

CONTENIDO

CAPITULO 1	
Toma de decisiones en la investigación de operaciones (IO)	1
1.1 Arte y ciencia de la investigación de operaciones.....	1
1.2 Elementos de un modelo de decisión.....	2
1.3 Arte de la representación por medio de modelos.....	4
1.4 Tipos de modelos de investigación de operaciones (IO).....	6
1.5 Efecto de la disponibilidad de datos en la representación por medio de modelos.....	7
1.6 Cálculos en investigación de operaciones.....	8
1.7 Fases de un estudio de investigación de operaciones.....	10
1.8 Acerca de este libro.....	12
PRIMERA PARTE PROGRAMACION MATEMATICA	
CAPITULO 2	
Programación lineal: Formulaciones y solución gráfica.....	17
2.1 Modelo de dos variables y su solución gráfica.....	18
2.1.1 Solución gráfica de modelos de PL.....	22
2.1.2 Análisis de sensibilidad:	
Presentación elemental.....	26
2.2 Formulación de PL.....	33
2.3 Otras formulaciones de PL.....	42
2.4 Resumen.....	55
Bibliografía.....	55
Problemas.....	56
CAPITULO 3	
Programación Lineal: Método símplex.....	69
3.1 Conceptos generales del método símplex.....	70
3.2 Creación del método símplex.....	71
3.2.1 Forma estándar del modelo de PL.....	71
3.2.. Soluciones básicas.....	74
3.3 Método símplex primal.....	75
3.3.1 Solución inicial artificial para el método símplex primal.....	84
3.4 Método símplex dual.....	92
3.5 Casos especiales en la aplicación del método símplex.....	98
3.5.1 Degeneración.....	98
3.5.2 Opciones óptimas.....	101
3.5.3 Solución no acotada.....	103
3.5.4 Solución infactible.....	105
3.6 Interpretación de la tabla símplex:	
Análisis de sensibilidad.....	107
3.6.1 Solución óptima.....	108
3.6.2 Estado de los recursos.....	108
3.6.3 Precio dual (valor unitario de un recurso).....	109
3.6.4 Cambio máximo en la disponibilidad de recursos.....	111
3.6.5 Cambio máximo en la relación utilidad/costo marginales.....	113
3.7 Resumen.....	116
Bibliografía.....	116
Problemas.....	117

CAPITULO 4	113
Programación lineal: Método símplex revisado.....	133
4.1 Fundamentos matemáticos.....	133
4.1.1 Modelo PL estándar en forma matricial.....	134
4.1.2 Soluciones básicas y bases.....	135
4.1.3 La tabla símplex en forma matricial.....	139
4.2 Métodos símplex (primal) revisado.....	142
4.2.1 Forma de producto para la matriz inversa.....	143
4.2.2 Pasos del método símplex primal revisado.....	145
4.3 Resumen.....	151
Bibliografía.....	152
Problemas.....	152
CAPITULO 5	
Programación lineal: Análisis de dualidad, de sensibilidad y paramétrico.....	161
5.1 Definición del problema dual.....	162
5.2 Solución del problema dual.....	169
5.2.1 Relación entre los valores objetivo primal y dual.....	169
5.2.2 Solución dual óptima.....	171
5.3 Interpretación económica del problema dual.....	174
5.3.1 Precios duales.....	175
5.3.2 Costos reducidos.....	177
5.4 Holgura complementaria.....	181
5.5 Análisis de sensibilidad o posóptimo.....	182
5.5.1 Cambios que afectan la optimizad.....	185
5.5.2 Cambios que afectan la factibilidad.....	191
5.5.3 Cambios que afectan la optimizad y la factibilidad.....	195
5.6 Programación lineal paramétrica.....	196
5.6.1 Cambios en C	198
5.6.2 Cambios en b	202
5.6.3 Cambios en p	205
5.6.4 Cambios en C y b	206
5.7 Resumen.....	210
Bibliografía.....	210
Problemas.....	210
CAPITULO 6	
Programación lineal: Modelo de transporte.....	226
6.1 Definición y aplicación del modelo de transporte.....	227
6.2 Solución del problema de transporte.....	237
6.2.1 Técnica de transporte.....	237
6.2.2 Solución inicial mejorada.....	248
6.3 Modelo de asignación.....	252
6.4. Modelo de trasbordo.....	257
6.5. Resumen.....	264
Bibliografía.....	265
Problemas.....	265

