

Tabla de contenido

I Conceptos básicos sobre modelación, manejo y evaluación del riesgo	1
1. Modelación en ingeniería	3
1.1. Aspectos generales	3
1.2. Método científico	3
1.2.1. Razonamiento deductivo e inductivo	3
1.2.2. Nueva interpretación del método científico	4
1.3. Interpretación del concepto <i>modelo</i>	7
1.4. Características de los modelos	8
1.4.1. Modelos cuantitativos y cualitativos	9
1.4.2. Errores en la modelación	10
1.4.3. Tipos de modelos	11
1.5. Comentarios finales sobre la modelación	15
1.6. Complejidad	16
1.7. Teoría de sistemas	18
1.7.1. Consideraciones generales	18
1.7.2. Características de un sistema	19
1.7.3. Definición de un sistema	20
1.7.4. Propiedades de un sistema	21
1.7.5. Tipos de sistemas	22
1.7.6. Modelación jerárquica	23
1.8. Resumen	25
1.9. Problemas	26
2. Fallas, accidentes y desastres	27
2.1. Aspectos generales	27
2.2. Definición de falla	27
2.3. Definición de accidentes y desastres	28
2.3.1. Accidentes	29
2.3.2. Desastres	29
2.4. Desastres naturales	31

2.4.1.	Aspectos generales	31
2.4.2.	Desastres naturales más comunes	32
2.4.3.	Causas de los desastres	37
2.5.	Causas de las fallas	38
2.5.1.	Aspectos generales	38
2.5.2.	Falla estructural	39
2.5.3.	Fallas ocasionadas por el <i>factor humano</i>	40
2.5.4.	Falla de diseño y operación	41
2.6.	Modelación de la falla	41
2.6.1.	Medición de la extensión de la falla	41
2.6.2.	Relación causa-efecto	42
2.6.3.	Resultado de una acción única	44
2.6.4.	Secuencias de eventos conducentes a la ocurrencia de la falla	44
2.6.5.	Recolección de evidencia y evaluación del entorno	48
2.6.6.	Acumulación de factores en el tiempo	50
2.7.	Resumen	54
2.8.	Problemas	54
3.	Conceptos básicos para el análisis de riesgos	57
3.1.	Aspectos generales	57
3.2.	Amenaza	57
3.3.	Vulnerabilidad	67
3.3.1.	Definición de vulnerabilidad	67
3.3.2.	Evaluación de la vulnerabilidad	71
3.4.	Riesgo	74
3.4.1.	Definición del riesgo	74
3.4.2.	Riesgo aceptable	81
3.5.	Seguridad	86
3.6.	Análisis de riesgo para la toma de decisiones	88
3.6.1.	Estructura tradicional	88
3.6.2.	Procedimiento basado en el análisis de riesgos	89
3.6.3.	Estrategia integral	89
3.7.	Resumen	93
3.8.	Problemas	93
4.	Decisiones bajo incertidumbre	97
4.1.	Aspectos generales	97
4.2.	Incetidumbre	97
4.2.1.	Aspectos generales	97
4.2.2.	Definiciones y clasificación de la incertidumbre	98
4.2.3.	Definición general de la incertidumbre	99
4.3.	Toma de decisiones bajo incertidumbre	101
4.4.	Decisión basada en comparación de costos	102

4.5.	Decisión con base en el valor esperado	105
4.5.1.	Análisis de valor esperado	105
4.5.2.	Árboles de decisión	106
4.5.3.	Valor monetario esperado	108
4.6.	Funciones de utilidad	117
4.6.1.	Aspectos generales	117
4.6.2.	Utilidad máxima esperada	120
4.6.3.	Funciones de utilidad continuas	122
4.6.4.	Funciones de predisposición y aversión al riesgo	122
4.7.	Resumen	125
4.8.	Problemas	125
5.	Razonamiento aproximado	129
5.1.	Aspectos generales	129
5.2.	Razonamiento aproximado	129
5.3.	Opinión de expertos	130
5.3.1.	Características generales	130
5.3.2.	Manejo de opinión de expertos: método Delphi	132
5.4.	Manejo de evidencia	132
5.4.1.	Aspectos generales	132
5.4.2.	Evaluaciones puntuales	134
5.4.3.	Distribución triangular	137
5.4.4.	Intervalos	140
5.4.5.	Redes neuronales	151
5.4.6.	Lógica difusa	156
5.5.	Resumen	165
5.6.	Problemas	166
II	Modelación probabilística del riesgo	171
6.	Confiabilidad de componentes	173
6.1.	Aspectos generales	173
6.2.	Medidas determinísticas	173
6.2.1.	Factor de seguridad	173
6.2.2.	Factor de carga	174
6.2.3.	Factores parciales	175
6.2.4.	Invarianza del factor de seguridad	177
6.3.	Medidas probabilísticas	178
6.3.1.	Problema básico de confiabilidad	178
6.3.2.	Factor de seguridad central y característico	183
6.3.3.	Variables aleatorias distribuidas normalmente	185
6.3.4.	Variables aleatorias distribuidas lognormalmente	191

