

USO DEL DISEÑO COMPLETAMENTE ALEATORIO PARA DETERMINAR LA EDAD DE COMIENZO DE LOS MEJORES RESULTADOS EN LOS LANZADORES DEL MARTILLO (ORIGINAL)

The completely randomized design use to determine the age when the thrower of hammer begin to obtain the better results

M Sc. Raúl Recio-Avilés. Profesor Auxiliar, Departamento de Matemática Física. Universidad de Granma. rrecioa@udg.co.cu

Lic. José Ramón Aliaga-Reynaldo. Entrenador de atletismo. EIDE "Pedro Batista Fonseca"
Licenciado en Cultura física

Resumen

Este trabajo estudia un conjunto de tareas que se deben realizar para utilizar el diseño completamente aleatorizado para analizar la edad cuando los lanzadores del martillo comienzan a obtener los mejores resultados, la investigación demuestra cómo en 15 de los mejores atletas entre los años 95 y 96, la etapa de los mejores resultados comienza a los 24 años y esta puede prolongarse más allá de los 29, los resultados obtenidos son validados con el uso de la prueba de Levene, que verifica que las muestras utilizadas tienen iguales desviaciones estándar y las pruebas de Kruskal Willis y la de Mood comprueban que no existe diferencias significativas entre las medianas de estas muestras, estos resultados comprobatorios justifican la veracidad de los resultados obtenidos.

Palabras claves: lanzamiento. martillo, diseño, experimento.

Abstract

This paper studies a set of tasks that must be performed to use the completely randomized design to analyze age when hammer throwers begin to get the best results, research shows how in 15 of the best athletes between the years 95 and 96, The best results stage begins at age 24 and can last longer than 29, the results obtained are validated using the Levene test, which verifies that the samples used have the same standard deviations and the Kruskal tests Willis et al. Found that there are no significant differences between the medians of these samples, these results confirm the veracity of the results obtained.

Keys Words: throwing, hammer, design, experiment.

Introducción.

El deporte es una de las manifestaciones culturales que con mayor fuerza pone en evidencia el desarrollo social de un país e incide de manera creciente en el bienestar de su población, manteniendo en niveles adecuados la salud de sus habitantes y sus éxitos contribuyen a la felicidad de sus pobladores.

El martillo es uno de los deportes que en las últimas competencias acapara la atención de los aficionados al atletismo conjuntamente junto con la bala, el disco, y la jabalina según Durán, J. (2000), es un lanzamiento de tipo lateral para Bartlett, R.(2007) y Rius, J.(1990)se clasifica como un movimiento técnico específico no cíclico y angular.

La espectacularidad del lanzamiento y los resultados que alcanzan los atletas como se mostró esta competencia de los juegos Olímpicos de Río de Janeiro hacen necesario el desarrollo de un deporte de calidad que sea motivo de sano orgullo para la sociedad, para el logro de esos resultados es necesario realizar sobre el deporte estudios aplicando el desarrollo científico técnico que se alcanza en nuestro país.

Delgado, M. (2004) y Kuehl, R.(2006), expresan que uno de estos avances está en la aplicación de la matemática y las tecnologías informáticas conjuntamente con el diseño experimental, que fue analizado por Fisher como la herramienta primaria para diseñar experimentos, las primeras aplicaciones se realizaron en la agricultura, pero es hoy en día una herramienta generalizada para la investigación científica que incluye las investigaciones de la cultura física y el deporte.

Según Recio, R. (2016) en las actividades deportivas existen otras variables que en períodos determinados de la práctica deportiva influyen en los resultados, estas muchas veces no se pueden medir, como el grado de maestría de un atleta y el desarrollo del pensamiento técnico táctico dentro de la competencia, pero acompaña los resultados del atleta en su vida deportiva e influye en los resultados deportivos, una de ellas es la edad.

Esta variable, influye en los resultados de una prueba o en una serie de pruebas, como una variable explicativa o factor X_i que tiene mayor influencia en la respuesta de un ensayo de interés, evaluado a través de varias variables respuesta, que si deliberada o sistemáticamente se introducen cambios controlados en algunas de las variables explicativas

del proceso, siempre es posible observar o cuantificar los cambios que éstos generan en las variables respuesta buscando adicionalmente, minimizar el efecto de las variables no controlables, procurando con ello estabilizar y minimizar la variabilidad de las respuestas.

