

CONTENIDO

CAPITULO 1: PERSPECTIVE GENERAL DE LA INVESTIGACION DE OPERACIONES.....	1
1.1 Modelos matemáticos de investigación de operaciones.....	1
1.2 Técnicas de investigación de operaciones.....	3
1.3 Modelado de simulación	4
1.4 El arte del modelado	5
1.5 Acerca de este libro	6
Bibliografía.....	7
PARTE I: MODELOS DE TERMINISTICOS.....	9
CAPITULO 2: INTRODUCCION A LA PROGRAMACION.....	11
2.1 Introducción.....	11
2.2 Construcción del modelo de PL	11
2.3 Solución gráfica de PL	14
2.3.1 Solución de un Modelo de maximización.....	15
2.3.2 Solución de un modelo de minimización.....	18
2.3.3 Variables de holgura, de superávit y no restringidas.....	20
2.4 Análisis gráfico de sensibilidad.....	22
2.4.1 Cambios en los coeficientes de la función objetivo.....	23
2.4.2 Valor unitario de un recurso	27
2.5 Solución por computadora de problemas de PL	33
2.6 Análisis de modelos seleccionados de PL	39
2.7 Resumen.....	62
Bibliografía.....	62
Problemas integrales.....	62
CAPITULO 3: EL METODO SIMPLEX	67
3.1 Introducción.....	67
3.2 Forma estándar de PL y sus soluciones básicas.....	67
3.2.1 Forma estándar de PL	67
3.2.2 Determinación de soluciones básicas.....	70
3.2.3 Variables no restringidas y soluciones básicas.....	72
3.3 El algoritmo simplex	74
3.4 Solución inicial artificial.....	86
3.4.1 El método de la M	86
3.4.2 El método de dos fases.....	92
3.5 Casos especiales en la aplicación del método simplex	97
3.5.1 Degeneración.....	97
3.5.2 Óptimos alternativos.....	101
3.5.3 Soluciones no acotadas.....	103
3.5.4 Solución no factible.....	106
3.6 Resumen.....	108
Bibliografía.....	108
Problemas integrales.....	108
CAPITULO 4: ANALISIS DE DUALIDAD Y DE SENSIBILIDAD.....	111
4.1 Introducción.....	111
4.2 Definición del problema dual.....	111
4.3 Relación entre las soluciones óptimas primal y dual.....	117
4.4 Interpretación económica de la dualidad.....	122

4.4.1 Interpretación económica de las variables duales.....	123
4.4.2 Interpretación económica de las restricciones duales.....	125
4.5 Métodos dual símplex	128
4.6 Cálculos primales-duales.....	135
4.7 Análisis postóptimo o de sensibilidad.....	143
4.7.1 Cambios que afectan la factibilidad	144
4.7.2 Cambios que afectan la optimalidad	155
4.8 Resumen.....	161
Bibliografía.....	161
Problemas integrales.....	162
CAPITULO 5: MODELO DE TRANSPORTE Y SUS VARIANTES.....	165
5.1 Definición del modelo de transporte	165
5.2 Modelos de Transporte no tradicionales.....	174
5.3 El algoritmo de transporte	179
5.3.1 Determinación de la solución inicial.....	181
5.3.2 Cálculos iterativos del algoritmo.....	185
5.3.3 Explicación del método símplex sobre el método de multiplicadores	193
5.4 El modelo de asignación	194
5.4.1 El método húngaro.....	195
8.4.2 Explicación símplex del método húngaro.....	201
5.5 El modelo de transbordo	202
5.6 Resumen.....	207
Bibliografía.....	208
Problemas integrales.....	208
CAPITULO 6: MODELOS DE REDES	215
6.1 Alcance de las aplicaciones de redes	215
6.2 Definiciones de red.....	216
6.3 Algoritmo de árbol de expansión mínima.....	218
6.4 Problema de la ruta más corta	222
6.4.1 Ejemplos de aplicaciones de la ruta más corta.....	222
6.4.2 Algoritmo de la ruta más corta.....	227
6.5 Modelo de flujo máximo	237
6.5.1 Enumeración de cortes	238
6.5.2 Algoritmo del flujo máximo.....	239
6.6 Problema de flujo restringido de costo mínimo.....	248
6.6.1 Representación de la red.....	248
6.6.2 Formulación de programación lineal.....	250
6.7 CPM y PERT	263
6.7.1 Representación de la red.....	263
6.7.2 Cálculo de la ruta crítica.....	270
6.7.3 Construcción del programa de tiempo.....	274
6.8 Resumen.....	278
Bibliografía.....	278
Problemas integrales.....	278
CAPITULO 7: PROGRAMACION LINEAL AVANZADA.....	281
7.1 introducción.....	281
7.2 Vectores y bases	281