CAPITULO 7	
Programación lineal: Temas adicionales.....	280
7.1 Método símplex primal con variables acotadas.....	280
7.2 Algoritmo de descomposición.....	287
7.3 Algoritmo de punto interior de Karmarkar.....	299
7.3.1 Idea básica del algoritmo de punto interior.....	300
7.3.2 Algoritmo de punto interior.....	301
7.4 Resumen.....	309
Bibliografía.....	309
Problemas.....	310
CAPITULO 8	
Modelos de redes.....	315
8.1. Definiciones de redes.....	316
8.2. Problema del árbol de extensión mínima.....	317
8.3. Problema de la ruta más corta.....	321
8.3.1 Ejemplos de las aplicaciones de la ruta más corta.....	321
8.3.2 Algoritmos de la ruta más corta.....	325
8.3.3 El problema de la ruta más corta visto como modelo de Trasbordo.....	329
8.4 Problema del flujo máximo.....	331
8.5 Problema del flujo capacitado de costo mínimo.....	337
8.5.1 Casos especiales del modelo de red capacitada.....	339
8.5.2 Formulación de programación lineal.....	340
8.5.3 Método símplex de la red capacitada.....	341
8.6 Resumen.....	347
Bibliografía.....	348
Problemas.....	348
CAPITULO 9	
Programación Lineal entera.....	355
9.1 Aplicaciones ilustrativas de la programación entera.....	356
9.1.1 Problema de presupuesto de capital.....	356
9.1.2 Problema del costo fijo.....	357
9.1.3 Problema de programación de trabajo en un taller.....	359
9.1.4 Dicotomía.....	360
9.2. Métodos de solución de programación entera.....	361
9.3 Algoritmo de ramificar y acotar.....	362
9.4 Algoritmo de planos de corte.....	369
9.4.1 El algoritmo fraccional (entero puro).....	370
9.4.2 El algoritmo mixto.....	378
9.5 Problema entero cero-uno.....	381
9.5.1 Algoritmo aditivo.....	382
9.1.2 Programación polinomial cero-uno.....	390
9.6 Resumen.....	393
Bibliografía.....	393
Problemas.....	394
CAPITULO 10	
Programación dinámica (de etapas múltiples).....	404

10.1 Elementos del modelo de PD, ejemplo del presupuesto de capital	405
10.1.1 Modelo de PD.....	406
10.1.2 Ecuación recursiva de retroceso.....	413
10.2 Más acerca de la definición del estado.....	416
10.3 Ejemplos de modelos de PD y cálculos.....	418
10.4 Problema de dimensionalidad en programación dinámica.....	433
10.5 Solución de problemas lineales por programación dinámica.....	435
10.6 Resumen.....	437
Bibliografía.....	438
Problemas.....	438
SEGUNDA PARTE: MODELOS PROBABILISTICOS	
CAPITULO 11	
Representación de datos en la investigación de operaciones.....	447
11.1 Naturaleza de los datos en la investigación de operaciones.....	448
11.1.1 Media y variancia de un conjunto de datos.....	448
11.1.2 Distribuciones de probabilidad empírica.....	452
11.1.3 Pruebas de bondad de ajuste.....	455
11.1.4 Resumen de distribuciones comunes.....	458
11.1.5 Datos no estacionarios.....	466
11.2 Técnicas de pronósticos.....	468
11.2.1 Modelo de regresión.....	468
11.2.2 Modelo de promedio móvil.....	471
11.2.3 Alisamiento exponencial.....	472
11.3 Resumen.....	475
Bibliografía.....	475
Problemas.....	475
CAPITULO 12	
Teoría de decisiones u juegos.....	480
12.1 Decisiones con riesgo.....	482
12.1.1 Criterio del valor esperado.....	482
12.1.2 Criterio del valor esperado-variancia.....	485
12.1.3 Criterio del nivel de aceptación.....	487
12.1.4 Criterio del futuro más probable.....	490
12.1.5 Datos experimentales en decisiones con riesgo.....	490
12.2 Árboles de decisión.....	494
12.3 Decisiones bajo incertidumbre.....	497
12.3.1 Criterio de Laplace.....	498
12.3.2 Criterio mínimas (maximin).....	500
12.3.3 Criterio de deploración mínimas de Savage.....	500
12.3.4 Criterio de Hurwicz.....	502
12.4 Teoría de juegos.....	503
12.4.1 Solución óptima de juegos de dos personas y suma cero...	503
12.4.2 Estrategias mixtas.....	505
12.4.3 Solución gráfica de juegos de (2 X n) y (n X 2).....	507
12.4.4 Solución de juegos (m X n) por programación lineal.....	511
12.5. Resumen.....	515
Bibliografía.....	515
Problemas.....	516

