

## **Cinemática de la pelota durante el Servicio de Forehand (péndulo) desde el lado izquierdo de la mesa, ejecutado por jugadoras de Venezuela.**

GÓMEZ, Marco (ttgomez2011@gmail.com)

Ministerio del Poder Popular para el Deporte.

Laboratorio de Biomecánica (Venezuela)

### **INTRODUCCIÓN**

La técnica deportiva explica Alarcon, (2000) que autores como “Zech, Matin, Pietka-Spitz, Ter Owannesjan y Weineck entre otros, entienden a la técnica como el conjunto de procesos desarrollados generalmente por la práctica para resolver más racional y económicamente un problema motor determinado”.

El perfeccionamiento de la técnica cuando se inicia un deporte debe ocupar un alto porcentaje del tiempo correcciones y alta exigencia de precisión desde el punto de vista del desarrollo del movimiento y del análisis biomecánico. (Alarcon, 2000).

La biomecánica como ciencia que estudia el movimiento y en especial de los seres vivos apoyado en la mecánica, ciencias biomédicas y tecnología. En el deporte estudia el gesto deportivo analizando los cambios en las posiciones espaciales a lo largo del tiempo de los diferentes segmentos corporales y de los implementos (cinemática) y las fuerzas y esfuerzos que se ven sometidos la estructura musculo-esquelética (cinética) con el objetivo de optimizar el rendimiento y evitar lesiones.

La biomecánica es un campo interdisciplinario diverso, con aplicaciones en Zoología, Botánica, Antropología Física, Ortopedia, Bioingeniería y Rendimiento Humano. La función general de Biomecánica es entender las mecánicas relaciones causa-efecto que determinan los movimientos de organismos vivos. En relación con el deporte, la biomecánica contribuye a la descripción, explicación y predicción de los aspectos mecánicos del ejercicio humano, el deporte y el juego.

Uno de los deportes que se beneficia de los avances de la biomecánica deportiva es el tenis de mesa, según Jian (2012) este es uno de los deportes más populares en China se ha desarrollado luego de sus inicios en el siglo XIX en Inglaterra, gracias precisamente a la investigación biomecánica, aplicando sus métodos y sus medios con la finalidad de llegar a la comprensión, aplicación de tecnología y mejora de este deporte.

En tal sentido, Xiao y Su, (2005) refieren que en la actualidad las investigaciones biomecánicas aplicadas al tenis de mesa poseen tendencia y la perspectiva en los siguientes estudios:

- Diagnostico de la técnica de los jugadores de tenis de mesa.
- La colisión de la pelota en la raqueta y la pelota sobre la mesa de tenis.
- 3.- El movimiento de la raqueta de tenis de mesa
- 4.- Confesión de la raqueta y vestimenta para jugadores de tenis de mesa.
- 5.- Las características del sistema musculo –esquelético de los jugadores de tenis de mesa (biomecánica interna)
- 6.- La exploración experimental de la instrumentación específica para el tenis de mesa.

7.- En la mecánica y prevención de traumas en los jugadores de tenis de mesa.

El papel que juega la biomecánica en el tenis de mesa aplicada al gesto técnico, radica principalmente en la velocidad (24 m/s Gómez, Tomedes, y Altuve. 2012) y por las características exigentes del alto nivel de coordinación óculo- manual, la precisión, el equilibrio, la atención y la concentración, velocidad de acción, anticipación y potencia. Además de estas habilidades, los jugadores requieren la capacidad de leer el juego, diseñar estrategias y desarrollar el juego que les permite ganar eficacia, eficiencia y efectividad en cada punto. (Bulmer, 2010).

Una de las herramientas que utiliza la biomecánica para investigar, evaluar, analizar y proporcionar realimentación a los entrenadores y jugadores es el análisis videografico de alta velocidad (300 cuadros/segundos en adelante) cualitativo, cuantitativo 2D y 3D.

La videografía tiene muchas aplicaciones en el tenis de mesa y en la biomecánica como ciencia. Los entrenadores y atletas están utilizando el medio cada día más para ver la a y técnica correcta, para analizar el equipo y observar el desempeño individual (análisis cualitativo), sin embargo, para realizar análisis e investigación cuantitativa se debe poseer dentro del equipo interdisciplinario a especialistas en biomecánicas además de instrumentación específica para este los estudio en 2D y 3D.