De acuerdo con Ruesga, I; Peña, E; Expósito, I; Gardón, D. (2005) el diseño experimental es una disposición en tiempo y espacio de las variantes experimentales o tratamientos, organizadas de forma que se puedan obtener los datos necesarios para resolver el problema, cumpliendo con sus objetivos, el diseño es el esquema de distribución de las variantes en el experimento.

Según la norma ISO 3534-3 citada en Delgado, M(2004), es una estrategia de planificación de experimentos donde las conclusiones son válidas, relevantes y económicamente enriquecidas, también se definen como una o varias pruebas en las que deliberadamente se producen cambios en los factores con el objetivo de observar sus respuestas.

El objetivo fundamental que se persigue al seleccionar el diseño experimental es asegurar condiciones iguales para la comparación de las variantes, eliminando al máximo la variabilidad de la información y de aquellos datos que se sospecha que contienen información extremadamente variable.

Los requisitos que debe satisfacer un diseño experimental, son los siguientes:

- a) Asegurarse condiciones iguales para todas las variantes experimentales.
- b) Ajustarse a los principios de la aleatoriedad que permitan analizar los mismos por métodos estadísticos.
- c) Deben ser simples y que posibilite la conducción adecuada de los mismos.

También es necesario considerar los siguientes supuesto que deben cumplimentar los datos de la muestra.

- a) Las muestras son aleatorias e independientes. (obligatoria)
- b) Las poblaciones son normales. (se admiten algunas diferencias.)
- c) Las poblaciones tienen Igualesvarianzas.

Según Delgado, M. (2004) para aplicar los diseños experimentales es necesario comprender

que la funcionalidad principal está dirigida a garantizar que el investigador obtenga la información apropiada para resolver el problema que fundamenta la investigación y para analizar que se cumpla su hipótesis de trabajo de la forma más económica posible.

En el desarrollo de la planificación de la investigación se debe comprender con claridad los elementos fundamentales del contexto que es objeto de estudio, y el problema que se manifiesta dentro de él, también debe dominar adecuadamente el material experimental que va a utilizar, también es fundamental que reconozca las posibilidades del completamiento en la recolección de datos, Además de poseer el conocimiento estadístico necesario para direccionar e interpretar adecuadamente los resultados del experimento considerando el software que se va a utilizar.

Generalmente para resolver un problema determinado se conforma un grupo de trabajo o de investigación que se conforma por expertos conocedores de la problemática a estudiar y por especialistas en el diseño estadístico del proceso y el análisis de la información recolectada.

En este trabajo, se analizarán aspectos metodológicos para aplicar el diseño completamente aleatorizado a las investigaciones de resultados deportivos, para ello se analizará un problema que consiste en estudiar la edad que con mayor frecuencia comienzan los grandes resultados deportivos de los atletas que practican el lanzamiento del martillo.

Se aceptará como hipótesis de este trabajo los planteamientos de Serra Artimes, citado en Aleaga, J.() que plantea que los lanzadores de martillo alcanzan sus mejores resultados entre los 26 y 28 años. Aplicando esta hipótesis a nuestro problema la edad del comienzo de los buenos resultados es a los 26 años.

Las edades de los deportistas en relación con sus resultados tienen variaciones de un deporte a otro, en dependencia de las exigencias del deporte respecto a la fuerza, velocidad y resistencia, lo que parece cierto es que en la vida deportiva de los atletas se manifiestan tres momentos importantes con respecto a la relación resultados y edad.

Un primer momento donde los atletas están puliendo la técnica y desarrollando determinadas aptitudes que permiten aprovechar su talento, es la etapa de novatos; una segunda etapa donde los resultados crecen y el atleta tiene su máximo desarrollo, es la etapa de madurez o

de desarrollo de la maestría deportiva, y cuyo estudio es el centro de este trabajo; y el otro momento en que estos resultados comienzan a decrecer producto del desgaste físico del atleta y de los años, es la etapa de la veteranía y en esta se comienza a acercarse el fin de la carrera deportiva.

Población y muestra

Para realizar la investigación que sirve de marco a este trabajo, se aplicó la revisión documental con el uso de la internet y se tomaron 12 muestra de los resultados deportivos de 15 de los mejores atletas entre los años 95 y 96, y se organizaron entre las edades de 18 y 29 años, sobre el tamaño de las muestras se asume el criterio de Pacheco, J. (1996) que plantea que “el atletismo es un deporte muy complejo, en el que se tiene lugar un gran número de pruebas por lo que no es necesario analizar un gran número de atletas en cada uno de los estudios”.

