

Llobell, J. P., Pérez, J. F. G., & Navarro, M. D. F. (1995). *El diseño y la investigación experimental en psicología* [Design of experimental research in psychology].

Valencia, Spain: Cristóbal Serrano Villalba.

Tipo de Referencia:	Libro, Entero
Tipo de fuente:	Impreso
Autores:	Llobell, Juan Pascual; Pérez, José Fernando García; Navarro, María Dolores Frías
Título del libro:	El diseño y la investigación experimental en psicología
Año de Publicación:	1995
No. Total de Páginas:	812
Descriptores:	Applied research; experimental designs; experimental methods; experimental psychology
Notas:	Depósito legal: V-3982-1995
Título de la Colección:	Psicología Experimental
Editorial:	Cristóbal Serrano Villalba
Lugar de Publicación:	Valencia, Spain
ISSN/ISBN:	8489596018
No. de Acceso:	BNE19960249690
Idioma:	spa
Título Original/Traducido:	Design of experimental research in psychology
Signatura:	C_L_0012



**EL DISEÑO Y LA INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL EN PSICOLOGÍA**

J. Pascual Llobell • J. F. García Pérez • M. D. Frías Navarro



J. Pascual Llobell • J. F. García Pérez • M. D. Frías Navarro



Universitat de València

**EL DISEÑO Y LA
INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL EN
PSICOLOGÍA**



Ediciones Cristóbal Serrano

ISBN 84-89596-01-8



9 788489 596016

EL DISEÑO Y LA INVESTIGACIÓN
EXPERIMENTAL EN PSICOLOGÍA

J. Pascual Llobell • J.F. García Pérez • M.D. Frías Navarro

EL DISEÑO Y LA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL EN PSICOLOGÍA



© J. Pascual Llobell • J.F. García Pérez • M.D. Frías Navarro

C.S.V.

✉ C/Gascó Oliag, 10 b; 46010 Valencia (Spain)

☎ 34 - (9)6 - 362 22 48

I.S.B.N.: 84-89596-01-8

Depósito legal: V - 3982 - 1995

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser impresa, o reproducida por cualquier otro procedimiento, sin el permiso escrito de los propietarios del "Copyright".

Índice General

INTRODUCCIÓN	11
--------------------	----

CAPÍTULO I

HIPÓTESIS, MODELOS Y AJUSTE	17
Formulación de un modelo y error de estimación.....	17
Modelo de la hipótesis nula o restringido.....	18
Modelo de la hipótesis alternativa o completo	20
Medida del ajuste de los datos al modelo	23
Suma de cuadrados.....	23
Suma de productos	25
Matrices de sumas de cuadrados	28
Varianza generalizada	29
Comparación de modelos: tamaño del efecto experimental.....	31
Estimación del tamaño del efecto.....	33
Ejercicios resueltos	35

CAPÍTULO II

PRUEBA DE LA HIPÓTESIS PARA LA ELECCIÓN DE UN MODELO	43
Error de <i>Tipo I</i> y prueba de la hipótesis.....	43
ANOVA y prueba <i>F</i>	46
Grados de libertad	47
Medias cuadráticas	48
Razón <i>F</i>	48
Relación entre el tamaño del efecto y la razón <i>F</i>	50
MANOVA: Prueba de la hipótesis en diseños multivariados	52
Valores propios o autovalores	54
Propiedades de los autovalores.....	56
Valores propios y otros índices multivariantes.....	58
MANOVA vs. ANOVA	61
Ejercicios resueltos	68

CAPÍTULO III

ERROR DE TIPO I, ERROR DE TIPO II Y POTENCIA.....	79
Fisher y la hipótesis nula.....	79

El modelo de Neyman y Pearson: La hipótesis alternativa.....	82
La potencia de la <i>prueba F</i>	85
Parámetros asociados con la Potencia.....	88
Error de Tipo I.....	89
Tamaño del efecto y Potencia.....	93
El número de observaciones o tamaño de la muestra.....	95
Cálculo de la potencia y planificación experimental.....	99
Determinación del número de observaciones.....	100
Estimación del tamaño del efecto.....	105
Ejercicios resueltos.....	107