A través de un análisis biomecánico videografico de un jugador se puede comprender mejor la mecánica del gesto, dividir por fase la destreza, comparar entre jugadores, e trabajar en la obtención de un alto nivel de juego y determinar el perfil de la actividad de competencia. (Carga externa y mecánica)

En el tenis de mesa cada día se observan nuevas y mejores destrezas, sobre todo a nivel de los jugadores asiáticos en especial los chinos, muchas esas nuevas técnicas son producto de los cambios que viene implementando la Federación Internacional de Tenis de mesa dentro de su reglamento, como los utilización de pegamento, el servicio y otros.

Dentro del abanico de destrezas que utilizan los jugadores de tenis de mesa hay una en especial que ocupa el 50% del tiempo efectivo del partido (Gómez y Tomedes, 2012) es el servicio, el cual es el único movimiento en el cual el jugador de tenis de mesa tiene control total sobre la sincronización, la velocidad, la dirección y la rotación de la pelota, sin ninguna influencia del opositor. Es también uno de los movimientos (golpes) más complejos del tenis de mesa y requiere años de práctica para realizarlo con eficacia, eficiencia y efectividad durante una competencia, además que el reglamento de tenis de mesa especifica las normas de cómo, cuando y donde debe realizarse.

El servicio tiene como objetivo mecánico la obtención del punto y/o la ventaja, en la actualidad se ha convertido más en una ventaja, ya que, se utiliza para evitar una recepción incomodo del contrario y/o evitar el ataque.

Este se puede variar tanto en rotación (efecto) como en velocidad, sin embargo hay que recordar que estas variables tienen efectos contrarios, es decir, si se aumenta el efecto (velocidad angular) disminuye la velocidad lineal de la misma.

Le Roy (1993), en su manual de entrenamiento, explica que existe tres (3) parámetros técnicos importantes para que un servicio logre su objetivo:

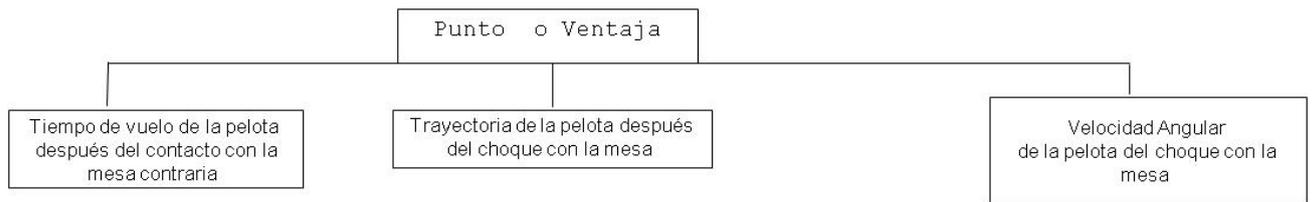
a.- “**Colocación (corto, medio, largo, paralelo, cruzado, hacia la lateral)**”. Que en términos biomecánicos viene dado por la trayectoria de la pelota que varía en función del plan táctico y del estilo de juego del jugador.

b.- **Efecto** (cortado, liftado, lateral, helicoidal, sin efecto), que equivale a la velocidad angular.

c.- **Rapidez** (largos o cruzados), que en la terminología biomecánica es el tiempo de vuelo de la pelota.

Para realizar el estudio biomecánico y en especial del servicio, en la actualidad en Venezuela, se elabora el modelo biomecánico cualitativo (Grafico 1) basado en la teoría de James Hay 1978 de su libro “The biomechanics of sports techniques”, donde explica cuales son los factores principales para que cumpla con la eficiencia, la eficacia y la efectividad durante su ejecución, este modelo “es una estructura que demuestra la relación que existe entre los objetivos de las destrezas y los factores que producen el resultado, es decir, a través de este se describe una destreza de una manera lógica y sistemática mediante el desglosamiento de sus elementos constituyentes”.(Gómez y Zissu. 2011).

Grafico 1 Factores biomecánico principales del Servicio en el Tenis de Mesa (modelo biomecánico cualitativo)



Por otro lado, Hochmuth, (1973), estableció los principios biomecánicos basado en las leyes de Newton con el objetivo de crear una guía práctica con criterios observables tanto para el entrenamiento como también para la investigación, esto ayuda al análisis del movimiento y a entender de la mejor manera la dependencia biomecánica durante la ejecución.

Estos principios son:

- Principio de trayectoria óptima de aceleración.
- El principio de la tendencia óptima en el curso de aceleración.
- Principio de fuerza inicial.
- Principio de coordinación de impulsos parciales.
- Principio de reacción.
- Principio de conservación de la cantidad de movimiento.