CAPITULO 13	
Programación de proyectos con PERT-CPM.....	525
13.1 Representación con diagrama de flechas (RED).....	527
13.2 Cálculos de ruta crítica.....	530
13.2.1 Determinación de la ruta crítica.....	530
13.2.2 Determinación de las holguras.....	533
13.3 Construcción del diagrama de tiempo y nivelación de recursos	535
13.4 Consideraciones de probabilidad y costo en la programación de Proyectos.....	540
13.4.1 Consideraciones de probabilidad en la programación de Proyectos.....	540
13.4.2 Consideraciones de costo en la programación de Proyectos.....	543
13.5 Control de proyecto.....	551
13.6 Resumen.....	552
Bibliografía.....	552
Problemas.....	552
CAPITULO 14	
Modelos de inventarios.....	560
14.1 Sistema de inventario ABC	561
14.2 Modelo de inventario generalizado.....	562
14.3 Modelos deterministas.....	566
14.3.1 Modelo estático de un solo artículo (CPE).....	566
14.3.2 Modelo estático de un solo artículo con diferentes precios...	572
14.3.3 Modelo estático de múltiples artículos con limitaciones en el almacén.....	575
14.3.4 Modelo de programación de la producción en N periodos....	577
14.3.5 Modelo dinámico CPE de un solo artículo y N periodos.....	584
14.4 Modelos probabilísticas.....	601
14.4.1 Modelo de revisión continua.....	601
14.4.2 Modelos de un solo periodo.....	606
14.4.3 Modelos de múltiples periodos.....	615
14.5 Sistema de fabricación justo a tiempo (JAT).....	624
14.6 Resumen.....	624
Bibliografía.....	624
Problemas.....	624
CAPITULO 15	
Modelos de líneas de espera.....	636
15.1 Elementos básicos del modelo de líneas de espera.....	637
15.2 Funciones de las distribuciones de Poisson y Exponencial.....	640
15.3 Procesos de nacimiento puro y muerte pura.....	643
15.3.1 Modelo de nacimiento puro.....	643
15.3.2 Modelo de muerte pura.....	645
15.4 Líneas de espera con llegadas y salidas combinadas.....	647
15.4.1 Modelo generalizado de Poisson.....	649
15.4.2 Medidas de desempeño de estado estable.....	652
15.5 Líneas de espera especializadas de Poisson.....	655

15.5.1 (M/M/1): (DG/°°/°°).....	655
15.5.2 (M/M/1): (DG/N/°°).....	660
15.5.3 (m/m/c): (DG/°°/°°).....	663
15.5.4 (m/m/C): (DG/N/°°), c < N.....	666
15.5.5 (M/M/°): (DG/°°/°°) - Modelo DE autoservicio.....	669
15.5.6 (M/M/R): (DG/K/K), R < K-modelo de servicio de máquinas.....	670
15.6 Líneas de espera que no obedecen la distribución de Poisson.....	673
15.7 Líneas de espera con prioridades de servicio.....	675
15.7.1 (M./G./1): (NPRP/°°/°°).....	676
15.7.2 (M./M/c): (NPRP/°°/°°).....	678
15.8 Líneas de espera sucesivas o en serie.....	679
15.8.1 Modelo en serie de dos estaciones con capacidad de líneas de espera cero.....	679
15.8.2 Modelo en serie de k estaciones con capacidad de líneas de espera infinita	682
15.9 Resumen.....	684
Bibliografía.....	685
Problemas numéricos.....	685
Problemas teóricos.....	695
CAPITULO 16	
Teorías de las líneas de espera en la práctica	699
16.1 Selección del modelo apropiado de líneas de espera.....	699
16.2 Modelos de decisión en líneas de espera	701
16.2.1 Modelos de Costo.....	703
16.2.2 Modelo del nivel de aceptación.....	707
16.3 Resumen.....	709
Bibliografía.....	710
Problemas.....	710
Proyectos.....	715
CAPITULO 17	
Modelos de simulación con SIMNET II.....	716
17.1 Introducción.....	718
17.2 Marco de referencia de la modelación con SIMNET.....	719
17.3 Representación de los enunciados de los nodos de SIMNET II.....	719
17.3.1 Nodo fuente.....	720
17.3.2 Nodo L. de E.....	722
17.3.3 Nodo instalación.....	725
17.3.4 Nodo auxiliar.....	727
17.3.5 Reglas básicas para la operación de nodos.....	728
17.4 Expresiones matemáticas de SIMNET II.....	728
17.5 Estructura del modelo SIMNET II.....	733
17.6 Depuración del modelo en SIMNET II.....	738
17.7 Rutas de las transacciones en SIMNET II.....	739
17.7.1 Envío al nodo siguiente.....	739
17.7.2 Rutas selectas.....	739

