

# ESTUDIO SOBRE EL RENDIMIENTO POR ESTADO FUNCIONAL

Prof. ALBERTO CASTILLO  
Prof. CARMEN C. RODRÍGUEZ  
Prof. DANIEL SÁNCHEZ G.

Asesorado por: Prof. Virginia Benavides

## RESUMEN

Cualquier actividad es beneficiosa con la debida moderación. Cuando es más intensa de la acostumbrada, mejora los procesos orgánicos y fortalece el corazón, los pulmones, los músculos, los huesos y las articulaciones.

Esta investigación tiene como propósito determinar estadísticamente cual es el estado funcional de las personas y como éstos varían dependiendo de las edades y el sexo; además si existe relación o dependencia entre el estado funcional de las personas y los tiempos de llegadas.

Consideramos que tiene mucha importancia poder determinar de manera real como se está comportando el estado funcional en la variedad de los diferentes grupos de edades, las cuales son los indicadores del estado funcional de toda la población. En la presente investigación se ha utilizado las técnicas de **Análisis de Varianza de Dos Factores en el Diseño Completamente Aleatorio**. Este modelo es un diseño completamente aleatorio en el que los datos de muestra son clasificados en función de dos variables aleatorias independientes.

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico produce una sensación de bienestar. Ayuda a prevenir la obesidad, protege contra las cardiopatías coronarias y favorece la autonomía individual cuando se llega a la vejez.

También se tiene que todo ejercicio suficientemente prolongado sirve para prolongar la respiración

más de lo habitual, es en particular eficaz para reforzar el corazón. Los brazos y piernas necesitan ese aporte de oxígeno en sus movimientos, sobre todo al hacer ejercicios aeróbicos, caminar, andar en bicicleta, bailar, nadar, correr, remar o jugar al fútbol, entre otras modalidades de ejercicio. Practicando con regularidad y aumentando de modo muy gradual su intensidad, se mejora la forma física y la salud del corazón. A medida que aumenta la actividad y la salud de un individuo, su respiración se hace más vigorosa, aumentando su transpiración y mejora su estado funcional. Es el propio interesado quien determinará el tipo de ejercicio físico que más le conviene, pero las autoridades deberían ser quienes promuevan ampliamente estas actividades.

Esta investigación contempla los Aspectos Generales, en donde se consideran los Antecedentes, los Objetivos que se persiguen en la Investigación, las Hipótesis que se van a probar; también se consideró la justificación de la misma donde se determina la importancia que tiene el estudio realizado y el aporte para próximas investigaciones.

Dentro de los Aspectos Metodológicos se consideró el Planteamiento del Problema motivo de esta Investigación, la Formulación de Hipótesis que se vayan a comprobar, la Definición de las Variables de estudio, el lugar donde se realizó la Experiencia y finalmente los materiales que fueron utilizados para la recopilación de la información.

## ASPECTOS GENERALES

### Los antecedentes del estudio.

Los mejores deportes no exigen grandes gastos. La caminata, por ejemplo, puede considerarse como la actividad física más natural y está al alcance de todos, jóvenes y viejos, tanto en la ciudad como en el campo.

Además puede integrarse fácilmente en la vida cotidiana. Una pequeña caminata diaria contribuye positivamente a la salud.

Uno de los problemas que aqueja a la población panameña es la falta de ejercicio, que repercute en la salud física del panameño común; si consideramos que cada panameño realizara una caminata diaria de por lo menos 15 minutos, muchos problemas de salud se podrían evitar, sobre todo los que afectan al corazón. Este es un problema que preocupa en particular tanto a médicos como a enfermeras, pero cada uno debe tomarle importancia, pues es nuestra salud la que está en juego. Es por eso que hemos realizado este trabajo de investigación, interesados en verificar si el estado físico de las personas que participan en una caminata está relacionado con el tiempo que realizan dicha caminata.

