



DISEÑO REPEATED
UNIFACTORIAL DE MEASURES DESIGN:
MEDIDAS REPETIDAS. A PRACTICAL
EJERCICIO PRÁCTICO EXERCISE

María J. Blanca
Universidad de Málaga

Resumen En el presente trabajo se expone una actividad diseñada como material de apoyo a clases prácticas de la asignatura *Metodología Experimental en las CC. del Comportamiento*. Se ha seleccionado una investigación hipotética que sigue un diseño de medidas repetidas y cuyos datos se han analizado siguiendo el programa SPSS para Windows (versión 6.0.1). La investigación va seguida de una serie de cuestiones que conforman un test de autoevaluación que contemplan diversos aspectos del diseño experimental y del análisis de datos. Tras la exposición de las soluciones, se ofrece una redacción de los resultados encontrados, que servirá de guía para aprender a plasmar los resultados estadísticos en un documento científico de forma ordenada y con los datos relevantes. Finalmente, se expone el procedimiento por el cual se ha realizado el análisis estadístico, ilustrado con las ventanas extraídas del SPSS para Windows, con el objetivo de que pueda ser replicado siguiendo los pasos pertinentes.

Palabras claves Diseño de medidas repetidas, análisis estadístico.

Abstract A practical activity has been designed to be used as additional material that may assist in organizing the approach to the subject *Experimental Methodology*. This activity includes a hypothetical research following a repeated measures design, the data of which have been analyzed with SPSS for Windows (version 6.0.1). A self-test multiple choice test have been developed which includes several aspects of the design and data analysis. After the answers of the test, a presentation of the results is offered to provide a guide to write in the *Result* section of a scientific paper. Finally, the use of SPSS for Windows for the analysis of the data is shown.

Keywords Repeated measures design, statistical analysis.

Nota editorial: La sección «Prácticas» dará acogida a propuestas concretas de actividades docentes de iniciación al conocimiento y la investigación en Psicología, actividades programables dentro de las clases prácticas de diversas materias en los planes de estudios de la titulación.

INTRODUCCIÓN

La investigación en el área de la Psicología se ha de servir del método científico de investigación, el cual mediante una serie de actividades proporciona un conocimiento objetivo, organizado, contrastable y sujeto a repetición sistemática. Una aplicación específica del método científico la constituye la metodología experimental, caracterizada por la intervención del investigador, manipulando ciertas variables (VI) para analizar cómo éstas afectan a una variable que se está observando (VD), mientras que el resto de condiciones (VE) se mantiene constantes. Esta metodología conlleva, como cualquier otro método de investigación, la determinación de un plan específico de actuación que implica la detección y formulación del problema experimental, hipótesis derivada del mismo y de la teoría que lo sustenta, elaboración del diseño experimental, análisis de datos, interpretación de resultados, decisiones acerca de la hipótesis e introducción de las conclusiones en la teoría. La elección del diseño experimental es una de las tareas más importantes del investigador, pues de él se deriva la formalización del plan de recogida de datos para contrastar la hipótesis formulada, incluyendo la selección de sujetos, asignación de los niveles de la VI a los grupos y control de variables extrañas. Por esta razón los aspectos básicos relacionados con los distintos diseños experimentales, así como el análisis estadístico pertinente, conforman un módulo temático que se debe recoger en la impartición de las asignaturas relacionadas con la metodología experimental.

Las actividades prácticas encaminadas a la resolución de problemas constituye un complemento a las clases teóricas y proporcionan al alumno un acercamiento a la situación real de investigación. Ambas persiguen como objetivo último la comprensión de los diferentes diseños como estrategias de actuación en una investigación, su estructura básica y características particulares, así como el dominio de las técnicas de análisis de datos propias de cada una de ellas. Para la consecución de este objetivo es necesario el esclarecimiento y posterior comprensión por parte del alumnado de los elementos que integran la metodología experimental, lo que le llevaría, dada una investigación, a saber identificar entre otros, los siguientes aspectos:

1. Variables dependientes, independientes y extrañas
2. Hipótesis que guían la investigación
3. Diseño experimental seguido:
 - ▷ Estructura básica
 - ▷ Ecuación estructural
 - ▷ Técnicas de control de VE utilizadas
 - ▷ Amenazas contra la validez interna y externa

- ▷ Evaluación de la adecuación del diseño
4. Técnica de análisis estadístico de datos adecuada
 - ▷ Condiciones de aplicación y evaluación de las mismas
 - ▷ Hipótesis estadísticas derivadas
 - ▷ Comprensión del análisis realizado e identificación de las partes constituyentes de los resultados derivados del mismo
 - ▷ Decisión acerca del rechazo o aceptación de la hipótesis de nulidad enunciada
 5. Interpretación de los resultados

Estos aspectos mencionados han sido considerados para la realización del presente trabajo, el cual se ha diseñado como material de apoyo a clases prácticas de la asignatura *Metodología Experimental en las CC. del Comportamiento*. Se ha seleccionado una investigación hipotética que sigue un diseño de medidas repetidas de amplio uso en la investigación psicológica y cuyos datos se han analizado siguiendo el programa SPSS para Windows (versión 6.0.1). La elección de este paquete estadístico se ha centrado principalmente en su extendido uso, considerándose de interés que el alumno domine el análisis de datos bajo el mismo. La investigación va seguida de una serie de cuestiones que conforman un test de autoevaluación, el cual permite facilitar y analizar la comprensión por parte del alumno de los conceptos teóricos estudiados y explicados en clase, a la vez que guiar al profesor para el análisis pormenorizado de la misma. En él se incluyen preguntas que van desde la identificación de variables hasta la interpretación de los resultados extraídos del análisis estadístico (número de sujetos, grados de libertad, sumas cuadráticas, medias cuadráticas, estadístico F observado, etc.).

