distancia.
- Las pruebas de funcionalidad mostraron una precisión de la máquina lanzadora de pelotas de tenis de un 93% con respecto a posicionamiento, además las pelotas caen en un diámetro máximo de 20 cm.

### Agradecimiento

Al Ingeniero Edgar Fabricio Bonilla Naranjo por su colaboración con el desarrollo y pruebas técnicas del presente proyecto

### Referencias bibliográficas

- Amzar, K. (2013, Junio). *Design and Fabrication of Thrower Mechanism*. Retrieved November 16, 2015, from [http://eprints.utem.edu.my/13891/1/cdr\\_09750-24\\_Pages.pdf](http://eprints.utem.edu.my/13891/1/cdr_09750-24_Pages.pdf)
- Bonilla Naranjo, E. F., & Noguera Cundar, A. P. (2015). Diseño y fabricación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo. Tesis de pregrado [Facultad de Ingeniería Mecánica, ESPOCH]. URL: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5181/1/15T00642.pdf>
- Budynas, R. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Nisbett, Keith (Vol. 9). Ciudad de Mexico, Mexico: McGrawHill. Retrieved from [https://www.academia.edu/32491379/Dise%C3%B1o\\_en\\_Ingenier%C3%ADa\\_Mec%C3%A1nica\\_Shigley\\_9a\\_Ed\\_](https://www.academia.edu/32491379/Dise%C3%B1o_en_Ingenier%C3%ADa_Mec%C3%A1nica_Shigley_9a_Ed_)
- Godoy, P. (2009). *Diseño y construcción de una máquina Automática para la*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Mecanica. Riobamba: Dspace. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/40/1/15T00415.pdf>
- Holloway, P. (1973, Diciembre 11). *United States Patent No. US3777732*. Retrieved Enero 10, 2016, from Google Docs Patents: <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US3777732.pdf>
- Mott, R. (2013). *Diseño de elementos de máquinas* (Vol. 1). Ciudad de Mexico, Mexico. Retrieved from

<https://www.pearsoneducacion.net/espa%C3%B1a/TiendaOnline/dise%C3%B1o-de-elementos-de-maquinas>

Myszka, D. (2012). *Máquinas y Mecanismos* (4 ed.). México: Pearson. Retrieved from <https://www.pearsoneducacion.net/peru/Inicio/maquinas-mecanismos-myszka-4ed-ebook1>

Noguera, A. (2016). *Diseño y fabricación de una máquina lanzadora de pelotas de tenis de campo*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Riobamba: Dspace. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5181/1/15T00642.pdf>

Norton, R. (2011). *Diseño de máquinas, un enfoque integrado* (Vol. 4). Ciudad de México, México: Pearson. Retrieved from <https://www.pearsoneducacion.net/ecuador/Inicio/dise%C3%B1o-maquinas-norton-4ed-ebook1>

Pankratz, O. (1966, Octubre 11). *United States Patent No. US3277878*. Retrieved Enero 7, 2016, from Google Patents: <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US3277878.pdf>

Paulson, K. (2004, Mayo 25). *United States Patent No. US6739325 B1*. Retrieved Agosto 06, 2015, from <http://www.google.com/patents/US6739325>

Reuleaux, F. (2012). *The Kinematics of Machinery: Outlines of a Theory of Machines* (Vol. 1). Londres, United Kingdom: Dover Publications. Retrieved from [https://books.google.com.ec/books/about/The\\_Kinematics\\_of\\_Machinery.html?id=pVrPAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/The_Kinematics_of_Machinery.html?id=pVrPAAAAMAAJ&redir_esc=y)

Sánchez, R. (2007). *Ampliación de análisis cinemático de mecanismos planos*. Retrieved from Universidad de Huelva: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes%20Tema%205.pdf>

Scott, J. (1978). *United States Patent No. US4086903*. Retrieved Agosto 4, 2015, from IFI CLAIMS Patent Services: <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US4086903.pdf>

Stokes, G. (1986). *United States Patent No. US4570607*. Retrieved from <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US4570607.pdf>