Preguntas como ¿Cuál es el ejercicio ideal? han llevado a estudios, los cuales aseguran que esta pregunta depende de diversos factores, entre ellos la duración de la jornada y los hábitos o el temperamento del sujeto. La Asociación Médica Americana publicó en su periódico la siguiente afirmación:

"El uso eficaz de actividad física en el tratamiento médico de los pacientes indica los efectos beneficiosos del ejercicio en cuanto a prevenir o diferir enfermedades y degeneración orgánica... obesidad, atrofia muscular, ineficiencia cardiovascular, articulaciones rígidas y mengua de algunas funciones metabólicas; todos estos son efectos posibles de una inactividad prolongada".

Afirmaciones como esta nos lleva a preguntarnos cuánta actividad física realiza el panameño común.

### Situación actual del problema.

No existen vacunas contra las afecciones del corazón y de las arterias, sólo se pueden prevenir. En los países en desarrollo y en los desarrollados, la forma más práctica y menos costosa de prevención consiste no en tomar medicamentos, sino en llevar una vida sana.

En los Estados Unidos de América, la mortalidad por enfermedades cardiovasculares ha disminuido un 40% en las tres última décadas. Esta disminución es atribuible en una tercera parte al progreso técnico que representan los fármacos anticoagulantes y antihipertensivos, las unidades de cuidados intensivos, la angioplastia y la cirugía de derivación de las coronarias. Cabe atribuir las otras dos terceras partes a medidas tales como la observancia de una dieta destinada a reducir calorías, grasas y sales, un mejor control de la hipertensión, la creciente difusión de los ejercicios destinados a mantenerse en buena forma física y la renuncia al tabaco, todo lo cual nada tiene que ver con los medicamentos.

También el modo de vida tiene que ver con el aumento de las enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, según un informe del Banco Mundial, **"pocos países promueven una alimentación basada en un bajo consumo de grasa, colesterol y sal; de hecho, son pocos los países que tienen una política nutricional que estimule ese tipo de alimentación."** Y tampoco se promueve sistemáticamente la buena forma física y el ejercicio en escuelas y lugares de trabajo.

Los resultados indican que donde menos casos de obesidad se da entre la población masculina y femenina estudiada es en Pekin (China), Gothenberg (Suecia) y Auckland (Nueva Zelandia), con una proporción del 3%, 7% y 8% respectivamente. Los varones más obesos vivían en Malta (25% de obesos), seguida por la provincia del Bajo Rhin en Francia oriental y por Kaunas, en Lituania (en cada caso un 22%).

El exceso de peso, sin embargo, era una característica de casi todas las poblaciones estudiadas, de lo cual se desprende que es necesario modificar el modo de vida haciendo más ejercicio físico y adoptando una dieta equilibrada.

Para las personas que hacen trabajos físicos rudos, la jornada laboral ordinaria es ya de por sí un ejercicio suficiente. En cambio, los trabajadores sedentarios necesitan practicar regularmente alguna actividad física en sus momentos de ocio.

Para estar en buena forma física no es necesario convertirse en corredor de maratón. De hecho, lo que se necesita es mantener el peso normal y suficiente flexibilidad, vigor muscular y resistencia cardiovascular para hacer frente a las necesidades cotidianas. El ejercicio debe hacerse durante muchos meses, incrementándolo lenta y regularmente en duración e intensidad.

### Hipótesis generales

"Habrá diferencia significativa en el rendimiento promedio de los tiempos en realizar una caminata dependiendo del estado de salud de la persona que la realiza".

### Objetivos de la investigación

- Demostrar que existe diferencia entre los tiempos promedios en realizar una caminata y el estado funcional de la persona.
- Establecer diferencia entre los promedios de tiempo y la edad del participante.

### Limitaciones

Las limitaciones que se nos presentaron en la realización de este trabajo de investigación fueron las siguientes:

**Económicas**, el costo que involucra hacer un estudio que involucra el estado físico requiere la realización de exámenes médicos lo cual conlleva grandes gastos.

**La recopilación de la información** requiere de un equipo de trabajo numeroso y bien organizado, lo cual requiere tiempo de preparación antes de realizar el experimento.

### Justificación

Esta investigación tiene como propósito determinar estadísticamente cual es el estado funcional de las personas y como estos varían dependiendo de las edades y el sexo, además si existe relación o dependencia entre el estado funcional de las personas y los tiempos de llegadas.