En general las pruebas de elección múltiple permiten una valoración objetiva del conocimiento adquirido a la vez que dirigen la atención hacia las partes más importantes del problema, pero no entrenan al alumno en la redacción de los resultados obtenidos, actividad que no es menos importante dentro de una investigación científica y en la cual la mayoría de ellos presenta deficiencias. Por ello, al final de las cuestiones, y tras la exposición de las soluciones, se ofrece una redacción de los resultados encontrados que servirá de guía para aprender a plasmar los resultados estadísticos en un documento científico de forma ordenada y con los datos relevantes.

Finalmente, se expone el procedimiento por el cual se ha realizado el análisis estadístico ilustrado con las ventanas extraídas del SPSS para Windows, con el objetivo de que pueda ser replicado siguiendo los pasos pertinentes.

DISEÑO DE MEDIDAS REPETIDAS. CONCEPTOS BÁSICOS

El criterio de clasificación de los diseños experimentales más útil para la práctica investigadora se centra en la estrategia de comparación de grupo para analizar las diferencias entre los niveles de la VI, según la cual se pueden distinguir entre diseños intersujeto, intrasujeto o de medidas repetidas y mixtos. En los *diseños intersujeto*, cada sujeto es sometido a sólo un nivel de la variable independiente, analizándose su efecto mediante la comparación de la actuación de los distintos sujetos. Habrá, por tanto, tantos grupos distintos de participantes como condiciones experimentales. Contrariamente, en los *diseños de medidas repetidas* cada sujeto es sometido a todos los niveles de la variable independiente, de forma que participa en el experimento un solo grupo de sujetos. Ambas estrategias se pueden subdividir en *unifactoriales*, si incluyen una variable independiente, y de *múltiple VI*, si se manipulan dos o más factores. Un caso especial de los diseños de múltiple VI son los diseños mixtos que combinan ambas estrategias de comparación, introduciendo uno o más factores intrasujeto (cada sujeto es observado bajo todos sus niveles) y uno o más intersujeto (cada sujeto es observado únicamente bajo uno de sus niveles). El esquema del diseño unifactorial de medidas repetidas se expone en la tabla 1, donde Y_{ij} simboliza la observación del sujeto i bajo el tratamiento j , $\bar{Y}_{i.}$ representa la media obtenida por el sujeto i , $\bar{Y}_{.j}$ simboliza la media obtenida en el nivel j de tratamiento y $\bar{Y}_{..}$ representa la media total.

Tabla 1
Esquema del diseño unifactorial de medidas repetidas

Sujetos	Niveles de la VI			Medias ($\bar{Y}_{i.}$)
	a ₁	a ₂	a ₃	
1	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	($\bar{Y}_{1.}$)
2	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₂₃	($\bar{Y}_{2.}$)
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
N	Y _{N1}	Y _{N2}	Y _{N3}	($\bar{Y}_{N.}$)
Medias ($\bar{Y}_{.j}$)	($\bar{Y}_{.1}$)	($\bar{Y}_{.2}$)	($\bar{Y}_{.3}$)	($\bar{Y}_{..}$)

El diseño de medidas repetidas puede ser considerado como un diseño de bloques, cuyo tamaño de bloque es uno, considerando a cada sujeto como un bloque independiente. El modelo estructural para el modelo aditivo sería:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \eta_i + \varepsilon_{ij} \quad (i = 1 \dots N; j = 1 \dots p)$$

donde

Y_{ij} corresponde a la observación del sujeto i bajo el tratamiento j .

μ es la constante que refleja la media poblacional.

α_j corresponde al efecto del tratamiento j .

η_i representa el efecto del sujeto i .

ε_{ij} representa el término error aleatorio $NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$

La técnica estadística paramétrica utilizada, por excelencia, en los diseños experimentales cuando la variable independiente es categórica se centra en el análisis de la varianza, tomando la prueba de significación F como criterio para la decisión estadística. El objetivo, en los diseños intrasujeto, es la comparación de medias entre las condiciones experimentales a partir de la descomposición de la varianza total encontrada en el experimento en dos componentes básico: varianza intersujeto y varianza intrasujeto. La diferencia de medias en las que se basa esta partición de la varianza total es:

TOTAL	INTERSUJETO	INTRASUJETO
	Factor A	Error
$(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})$	$(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})$	$(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})$