CAPÍTULO IV

CONTRASTE DE MEDIAS Y PRUEBAS POST HOC.....	123
Diferencias de medias y prueba <i>F</i>	123
Contraste de medias.....	126
Contrastes ortogonales.....	129
Propiedades de los contrastes ortogonales.....	132
Contrastes no ortogonales.....	134
Tasa de Error de Tipo I y contrastes.....	136
Control de la Tasa de Error de Tipo I.....	139
Corrección de Bonferroni.....	140
Rango crítico entre pares de medias.....	143
Procedimiento DHS de Tukey.....	144
Procedimiento de Dunnett.....	146
Procedimiento de Scheffé.....	148
Elección del procedimiento.....	148
Contraste de hipótesis en diseños multivariados.....	153
Ejercicios resueltos.....	161

CAPÍTULO V

LA FUNCIÓN DISCRIMINANTE.....	177
Funciones discriminantes y autovalores.....	177
Autovectores y función discriminante.....	182
Las puntuaciones en la función discriminante.....	186
La clasificación de los sujetos a partir de las funciones.....	188
Propiedades de las puntuaciones en las funciones discriminantes.....	191
Relación entre las variables y las <i>funciones discriminantes</i>	194
Coeficientes canónicos tipificados.....	194
Correlaciones de las funciones discriminantes con las variables discriminantes: las saturaciones canónicas.....	196
Ejercicios resueltos.....	198

CAPÍTULO VI

PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	211
Aspectos a planificar	214
Variable independiente y dependiente.....	217
Manipulación de la variable independiente.....	218
Relación entre variable independiente y dependiente	221
Medición de la variable dependiente	223
Tamaño del efecto, potencia y número de observaciones	225
Técnicas de control	227
Control de la varianza sistemática secundaria	228
Constancia	228
Apareamiento.....	229
Aleatorización.....	230
Otras técnicas.....	230
Control de la varianza de error	232
Elección del Diseño.....	234
Validez de la investigación	238
Validez interna	238
Amenazas a la validez interna.....	240
Validez externa.....	247
Amenazas a la validez externa.....	248
Validez de constructo	250
Amenazas a la validez de constructo	251

CAPÍTULO VII

SENSIBILIDAD DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	253
El cumplimiento de los supuestos y los errores de Tipo I y de Tipo II.....	254
Normalidad en la distribución de las observaciones.....	256
Pruebas de la normalidad	257
Pruebas no paramétricas	259
Transformaciones de la variable dependiente.....	263
Homogeneidad de las varianzas	265
Comprobación de la homogeneidad	267
Prueba de Hartley	268
Prueba de Cochran.....	269
Prueba de Bartlett	270
Prueba de Levene.....	271
Procedimientos para corregir la heterocedasticidad	273
Corrección de la variable dependiente por el procedimiento de O'Brien.....	274
La prueba <i>F</i> conservadora.....	277

Independencia de las observaciones	278
Independencia de las observaciones y diseño.....	281
Otras amenazas que afectan a la validez de conclusión estadística.....	283
Potencia	284
Número de observaciones.....	284
Magnitud del efecto experimental	285
Variabilidad.....	286
Comparaciones múltiples	287
Puntuaciones ‘outliers’	288
Valores ‘missing’	289
Ejercicios resueltos	291

CAPÍTULO VIII

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	301
Metodología experimental	303
¿Para qué hacemos experimentos?	307
Para comprobar teorías	308
Para estimar efectos	312
Distintos diseños experimentales.....	314
Diseño unifactorial de dos grupos.....	315
Diseño multigrupo unifactorial	316
Diseño factorial.....	317
Diseños intrasujetos o de medidas repetidas	320
Diseños mixtos o de medidas parcialmente repetidas	323
Metodología cuasi-experimental.....	325
Método experimental versus método cuasi-experimental.....	326
Distintos diseños cuasi-experimentales	328
Diseños con grupo de control no equivalente	329
Diseño de cuatro grupos de Solomon.....	331
Diseño con grupo de control no equivalente y doble pre-test.....	332
Diseño de cohortes.....	335
Diseño de discontinuidad en la recta de regresión	338
Metodología observacional	343
Estimación de la fiabilidad de datos observacionales.....	345
Coeficientes de fiabilidad	346
Cómputo de los coeficientes de fiabilidad	352
Diseños de N = 1.....	357
Distintos diseños de N = 1	359
Metodología de análisis.....	361
Pruebas de aleatorización.....	364
Metodología no experimental	369
Ejercicios resueltos	372

