

# Contenido

ACERCA DE LOS AUTORES XIII

AGRADECIMIENTOS XV

PREFACIO XVII

<b>CAPÍTULO UNO</b>	Introducción al diseño de experimentos	2
	El diseño de experimentos en la industria	4
	Evolución del control de calidad y los experimentos en Japón	5
	Diseño de experimentos en la investigación	7
	Definiciones básicas en el diseño de experimentos	9
	Experimento	9
	Diseño de experimentos	10
	Unidad experimental	10
	Variables, factores y niveles	10
	Etapas en el diseño de experimentos	14
	Planeación	14
	Análisis	15
	Interpretación	15
	Conclusiones finales	16
	Consideraciones prácticas sobre el uso de métodos estadísticos	16
	Principios básicos	17
	Clasificación y selección de los diseños experimentales	19
	Conceptos clave	20
	Preguntas y ejercicios	21
<b>CAPÍTULO DOS</b>	Elementos de inferencia estadística: experimentos con uno y dos tratamientos	24
	Población y muestra, parámetros y estadísticos	26
	Distribuciones de probabilidad en inferencia	27
	Estimación puntual y por intervalo	30
	Resumen de fórmulas para intervalos de confianza	35
	Conceptos básicos de prueba de hipótesis	35
	Planteamiento de una hipótesis estadística	36
	Estadístico de prueba	37
	Criterio de rechazo	38
	El riesgo de una decisión equivocada: errores tipo I y tipo II	39

Prueba para la media	41	
Prueba para la media con varianza desconocida		41
Prueba para la varianza	44	
Tres criterios de rechazo o aceptación equivalentes		45
Hipótesis para dos medias: comparación de dos tratamientos		47
Prueba para la igualdad de varianzas	52	
Poblaciones pareadas (comparación de dos medias con muestras dependientes)	53	
Poblaciones pareadas: caso más general		56
Resumen de fórmulas para procedimientos de prueba de hipótesis	58	
Uso de un software estadístico	60	
Conceptos clave	62	
Preguntas y ejercicios	62	
<b>CAPÍTULO TRES</b> Experimentos con un solo factor (análisis de varianza)	68	
Familia de diseños para comparar tratamientos		73
Diseño completamente al azar y ANOVA		77
ANOVA para el diseño completamente al azar (DCA)		80
Cálculos manuales	87	
Diagramas de cajas simultáneos	88	
Gráficos de medias	89	
Comparaciones o pruebas de rango múltiples	90	
Comparación de parejas de medias de tratamientos		90
Comparación de tratamientos con un control (método de Dunnet)	96	
Comparación por contrastes	97	
Verificación de los supuestos del modelo		100
Normalidad	101	
Varianza constante	105	
Independencia	108	
Elección del tamaño de la muestra	109	
Cómo hacerlo en <i>Statgraphics</i> o Excel		112
Conceptos clave	114	
Preguntas y ejercicios	115	
<b>CAPÍTULO CUATRO</b> Diseño en bloques	122	
Diseño en bloques completos al azar		124
Efecto de bloque	129	
Diseño en cuadro latino	131	
Selección y aleatorización de un cuadro latino		136
Diseño en cuadro grecolatino	137	
Uso de <i>Statgraphics</i> o Excel	140	
Conceptos clave	141	
Preguntas y ejercicios	141	