La especificación del modelo de diseño conlleva también unos supuestos relacionados, a saber, distribución normal multivariada de las observaciones recogidas bajo los diferentes niveles de tratamiento, independencia entre las observaciones correspondientes a los distintos sujetos y esfericidad o igualdad de varianzas de las diferencias entre todos los pares de puntuaciones. Box (1954) demostró que cuando la esfericidad se viola, la distribución muestral del estadístico F se aproxima a la distribución teórica con los grados de libertad, en los diseños unifactoriales, para el numerador igual a $\varepsilon(p-1)$ y para el denominador igual a $\varepsilon(N-1)(p-1)$, siendo N el número de sujetos, p el número de niveles de la VI y ε el factor de corrección que varía entre $1/p-1$ y 1. Cuando se cumple la esfericidad, ε es igual o cercano a 1; contrariamente, cuanto más se aleje de 1 y más se aproxime al límite inferior, más grave será la violación de la esfericidad. En estos casos, habrá más posibilidad de cometer error de tipo I (rechazar la hipótesis nula siendo verdadera) y sería necesario introducir una corrección del sesgo, mediante el ajuste de los grados de libertad utilizando una de las estimaciones de ε propuestas (límite inferior, $\hat{\varepsilon}$ de Greenhouse-Geisser y $\hat{\varepsilon}$ de Huynh y Feldt). De esta forma, para comprobar la hipótesis nula de igualdad de medias, el estadístico F observado se ha de comparar con la F crítica con los grados de libertad ajustados a partir de ε . Si la primera resulta mayor que la segunda, entonces se rechaza la hipótesis de nulidad, al nivel de α elegido.

En general, las principales fuentes de sesgo en los diseños de medidas repetidas provienen de los efectos de

orden y acumulativos que se deriva de la aplicación de tratamientos múltiples. Las técnicas de control por excelencia para reducir estos sesgos se centran en el contrabalanceo y en la aleatorización del orden de los tratamientos. Sin embargo, entre sus principales ventajas se puede citar el mantener constante las características individuales, ya que se compara la actuación de los mismos sujetos en las diferentes condiciones experimentales, es decir, el sujeto actúa como su propio control.

ACTIVIDAD PRÁCTICA. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL ESTÍMULO EN LA IDENTIFICACIÓN DE SEÑALES DE TRÁFICO

Un investigador desea comprobar si el porcentaje de errores en una tarea de identificación de señales de tráfico varía en función del tamaño de éstas. Tras evaluar los antecedentes del problema, decide que los tamaños de las señales que le interesa comparar son: 6, 7, 8, 9, 10 cm. de alto por su tamaño proporcional de ancho, presentándolas en un taquistoscopio a una distancia de 60 cm. Para ello elabora 60 estímulos de cada una de estas condiciones consistentes en diferentes señales de tráfico de color azul con fondo blanco y 20 estímulos más con el objeto de entrenar al sujeto en la tarea a realizar.

Un grupo de estudiantes universitarios participó en el experimento. La sesión experimental tuvo una duración total de 30 minutos, aproximadamente. Al comienzo de la sesión se proveía a los sujetos de las instrucciones, procediéndose posteriormente al comienzo de los ensayos de prueba. Tras la solución de las cuestiones planteadas, se introducían los 60 estímulos de cada condición en el orden anteriormente mencionado, de forma que se presentaban primero las 60 figuras con un tamaño de 6 cm., seguidas de las 60 figuras con un tamaño de 7 cm. y así sucesivamente. Cada ensayo se iniciaba con la presentación del punto de fijación, consistente en una cruz en el centro del campo visual. Un segundo después aparecía el estímulo, manteniéndose en la pantalla durante 300 msg., produciéndose entonces la respuesta del sujeto, y volviendo a aparecer el punto de fijación, seguido del estímulo y así sucesivamente hasta completar los 60 ensayos de la condición experimental. Una vez completados, el sujeto descansaba durante dos minutos. La tarea del sujeto consistía en responder si una señal que al principio de la sesión le mostraba el experimentador estaba presente o no en el estímulo, de forma que presionaba de la llave de respuesta, un botón de color rojo para la respuesta afirmativa y uno de color amarillo para la negativa. El investigador registraba si la respuesta a cada estímulo era o no correcta. Los datos encontrados

se exponen en la tabla 2 y los resultados del análisis en la tabla 3.

Tabla 2
Datos hipotéticos correspondientes al porcentaje de respuestas incorrectas según las distintas condiciones experimentales

Sujetos	Tamaño estimular				
	6 cm.	7 cm.	8 cm.	9 cm.	10 cm.
1	12	12	9	14	14
2	10	10	16	14	13
3	10	12	12	15	16
4	4	12	14	15	20
5	12	8	10	15	13
6	9	15	15	18	16
7	3	16	15	19	22
8	24	20	13	19	21

PRÁCTICAS

69

Tabla 3
Resultados derivados del Análisis de Varianza

Variable	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum	Valid N	Label
A1	10,50	6,41	3,00	24,00	8	
A2	13,13	3,76	8,00	20,00	8	
A3	13,00	2,51	9,00	16,00	8	
A4	16,13	2,17	14,00	19,00	8	
A5	16,88	3,64	13,00	22,00	8	

Number of valid observations (listwise) = 8,00

Analysis of Variance

8 cases accepted.
0 cases rejected because of out-of-range factor values.
0 cases rejected because of missing data.
1 non-empty cell.
1 design will be processed.

Analysis of Variance — design 1

Tests of Between-Subjects Effects.

