

Contenido

1 INTRODUCCIÓN Y ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA 1

- 1-1 Panorama de la estadística y la probabilidad 1
 - 1-1.1 ¿Qué es la estadística? 1
 - 1-1.2 El papel de la estadística en la ingeniería y en la ciencia 2
 - 1-1.3 Las computadoras y la estadística 4
- 1-2 Presentación gráfica de los datos 4
 - 1-2.1 Diagrama de puntos y diagrama tallo y hoja 4
 - 1-2.2 Distribución de frecuencias e histograma 8
- 1-3 Medidas de localización 16
 - 1-3.1 Media 16
 - 1-3.2 Mediana 18
 - 1-3.3 Moda 19
 - 1-3.4 Percentiles y cuartiles 20
- 1-4 Medidas de variabilidad 23
 - 1-4.1 Rango de la muestra y rango intercuartílico 24
 - 1-4.2 Varianza muestral y desviación estándar muestral 24
 - 1-4.3 Coeficiente de variación 28
 - 1-4.4 Diagramas de caja 29
 - 1-4.5 Salida generada por la computadora para el resumen de estadísticas 31
- 1-5 Gráficas de series de tiempo 33

Ejercicios complementarios 41

Ejercicios de comprensión 44

2 PROBABILIDAD 46

- 2-1 Espacios muestrales y eventos 46
 - 2-1.1 Introducción 46
 - 2-1.2 Experimentos aleatorios 49
 - 2-1.3 Eventos 52
- 2-2 Interpretaciones de la probabilidad 61
 - 2-2.1 Introducción 61
 - 2-2.2 Axiomas de probabilidad 65
- 2-3 Reglas de adición 69
- 2-4 Probabilidad condicional 76
 - 2-4.1 Introducción 76
 - 2-4.2 Definición de probabilidad condicional 78
- 2-5 Reglas de multiplicación 82
 - 2-5.1 Regla de multiplicación 82
 - 2-5.2 Regla de probabilidad total 82
- 2-6 Independencia 86
- 2-7 Teorema de Bayes 91
- Ejercicios complementarios 93
- Ejercicios de comprensión 97

3 VARIABLES ALEATORIAS Y DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD DISCRETAS 99

- 3-1 Variables aleatorias discretas 99
- 3-2 Distribuciones y funciones de probabilidad 102
- 3-3 Funciones de distribución acumulada 108
- 3-4 Valor esperado de una variable aleatoria discreta 112
- 3-5 Distribución uniforme discreta 119
- 3-6 Distribución binomial 122
- 3-7 Distribuciones geométrica y binomial negativa 131
 - 3-7.1 Distribución geométrica 131
 - 3-7.2 Distribución binomial negativa 134
- 3-8 Distribución hipergeométrica 139
- 3-9 Distribución Poisson 146
- Ejercicios complementarios 153
- Ejercicios de comprensión 156

4 VARIABLES ALEATORIAS CONTINUAS Y DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD 157

- 4-1 Variables aleatorias continuas 157

- 4-2 Distribuciones de probabilidad y funciones de densidad de probabilidad 159
- 4-3 Funciones de distribución acumulada 164
- 4-4 Valor esperado de una variable aleatoria continua 168
- 4-5 Distribución uniforme continua 170
- 4-6 Distribución normal 173
- 4-7 Aproximación normal a las distribuciones binomial y Poisson 189
- 4-8 Distribución exponencial 195
- 4-9 Distribuciones Erlang y gamma 204
 - 4-9.1 Distribución Erlang 204
 - 4-9.2 Distribución gamma 206
- 4-10 Distribución Weibull 210
- Ejercicios complementarios 213
- Ejercicios de comprensión 215

5 DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD CONJUNTA 217

- 5-1 Dos variables aleatorias discretas 218
 - 5-1.1 Distribuciones de probabilidad conjunta 218
 - 5-1.2 Distribuciones de probabilidad marginal 220
 - 5-1.3 Distribuciones de probabilidad condicional 222
 - 5-1.4 Independencia 225

- 5-2 Múltiples variables aleatorias discretas 230
 - 5-2.1 Distribuciones de probabilidad conjunta 230
 - 5-2.2 Distribución de probabilidad multinomial 233
- 5-3 Dos variables aleatorias continuas 238
 - 5-3.1 Distribuciones de probabilidad conjunta 238
 - 5-3.2 Distribuciones de probabilidad marginal 241
 - 5-3.3 Distribuciones de probabilidad condicional 243
 - 5-3.4 Independencia 248
- 5-4 Múltiples variables aleatorias continuas 251