CAPÍTULO IX

EL DISEÑO FACTORIAL	383
Ecuación estructural.....	387
Efectos principales y modelo aditivo	387
Efectos de segundo orden y modelo no aditivo	392
Tipos de interacción	397
Plan factorial	398
Diseño factorial vs. unifactorial.....	400
Reducción de la varianza de error	400
Interacción ordinal.....	406
Contrastes planificados	408
Comparaciones simples entre pares de medias	410
Interacción cruzada	411
Contrastes específicos para el término de interacción	415
Efectos Simples	415
Error de Tipo I y Efectos Simples.....	427
Análisis de la interacción ordinal	428
Comparación de procedimientos.....	432
Efecto de interacción ordinal presente	433
Efecto de interacción ordinal ausente.....	436
El diseño factorial multivariado.....	437
La función discriminante en los diseños factoriales multivariados	442
Autovalores.....	442
Autovectores	444
Interpretación	445
Ejercicios resueltos	447

CAPÍTULO X

DISEÑO DE BLOQUES.....	461
Modelos del diseño	461
Modelo de la hipótesis nula	461
Modelo de la hipótesis alternativa.....	463
Supuestos del bloqueo	465
Diseño de Cuadrados latinos	467
Modelo del diseño de cuadrados latinos.....	470
Ejercicios resueltos	474

CAPÍTULO XI

DISEÑO CON VARIABLES ANIDADAS	493
Diseño anidado con dos factores	495

Estimación de efectos.....	496
Diseño anidado con tres factores, uno anidado	501
Estimación de efectos.....	502
Diseño jerárquico completo.....	507
Estimación de efectos.....	508
Análisis del término de error.....	512
Ejercicios resueltos	520

CAPÍTULO XII

DISEÑO CON VARIABLES COVARIADAS	529
La ecuación estructural del diseño covariado.....	529
Modelo de la hipótesis nula.....	530
Modelo de la hipótesis alternativa.....	535
Prueba de la hipótesis.....	537
ANOVA	537
ANCOVA	538
Supuestos básicos del análisis de la covarianza.....	540
Relación entre la variable dependiente y la covariada.....	542
Independencia de la covariada y el tratamiento.....	543
Nulidad de la interacción entre los tratamientos y la variable covariada.....	544
Ajuste de las medias y pruebas post hoc.....	548
Contraste de medias y pruebas post hoc.....	554
Ejercicios resueltos	557

CAPÍTULO XIII

DISEÑO DE MEDIDAS REPETIDAS.....	567
Diseño con un factor	569
Ecuación estructural	569
Prueba de la hipótesis.....	574
Diseño con dos factores de medidas repetidas.....	575
Diseño mixto	578
Consideraciones acerca de los diseños de medidas repetidas.....	581
Prueba F Conservadora	583
Factor correctivo.....	583
Modelo de perfiles multivariados.....	586
Modelo de la hipótesis nula.....	587
Modelo de la hipótesis alternativa.....	589
Prueba de la hipótesis.....	590
Ejercicios resueltos	592

APÉNDICE I

EVALUACIÓN	601
Ejercicios de autoevaluación	601
Capítulo I.....	601
Capítulo II	604
Capítulo III.....	607
Capítulo IV.....	609
Capítulo V.....	611
Capítulo VI.....	615
Capítulo VII	627
Capítulo VIII.....	630
Capítulo IX.....	634
Capítulo X.....	639
Capítulo XI.....	641
Capítulo XII	643
Capítulo XIII.....	645
Solución de los ejercicios de autoevaluación	648
Capítulo I.....	648
Capítulo II	654
Capítulo III.....	659
Capítulo IV.....	664
Capítulo V.....	668
Capítulo VI.....	675
Capítulo VII	692
Capítulo VIII.....	696
Capítulo IX.....	702
Capítulo X.....	717
Capítulo XI.....	723
Capítulo XII	728
Capítulo XIII.....	734

APÉNDICE II

ÁLGEBRA DE MATRICES.....	741
Suma, resta y producto	743
Multiplicación de matrices	744
El determinante de una matriz	746
Menor complementario	747
Adjunto	747
Cálculo del determinante por la adjunta	748
Inversa de una matriz.....	749
Cálculo de la inversa de una matriz por la adjunta	749
Ejercicios resueltos	752

APÉNDICE III

PROBABILIDAD.....	757
Función de probabilidad binomial.....	757
Sucesos dependientes e independientes.....	758
Fórmula de Bayes.....	760
Ejercicios resueltos	761

APÉNDICE IV

PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA.....	769
Algoritmo de cálculo.....	769
Precisión.....	770
Listado de instrucciones.....	771