Consideramos que tiene mucha importancia poder determinar de manera real cómo se está comportando el estado funcional en la variedad de los diferentes grupos de edades las cuales son los indicadores del estado funcional de toda la población.

### Planteamiento del problema

¿Existirá alguna variación significativa en los tiempos de recorrido que toma un grupo de personas con su edad y su estado funcional?

### Formulación de hipótesis

$H_0$ : No existe diferencia en los promedios de los tiempos tomados en la caminata entre los distintos estados funcionales de las personas.

$H_1$ : Existe diferencia en los promedios de los tiempos tomados en la caminata entre los distintos estados funcionales de las personas.

$H_0$ : No existe diferencia en los promedios de los tiempos de las edades de las personas que participaron en las caminatas.

$H_1$ : Existe diferencia en los promedios de los tiempos de las edades de las personas que participaron en las caminatas.

$H_0$ : Los estados funcionales y las edades no interactúan.

$H_1$ : Los estados funcionales y las edades interactúan.

### Definición de Variables y Conceptos

Para nuestra investigación tenemos que las variables independientes son la edad y el estado funcional y variable dependiente los tiempos de recorrido de la caminata. Léase estado funcional como estado físico de las personas, el cual por sí mismo implica muchas variables. El estado funcional se determina por medio de la realización de varios exámenes entre los cuales podemos mencionar Examen físico (inspección, palpación, percusión y auscultación).

### Población y Muestra

La población considerada en la realización de esta investigación son todas las personas de la provincia de Panamá, mayores de 20 años.

La muestra consiste de todos los participantes mayores de 20 años a las caminatas realizadas en el Parque Omar durante el verano de 1995.

### Diseño Experimental

Utilizaremos el **Análisis de Varianza de Dos Factores en el Diseño Completamente Aleatorio**. Este modelo es un diseño completamente aleatorio en el que los datos de muestra son clasificados en función de dos variables aleatorias independientes. Cada variable posee varias categorías o niveles para su estudio. Si se hace el mismo número de observaciones para cada una de las combinaciones de niveles, el experimento se llama Experimento Factorial Completo y si el número es diferente se le llama Incompleto. Para diseñar una investigación con varias variables independientes se debe escoger las diferentes combinaciones de niveles de las variables que serán incluidas en el experimento (los tratamientos), decidir el número aproximado de observaciones por tratamiento, y entonces decidir como aplicar los tratamientos a las unidades experimentales.

Algunos ejemplos de análisis de varianza de dos factores son:

1. Un experimento para probar el efecto de respuestas de anticuerpos de 4 preparaciones diferentes de vacunas y de 6 cantidades diferentes de ciertos aditivos a la vacuna. Aquí los dos factores son tipo de vacuna y cantidad de aditivo. El primero con 4 niveles y el segundo con 6.

Obsérvese que en el análisis de varianza de dos factores hay tres hipótesis a contrastar; es decir, nos interesa la significación de ambas variables y la posible interacción entre ellas. Específicamente:

1. $H_0$ : Los efectos de las J columnas son cero, o dicho de otro modo, no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "columna".

$H_1$ : Hay diferencia.

2. $H_0$ : Los efectos de las I filas son cero, o no hay diferencia entre las medias de los distintos niveles de la variable "fila".

$H_1$ : Hay diferencia.

3. $H_0$ : No hay diferencia entre las distintas interacciones fila-columna.

$H_1$ : Hay diferencia.

### El Modelo

El modelo lineal para el análisis de varianza de dos factores es:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Los datos experimentales en el diseño de dos factores completamente aleatorios, en general, se arreglan en una tabla como la que se muestra a continuación (Tabla 2.2)