- 5-5 Covarianza, correlación y la distribución normal bivariada 257
 - 5-5.1 Covarianza y correlación 257
 - 5-5.2 Distribución normal bivariada 265

- 5-6 Combinaciones lineales de variables aleatorias 270

- 5-7 Desigualdad de Chebychev 275

Ejercicios complementarios 277

Ejercicios de comprensión 281

6 ESTIMACIÓN PUNTUAL 283

- 6-1 Inferencia estadística 283
- 6-2 Muestreo aleatorio 284
- 6-3 Propiedades de los estimadores 288
 - 6-3.1 Estimadores insesgados 288
 - 6-3.2 Varianza y error cuadrático medio de un estimador puntual 290

- 6-4 Método de máxima verosimilitud 293

- 6-5 Distribuciones de muestreo 300

- 6-6 Distribución de muestreo para medias 301

- 6-7 Distribución ji-cuadrada 308

- 6-8 Distribución t 312

- 6-9 Distribución F 315

Ejercicios complementarios 319

Ejercicios de comprensión 320

7 ESTIMACIÓN DE INTERVALOS 323

- 7-1 Intervalos de confianza 323

- 7-2 Intervalo de confianza para la media, varianza conocida 325

- 7-3 Intervalo de confianza para la diferencia de dos medias, varianzas conocidas 330

- 7-4 Intervalo de confianza para la media de una distribución normal, varianza desconocida 335

- 7-5 Intervalo de confianza para la diferencia de medias de dos distribuciones normales, varianzas desconocidas 338

- 7-6 Intervalo de confianza de $\mu_1 - \mu_2$ para observaciones pareadas 343

- 7-7 Intervalo de confianza para la varianza de una distribución normal 349

7-8 Intervalo de confianza para el cociente de varianzas de dos distribuciones normales 351

7-9 Intervalo de confianza para una proporción 354

7-10 Intervalo de confianza para la diferencia de dos proporciones 358

7-11 Tabla resumen de procedimientos para obtener intervalos de confianza 361

7-12 Intervalos de tolerancia 361

Ejercicios complementarios 364

Ejercicios de comprensión 367

8 PRUEBA DE HIPÓTESIS 370

8-1 Introducción 370

8-1.1 Hipótesis estadísticas 370

8-1.2 Prueba de una hipótesis estadística 372

8-1.3 Hipótesis unilaterales y bilaterales 380

8-1.4 Procedimiento general para la prueba de hipótesis 382

8-2 Pruebas de hipótesis sobre la media, varianza conocida 385

8-2.1 Desarrollo del procedimiento de prueba 385

8-2.2 Uso de valores P en la prueba de hipótesis 388

8-2.3 Error tipo II y selección del tamaño de la muestra 389

8-2.4 Relación entre pruebas de hipótesis e intervalos de confianza 393

8-2.5 Prueba para muestras grandes con varianza desconocida 393

8-2.6 Algunos comentarios prácticos sobre la prueba de hipótesis 394

8-3 Prueba de hipótesis sobre la igualdad de dos medias, varianzas conocidas 396

8-3.1 Desarrollo del procedimiento de prueba 396

8-3.2 Selección del tamaño de la muestra 398

8-3.3 Identificación causa-efecto 400

8-4 Pruebas de hipótesis sobre la media de una distribución normal, varianza desconocida 404

8-4.1 Desarrollo del procedimiento de prueba 404

8-4.2 Valor P de una prueba t 407

8-4.3 Solución por computadora 408

8-4.4 Selección del tamaño de la muestra 409

8-5 Pruebas de hipótesis sobre las medias de dos distribuciones normales, varianzas desconocidas 410