7.2.1 PL standard en forma matricial	281
7.2.2 Representación vectorial de una base.....	284
7.2.3 Soluciones básicas.....	285
7.3 Pruebas de validez del método símplex	287
7.3.1 Definición de conjunto convexos	287
7.3.2 Optimalidad del algoritmo símplex	288
7.4 Tabla simples generalizada en forma matricial.....	291
7.5 Algoritmos de cálculo eficiente.....	297
7.5.1 Método símplex revisado	297
7.5.2 Algoritmo de variables acotadas	305
7.5.3 Algoritmo de descomposición.....	313
7.6 Dualidad.....	323
7.6.1 Definición matricial del problema dual.....	324
7.6.2 Solución óptima dual.....	324
7.7 Programación lineal paramétrica	329
7.7.1 Cambios paramétricos en C	330
7.7.2 Cambios paramétricos en b	333
7.8 Algoritmo de punto interior de Karmarkar	336
7.8.1 Idea básica del algoritmo de punto interior.....	336
7.8.2 Algoritmo de punto interior.....	338
7.9 Resumen.....	346
Bibliografía.....	346
Problemas integrales.....	346
CAPITULO 8: PROGRAMACION DE METAS	349
8.1 Objetivo individual versus metas múltiples.....	349
8.2 Una formulación de programación de metas.....	349
8.3 Algoritmos de programación de metas.....	354
8.3.1 El método de ponderación.....	355
8.3.2 El método por preferencias.....	356
8.4 Resumen.....	363
Bibliografía.....	363
Problemas integrales.....	363
CAPITULO 9: PROGRAMACION LINEAL ENTERA.....	367
9.1 Introducción.....	367
9.2 Aplicaciones ilustrativas.....	367
9.3 Algoritmos de solución de la programación entera.....	384
9.3.1 Algoritmo de ramificación y acotamiento (RyA)	385
9.3.2 Algoritmo de enumeración implícita cero-uno.....	391
9.3.3 Algoritmo del plano cortante.....	398
9.4 Resumen.....	404
Bibliografía.....	405
Problemas integrales.....	405
CAPITULO 10: PROGRAMACION DINAMICA DETERMINISTICA	409
10.1 Introducción.....	409
10.2 Naturaleza recursiva de los cálculos en la PD	409
10.3 Recursión hacia delante y hacia atrás.....	413
10.4 Aplicaciones selectas de PD	414

10.4.1 Modelo de volumen-carga	415
10.4.2 Modelo del número de empleados.....	421
10.4.3 Modelo de reemplazo de equipo.....	425
10.4.4 Modelo de inversión	429
10.4.5 Modelos de inventario.....	433
10.5 Problema de dimensionalidad.....	433
10.6 Resumen.....	436
Bibliografía.....	436
Problema integral.....	436
CAPITULO 11: MODELOS INVENTARIOS DETERMINISTICOS.....	439
11.1 Introducción.....	439
11.2 Modelo de inventario general	439
11.3 Modelos estáticos de lote económico (EOQ)	440
11.3.1 Modelo EOQ clásico.....	440
11.3.2 EOQ con descuentos por cantidad.....	445
11.3.3 EOQ de artículos múltiples con límite de almacenamiento.....	449
11.4 Modelos dinámicos de lote económico EOQ	452
11.4.1 Modelo sin costo de preparación.....	454
11.4.2 Modelo con costo de preparación.....	459
11.5 Resumen.....	471
Bibliografía.....	471
Problemas integrales.....	471
PARTE II: MODELOS PROBABILISTICOS.....	475
CAPITULO 12: REVISION DE PROBABILIDAD BASICA.....	477
12.1 Introducción.....	477
12.2 Leyes de probabilidad.....	477
12.2.1 Ley de suma de probabilidades.....	478
12.2.2 Ley de la probabilidad condicional.....	479
12.3 Variables aleatorias y distribuciones de probabilidad.....	481
12.4 Esperanza de una variable aleatoria.....	483
12.4.1 Media y varianza de una variable aleatoria.....	484
12.4.2 Media y varianza de variables aleatorias conjuntas ...	486
12.5 Cuatro distribuciones de probabilidad comunes.....	489
12.5.1 Distribución binomial.....	489
12.5.2 Distribución Poisson	491
12.5.3 Distribución exponencial negativa.....	492
12.5.4 Distribución normal.....	493
12.6 Distribuciones empíricas.....	496
12.7 Resumen.....	503
Bibliografía.....	503
CAPITULO 13: MODELOS DE PRONOSTICOS.....	505