17.7.3 Rutas de transferencia directa (campo *T o campo GOTO)..	742
17.8 Ramas en SIMNET II.....	745
17.8.1 Tipos de ramas (SUBFI).....	746
17.8.2 Condiciones de ramas (F2).....	749
17.8.3 Asignaciones de ramas (F3).....	750
17.8.4 Variables estadísticas (F4).....	753
17.9 Interruptores lógicos.....	757
17.10 Recursos en SIMNET II.....	759
17.10.1 Prioridad y derecho a los recursos.....	764
17.11 Ensamble y equiparación de transacciones	766
17.11.1 Operación de ensamble.....	767
17.11.2 Operación de equiparar.....	770
17.12 Asignaciones especiales.....	771
17.12.1 Activación y desactivación del nodo fuente.....	772
17.12.2 Control de los parámetros de L. de E.....	773
17.12.3 Asignaciones de manejo de archivos.....	774
17.12.4 Localización de entradas en archivos.....	777
17.12.5 Control de la duración de corrida.....	781
17.12.6 Otras asignaciones especiales.....	781
17.13 Datos iniciales.....	781
17.13.1 Entradas iniciales de archivo.....	782
17.13.2 Funciones de densidad continua, discretas y discretizadas	783
17.13.3 Funciones de dependencia.....	783
17.13.4 Inicialización de elementos de un arreglo.....	784
17.13.5 Inicialización de variables sin subíndices.....	785
17.13.6 Funciones matemáticas.....	789
17.14 Inicialización de nodos y recursos con datos que dependen de la corrida.....	787
17.15 Recolección de observaciones estadísticas.....	788
17.16 Otras capacidades de SIMNET II.....	790
17.17 Resumen.....	790
Bibliografía.....	791
Problemas.....	791
CAPITULO 18	
Proceso de decisión de Markov.....	798
18.1 Campo de acción del problema de decisión de Markov: El ejemplo del jardinero.....	799
18.2 Modelo de programación dinámica de etapa finita.....	801
18.3 Modelo de etapa infinita.....	807
18.3.1 Método de enumeración exhaustiva.....	808
18.3.2 Método de interacción de política sin descuento.....	811
18.3.3 Método de interacción de política con descuento.....	815
18.4 Solución con programación lineal del problema de decisión de Markov.....	818
18.5 Resumen.....	822
18.6 Apéndice: repaso de las cadenas de Markov.....	822
18.6.1 Procesos de Markov.....	823

18.6.2 Cadenas de Harkov.....	823
Bibliografía.....	830
Problemas.....	831
TERCERA PARTE: PROGRAMACION NI LINEAL	
CAPITULO 19	
Teoría de optimización clásica.....	837
19.1 Problemas de extremos no restringidos.....	837
19.1.1 Condiciones necesarias y suficientes para extremos.....	839
19.1.2 El método de Newton-Raphson.....	843
19.2 Problemas de extremo restringidos.....	845
18.2.1 Restricciones de igualdad.....	845
18.2.2 Restricciones de desigualdad.....	863
19.3 Resumen.....	871
Bibliografía.....	871
Problemas.....	871
CAPITULO 20	
Algoritmos de programación no lineal.....	876
20.1 Algoritmos no lineales irrestrictos.....	876
20.1.1 Método de búsqueda directa.....	877
20.1.2 Método de gradiente.....	879
20.2 Algoritmos no lineales restringidos.....	882
20.2.1 Programación separable.....	883
20.2.2 Programación cuadrática.....	891
20.2.3 Programación geométrica.....	895
20.2.4 Programación estocástica.....	900
20.2.5 Método de combinaciones lineales.....	905
20.2.6 Algoritmo SUMT.....	907
20.3 Resumen.....	908
Bibliografía.....	909
Problemas.....	909
APENDICES	
APENDICE A: Repaso de vectores y matrices.....	914
A.1 Vectores.....	914
A.1.1 Definición de vector.....	914
A.1.2 Adición sustracción de vectores.....	914
A.1.3 Multiplicación de vectores por escalares.....	915
A.1.4 Vectores linealmente independientes.....	915
A.2 Matrices.....	195
A.2.1 Definición de matriz.....	915
A.2.2 Tipos de matrices.....	196
A.2.3 Operaciones aritméticas matriciales.....	917
A.2.4 Determinante de una matriz cuadrada.....	918
A.2.5 Matriz no singular.....	920
A.2.6 Inversa de una matriz.....	921
A.2.7 Métodos para calcular la inversa de una matriz.....	922
A.3 Formas cuadráticas.....	925

A.4 Funciones convexas y cóncavas.....	926
----------------------------------------	-----

Bibliografía.....	927
Problemas.....	927
APENDICE B: Instalación y ejecución de TORA y SIMNET II.....	929
B.1 Programa TORA.....	929
B.2 Programa SIMNET II.....	930
Respuestas a problemas seleccionados.....	931
Índice.....	949