8-5.1 Caso 1: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$ 411

8-5.2 Caso 2: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 413

8-5.3 Solución por computadora 415

8-5.4 Selección del tamaño de la muestra 416

8-6 Prueba t pareada 417

8-7 Pruebas de hipótesis sobre la varianza 427

8-7.1 Procedimientos de prueba para una población normal 427

8-7.2 Valor de β y selección del tamaño de la muestra 429

8-7.3 Procedimiento de prueba para muestras grandes 430

8-8 Pruebas para la igualdad de dos varianzas 431

8-8.1 Procedimiento de prueba para poblaciones normales 431

8-8.2 Valor de β y selección del tamaño de la muestra 433	9-4 Abusos comunes de la regresión 489
8-8.3 Procedimiento de prueba para muestras grandes 434	9-5 Prueba de hipótesis en la regresión lineal simple 490
8-9 Pruebas de hipótesis sobre una proporción 436	9-5.1 Uso de pruebas t 490
8-9.1 Desarrollo del procedimiento de prueba 436	9-5.2 Enfoque del análisis de varianza para la prueba de significancia de la regresión 493
8-9.2 Valor de β y selección del tamaño de la muestra 438	9-6 Intervalos de confianza 498
8-10 Pruebas de hipótesis sobre dos proporciones 440	9-6.1 Intervalos de confianza para la pendiente y la ordenada al origen 498
8-10.1 Prueba de muestra grande para $H_0: p_1 = p_2$ 440	9-6.2 Intervalo de confianza para la respuesta media 499
8-10.2 Valor de β y selección del tamaño de la muestra 441	9-7 Predicción de nuevas observaciones 501
8-11 Prueba de bondad del ajuste 444	9-8 Evaluación de la adecuación del modelo de regresión 506
8-11.1 Prueba ji-cuadrada de bondad del ajuste 444	9-8.1 Análisis residual 506
8-11.2 Gráfica de probabilidad 449	9-8.2 Coeficiente de determinación (R^2) 508
8-12 Pruebas con tablas de contingencia 456	9-8.3 Prueba de falta de ajuste 510
8-13 Tabla resumen de procedimientos para la prueba de hipótesis 461	9-9 Transformaciones que llevan a una línea recta 516
Ejercicios complementarios 461	9-10 Correlación 517
Ejercicios de comprensión 469	Ejercicios complementarios 525
	Ejercicios de comprensión 529
9 REGRESIÓN LINEAL SIMPLE Y CORRELACIÓN 471	10 REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE 531
9-1 Modelos de regresión 471	10-1 Modelo de regresión lineal múltiple 531
9-2 Regresión lineal simple 474	10-2 Estimación de los parámetros por mínimos cuadrados 536
9-3 Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados y estimación de σ^2 486	

- 10-3 Enfoque matricial para la regresión lineal múltiple 539
- 10-4 Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados y estimación de σ^2 553
- 10-5 Prueba de hipótesis en la regresión lineal múltiple 555
 - 10-5.1 Prueba para la significancia de la regresión 556
 - 10-5.2 Pruebas sobre los coeficientes individuales de regresión y sobre subconjuntos de coeficientes 558
- 10-6 Intervalos de confianza en la regresión lineal múltiple 565
 - 10-6.1 Intervalos de confianza para los coeficientes de regresión 565
 - 10-6.2 Intervalo de confianza para la respuesta promedio 566
- 10-7 Predicción de nuevas observaciones 567
- 10-8 Medidas de adecuación del modelo 571
 - 10-8.1 Coeficiente de determinación múltiple 571
 - 10-8.2 Análisis residual 572
 - 10-8.3 Observaciones influyentes 576
- 10-9 Modelos de regresión polinomiales 581
- 10-10 Variables indicadoras 584
- 10-11 Selección de variables en la regresión múltiple 590
 - 10-11.1 El problema de construcción de modelos 590
 - 10-11.2 Procedimientos computacionales para la selección de variables 590
 - 10-11.3 Salida generada por la computadora para la regresión por pasos 601
- 10-12 Coeficientes de regresión estandarizados 607
- 10-13 Multicolinealidad y regresión de arista 611
- Ejercicios complementarios 617
- Ejercicios de comprensión 623
- 11 DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS DE UN SOLO FACTOR: ANÁLISIS DE VARIANZA 625**
 - 11-1 La estrategia de la experimentación 625
 - 11-2 Experimento completamente aleatorizado de un solo factor 627
 - 11-2.1 Ejemplo 627
 - 11-2.2 Análisis de varianza 628
 - 11-2.3 Intervalos de confianza para las medias de los tratamientos 637
 - 11-2.4 Análisis residual y verificación del modelo 639
 - 11-3 Pruebas sobre las medias de cada tratamiento 646
 - 11-3.1 Comparación gráfica de medias 646
 - 11-3.2 Contrastes ortogonales 647
 - 11-3.3 Prueba de rangos múltiples de Duncan 650
 - 11-4 El modelo de efectos aleatorios 653
 - 11-5 Diseño aleatorizado por bloques completos 660
 - 11-5.1 Diseño y análisis estadístico 660
 - 11-5.2 Pruebas sobre las medias de cada tratamiento 667
 - 11-5.3 Análisis residual y verificación del modelo 668

- 11-5.4 Diseño aleatorizado por bloques
completos con factores
aleatorios 671

11-6 Determinación del tamaño de la muestra en experimentos con un solo factor 674