APÉNDICE V

TABLAS ESTADÍSTICAS.....	775
Distribución Normal.....	775
Distribución <i>Chi-Cuadrado</i>	778
Distribución <i>t</i> de Student.....	780
Distribución <i>F</i>	781
Prueba de Dunnett.....	787
Distribución <i>F</i> de Bonferroni.....	789
Estadístico del rango estandarizado.....	791
Prueba de Bryant-Paulson.....	792
$F_{máxima}$ para la homogeneidad de las varianzas.....	794
Prueba de Cochran para la homogeneidad de las varianzas.....	795
Prueba de Lilliefors para el ajuste a la distribución normal.....	796
Coeficientes de Correlación.....	797
BIBLIOGRAFÍA.....	799
ÍNDICE DE AUTORES.....	809

Introducción

La investigación en Psicología y la aplicación de diseños experimentales es una tarea importante tanto para los profesionales que se dedican al ámbito aplicado como para aquellos que realizan su trabajo desde el estudio, elaboración y/o aplicación de distintos modelos de diseño. La lectura crítica que todo profesional realiza de los resultados y avances publicados sobre su temática de trabajo, solamente puede ser realizada cuando se posee una visión clara y coherente de las diferentes fases de la investigación así como de las características y propiedades que cada diseño experimental posee. El libro que aquí presentamos tiene ese doble objetivo. En primer lugar abordar los puntos clave relativos a la planificación y elaboración de los estudios y, en segundo lugar, analizar de forma exhaustiva los diferentes diseños de investigación.

La técnica de presentación del material ha tratado de ser formativa y didáctica. En cada capítulo se presentan los fundamentos que apoyan la temática de estudio junto con el desarrollo de los modelos y diseños, para abordar al final del mismo un epígrafe de *Ejercicios resueltos*. Se han resuelto de forma detallada **264** ejercicios. El lector dispone así de un instrumento objetivo de medida y repaso de su aprendizaje. Además, se ha realizado un apéndice de Evaluación (*Apéndice I*) con **484** ejercicios formulados con el sistema de diferentes alternativas, dando solución razonada a cada uno de ellos. La presentación de estos ejercicios es semejante a la adoptada por los sistemas de evaluación de exámenes oficiales *tipo test* de la Universidad así como de diferentes oposiciones relativas a la licenciatura de Psicología. La elaboración y desarrollo de los ejercicios ha tratado de acercarse a la realidad del propio trabajo de los profesionales, utilizando *Supuestos* que reflejan de algún modo posibles situaciones tanto de carácter aplicado como de investigación y reflexión metodológica. Con un sistema de aprendizaje progresivo, el lector abordará cada tema con un nivel de conocimiento,

proporcionado por el capítulo anterior, que le facilitara el aprendizaje y asimilación de cada uno de los contenidos de los capítulo siguientes.

El libro consta de trece capítulos y cinco apéndices. En el primer capítulo, *Hipótesis, modelos y ajuste*, se presenta la formulación de los modelos nulo o restringido y alternativo o completo junto con la medida del ajuste de los datos a cada modelo. La comparación de los modelos se aborda utilizando como punto de referencia el concepto de tamaño del efecto o varianza explicada. En el segundo capítulo, *Prueba de la hipótesis para la elección de un modelo*, se introduce el concepto de *Error de Tipo I* unido a la garantía de generalización de los resultados a otras situaciones. El control del riesgo de rechazar la hipótesis nula siendo cierta junto con el estudio del Análisis de la Varianza y la prueba *F* es abordado. Además, se presenta el Análisis Multivariado de la Varianza y diferentes pruebas de contraste de hipótesis. En el capítulo tercero, *Error de Tipo I, Error de Tipo II y potencia*, se analizan conjuntamente dichos conceptos junto con otros parámetros asociados como tamaño del efecto y número de observaciones, introduciendo al lector en la planificación experimental.

En el capítulo cuarto, *Contraste de medias y pruebas post hoc*, se presentan una serie de procedimientos, aplicables en unos casos a priori y en otros tras el rechazo de la hipótesis nula, que permiten plantear hipótesis específicas — *univariadas* o *multivariadas* —, acerca de la interpretación de los resultados. La problemática de la utilización de estos contrastes y el control tasa de *Error de Tipo I* es analizada en detalle. En el capítulo quinto, *La función discriminante*, el lector dispone de un procedimiento alternativo al análisis de hipótesis específicas univariadas tras rechazar la hipótesis nula multivariada: las funciones discriminantes. La realización exhaustiva de cada uno de los pasos de cálculo así como la interpretación clara y sencilla que se realiza de los resultados obtenidos hacen que el capítulo resulte coherente y fácilmente abordable.