6.3.5. Variables correlacionadas	193
6.4. Problema generalizado de confiabilidad	197
6.5. Aspectos conceptuales de la confiabilidad	198
6.5.1. Aspectos conceptuales de la probabilidad de falla	199
6.5.2. Probabilidad de falla nominal	200
6.5.3. Valores objetivo de la probabilidad de falla nominal	200
6.6. Resumen	204
6.7. Problemas	204
7. Métodos de simulación	207
7.1. Aspectos generales	207
7.2. Simulación de Monte Carlo	207
7.2.1. Generación de números aleatorios	208
7.2.2. Números aleatorios no correlacionados	209
7.2.3. Números aleatorios correlacionados	214
7.2.4. Extracción de información estadística	225
7.2.5. Cálculo de la probabilidad de falla utilizando simulaciones de Monte Carlo	228
7.2.6. Eficiencia y precisión de la simulación	232
7.3. Técnicas de reducción de varianza	235
7.3.1. Método de estimación puntual	237
7.3.2. Latin Hypercube	239
7.3.3. Muestreo por importancia	242
7.3.4. Simulación direccional	246
7.4. Resumen	251
7.5. Problemas	251
8. Métodos de transformación y segundo momento	257
8.1. Aspectos generales	257
8.2. Definición general del índice de confiabilidad	257
8.3. Métodos de primer orden y segundo momento	261
8.3.1. Función de estado límite lineal	261
8.3.2. Función de estado límite no lineal	262
8.4. Procedimiento de Rackwitz-Fiessler	273
8.5. Variables aleatorias correlacionadas	277
8.6. Análisis de segundo orden (SORM)	279
8.7. Formato de factores parciales	288
8.7.1. Factores parciales basados en valores característicos	288
8.7.2. Calibración de factores parciales	293
8.8. Resumen	301
8.9. Problemas	302

9. Confiabilidad de sistemas	307
9.1. Introducción	307
9.2. Modelación de sistemas	307
9.3. Confiabilidad de sistemas	308
9.4. Sistemas en serie	311
9.5. Sistemas activos en paralelo	314
9.6. Sistemas en paralelo en <i>standby</i>	318
9.7. Redundancia	320
9.8. Definición de límites para confiabilidad	322
9.8.1. Límites de primer orden para sistemas en serie	323
9.8.2. Límites de primer orden para sistemas en paralelo	325
9.8.3. Límites de segundo orden para sistemas en serie	327
9.9. Análisis de sistemas con componentes correlacionados	329
9.9.1. Sistemas con componentes igualmente correlacionados	329
9.9.2. Sistemas de componentes con diferente correlación	331
9.10. Análisis de confiabilidad contra el tiempo	334
9.10.1. Función de densidad del tiempo hasta la falla	334
9.10.2. Tiempo medio hasta la falla	336
9.11. Árboles de falla	338
9.11.1. Aspectos generales	338
9.11.2. Análisis de árboles de falla	339
9.11.3. <i>Cut sets</i> y <i>path sets</i>	343
9.11.4. Dependencia y límites para la probabilidad	345
9.12. Resumen	346
9.13. Problemas	347
10. Optimización en ingeniería	349
10.1. Aspectos generales	349
10.2. Optimización	350
10.3. Optimización de funciones lineales	350
10.3.1. Problema básico	350
10.3.2. Método SIMPLEX	353
10.4. Optimización de funciones no lineales	355
10.4.1. Búsqueda en una dirección	357
10.4.2. Método de la sección dorada	358
10.4.3. Búsqueda multidimensional	363
10.4.4. Optimización no lineal con restricciones	368
10.5. Observaciones generales sobre optimización	374
10.6. Optimización como criterio de diseño	375
10.6.1. Aspectos generales	375
10.6.2. Análisis de ciclo de vida	375
10.6.3. Definición de los actores	378
10.6.4. Definición de costos	378

10.6.5. Comportamiento del sistema en el tiempo	380
10.6.6. Modelo de la función objetivo	380
10.6.7. Definición de la estrategia de diseño e inversión	382
10.7. Resumen	391
10.8. Problemas	391
A. Estadísticas de desastres en el mundo	393
B. Resumen de probabilidad y estadística	419
B.1. Aspectos generales	419
B.2. Matemática de la probabilidad	419
B.2.1. Axiomas básicos de probabilidad	419
B.2.2. Axiomas derivados de probabilidad	420
B.3. Variables aleatorias	421
B.4. Momentos de una variable aleatoria	422
B.4.1. Media o valor esperado (primer momento)	422
B.4.2. Varianza y desviación estándar (segundo momento)	423
B.4.3. Momentos de orden superior	423
B.5. Distribuciones de probabilidad más comunes	424
B.5.1. Ensayos simples discretos	425
B.5.2. Ocurrencias aleatorias	427
B.5.3. Casos límites	427
B.5.4. Distribuciones de valor extremo	429
B.5.5. Otras distribuciones comunes	431
B.6. Variables distribuidas conjuntamente	432
B.6.1. Distribución de probabilidad conjunta	432
B.6.2. Distribuciones de probabilidad condicional	432
B.6.3. Distribuciones de probabilidad marginal	432
B.7. Momentos de funciones con distribución de probabilidad conjunta . .	433
B.7.1. Media	433
B.7.2. Varianza	433
B.7.3. Covarianza y correlación	434
B.8. Distribución normal bivariada	434
B.9. Transformación de variables aleatorias	434
B.9.1. Transformación de una sola variable aleatoria	434
B.9.2. Transformación de dos o más variables	435
B.10. Funciones de variables aleatorias	435
B.10.1. Suma de dos variables aleatorias	436
B.10.2. Multiplicación de dos variables aleatorias	436
B.11. Momentos de funciones de variables aleatorias	436
B.11.1. Funciones lineales	437
B.11.2. Funciones como producto de variables	437
B.11.3. División de variables	438

B.11.4. Momentos de una raíz cuadrada	438
B.11.5. Momentos de una forma cuadrática	438
B.12. Resumen	439
C. Series de Taylor y Transformadas	441
C.1. Aproximación de funciones utilizando series de Taylor	441
C.2. Transformación de Cholesky	443
C.3. Ortogonalización de Gram-Schmidt	444
C.4. Transformación de Rosemblatt	445
C.5. Transformada de Nataf	446
D. Tablas de probabilidad	449
Bibliografía	453
Índice alfabético	463