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	217,17	7	31,02		
CONSTANT	7756,23	1	7756,23	250,00	,000

Analysis of Variance — design 1

Tests involving 'FACTOR1' Within-Subject Effect.

Mauchly sphericity test, W = ,03151
Chi-square approx. = 18,72813 with 9 D. F.
Significance = ,028

Greenhouse-Geisser Epsilon = ,39702
Huynh-Feldt Epsilon = ,49449
Lower-bound Epsilon = ,25000

cont. en pág. 70

Tabla 3 (cont.)

AVERAGED Tests of Significance that follow multivariate tests are equivalent to univariate or split-plot or mixed-model approach to repeated measures. Epsilons may be used to adjust d.f. for the AVERAGED results.

Analysis of Variance — design 1

EFFECT .. FACTOR1

Multivariate Tests of Significance (S = 1, M = 1, N = 1)

Test Name	Value	Exact F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
Pillais	,87731	7,15072	4,00	4,00	,041
Hotellings	7,15072	7,15072	4,00	4,00	,041
Wilks	,12269	7,15072	4,00	4,00	,041
Roys	,87731				

Note.. F statistics are exact.

Tests involving 'FACTOR1' Within-Subject Effect.

AVERAGED Tests of Significance for ERRORES using UNIQUE sums of squares

Source of Variation	SS	DF	MS	F	Sig of F
WITHIN+RESIDUAL	339,45	28	12,12		
FACTOR1	214,15	4	53,54	4,42	,007

Test de autoevaluación

1. El diseño seguido por el experimentador es un:

- a) Diseño unifactorial
- b) Diseño de grupos independientes
- c) Diseño de medidas repetidas
- d) Las respuestas a y b son correctas
- e) Las respuestas a y c son correctas

2. La variable independiente considerada en la investigación:

- a) No permite manipulación por parte del experimentador
- b) Permite una manipulación pasiva por parte del experimentador
- c) Permite una manipulación activa por parte del experimentador
- d) La investigación no introduce VI
- e) Ninguna respuesta es correcta

3. La VI se podría considerar perteneciente:

- a) A la tarea experimental
- b) Al procedimiento experimental
- c) Al material o estímulo presentados
- d) Al experimentador
- e) Al sujeto experimental

4. Los niveles de la VI se ha seleccionado de forma

- a) Aleatoria
- b) Intencional
- c) Semi-aleatoria
- d) Pasiva
- e) Ninguna respuesta es correcta

5. Los 60 estímulos presentados:

- a) No deben variar en ninguna característica de una condición experimental a otra
- b) Deben variar en color de una condición experimental a otra
- c) Deben variar en visibilidad de una condición experimental a otra
- d) Deben variar sólo en el tamaño de una condición experimental a otra
- e) La determinación de los estímulos no es una cuestión importante en el experimento

6. La iluminación del campo visual donde se presentan los estímulos se debería:

- a) Aleatorizar su intensidad entre los estímulos
- b) Eliminarla
- c) Mantenerla constante
- d) Contrabalancear las distintas intensidades
- e) Las respuestas a y c son posibles

7. El investigador debería principalmente controlar los sesgos que pueden provenir de:

- a) La regresión estadística
- b) Efectos de orden y acumulativos
- c) La mortalidad experimental
- d) Pruebas psicológicas
- e) Todas las anteriores

8. La operacionalización de la VD se basa en:

- a) Tiempo de reacción
- b) Intensidad de la respuesta
- c) Exactitud de la respuesta
- d) Frecuencia de la respuesta
- e) Duración de las respuestas

9. Se debería también haber registrado:

- a) Tiempo de reacción
- b) Intensidad de la respuesta
- c) Exactitud de la respuesta
- d) Frecuencia de la respuesta
- e) Duración de las respuestas

10. El número de grupos que incluye la investigación es:

- a) uno
- b) dos
- c) cuatro
- d) cinco
- e) Ninguna respuesta es correcta

11. El número de sujetos que participan en la investigación es:

- a) N= 8
- b) N= 16
- c) N= 32
- d) N= 40
- e) Ninguna respuesta es correcta

12. Las hipótesis estadísticas derivadas del diseño con respecto al factor A son:

- a) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$
 $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$
- b) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
 $H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$
- c) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$
 $H_1: \text{Al menos dos medias difieren}$
- d) $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$
 $H_1: \text{Al menos dos medias difieren}$
- e) Ninguna respuesta es correcta

13. Los efectos del diseño o fuentes de variación son:

- a) Efectos debido al factor Tamaño del Estímulo, efectos debido al factor Sujetos y efectos debido al Error.
- b) Efectos debido al factor Tamaño del Estímulo y efectos debido al Error
- c) Efectos debido a factor Tamaño del Estímulo, efectos debido al Error y efectos debido a la interacción Error x Sujeto
- d) Efectos debidos al factor Tamaño del Estímulo y efectos debido al factor Sujetos
- e) Ninguna respuesta es correcta

14. La descomposición de la variabilidad total se basa en la siguiente igualdad:

- a) $(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}) = (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j})$
- b) $(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}) = (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j})$
- c) $(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}) = (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - Y_{.j} + \bar{Y}_{..})$
- d) $(Y_{ij} - \bar{Y}_{..}) = (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{.j} - Y_{.j}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..})$
- e) Ninguna respuesta es correcta