La revisión documental realizada y las búsquedas en diversos medios permitió conformar una cantidad significativa de resultados por edades, suficientes para poder plantear el diseño completamente aleatorio (DCA).

Materiales y métodos

Uno de los aspectos organizativos que se deben cumplir para las investigaciones donde se aplique el diseño experimental es la selección de una metodología, en este trabajo se utiliza la que se muestra a continuación,

La metodología seguida está formada por los siguientes pasos, aunque es bueno destacar que algunos de estos pasos pueden realizarse en un orden diferente.

- a) Estudio del contexto deportivo y selección del problema.
- b) Formulación y descripción del problema.
- c) Análisis y completamiento de los datos.
- d) Planteamiento del diseño experimental a utilizar. En este caso se utiliza el diseño completamente aleatorizado.
- e) Análisis de datos y uso del software.
- f) interpretación de los resultados.

Este diseño presenta un modelo que permite analizar la existencia o no de diferencias significativas entre cada una de las múltiples muestras organizadas por edades, lo que permite conocer en las edades donde los resultados son significativamente diferentes, esto permite establecer entre cuales edades los atletas del lanzamiento del martillo alcanzan sus mejores resultados.

Según Walpole, R; Raymond, H; Sharon, M.(2004) para aplicar este tipo de diseño es necesario valorar las siguientes hipótesis.

H0: $m_1 = m_2 = m_3 = \dots = m_c$, Significa que todas las muestras tienen medias iguales.

H1: no todas las muestras tienen medias iguales o en al menos una la media es desigual.

El modelo del Diseño Completamente Aleatorizado analiza una sola causa de variación en tratamientos a diferentes niveles que pueden ser de dos tipos; balanceados o desbalanceados (número desigual de observaciones por muestras) y no tienen interacción o influencias entre sí. El ordenamiento de las observaciones se muestra en la tabla 1, donde se muestran algunas de las indicaciones de cálculo al final de la tabla.

Tabla 1: Modelo general del Diseño Completamente aleatorizado.

fila \ col	1	2	3	...	c	SUMAS
1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1c}	$\sum_{j=1}^c Y_{1j}$
2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2c}	$\sum_{j=1}^c Y_{2j}$
3	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}	...	Y_{3c}	$\sum_{j=1}^c Y_{3j}$
...
f	Y_{f1}	Y_{f2}	Y_{f3}	...	Y_{fc}	$\sum_{j=1}^c Y_{fj}$
SUMAS	$\sum_{i=1}^f Y_{i1}$	$\sum_{i=1}^f Y_{i2}$	$\sum_{i=1}^f Y_{i3}$...	$\sum_{i=1}^f Y_{ic}$	$\sum_{i=1}^f \sum_{j=1}^c Y_{ij}$
Medias	$\bar{Y}_{c=1}$	$\bar{Y}_{c=2}$	$\bar{Y}_{c=3}$...	\bar{Y}_c	...

En el modelo matemático que sustenta este diseño, una observación de respuesta cualquiera del conjunto de datos es denominada por y_{ij} y es una variable dependiente. En este caso son

Uso del diseño completamente aleatorio en los lanzadores del martillo

los resultados alcanzados por los deportistas entre las edades de 18 hasta 29 años de edad.

donde:

$j: 1, \dots, c$ indica el grupo o nivel del factor, dicho de otra forma el número de muestra, en el ejemplo que se analizará representan las muestras que agrupan los resultados de los deportistas organizados por edades.c.

$i: 1, \dots, f$ indica el número de orden del elemento dentro de la j muestra o sea los resultados deportivos por atletas.

El diseño se puede representar mediante el modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + e_{ij}$$

donde:

$$i = 1, \dots, f \quad j = 1, \dots, c$$

Y_{ij} : i -ésima observación correspondiente al j -ésimo nivel del tratamiento.

μ : constante general a todas las observaciones (media general)

α_j : efecto del j -ésimo nivel del tratamiento.

e_{ij} : error experimental correspondiente a la i -ésima observación del j -ésimo nivel del tratamiento. Este "error" se refiere a la variación no controladas que existe entre los elementos o unidades de cualquier población o muestra y es provocada por un sin número de factores.