Estos principios se observan durante la ejecución del servicio, la violación de estos crea poco rendimiento del mismo, sin embargo estos seis (6) principios no se visualizan simultáneamente en la ejecución y puede que tampoco todos en una misma destreza.

Para mayor comprensión de la destreza se suele dividir por fase, acciones y posiciones (Gráfico 2).

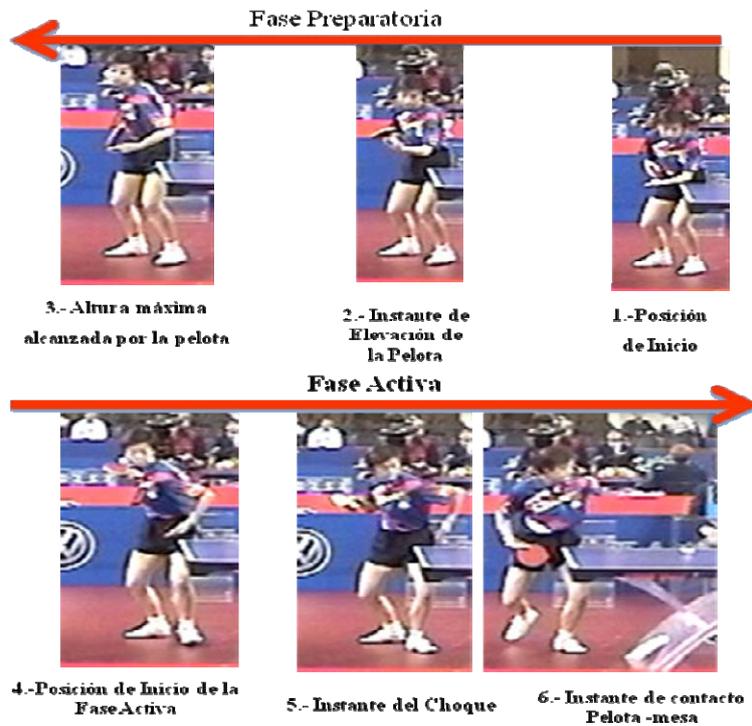


Grafico 2. Fases y posiciones del servicio de Forehand en tenis de mesa.

Para estudio se analizó solamente las variables de proyección de pelota durante la ejecución del servicio con el objetivo describir las características cinemáticas temporales y espaciales en cada fase del servicio.

## Método

Se estudiaron 12 jugadoras de la categoría máxima (senior) durante un evento competitivo a nivel nacional (JDN Puerto la Cruz 2011), se cuantificó un servicio de cada jugadora luego de verificar el logro del objetivo mecánico (punto). Para el registro de imágenes se utilizaron dos cámaras Casio Exilim de alta velocidad 1080 (60 fps) sincronizadas. Las videograbaciones se realizaron a una frecuencia de 300fps en dos planos, formando las cámaras un ángulo de entre 60 y 120 grados para reconstruir la imagen tridimensional. Para la calibración del espacio se utilizó un sistema de referencia cúbico de dos metros de lado. Se definió un modelo antropométrico simplificado de la jugadora de 24 marcadores y 14 segmentos corporales. El proceso de obtención de coordenadas se realizó mediante el programa HU-M-AN 5.0 (HMA Technology). El cálculo de las coordenadas tridimensionales se realizó a partir de las

coordenadas planas, de las dos secuencias sincronizadas y grabadas, utilizando el algoritmo de Transformación Lineal Directa de Abdel-Aziz y Karara (1971).

## Resultados y Discusión

Tabla 1 Alturas (h) de la pelota desde la liberación hasta el choque.

Altura de liberación con respecto a la mesa	49 cm
Altura Máxima con respecto a la mesa	38 cm
Altura de Choque con respecto a la mesa	35 cm