15. La ecuación estructural del diseño (modelo aditivo) es:

- a) $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$
- b) $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \eta_{i_j}$
- c) $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \eta_j + \varepsilon_{ij}$
- d) $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$
- e) Ninguna respuesta es correcta

16. La Suma cuadrática (SC) correspondiente al Error es:

- a) $SC_E = 217,17$
- b) $SC_E = 7756,23$
- c) $SC_E = 31,02$
- d) $SC_E = 214,15$
- e) Ninguna respuesta es correcta

17. La Media cuadrática (MC) correspondiente al Error es:

- a) $MC_E = 31,03$
- b) $MC_E = 7756,22$
- c) $MC_E = 12,12$
- d) $MC_E = 53,54$
- e) Es otra cantidad diferente a las anteriores

18. La Suma cuadrática correspondiente al factor Tamaño del Estímulo es:

- a) $SC_{TE} = 217,17$
- b) $SC_{TE} = 7756,23$
- c) $SC_{TE} = 339,45$
- d) $SC_{TE} = 214,15$
- e) Ninguna respuesta es correcta

19. La Media cuadrática correspondiente al factor Tamaño del Estímulo es:

- a) $MC_{TE} = 31,03$
- b) $MC_{TE} = 7756,22$
- c) $MC_{TE} = 12,12$
- d) $MC_{TE} = 53,54$
- e) Es otra cantidad diferente a las anteriores

20. El estadístico F observado para el Error es:

- a) $F_0 = 250$
- b) $F_0 = 4,42$
- c) $F_0 = 0,007$
- d) $F_0 = 7,15$
- e) La pregunta no es pertinente

21. El estadístico F observado para el factor Tamaño del estímulo es:

- a) $F_0 = 250$
- b) $F_0 = 4,42$
- c) $F_0 = 0,007$
- d) $F_0 = 7,15$
- e) Es otra cantidad diferente a las anteriores

22. La F observada es calculada mediante:

- a) La ratio entre la MC total y la MC debida al factor Tamaño del estímulo
- b) La ratio entre la MC debida al factor Tamaño del estímulo y la MC debida al factor Sujetos
- c) La ratio entre la MC debida al factor Tamaño del estímulo y la MC debida al Error
- d) La ratio entre la MC total y la MC debida al Error
- e) Ninguna respuesta es correcta

23. Los grados de libertad (g.l.) del numerador y denominador del estadístico F son:

- a) G.l. numerador = 7. G.l. denominador = 1
- b) G.l. numerador = 1. G.l. denominador = 7
- c) G.l. numerador = 28. G.l. denominador = 4
- d) G.l. numerador = 4. G.l. denominador = 28
- e) Ninguna respuesta es correcta

24. Los supuestos relacionados con el modelo son:

- a) Distribución normal multivariada de las observaciones correspondientes a los distintos niveles de tratamiento.
- b) Independencia entre las observaciones correspondientes a los distintos sujetos.
- c) Esfericidad
- d) Las respuestas a, b y c son correctas
- e) Ninguna respuesta es correcta

25. El supuesto de esfericidad se refiere a:

- a) La igualdad de las varianzas de los distintos grupos implicados
- b) La igualdad de las medias de los distintos grupos implicados
- c) La igualdad de las medias de las diferencias entre todos los pares de puntuaciones
- d) La igualdad de las medianas de las diferencias entre todos los pares de puntuaciones
- e) La igualdad de las varianzas de las diferencias entre todos los pares de puntuaciones

26. La violación del supuesto de esfericidad conllevaría a un:

- a) Aumento del error de tipo II
- b) Aumento del error de tipo I
- c) Aumento del error de tipo III
- d) Disminución del error de tipo I
- e) Ninguna respuesta es correcta

27. En relación a la esfericidad del factor Sujetos:

- a) No es pertinente
- b) Se acepta la hipótesis nula. Se satisface el supuesto de esfericidad
- c) Se acepta la hipótesis nula. No se satisface el supuesto de esfericidad
- d) Se rechaza la hipótesis nula. Se satisface el supuesto de esfericidad
- e) Se rechaza la hipótesis nula. No se satisface el supuesto de esfericidad

28. En relación a la esfericidad relacionada con el factor Tamaño del estímulo, ϵ no puede ser menor que:

- a) 0,39
- b) 0,49
- c) 0,25
- d) 0,031
- e) Ninguna respuesta es correcta

29. En relación al factor Tamaño del estímulo, el resultado obtenido en la prueba de esfericidad es:

- a) La esfericidad no es un supuesto pertinente
- b) Se acepta la hipótesis nula. Se satisface el supuesto de esfericidad
- c) Se acepta la hipótesis nula. No se satisface el supuesto de esfericidad
- d) Se rechaza la hipótesis nula. Se satisface el supuesto de esfericidad
- e) Se rechaza la hipótesis nula. No se satisface el supuesto de esfericidad

30. En relación a la evaluación de igualdad de medias provenientes de las distintas condiciones experimentales:

- a) Hay que ajustar los grados de libertad por la violación del supuesto de esfericidad
- b) No hay que ajustar los grados de libertad por la violación del supuesto de esfericidad
- c) Aunque no se viola el supuesto de esfericidad, es mejor ajustar los grados de libertad
- d) Aunque se viola el supuesto de esfericidad, es mejor no ajustar los grados de libertad
- e) Ninguna respuesta es correcta