Tabla 2.2

Factor A	Factor B				$n_{i.}$	$X_{i.}$	$X_{.}$
	$B_1$	$B_2$	.....	$B_j$			
$A_1$	$X_{111}$	$X_{121}$	.....	$X_{1j1}$	$n_{1.}$	$X_{1.}$	$X_{.}$
	$X_{111}$	$X_{121}$	.....	$X_{1j1}$			
	$X_{11n}$	$X_{12n}$	.....	$X_{1jn}$			
$A_2$	$X_{211}$	$X_{221}$	.....	$X_{2j1}$	$n_{2.}$	$X_{2.}$	$X_{.}$
	$X_{212}$	$X_{222}$	.....	$X_{2j2}$			
	$X_{21n}$	$X_{22n}$	.....	$X_{2jn}$			
$A_1$	$X_{111}$	$X_{121}$	.....	$X_{1j1}$	$n_{1.}$	$X_{1.}$	$X_{.}$
	$X_{112}$	$X_{122}$	.....	$X_{1j2}$			
	$X_{11n}$	$X_{12n}$	.....	$X_{1jn}$			
$n_{.j}$	$n_{.1}$	$n_{.2}$	.....	$n_{.j}$	$N$	$x_{.}$	$x_{.}$

donde:

$J$   
 $n_{i.} = \sum_{j=1}^J n_{ij}$  = número de observaciones por fila.

$n_{ij}$   
 $X_{ij.} = \sum_{k=1}^K X_{ijk}$  = sumas de las observaciones de la casilla ij.

$I$   
 $n_{.j} = \sum_{i=1}^I n_{ij}$  = número de observaciones por columna.

$J$   
 $X_{i.} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K X_{ijk}$  = suma de las observaciones de la fila i.

$I$        $J$   
 $N = \sum_{i=1}^I n_{i.} = \sum_{j=1}^J n_{.j}$  = número total de observaciones.

$I$        $n_{ij}$   
 $X_{.j} = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{ijk}$  = suma de las observaciones de la columna j.

$$X_{...} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_{ij}} X_{ijk} = \text{suma de todas las observaciones.}$$

i = índice de fila.

j = índice de columna.

k = índice de la observación individual de una casilla.

J = número de columnas.

I = número de filas.

**Factor Fijo y Factor Aleatorio:**

Antes de proceder a contrastar la significación de un factor en el análisis de varianza en que intervengan más de un factor, dicho factor debe

clasificarse como **fijo** o como aleatorio. Entendiéndose como **factor fijo** aquél cuyos niveles son escogidos a propósito; es decir, son seleccionados por una razón especial por el experimentador y, factor aleatorio aquél cuyos niveles se pueden considerar como muestra aleatoria de cierta población de tratamiento.

En un experimento de dos factores, la decisión acerca de si ambos factores son fijos, ambos aleatorios, o uno fijo y el otro aleatorio es cuestión importante y ha de determinarse antes de efectuar el análisis de varianza. En la Tabla 2.3 se resumen todas las fórmulas para el análisis de varianza de dos factores.

Tabla 2.3

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	C.M.	F Modelo Fijo	F Modelo Aleatorio	F Modelo Mixto*
Filas (A)	I-1	$SC_A = \sum_{i=1}^I \frac{X_{i.}^2}{n_{i.}} - \frac{X_{...}^2}{N}$	$S_A^2 = \frac{SC_A}{I-1}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S^2_{Error}}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S^2_{AB}}$	$F_A = \frac{S_A^2}{S^2_{AB}}$
Columnas (B)	J-1	$SC_B = \sum_{j=1}^J \frac{X_{.j}^2}{n_{.j}} - \frac{X_{...}^2}{N}$	$S_B^2 = \frac{SC_B}{J-1}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S^2_{Error}}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S^2_{AB}}$	$F_B = \frac{S_B^2}{S^2_{error}}$
Interacción (AB)	(I-1)(J-1)	$SC_{AB} = SC_{\text{subtotal}} - SC_A - SC_B$	$S_{AB}^2 = \frac{SC_{AB}}{(I-1)(J-1)}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S^2_{error}}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S^2_{error}}$	$F_{AB} = \frac{S_{AB}^2}{S^2_{error}}$
Subtotal	IJ-1	$SC_{\text{subtotal}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \frac{X_{ij.}^2}{n_{ij.}} - \frac{X_{...}^2}{N}$				
Error Residual	N-IJ	$SC_{\text{error}} = SC_{\text{total}} - SC_{\text{subtotal}}$	$S_{\text{error}}^2 = \frac{SC_{\text{error}}}{N - IJ}$			
Total	N-1	$SC_{\text{total}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_{ij}} \frac{X_{ijk}^2}{1} - \frac{X_{...}^2}{N}$				

\* Filas Fijas y Columnas Aleatorias

**Lugar de la experiencia**

Esta experiencia se llevó a cabo en el área del Parque Omar.