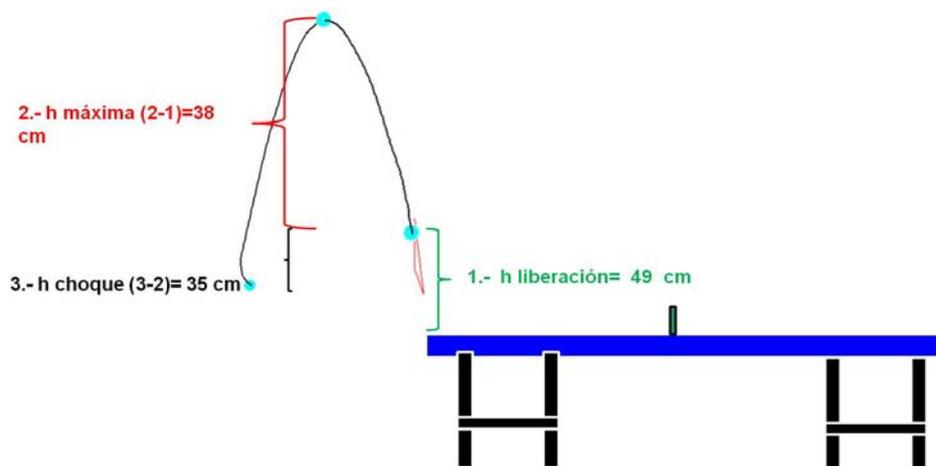


Grafico 3. Alturas (h) de la pelota desde la liberación hasta el choque.

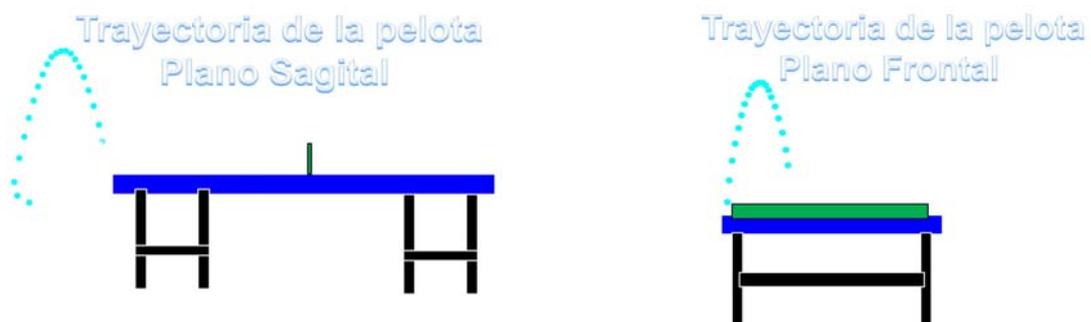


Grafico 4. Trayectoria de la pelota plano sagital y frontal

Tabla 2 Desplazamiento horizontal (dx) de la pelota desde la liberación hasta el choque.

Desplazamiento horizontal presentación hasta máxima altura (plano sagital)	22 c m
Desplazamiento horizontal presentación hasta máxima altura (plano frontal)	11 cm
Desplazamiento horizontal presentación hasta el choque (plano sagital)	66 cm
Desplazamiento horizontal presentación hasta el choque (plano frontal)	39 cm

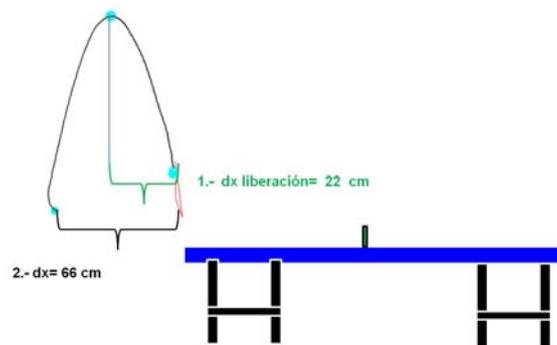


Grafico 5. Desplazamiento horizontal (dx) de la pelota plano sagital

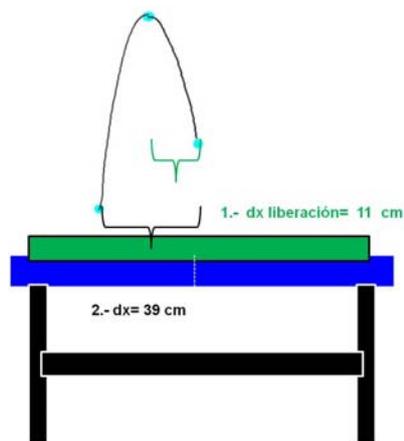
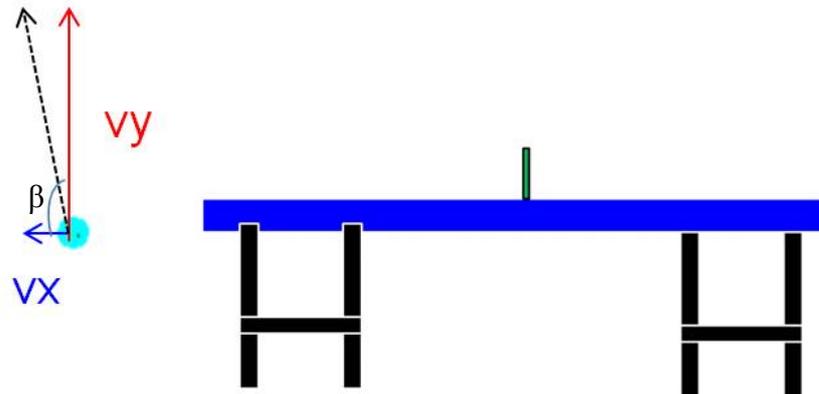