En la tabla 1 se muestra como se organizan cada una de las muestras de acuerdo a las edades y a las variables respuestas o las observaciones de los resultados de los lanzamientos.

Los estimadores se calculan de la siguiente forma.

Calculo de media general que usualmente se llama factor de corrección

$$FC = \left(\sum Y_{ij} \right)^2 / N$$

La suma de cuadrados totales se calcula de la siguiente forma.

$$SCT = \sum Y_{ij}^2 - FC$$

La suma de cuadrados de los tratamientos se calcula mediante la fórmula.

$SC_{TRAT} = \sum (Y_{ij})^2 / f_j - FC$ en este caso f_j representa la cantidad de datos por nivel del tratamiento.

La suma de cuadrado del error se calcula mediante la expresión.

$$SC_{error} = SCT - SC_{TRAT}$$

Otro elemento de cálculo en las tablas de análisis de varianza, son los grados de libertad.

Los grados de libertad totales se calculan como $GLT = N - 1$, siendo N la cantidad total de datos.

Los grados de libertad de los tratamientos se calculan como $GL_{TRAT} = C - 1$, siendo C la cantidad de tratamientos.

Los grados de libertad del error se calculan por diferencias según la estrategia que se sigue.

$$GL_{error} = GLT - GL_{trat}$$

Para obtener las tablas de los resultados del modelo se utilizó el software StatgraphicsCenturion V xv y se utilizó las indicaciones para la explotación del software de Batanero, C;Díaz, C (2008) y el manual de usuario para el uso de este software editado por StatPoint (2006)

Resultados obtenidos.

En la aplicación de la metodología seleccionada, las etapas que mayores dificultades presentaron fue el análisis y completamiento de los datos para lo que fue necesario búsqueda de diversas formas, se seleccionó el Statgraphic V XV porque presenta tablas de salida que permiten analizar los resultados sin dificultades y permiten realizar pruebas que valida la solidez delos resultados obtenidos.

En la tabla 2, se observan los resultados emitidos por el software.

Esta tabla descompone la varianza en dos componentes fundamentales entre grupos y dentro del grupo con una razón $F=18,03$, que es el cociente entre los cuadrados medios entre grupos sobre dentro del grupo, este valor se contrasta con las tablas de Fisher para 11 y 114 GL y un error del 0.05 ($F^{11,114}_{0.05}$) que es 3.92 entonces como Razón- $F > F^{11,114}_{0.05}$ o sea $18,03 > 3,92$ se rechaza H_0 indicando que al menos una de las muestras tiene media mayor que las otras.

Tabla 2:Salida del Statgraphics con los resultados del análisis de varianza.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	2822,45	11	256,586	18,03	0,0000
Intra grupos	1622,28	114	14,2305		
Total (Corr.)	4444,73	125			

También se puede usar $\text{Valor-P} < 0,05$ entonces se rechaza H_0 por la aceptación de H_1 y se llega al mismo resultado.

Ahora se necesita analizar cuál o cuáles de las muestras tienen comportamiento de medias similares y cuáles diferentes. Un análisis que permite conocer el comportamiento de las muestras objetos de estudios es la prueba de múltiples rangos, que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Salida del software Statgraphics con los resultados de la prueba de múltiples rangos.

Método: 95,0 porcentaje LSD

	<i>Ca sos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
18	12	65,7517	X
19	11	69,5782	X
20	10	72,9	X
21	10	74,616	XX
22	12	76,7567	XX
23	12	76,9883	XX
24	13	78,5554	XX
25	11	79,7836	XX

26	11	80,2327	X
27	8	80,465	X
28	9	80,4867	X
29	7	81,3029	X

En la tabla 3, los grupos de muestras que tienen medias sin diferencias estadísticas utilizan una misma columna, lo que permite apreciar correctamente diferenciados los rangos de las medias por edades de los deportistas, la variable 18 se identifica con la edad de 18 años, la variable 24 con la de 24 años y la 29 con 29 años, estas ocupan el último rango de significación. Lo anteriormente explicado indica que las edades de 24 a 29 años las medias de las muestras no son significativamente diferentes entre sí, pero las demás si lo son.

Para verificar la certeza de los resultados se realizaron diversas pruebas, tres de ellas se describen a continuación.