**Materiales :**

Cronómetro, Efinomanómetro, Estetoscopio, Martillo de Reflejos y Oftalmoscopio.

durante las cuatro caminatas. Estos datos representan los tiempo realizados por 48 participantes de la caminata, a los cuales previamente se les había clasificados por su estado funcional mediante diversas pruebas. Esta tabla de clasificación de dos factores presenta los resultados en minutos y segundos. Los participantes se clasifican en tres categorías de estado funcional y de edad.

**Presentación y Análisis de Resultados**

La siguiente tabla presenta los datos recabados

**Tabla 3.1**

Edad	Estado Funcional		
	Malo	Regular	Bueno
20-30	40:02	29:38	19:27
	39:10	29:44	27:03
	33:27	31:59	27:22
	39:10	30:59	27:16
31-40	45:21	29:01	20:21
	37:02	31:12	23:37
	35:34	28:08	28:01
	35:23	27:42	27:49
41-50	41:41	30:48	27:52
	39:04	31:36	26:24
	36:33	32:24	27:50
	35:45	30:52	24:07
Más de 50	48:39	27:33	25:55
	46:21	27:50	25:46
	42:47	29:47	25:57
	46:18	28:02	26:16

A continuación en la Tabla 3.2 presentamos los resultados del análisis planteado.

Tabla 3.2

Fuente	G.L	Suma de Cuadrados	C.M.	F <sub>calc.</sub>	F <sup>Teórica</sup>	
					5%	1%
Edad	3	SC <sub>Edad</sub> = 42.313050	CM <sub>E</sub> = 14.104	F <sub>0</sub> = 1.90	F <sub>3,36</sub> = 2.86	F <sub>3,36</sub> = 4.38
Estado Funcional	2	SC <sub>EF</sub> = 1839.29471	CM <sub>EF</sub> = 919.64	F <sub>0</sub> = 123.96	F <sub>2,36</sub> = 3.26	F <sub>2,36</sub> = 5.25
Interacción	6	SC <sub>INT</sub> = 155.69314	CM <sub>INT</sub> = 25.95	F <sub>0</sub> = 3.50	F <sub>6,36</sub> = 2.36	F <sub>6,36</sub> = 3.35
Subtotal	11	SC <sub>subtotal</sub> = 2037.3009	-----			
Error	36	SC <sub>error</sub> = 267.0856	CM <sub>error</sub> = 7.42			
Total	47	SC <sub>total</sub> = 2304.3865	-----			

### Interpretación Estadística

El análisis de varianza que aparece en la tabla anterior muestra los resultados del análisis de los datos de los tiempos registrados según la edad de los participantes y su estado funcional. A un nivel de significancia del 5% se probaron las hipótesis de diferencia en los promedios de los tiempos tomados en realizar la caminata en relación con el estado funcional de la persona, la edad y la interacción de estas:

1. Se acepta la Hipótesis 1, lo cual implica que no hay diferencia significativa entre los distintos grupos de edades,  
 $F_0 = 1.90 < F_{.05, 3, 36} = 2.86$ .
2. Se rechaza la hipótesis 2, por lo tanto hay diferencia significativa entre los estados funcionales,  
 $F_0 = 233.02 > F_{.05, 2, 36} = 3.26$ .

3. Se rechaza la hipótesis 3, y se concluye que hay diferencias significativas entre las medias de interacción de edad y estado funcional  
 $F_0 = 6.8163 > F_{.05, 6, 36} = 2.36$ .

