

INDICE

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. Distribuciones de frecuencias e histogramas	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 cuarteles	20
1.4. Medidas y 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 generadora 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. Introducción	46
2.1.2. Experimentos aleatorios	49
2.1.3. Eventos	52
2.2. Interpretación de las 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 geométricas 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	153
4. Variable 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 de 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 conjunto	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 χ^2 - 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 $U_1 = U_2$ 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: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_0$	411
8.5.2. Caso 2: $\sigma \neq \sigma_0$	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 B 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. Procedimientos de prueba para poblaciones normales	431
8.8.2. Valor de B y selección del tamaño de la muestra	433
8.8.3. Procedimiento de prueba para muestras grandes	434
8.9. Pruebas de hipótesis sobre una proporción	436
8.9.1. Desarrollo del procedimiento de prueba	436
8.9.2. Valor B y selección del tamaño de la muestra	438
8.10. Pruebas de hipótesis sobre dos proporciones	440
8.10.1. Pruebas de muestras grande para $H_0: P_1 = P_2$	440
8.11. Prueba de bondad del ajuste	444
8.11.1. Prueba χ^2 – cuadrada de bondad del ajuste	444
8.11.2. Gráficas de probabilidad	449
8.12. Pruebas con tablas de contingencia	456
8.13. Tabla resumen de procedimientos para la prueba de hipótesis	461
Ejercicios complementarios	461
Ejercicios de compresión	469
9. Regresión Lineal Simple y Correlación	471
9.1. Modelos de regresión	471
9.2. Regresión lineal simple	474
9.3. Propiedades de los estimadores de mínimos cuadrados y estimación de σ^2	486
9.4. Abusos comunes de la regresión	489
9.5. Prueba de hipótesis en la regresión lineal simple	490
9.5.1. Uso de pruebas t	490
9.5.2. Enfoque de análisis de varianza para la prueba de significancia de la regresión	493
9.6. Intervalos de confianza	498
9.6.1. Intervalos de confianza para la pendiente y la ordenada al origen	498
9.6.2. Intervalo de confianza para la respuesta media	499

9.7. Predicción de nuevas observaciones	501
9.8. Evaluación de la adecuación del modelo de regresión	506
9.8.1. Análisis residual	506
9.8.2. Coeficiente de determinación (R^2)	508
9.8.3. Prueba de falta de ajuste	510
9.9. Transformaciones que llevan a una línea recta	516
9.10. Correlación	517
Ejercicios complementarios	525
Ejercicios de comprensión	529
10. Regresión Lineal Múltiple	531
10.1. Modelo de regresión lineal múltiple	531
10.2. Estimación de los parámetros por mínimos cuadrados	536
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. Coeficiente 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. Experimentos 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 la medias de cada tratamiento	646
11.3.1. Comparación gráfica de medias	646
11.3.2. Contraste 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 $k > 3$ 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. Formaciones 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 fraccionarios $k-p$	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. Aproximaciones 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 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 cumplan 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 y 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
C. Bibliografía	C.1
D. Respuestas a ejercicios seleccionados	D.1
índice	I.1