31. En caso de ajustar los grados de libertad al aplicar la corrección según ϵ calculado por el procedimiento de Greenhouse-Geisser, éstos serían

- a) G.l. numerador = $28 \cdot 0,39702 = 11,11$ y g.l. denominador = $4 \cdot 0,39702 = 1,59$
- b) G.l. numerador = $4 \cdot 0,39702 = 1,59$ y g.l. denominador = $28 \cdot 0,39702 = 11,11$
- c) G.l. numerador = $4 \cdot 0,39702 = 1,59$ y g.l. denominador = $7 \cdot 0,39702 = 2,78$
- d) G.l. numerador = $7 \cdot 0,39702 = 2,78$ y g.l. denominador = $4 \cdot 0,39702 = 1,59$
- e) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

32. El ajuste de estos grados de libertad obedece a:

- a) Analizar si el supuesto de esfericidad se satisface
- b) Contrastar la F observada del ANOVA correspondiente al factor Sujetos con la F crítica correspondiente a los grados de libertad ajustados
- c) Calcular la F observada del ANOVA correspondiente al factor Tamaño del estímulo y contrastarla con la F crítica obtenida en las tablas según los grados de libertad no ajustados
- d) Contrastar la F observada del ANOVA correspondiente al factor Tamaño del estímulo con la F crítica correspondiente a los grados de libertad ajustados
- e) Ninguna respuesta es correcta

33. El estadístico de contraste o crítico ($\alpha = 0,05$) con el que realmente se compara el estadístico observado (redondeando los decimales) para analizar la diferencias entre medias es:

- a) $F_c(4,28) = 2,71$
- b) $F_c(2,11) = 3,98$
- c) $F_c(11,2) \approx (9,2) = 19,38$
- d) $F_c(4,7) = 4,12$
- e) Ninguna de las respuestas anteriores es correcta.

34. La hipótesis nula de diferencia entre medias provenientes de las diferentes condiciones experimentales:

- a) Se rechaza con una probabilidad asociada de 0,007. Por tanto, no hay diferencias entre medias
- b) Se rechaza con una probabilidad asociada de 0,007. Por tanto, hay diferencias entre medias
- c) Se acepta con una probabilidad asociada de 0,007. Por tanto, no hay diferencias entre medias
- d) Se acepta con una probabilidad asociada de 0,007. Por tanto, hay diferencias entre medias
- e) Ninguna de las respuestas anteriores es verdadera

35. Por otro lado, se podría decir que la hipótesis nula de diferencia entre medias provenientes de las diferentes condiciones experimentales:

- a) Se rechaza porque la $F_0 < F_c(2,11)$
- b) Se acepta porque la $F_0 < F_c(4,28)$
- c) Se rechaza porque la $F_0 < F_c(4,28)$
- d) Se acepta porque la $F_0 < F_c(2,11)$
- e) Ninguna respuesta es correcta

36. La decisión estadística derivada nos lleva a afirmar que:

- a) El factor *Tamaño del estímulo* ha resultado estadísticamente significativo
- b) El factor *Tamaño del estímulo* no ha resultado estadísticamente significativo
- c) Existen diferencias de medias entre los distintos sujetos
- d) Las respuestas a y c son correctas
- e) Las respuestas b y c son correctas

37. Se puede concluir de una forma global, por tanto, que:

- a) El porcentaje de errores no varía según el tamaño del estímulo
- b) El porcentaje de errores varía según el tamaño del estímulo
- c) El porcentaje de errores incrementa ante los dos tamaños mayores del estímulo
- d) Los sujetos presentan menos errores ante el tamaño pequeño
- e) Las respuestas b, c y d son correctas

38. Una explicación a los resultados obtenidos se puede basar en:

- a) Posible efecto de práctica
- b) Posible efecto de fatiga
- c) Posible efecto placebo
- d) El tratamiento es el único factor que ha podido influir y éste ha sido muy efectivo
- e) Las diferencias individuales

39. El error cometido en la forma de proceder, se podría haber evitado si se hubiera realizado una:

- a) No ha habido error en el procedimiento
- b) aleatorización de sujetos y grupos
- c) Aleatorización del orden de las condiciones experimentales
- d) Aleatorización del orden de los estímulos
- e) Las respuestas c y d son correctas

40. Otra técnica de control alternativa que se podría haber utilizado es:

- a) Bloqueo de sujetos
- b) Eliminación
- c) Contrabalanceo
- d) Constancia
- e) Ninguna de las anteriores respuesta es correcta

Solución a las cuestiones

1. e	6. c	11. a	16. e	21. b	26. b	31. b	36. a
2. c	7. b	12. c	17. c	22. c	27. a	32. d	37. e
3. c	8. c	13. a	18. d	23. d	28. c	33. b	38. b
4. b	9. a	14. d	19. d	24. d	29. e	34. e	39. e
5. d	10. a	15. c	20. e	25. e	30. a	35. e	40. c