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este experimento, presentamos las gráficas de la respuesta promedio de la interacción de los factores (Gráfica No.2), donde se muestra claramente la interacción de éstos. Por otro lado, de manera gráfica también podemos apreciar la diferencia entre las medias de las edades y los diferentes estados funcionales (Gráfica No.1). Finalmente la Gráfica No.3, muestra la gráfica de probabilidad de residuos, la cual permite asegurar la adecuación del modelo supuesto. El análisis de Duncan se realizó para las medias de los tiempos según el factor estado funcional mostrando que las

tres medias resultaron diferentes, donde el estado funcional malo mostró la media más grande con 40.173, seguido del estado funcional regular con una media de 29.592 y el tiempo más bajo lo registró aquellos que tienen un estado funcional bueno que era lo que se esperaba.

### **Conclusiones**

1. Un buen estado funcional, nos asegura un mayor rendimiento en nuestras actividades diarias. Para lograr un buen estado funcional es necesario mantener una rutina de ejercicios que puede ser tan sencillo como caminar cierta distancia diariamente.
2. Un tipo de vida sedentario es un factor de riesgo para las enfermedades del corazón. Eso también tiende a aumentar la obesidad, lo que es un factor de riesgo para la presión arterial alta. El ejercicio regular ayuda a controlar el peso y a reducir el estrés. Lo mejor es empezar despacio y hacer algo que disfrute, como caminar.
3. Cualquiera que sea el deporte practicado, no hay que excederse ni forzar el corazón.

4. Los mejores deportes no exigen grandes dispendios. La marcha o caminata, por ejemplo, puede considerarse como la actividad física más natural y está al alcance de todos, jóvenes y viejos, tanto en la ciudad como en el campo. Además, puede integrarse fácilmente en la vida cotidiana. Una pequeña caminata diaria contribuye positivamente a la salud.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda trabajar con grupos de control, ya que resulta costoso trabajar con todos los participantes de las caminatas.
2. Que al grupo control se le realicen los exámenes completos de estado funcional (estado físico), ya que en la presente muestra no se les hizo la prueba completa de estado físico.
3. Elaborar un formulario, donde se les dé seguimiento a las personas que se les detectó el estado funcional deficiente, a fin de observar su progreso en la mejora de su salud.
4. Que se realicen campañas masificadas, para que más personas participen en las caminatas y así fomentar el ejercicio a nivel nacional.

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. **MONTGOMERY, Douglas C. Diseño y Análisis de Experimentos**. Editorial Grupo Iberoamérica. México 1991.
2. **CASTAÑEDA, Pedro Reyes. Diseño de experimentos aplicados**. Editorial Trillas. México, 1980.
3. **WALPOLE, R. y MYERS R. Probabilidad y estadística**. Editorial Mc Graw-Hill. México 1992.
4. **MILLER, Irwin, FREUND J. Probabilidad y estadística para ingenieros**. Editorial Prentice Hall. México 1992.

5. **NAMBOODIRI, N. Kreshnan. Applied Multivariate Analysis and Experimental designs.** Editorial Mc Graw-Hill. México 1975.
6. **COCHRAN, W. y COX, G. Experimental designs.** Editorial Johns Wiley & Sons, New York 1960.
7. **STEEL, R. y TORRIE J. Bioestadística.** Editorial Mc Graw-Hill. México 1992.
8. **DIXON, W. J. y MASSEY, F. J. Introducción al Análisis Estadístico.** Editorial McGraw-Hill. México 1979.
9. **MENDENHALL, W., SHEAFFER. Estadística Matemática.** Editorial Grupo Iberoamérica. México, 1980.
10. **MARTINEZ, E. y LERMA, J. Valoración del Estado de Salud** Atención primaria de Salud. Universidad del Valle, Departamento de Enfermería. O.M.S, O.P.S.
11. **KABCH, F. Y KABCH, V. Energy, Nutrition, and Human Performance.**
12. **O.P.S. La Hipertensión Arterial como Problema de Salud Comunitario.** 1990.
13. **O.M.S. Salud Mundial.** Enero-Febrero, 1992.
14. **O.P.S. Bulletin of the World Health Organization.** Vol.69, No.2 p.p.149-262.
15. **O.P.S. Bulletin of the World Health Organization.** Vol.72, No.2 p.p. 183-372.