Grafico 6. Desplazamiento horizontal (dx) de la pelota plano frontal

Tabla 3 Angulo de proyección de la pelota

Angulo de Proyección (plano sagital)	68 grados
Angulo de Proyección (plano frontal)	13 grados



**Discusión:**

1.- A pesar de que se cumple con la altura mínima (16 cm) reglamentaria para el servicio, se observa poca elevación para este tipo de servicio. En este sentido, Le Roy (1993) indica que algunos jugadores prefieren lanzar la pelota con suficiente altura para lograr una mayor aceleración en el momento del impacto. Se ha medido que la pelota tiene más aceleración si se eleva a cierta altura, sin embargo, estudios han comprobado que no se puede ganar más aceleración a partir de una altura mayor a 5,5 metros, porque a partir de esta altura la pelota ya no se acelera y cae siempre a la misma velocidad, en cambio, por encima de 5,5 metros lo que sí aumenta es el tiempo que tarda la pelota en bajar.

2.- La altura de choque es muy elevada para este tipo de destreza.

3.- El desplazamiento horizontal (ambos planos) es muy amplio, disminuyendo la amplitud de aceleración del miembro superior ejecutor con respecto a la pelota.

4.- Las debilidades tanto en altura como también en la distancia horizontal trajo como consecuencia un ángulo de proyección por debajo de 90 grados, esto no concuerda con el reglamento de juego en su artículo 2.6.2 Después, el servidor lanzará la pelota hacia arriba lo más verticalmente posible.....

**Conclusiones**

La presentación de la pelota en los sujetos evaluados se realiza desde la altura de nivel de la mesa (plano sagital) y desde la división central de la mesa (plano frontal) esto trajo como consecuencia las debilidades y violaciones del reglamento a pesar de lograr el objetivo mecánico punto.

La videograbación y posterior análisis del video ayudaría al personal técnico a visualizar posibles violaciones al reglamento para ser más asertivos a la hora de las competencias.

## Referencias

Alarcón, N. (2000) *Técnica Deportiva*. <http://www.g-se.com/a/81/tecnica-deportiva/>

Bi Jian Mao. (2012). *Biomechanical Analysis of Two Techniques Performed in Table Tennis*. <http://www.scientific.net/AMM.182-183.1658>.

Bulmer, M. (2010). *Informe de análisis biomecánico* (Biomechanical Analysis Report). <http://mitchbulmer.blogspot.com>.

Leroy, G. (1993). *Formación de Entrenadores de Tenis de Mesa*.

[http://www.mesatenista.net/archivos/Formacion\\_de\\_Entrenadores\\_de\\_Tenis\\_de\\_Mesa\\_Modulo\\_1.pdf](http://www.mesatenista.net/archivos/Formacion_de_Entrenadores_de_Tenis_de_Mesa_Modulo_1.pdf).

Gómez, M y Zissu, M (2011). *Características Biomecánicas del Forehand Topspin en el Tenis de Mesa*. Alemania: Editorial Académica Española

Gómez, M., Tomedes, J, y Altuve, H. (2012). *Características de proyección de la pelota en el Forehand Topspin ejecutado por jugadores latinoamericanos*. [www.ultm.org/](http://www.ultm.org/)

Gorcio, A., Biosco., F, y Caries, J. (1997). *La biomecánica: una herramienta para la evaluación de la técnica deportiva*. [http://articulos-apunts.edittec.com/47/es/047\\_015-020\\_es.pdf](http://articulos-apunts.edittec.com/47/es/047_015-020_es.pdf)

Hochmuth, G. (1984). *Biomecánica de los Movimientos Atleticos*. Sportverlag Berlin:

Xiao, D, y Su, P. (2005). *Uso y perspectiva de la biomecánica deportiva en el tenis de mesa* (Application and outlook about sports biomechanics in table tennis).

[http://www.ittf.com/ittf\\_science/SSCenter/P9ITTFSSC/docs/200600004%20-%20Xiao%20-%20application.pdf](http://www.ittf.com/ittf_science/SSCenter/P9ITTFSSC/docs/200600004%20-%20Xiao%20-%20application.pdf)