13.1 Introducción.....	505
13.2 Técnica del promedio móvil	505
13.3 Suavización exponencial.....	510
13.4 Regresión.....	512
13.5 Resumen.....	517
Bibliografía.....	517
Problema integral	517
CAPITULO 14: ANALISIS DE DECISION Y JUEGOS.....	519
14.1 Ambientes de decisión	519
14.2 Toma de decisiones bajo una certidumbre.....	519
14.2.1 Método analítico de jerarquía.....	520
14.3 Toma de decisiones bajo riesgo.....	530
14.3.1 Criterio del valor esperado	531
14.3.2 Variaciones del criterio del valor esperado.....	539
14.4 Decisión bajo incertidumbre.....	548
14.5 Teoría de juegos.....	554
14.5.1 Solución óptima a juegos de suma cero entre dos personas	555
14.5.2 Solución de juegos de estrategias mezcladas.....	559
14.6 Resumen.....	567
Bibliografía.....	567
Problemas integrales.....	567
CAPITULO 15: PROGRAMACION DINAMICA PROBABILISTICA.....	571
15.1 Introducción.....	571
15.2 Juego de azar	571
15.3 Problema de inversión.....	575
15.4 Maximización del evento de lograr una meta.....	580
Bibliografía.....	584
Problemas integrales.....	584
CAPITULO 16: MODELOS DE INVENTARIOS PROBABILISTICOS....	585
16.1 Introducción.....	585
16.2 Modelos de revisión continua.....	585
16.2.1 Modelo EOQ "probabilizado"	585
16.2.2 Modelo EOQ probabilístico.....	588
16.3 Modelos de un solo periodo.....	592
16.3.1 Modelos de un solo periodo.....	593
16.3.2 Modelo con costo de preparación (política s-S)	597
16.4 Modelo de periodos múltiples	600
16.5 Resumen.....	603
Bibliografía.....	603
Problemas integrales.....	603
CAPITULO 17: SISTEMAS DE COLAS.....	607
17.1 ¿Por qué estudiar las colas?	607
17.2 Elementos de un modelo de colas	609
17.3 Papel de la distribución exponencial.....	610

17.3.1 Propiedad de olvido	611
17.3.2 Derivación de la distribución exponencial.....	612
17.4 Modelos de nacimiento y muerte puros (relación entre las distribuciones exponencial y de Poisson).....	615
17.4.1 Modelo de nacimiento puro	615
17.4.2 Modelo de muerte pura	619
17.5 Modelo de colas de Poisson generalizado.....	621
17.6 Colas especializadas de Poisson	627
17.6.1 Medidas de rendimiento de estado estable.....	628
17.6.2 Modelos de un solo servidor.....	632
17.6.3 Modelos de servidores múltiples.....	642
17.6.4 Modelo de servicio de máquinas (M/M/R):(GD/K/K)	652
17.7 (M/G/1):(GD/8/8) – Fórmula de Pollaczek Khintchine (P-K)	656
17.8 Otros modelos de colas.....	658
17.9 Modelos de decisión de colas.....	659
17.9.1 Modelos de costos.....	659
17.9.2 Modelo de nivel de aspiración.....	665
17.10 Resumen.....	667
Bibliografía.....	667
Problemas integrales.....	667
CAPITULO 18: MODELADORPRO SIMULACION.....	673
18.1 ¿Qué es la simulación?	673
18.2 Simulación Monte Carlo	674
18.3 Tipos de simulación.....	679
18.4 Elementos de simulación de eventos discretos.....	680
18.4.1 Definición genérica de eventos.....	680
18.4.2 Muestreo a partir de distribuciones de probabilidad	682
18.5 Generación de números aleatorios.....	692
18.6 Mecánica de la simulación discreta.....	693
18.7 Métodos para reunir observaciones estadísticas.....	699
18.7.1 Métodos del subintervalo	700
18.7.2 Métodos de replicación.....	702
18.7.3 Métodos (ciclo) generativo.....	702
18.8 Lenguajes de simulación.....	705
18.9 Resumen.....	709
Bibliografía.....	709
CAPITULO 19: PROCESO DE DECISIÓN MARKOVIANO	711
19.1 Alcance del problema de decisión Markoviano: El ejemplo del jardinero	711
19.2 Modelo de programación dinámica de etapas finitas.....	713
19.3 Modelo de etapas infinitas	718
19.3.1 Método de enumeración exhaustiva.....	719
19.3.2 Método de iteración de política sin descuentos	722
19.3.3 Método de iteración de política con descuentos	726
19.4 Solución por programación lineal.....	729
19.5 Resumen.....	733
19.6 Apéndice: Revisión de las cadenas Markov	733
19.6.1 Procesos de Markov	734