REDACCIÓN DE RESULTADOS

En el informe de investigación se deben incluir diversos apartados que informen sobre los fundamentos teóricos de la investigación, el procedimiento por el cual se ha llevado a cabo, los resultados encontrados y las consecuencias para la teoría de partida. Esto se realiza mediante una serie de apartados, siguiendo la normativa APA (1994): *Introducción, Método* (participantes, aparatos y procedimiento), *Resultados y Discusión*. En el apartado de *Resultados* se debe resumir el análisis estadístico realizado así como los resultados encontrados, haciendo uso de tablas y figuras para una exposición más clara. Cuando el análisis se centra en estadística inferencial es necesario incluir el valor del estadístico observado, los grados de libertad y la probabilidad asociada al mismo, junto con los estadísticos descriptivos apropiados (e.g., media $-M-$, desviación típica $-S.D.$). Los resultados encontrados podrían exponerse de la siguiente forma:

«Se ha realizado un análisis de varianza unidireccional de medidas repetidas, siguiendo el paquete estadístico SPSS. El supuesto de esfericidad no se satisface con $\chi^2(9) = 18.72$ y $p = .028$, por lo que se ha procedido al ajuste de los grados de libertad según el procedimiento de Greenhouse-Geisser ($\epsilon = 0,39702$). Tras este ajuste, el factor *tamaño del estímulo* ha resultado significativo con $F(1,59, 11,11) = 4.42$ y $p < .05$ ($MCE = 12.12$). El porcentaje de errores medios menor se ha presentado en los estímulos de 6 cm. de alto ($M = 10.5$, $SD = 6.41$) seguido de los estímulos de 8 cm. ($M = 13$, $SD = 2.51$), 7 cm. ($M = 13.13$, $SD = 3.76$), 9 cm. ($M = 16.13$, $SD = 2.17$), y 10 cm. ($M = 16.88$, $SD = 3.64$).»

EJEMPLIFICACIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El primer paso para el análisis informatizado de datos es la creación del archivo de datos. La matriz de datos de un diseño de medidas repetidas unifactorial consiste, según se expuso en la tabla 1, en una matriz de N filas por A columnas, donde N representa a los sujetos y A a los niveles de la variable independiente, introduciendo-