<b>CAPÍTULO CINCO</b>	Diseños factoriales	<b>148</b>	
	Conceptos básicos en diseños factoriales	<b>150</b>	
	Representación del efecto de interacción	<b>153</b>	
	Experimentación factorial <i>vs.</i> mover un factor a la vez		<b>155</b>
	Diseños factoriales con dos factores	<b>158</b>	
	Modelo estadístico	<b>158</b>	
	Hipótesis a evaluar y análisis de varianza		<b>159</b>
	Comparación de medias	<b>166</b>	
	Verificación de supuestos	<b>171</b>	
	Diseños factoriales con tres factores	<b>171</b>	
	Modelo estadístico	<b>171</b>	
	Hipótesis de interés	<b>172</b>	
	Transformaciones para estabilizar varianza		<b>178</b>
	Diseño factorial general	<b>180</b>	
	Modelos de efectos aleatorios	<b>184</b>	
	El caso de dos factores aleatorios	<b>185</b>	
	Modelo mixto: factores aleatorios y fijos		<b>186</b>
	Cómo hacerlo en <i>Statgraphics</i> o Excel	<b>189</b>	
	Uso de Excel	<b>189</b>	
	Conceptos clave	<b>190</b>	
	Preguntas y ejercicios	<b>190</b>	
<b>CAPÍTULO SEIS</b>	Diseños factoriales $2^k$	<b>198</b>	
	Diseño factorial $2^2$	<b>200</b>	
	Representación geométrica	<b>201</b>	
	Cálculo de los efectos	<b>201</b>	
	Análisis de varianza	<b>202</b>	
	Experimento $2^2$ : ejemplo integrador		<b>207</b>
	Diseño factorial $2^3$	<b>223</b>	
	Análisis del diseño factorial $2^3$	<b>223</b>	
	Experimento $2^3$ : ejemplo integrador		<b>225</b>
	Planeación del experimento	<b>226</b>	
	Análisis del experimento	<b>230</b>	
	Conclusiones e impacto económico		<b>233</b>
	Diseño factorial general $2^k$	<b>237</b>	
	Diseño factorial $2^k$ no replicado	<b>241</b>	
	¿Cómo decidir cuáles efectos mandar al error?		<b>243</b>
	Gráfico de efectos en papel normal ( <i>Daniel's plot</i> )		<b>244</b>
	Diagrama de Pareto de efectos	<b>244</b>	
	Colapsación o proyección del diseño	<b>246</b>	
	Experimento $2^5$ no replicado: ejemplo integrador		<b>247</b>
	Análisis de experimento	<b>248</b>	
	Interpretación	<b>252</b>	
	Verificación de supuestos	<b>254</b>	
	Análisis alternativo: colapsación o proyección del diseño	<b>255</b>	

Quando la significancia de los efectos es menos clara: un ejemplo **257**

- El experimento **258**
- Análisis del experimento **259**
- Verificación de supuestos **262**
- Gráficas de efectos y conclusiones **263**

Factoriales  $2^k$  con punto al centro **265**

Factoriales  $2^k$  en bloques **268**

Uso de *Statgraphics* **271**

Conceptos clave **276**

Preguntas y ejercicios **276**

**CAPÍTULO SIETE** Diseños factoriales  $3^k$  y factoriales mixtos **294**

- Diseños factoriales  $3^k$  **296**
  - Diseño factorial  $3^2$  **298**
  - Análisis del diseño factorial  $3^2$  **298**
- Factoriales mixtos **308**
- Uso de *Statgraphics* **311**
- Conceptos clave **312**
- Preguntas y ejercicios **312**

**CAPÍTULO OCHO** Diseños factoriales fraccionados  $2^{k-p}$  **314**

- Diseño factorial fraccionado  $2^{k-1}$  **317**
  - Diseño factorial fraccionado  $2^{3-1}$  **318**
- El concepto de resolución **323**
- Construcción de fracciones  $2^{k-1}$  **324**
- Experimento  $2^{5-1}$ : ejemplo integrador **325**
  - Análisis de las dos fracciones **326**
  - Interpretación **327**
- Diseños factoriales fraccionados  $2^{k-2}$  **327**
  - Construcción en dos pasos del diseño  $2^{k-2}$  **329**
- Diseño factorial fraccionado  $2^{k-p}$  **332**
- Experimento  $2^{7-4}$ : ejemplo integrador **336**
  - Análisis del experimento **338**
  - Interpretación **339**
- Tópicos adicionales sobre factoriales fraccionados **340**
  - Comentarios sobre la resolución **340**
  - Diseños fraccionados con aberración mínima **341**
  - Fracciones saturadas **342**
  - Diseños de Plackett-Burman **343**
  - Aclaración de ambigüedades con otra fracción **344**
- Uso de *Statgraphics* **348**
- Conceptos clave **350**
- Preguntas y ejercicios **351**