- 11-6.1 Caso de efectos fijos 674

- 11-6.2 Caso de efectos
aleatorios 676

11-7 Resultados generados por computadora 678

Ejercicios complementarios 678

Ejercicios de comprensión 683

12 DISEÑO DE EXPERIMENTOS CON VARIOS FACTORES 686

12-1 Introducción 686

12-2 Algunas aplicaciones de las técnicas de diseño experimental 687

12-3 Experimentos factoriales 690

12-4 Experimentos factoriales con dos factores 696

- 12-4.1 Análisis estadístico del
modelo de efectos fijos 697

- 12-4.2 Verificación de la adecuación
del modelo 704

- 12-4.3 Salida generada por
computadora 705

- 12-4.4 Una observación por celda 708

- 12-4.5 Factores aleatorios 710

12-5 Experimentos factoriales generales 714

12-6 Diseño factorial 2^k 720

- 12-6.1 Diseño 2^2 721

- 12-6.2 Diseño 2^k para $k \geq 3$
factores 728

- 12-6.3 Réplica única del
diseño 2^k 738

- 12-6.4 Adición de puntos centrales al
diseño 2^k 744

12-7 Formación de bloques y confusión en el diseño 2^k 751

12-8 Replicación fraccionaria del diseño 2^k 757

- 12-8.1 Fracción un medio del
diseño 2^k 758

- 12-8.2 Fracciones más pequeñas: diseño
factorial fraccionario 2^{k-p} 765

12-9 Métodos y diseños de superficie de respuesta 778

- 12-9.1 Método de ascenso por pasos 780

- 12-9.2 Análisis de una superficie de
respuesta de segundo orden 782

Ejercicios complementarios 793

Ejercicios de comprensión 800

13 ESTADÍSTICAS NO PARAMÉTRICAS 802

13-1 Introducción 802

13-2 Prueba del signo 803

- 13-2.1 Descripción de la prueba del
signo 803

- 13-2.2 Prueba del signo para muestras .
pareadas 808

- 13-2.3 Error de tipo II para la prueba del
signo 809

- 13-2.4 Comparación entre la prueba del
signo y la prueba t 811

13-3 Prueba de rango con signo de Wilcoxon 814

13-3.1 Descripción de la prueba	815
13-3.2 Aproximación para muestras grandes	816
13-3.3 Observaciones pareadas	817
13-3.4 Comparación con la prueba t	818
13-4 Prueba de la suma de rangos de Wilcoxon	820
13-4.1 Descripción de la prueba	820
13-4.2 Aproximación para muestras grandes	822
13-4.3 Comparación con la prueba t	822
13-5 Métodos no paramétricos en el análisis de varianza	824
13-5.1 Prueba de Kruskal-Wallis	824
13-5.2 Transformación de rango	827
Ejercicios complementarios	829
Ejercicios de comprensión	830

14 CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD 831

14-1 Estadística y mejora en la calidad	831
14-2 Control estadístico de la calidad	833
14-3 Control estadístico de procesos	833
14-4 Introducción a las cartas de control	834
14-4.1 Principios básicos	834
14-4.2 Selección de límites de control, tamaño de la muestra y frecuencia de muestreo	839
14-4.3 Subgrupos racionales	842
14-4.4 Análisis de patrones en cartas de control	844
14-5 Cartas de control \bar{X} y R	847

14-6 Cartas de control para mediciones individuales	862
14-7 Cartas de control de atributos	866
14-7.1 Carta p (carta de control para la fracción de artículos defectuosos o que no cumplen con las especificaciones)	866
14-7.2 Carta C (carta de control de defectos)	869
14-7.3 Carta U (carta de control de defectos por unidad)	871
14-8 Carta de control de suma acumulativa	875
14-9 Otras herramientas CEP para la solución de problemas	884
14-10 Implantación del CEP	887
Ejercicios complementarios	890
Ejercicios de comprensión	893

APÉNDICES

A. Tablas y cartas estadísticas	A-1
B. Material técnico complementario	B-1
I. Técnicas de conteo	B-1
II. Función generadora de momentos	B-8
III. Funciones de variables aleatorias	B-16
IV. Desarrollo de las distribuciones t y F	B-25
V. Enfoque bayesiano de la estimación	B-28
VI. Pruebas del cociente de verosimilitud	B-33

VII. Factores aleatorios en experimentos factoriales B-36	D. Respuestas a ejercicios seleccionados D-1
C. Bibliografia C-1	Índice I-1