19.6.2 Cadenas de Markov	734
Bibliografía.....	741
PARTE III: MODELOS NO LINEALES	743
CAPITULO 20: TEORIA DE OPTIMIZACION CLASICA.....	745
20.1 Introducción.....	745
20.2 Problemas no restringidos	745
20.2.1 Condiciones necesarias y suficientes.....	746
20.2.2 El método Newton-Raphson	751
20.3 Problemas con restricciones.....	753
20.3.1 Restricciones de igualdad.....	753
20.3.2 Restricciones de desigualdad.....	771
20.4 Resumen.....	779
Bibliografía.....	779
CAPITULO 21: ALGORITMOS DE PROGRAMACION NO LINEAL	781
21.1 Algoritmos sin restricciones.....	781
21.1.1 Método de búsqueda directa.....	781
21.1.2 Método del gradiente.....	783
21.2 Algoritmos con restricciones.....	787
21.2.1 Programación separable.....	787
21.2.2 Programación cuadrática.....	797
21.2.3 Programación geométrica.....	801
21.2.4 Programación estocástica.....	807
21.2.5 Método de combinaciones lineales.....	811
21.2.6 Algoritmo SUMT	813
21.3 Resumen.....	814
Bibliografía.....	814
APENDICE A: REVISION DE VECTORES Y MATRICES.....	815
A.1 Vectores.....	815
A.1.1 Definición de un vector.....	815
A.1.2 Suma (resta) de vectores.....	815
A.1.3 Multiplicación de vectores por escalares.....	816
A.1.4 Vectores linealmente independientes.....	816
A.2 Matrices.....	816
A.2.1 Definición de una matriz	816
A.2.2 Tipos de matrices.....	816
A.2.3 Operaciones aritméticas con matrices.....	817
A.2.4 Determinante de una matriz cuadrada.....	819
A.2.5 Matriz no singular.....	820
A.2.6 Inversa de una matriz	821
A.2.7 Métodos para calcular la inversa de una matriz	822
A.3 Formas cuadráticas	825
A.4 Funciones convexas y cóncavas	826
Bibliografía.....	826
Problemas.....	826
APENDICE B: INTRODUCCION A SIMNET II	829
B.1 Estructura del modelado	829
B.2 Representación de proposiciones.....	830
B.2.1 Nodo fuente.....	830

B.2.2 Nodo de la cola.....	832
B.2.3 Nodo de instalación.....	833
B.2.4 Nodo auxiliar	835
B.2.5 Reglas básicas para la operación de nodos.....	836
B.3 Expresiones matemáticas de SIMNET II	838
B.4 Ejemplo del modelo SIMNET II	840
B.5 Rutas de transacción en SIMNET II	842
B.5.1 Selección de ruta.....	843
B.5.2 Rutas GOTO (campo *T)	845
B.6 Ramas en SIMNET II	847
B.7 Variables estadísticas.....	853
B.8 Conmutadores lógicos.....	855
B.9 Comandos especiales.....	858
B.9.1 Actividad y desactivación de una fuente.....	859
B.9.2 Recopilación de variables estadísticas.....	859
B.9.3 Comandos para la manipulación de archivos.....	860
B.10 Datos iniciales.....	865
B.10.1 Entradas del archivo inicial	865
B.10.2 Funciones de densidad continua, discretas y discretizadas	866
B.10.3 Funciones tipo tabla	867
B.10.4 Inicialización de elementos de arreglos.....	868
B.11 Resumen	870
Bibliografía.....	870
APENDICE C: TORA Y SIMNET II, INSTALACION Y EJECUCION....	871
C.1 Instalación y ejecución.....	871
APENDICE D: TABLAS ESTADISTICAS.....	873
APENDICE C: RESPUESTAS A LOS PROBLEMAS IMPARES.....	877
INDICE.....	909