En los capítulos sexto, *Planificación de la investigación*, y séptimo, *Sensibilidad del diseño de investigación*, se pone el énfasis en la calidad metodológica de las investigaciones dado el nivel de planificación y control llevado a cabo. Sólo la reflexión y planificación previa sobre diferentes parámetros y variables así como

el cumplimiento de los supuestos que subyacen a las pruebas aplicadas, permitirá obtener resultados fiables y válidos, asegurando con ello un nivel aceptable de certeza en las conclusiones así como su generalización. En el capítulo octavo, *Métodos de investigación*, se analizan diferentes tipos de metodología, desde la experimental a la no experimental, pasando por la metodología cuasi-experimental, la observacional y los diseños de $N=1$. Sus características, diferencias y método de análisis son estudiados tratando de dar una visión clara sobre la situación de cada metodología dentro del ámbito de la investigación.

A partir del capítulo noveno se sucede la presentación y análisis de diferentes diseños. La ubicación teórica de las características del diseño, la formulación de la ecuación estructural así como ciertas consideraciones específicas para cada diseño son analizadas de forma sistemática en cada uno de los capítulos. Comenzamos con el *Diseño factorial* abordando las implicaciones del modelo aditivo y no aditivo así como diferentes contrastes de hipótesis para el término de interacción. En el capítulo décimo, *Diseño de bloques*, se desarrolla la técnica de bloqueo como procedimiento de control experimental de ciertas variables extrañas relacionadas con la variable dependiente. En el diseño de Cuadrados Latinos se analiza el caso de dos variables bloqueadas. En el capítulo undécimo, *Diseño con variables anidadas*, se analizan los diseños con variables anidadas como técnica de control de variables extrañas, especialmente relacionadas con la pertenencia a un determinado grupo. Diseños con una sola variable anidada y diseños jerárquicos completos son estudiados. En el capítulo duodécimo, *Diseño con variables covariadas*, el control de las variables extrañas se realiza a través de la medición de variables continuas, ajustando la varianza de la variable dependiente al sustraer el efecto de la covariada. Los supuestos básicos del análisis de la covarianza son analizados e interpretados. En el último capítulo se estudia el *Diseño de medidas repetidas*. La utilización de diseños basados en la medida repetida de los sujetos bajo diferentes condiciones permite utilizar al sujeto como técnica de control de las diferencias individuales. Se analiza tanto la solución univariada, con un factor y bifactorial, como la solución de perfiles multivariados. Este último modelo permitirá abordar este tipo de diseños sin los inconvenientes del cumplimiento de la homogeneidad de las varianzas

de las diferencias entre pares de medias. En este mismo capítulo se analizan los *diseños mixtos o de medidas parcialmente repetidas* cuyo cálculo y comprensión resulta fácil dado que supone trabajar con al menos una variable entre-sujetos y una variable intra-sujetos. Conceptos ya analizados previamente.

El libro se completa con cinco *Apéndices*. Un primer apéndice de *Evaluación* de los contenidos de los trece capítulos a través de cuestiones formuladas con diferentes alternativas de respuesta. Un segundo apéndice de conceptos básicos de *Algebra de matrices* y un tercero de *Probabilidad*. Un cuarto apéndice donde se presenta un *Programa para el cálculo de la potencia* y, un último apéndice donde se recogen las diferentes *Tablas estadísticas* que son necesarias para completar las decisiones planteadas en los diseños.

La visión de la investigación y los diseños experimentales en Psicología que se presentan en esta obra trata de ser coherente con los requisitos mínimos que todo profesional necesita conocer para abordar con calidad y disciplina su trabajo. La exposición de cada uno de los temas ha tratado de recoger los aspectos más relevantes de cada planteamiento y diseño con objeto de abordar los contenidos con precisión, claridad y rigor científico. Deseamos finalmente, que la didáctica empleada haga más entretenida la lectura y estudio de la presente obra.

Valencia, Septiembre de 1995

María Dolores Frías Navarro
José Fernando García Pérez
Juan Pascual Llobell
Universitat de Valencia
Facultat de Psicologia
Àrea de Metodologia de las Ciéncias del Comportamiento