La tabla 4 corresponde a la prueba de Levene, que permite analizar la homogeneidad de la varianza o que no existen entre las desviaciones típicas diferencias significativas.

Tabla 4: Prueba de Levene para verificar la igualdad de la desviación estándar en las muestras.

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1,2958 8	0,235685

El estadístico Prueba)1,29 evalúa la hipótesis nula que indica que las desviaciones estándar de las 12 muestras no son significativamente diferentes. De la misma forma se puede utilizar el valor-P, que como es mayor que 0,05 indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar con un nivel del 95,0% de confianza.

Los resultados de la prueba de Kruskal Wallis justifican que no existe diferencias significativas entre las medianas de las muestras, procedimiento cuyos resultados se describe en la tabla 5.

Tabla 5: Prueba de Kruskal Wallis para probar que las varianzas son similares.

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
18	12	12,5833
19	8	94,25
20	9	92,4444
21	7	99,9286
22	11	22,5
23	10	37,3
24	10	46,15
25	12	60,1667
26	12	66,6667
27	13	78,5
28	11	86,0
29	11	90,3636

Estadístico = 75,4094 Valor-P = 1,13113E-11

La prueba evalúa la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las muestras o edades de los deportistas es la misma, primero se combinan los datos de todas las edades y se ordenan de menor a mayor, después, se calcula el rango (ranks) promedios para los datos de cada columna, puesto que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95,0% de confianza.

En la tabla 6, se observan los resultados de la prueba de Mood, que determina las medianas y las compara para analizar si son significativamente diferentes, aunque esta prueba es poco conocida en este software la tabla de salida muestra una gran variedad de resultados.

Prueba de la Mediana de Mood

Total n = 126

Gran mediana = 77,53

<i>Muestra</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>n<=</i>	<i>n></i>	<i>Mediana</i>	<i>LC inferior 95,0%</i>	<i>LC superior 95,0%</i>
18	12	12	0	65,99	60,5464	71,5145
19	11	11	0	70,66	62,9569	73,6194
20	10	9	1	74,21	65,8516	78,631
21	10	8	2	75,52	68,926	79,2143
22	12	6	6	77,55	73,5285	80,3566
23	12	6	6	77,77	73,5795	80,966
24	13	4	9	79,98	72,9883	82,4867
25	11	3	8	80,02	75,8859	82,8345
26	11	2	9	80,8	75,9543	82,6262

27	8	2	6	81,54		
28	9	0	9	80,44	78,0264	83,2744
29	7	0	7	81,0		

Estadístico = 59,6503 Valor-P = 1,07671E-8

Los resultados de la tabla 6, evalúan la hipótesis nula, donde las medianas de las 12 muestras son iguales, para ello cuenta el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global, la cual es igual a 77,53. puesto que el valor-P para la prueba de chi-cuadrada es menor que 0,05, las medianas de las muestras son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95,0%, también se incluyen los intervalos del 95,0% de confianza para la mediana, basados en los estadísticos de orden de cada muestra.

Análisis de los resultados.

En los resultados que se muestran en las tablas de salidas del software Statgraphics, la variable 18 se refieren a los datos que corresponden a la edad de 18 años, la variable 24 representa los resultados obtenidos con la edad de 24 años y la variable 29 los resultados de la edad de 29 años.

En los resultados obtenidos se pueden estudiar dos de los tres momentos de la vida deportiva de un atleta, en el período de novatos que se encuentra entre las edades de 18 y 23 años.

Se puede apreciar que a los 24 años se alcanza la mayor maestría deportiva y es en esta que se comienzan a alcanzar los resultados relevantes, resultados que se mantienen hasta los 29 años de edad, entre estos años se alcanzan notables resultados en los atletas del lanzamiento del martillo.

El periodo de la veteranía, no es posible observarlo pues en la muestra no se refleja, se sobre entiende al analizar los resultados que esta es con posterioridad a los 29 años y que este puede extenderse dos o tres años más, observe en la tabla 3 que la media que corresponde a los datos de la muestra de 29 años es la mayor de todas, lo que pudiera justificar el planteamiento anterior ante la inexistencia de un valor máximo general.