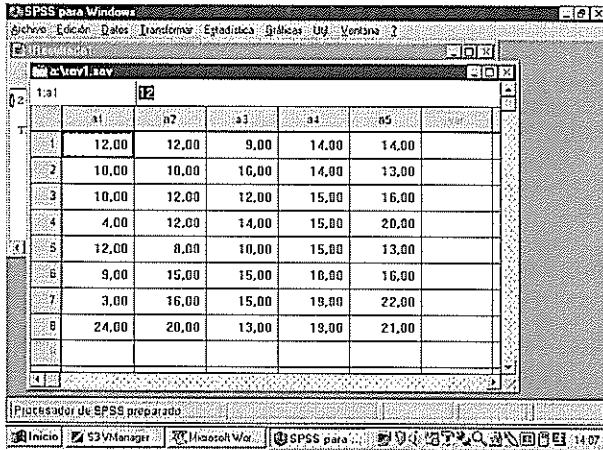


Figura 1. Editor de datos

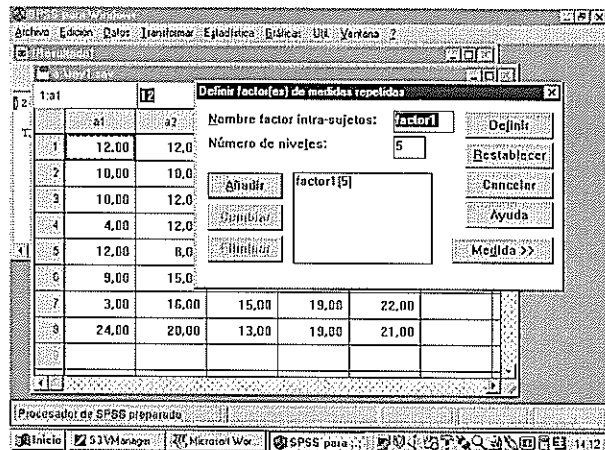


Figura 3. Definición de factores y niveles

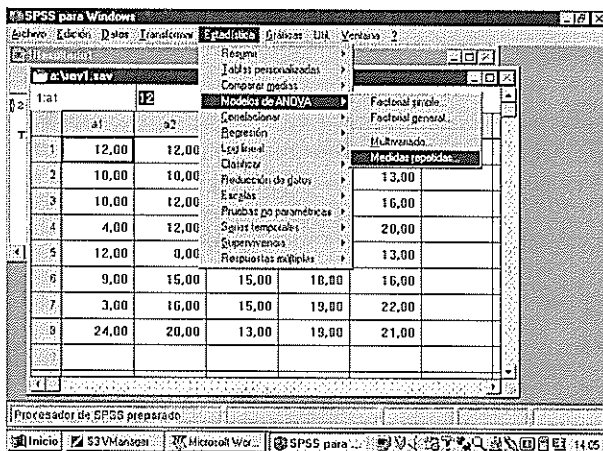


Figura 2. Selección del análisis estadístico

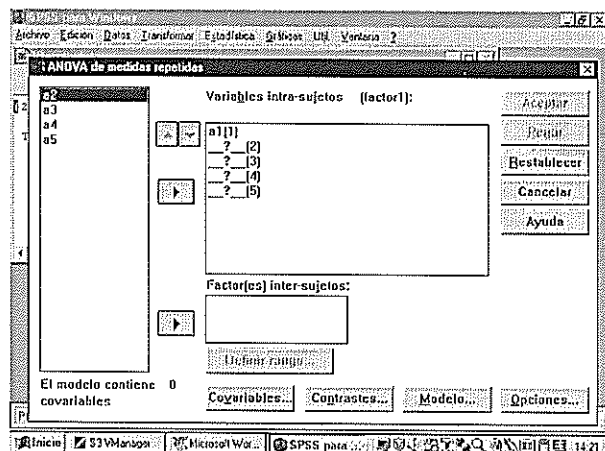


Figura 4. Selección de los niveles de la VI a analizar

se, por tanto, las puntuaciones obtenidas en la VD bajo cada condición de la VI. La matriz se presenta en la figura 1.

Una vez creada la matriz de datos, se debe proceder a determinar el análisis estadístico, seleccionando del menú *Estadística* la opción de *Modelos de ANOVA* y, dentro de ella, la opción *Medidas repetidas*, siguiendo los pasos de la figura 2.

Posteriormente, aparece la pantalla *Definir factor(es) de medidas repetidas*, donde es necesario introducir el nombre del factor, el número de niveles y hace clic en *Añadir*. Con ello se selecciona los factores o VI a analizar. Finalmente, se hace clic en *Definir* para continuar (figura 3).

La siguiente pantalla aparece con el nombre *Anova de Medidas Repetidas*, donde hay que especificar los niveles

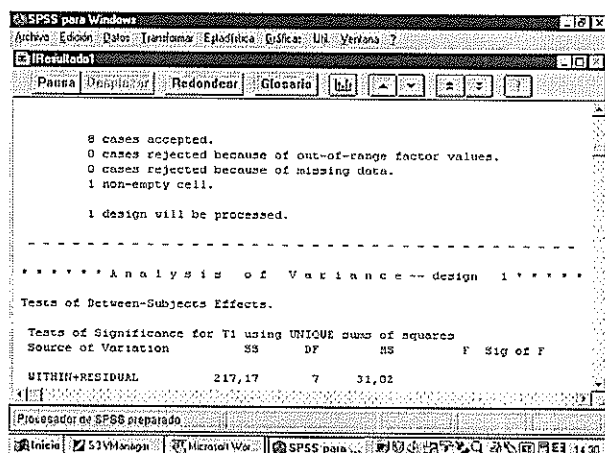


Figura 5. Resultados del análisis estadístico

de la VI que se desean contrastar. Para ello se marca el nivel deseado de la ventana de la izquierda, haciendo clic posteriormente en el símbolo del triángulo para pasarlo a la ventana titulada *Variables intra-sujetos (factor 1)*. Finalmente, una vez seleccionado todos los niveles, se pulsa en *Aceptar* (figura 4). Si se pulsa en *Opciones* se pueden seleccionar distintas alternativas de análisis, tales como la incorporación de las medias observadas de las condiciones experimentales, ajuste de los grados de libertad en función de ϵ , etc.

El programa muestra los resultados del análisis estadístico seguidamente. En la figura 5 se representa la pantalla con las primeras líneas que aparecen en los resultados.

REFERENCIAS

- American Psychological Association (1994). *Publication manual of the American Psychological Association* (4 ed.) Washington, DC: Author.
- Box, G.E. P. (1954a). Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems, I. Effect of inequality of variance in the one-way classification. *The Annals of Mathematical Statistics*, 25, 290-302.
- Box, G.E. P. (1954b). Some theorems on quadratic forms applied in the study of analysis of variance problems, II. Effect of inequality of variance and of correlation between errors in the two way classification. *The Annals of Mathematical Statistics*, 25, 484-498

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Arnau, J. (1981a). *Diseños experimentales en psicología y educación*, Vol I. Mexico: Trillas.
- Anguera, M.T., Arnau, J., Ato, M., Martínez, R., Pascual, J., y Vallejo, G. (1995). *Métodos de investigación en Psicología*. Madrid: Síntesis Psicología.
- Keppel, G. (1982). *Design and analysis. A researcher's handbook* (2nd. ed.). New Jersey: Prentice-Hall.
- Kirk, R.E. (1982). *Experimental design. Procedures for the behavioral sciences* (2nd. ed. rev.). California: Brooks/Cole Publishing Company.
- Pascual, J., García, J.F. y Frías, M.D. (1995). *El diseño y la investigación experimental en Psicología*. Valencia: Editorial CSV.
- Pascual, J., Frías, M.D. y García, F. (1995). *Manual de Psicología Experimental*. Barcelona: Ariel.
- Vallejo, G. (1991b). *Análisis univariado y multivariado de los diseños de medidas repetidas de una sola muestra y de muestras divididas*. Barcelona: PPU.

Nota. SPSS y Windows es una marca registrada de SPSS Inc. y Microsoft Corporation, respectivamente. Para posterior información dirigirse a SPSS UK Ltd., SPSS House, 5 London Street, Chertsey, Surrey, KT16 8AP, UK y a Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, WA98052-6399 USA.