<b>CAPÍTULO NUEVE</b>	Introducción al diseño robusto (Taguchi)	<b>360</b>
	Filosofía Taguchi	<b>362</b>
	El concepto de robustez	<b>365</b>
	Factores de control, de ruido y de señal	<b>367</b>
	Arreglos ortogonales	<b>371</b>
	Tipos de estudios de robustez	<b>374</b>
	Diseño con arreglo interno y externo (diseño de parámetros)	<b>375</b>
	El cociente señal/ruido	<b>376</b>
	Optimización en dos pasos	<b>378</b>
	Experimento robusto: ejemplo integrador	<b>378</b>
	Conceptos clave	<b>381</b>
	Preguntas y ejercicios	<b>381</b>
<b>CAPÍTULO DIEZ</b>	Planeación de un experimento	<b>388</b>
	Experimentación: una estrategia para probar conjeturas y generar aprendizaje	<b>390</b>
	El diseño de experimentos y el ciclo de Deming	<b>394</b>
	Etapas y actividades para una buena planeación	<b>395</b>
	Planeación y diseño	<b>395</b>
	Análisis	<b>402</b>
	Interpretación	<b>402</b>
	Conclusiones finales	<b>403</b>
	Control de factores de bloque y de ruido	<b>404</b>
	Qué sigue después del primer experimento	<b>405</b>
	Qué hacer cuando ningún efecto es significativo	<b>409</b>
	Conceptos clave	<b>411</b>
	Preguntas y ejercicios	<b>411</b>
<b>CAPÍTULO ONCE</b>	Análisis de regresión	<b>414</b>
	Regresión lineal simple	<b>416</b>
	Pruebas de hipótesis en la regresión lineal simple	<b>423</b>
	Calidad del ajuste en regresión lineal simple	<b>429</b>
	Coeficiente de determinación $R^2$	<b>429</b>
	Análisis gráfico de residuos	<b>432</b>
	Verificación del supuesto de independencia	<b>433</b>
	Prueba de falta de ajuste	<b>434</b>
	Estimación y predicción por intervalo en regresión simple	<b>436</b>
	Regresión lineal múltiple	<b>440</b>
	Pruebas de hipótesis en regresión lineal múltiple	<b>447</b>
	Intervalos de confianza y predicción en regresión múltiple	<b>453</b>
	Uso de un <i>software</i> estadístico	<b>455</b>
	Conceptos clave	<b>456</b>
	Preguntas y ejercicios	<b>456</b>
<b>CAPÍTULO DOCE</b>	Optimización de procesos con metodología de superficie de respuesta	<b>470</b>

El concepto de optimización	<b>472</b>	
Metodología de superficie de respuesta		<b>477</b>
Modelos de superficie de respuesta	<b>484</b>	
Diseños de superficie de respuesta	<b>488</b>	
Relación modelo-diseño	<b>489</b>	
Diseños de primer orden	<b>490</b>	
Diseños de segundo orden	<b>493</b>	
¿Cuál diseño de segundo orden utilizar?		<b>497</b>
Técnicas de optimización	<b>498</b>	
Escalamiento ascendente (descendente)		<b>499</b>
Análisis canónico	<b>504</b>	
Análisis de cordillera	<b>515</b>	
Optimización simultánea de varias respuestas		<b>520</b>
Método gráfico	<b>521</b>	
Método de la función de deseabilidad		<b>526</b>
Uso de <i>Statgraphics</i> o Excel	<b>530</b>	
Conceptos clave	<b>533</b>	
Preguntas y ejercicios	<b>533</b>	

**APÉNDICE    548**

**REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA    561**

**ÍNDICE ANALÍTICO    563**