Si se considera la el intervalo obtenido de los mejores resultados entre 24 y 29 años y si se

analiza lo planteado por Serra Artimesla edad de 24 años es menor que 26, pero se puede observar que este planteamiento no está errado del todo ya que está entre 24 y 29, observe en la tabal 3, que las medias de las muestras que comprenden esas edades 24,25,26, 27, 28, 29 contienen medias bastante altas solo superadas por 29 años, también se justifica lo planteado porque el intervalo que se analiza (26,28) y el obtenido entre (24,29) entre esos años no existe diferencia significativa entre los resultados por lo que se debe aceptar la hipótesis planteada.

Conclusiones

- 1) El diseño de experimentos en general y el completamente aleatorio en particular según lo muestra el problema resuelto, es una estrategia que utiliza modelos lineales para favorecer la solución de problemas aplicados a los resultados deportivos.
- 2) La edad en que comienzan los máximos resultados deportivos en los lanzadores de martillo es a los 24 años y este período de buenos resultados se prolonga hasta más allá de los 29 años.
- 3) El resultado alcanzado justifica como verdadero la hipótesis planteada por Serra Artimez con respecto a que la edad de los mejores resultados del deportista del lanzamiento del martillo se produce entre los 26 y 28 años; aunque en la muestra tomada este intervalo se amplía entre los 24 y 29 años de edad.
- 4) Si se analiza el resultado alcanzado se puede indicar que la etapa de los buenos resultados deportivos de los lanzadores se prolonga por encima de los seis años al existir un valor máximo de la media de los resultados a los 29 años, por lo que se puede esperar progresos en los resultados. en los próximos años o como mínimo resultados significativamente iguales.

Referencias Bibliográficas

1. Alarcón, L; Núñez, F; Fonseca, L.(2012). La preparación de la fuerza en el lanzamiento del martillo. Revista Olimpia, Facultad de Cultura Física de Granma, Vol IX, Nro 31, ISSN 1817-9088.RNPS:206, Bayamo, Granma, Cuba
2. Aliaga, J. (),CD el entrenamiento del atletismo, EIDE Pedro Batista, Bayamo, Granma, Cuba.

3. Bartlett, R. (2007). Introduction to sports biomechanics: analyzing human movement patterns (2^o ed.). Taylor and Francis, New York:
4. Batanero, C; Díaz, C. (2008). Análisis de datos con Statgraphics, departamento de Didáctica de las Matemáticas, ISBN 978-84 691- 7511-8. Edición La Gioconda S L, Universidad de Granada, Granada, España.
5. Delgado, M. (2004). Diseños de experimentos, Centro Universitario José A Echeverría, La Habana, Cuba.
6. Durán, J. (2000). Lanzamiento de martillo. En: J. Bravo, J. Campos, J. Durán y J.L. Martínez (ed). Lanzamientos. Atletismo 3, pp. 160-231. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
7. Gutiérrez, M; Soto, V. (2001). Análisis biomecánico de los lanzamientos en atletismo. Análisis biomecánico del lanzamiento de martillo (pp. 8-49). Investigación en Ciencias del Deporte, Número 1. CSD: Madrid
8. Herrera, A; Manrique, R; Folgueira, R. (). Guía de estudio de la asignatura Análisis de Datos, ISCF, La Habana, Cuba.
9. Kuehl, R. (2006). Diseños de experimentos, editorial ThompsonLearning, México, D:F.
10. Pacheco, J. (1996). Antropometría de atletas españoles de élite, Resumen de tesis doctoral, Revista Biomecánica, IV 7, 127-130.
11. Recio, R. (2016). Evaluación del impacto de la talla y peso del atleta en los resultados del lanzamiento del martillo, OLIMPIA. Revista de la Facultad de Cultura Física de la Universidad de Granma, Vol.13 No.39, enero-junio 2016. ISSN: 1817-9088. RNPS: 2067. Bayamo, Granma, Cuba.
12. Rius, J. (1990). Didáctica general de la iniciación atlética: propuesta para una promoción más eficaz. Apuntes: Educación Física iEsports, 20(2), 21-30.
13. Ruesga, I; Peña, E; Expósito, I; Gardón, D. (2005). Libro de Experimentación Agrícola, Editorial Universitaria, ISBN 959-16-0351-7, La Habana, Cuba.
14. StatPoint. (2006). Comparación de varias muestras, guía de usuario Statgraphics.
15. Walpole, R; Raymond, H; Sharon, M. (2008). Probabilidades y Estadística para ingenieros, editorial Félix Varela, La Habana, Cuba.