

# Índice general

<b>Prólogo</b>	<b>v</b>
<b>Preliminares</b>	<b>1</b>
<b>0. Introducción</b>	<b>1</b>
0.0. Modelos Semánticos . . . . .	1
0.1. Modelos operacionales . . . . .	3
0.2. Modelos denotacionales . . . . .	3
0.3. Modelos axiomáticos predicativos . . . . .	4
<b>1. Cálculo con Estructuras Booleanas</b>	<b>9</b>
1.0. Predicados sobre un espacio de estados . . . . .	9
La regla de Leibniz. Esquemas de demostración. . . . .	10
1.1. Equivalencia, conjunción e implicación . . . . .	12
1.2. Sustitutividad y puntualidad . . . . .	14
1.3. La disyunción y la negación . . . . .	16
1.4. Cuantificadores . . . . .	20
1.5. Conjuntos bien contruidos . . . . .	22
1.6. Programas y Algebras . . . . .	24
<b>2. Elementos de la Teoría de Dominios</b>	<b>27</b>
2.0. Continuidad . . . . .	27
2.1. Teoremas del Punto Fijo . . . . .	29
2.2. Construcción de Dominios . . . . .	30
El Dominio de las Funciones Continuas . . . . .	31
Dominio Unión Disjunta . . . . .	32
2.3. Especificación Recursiva de Dominios . . . . .	33
Un Ejemplo. Las Listas . . . . .	33
Límite Proyectivo Inverso y Dominio $D_\infty$ . . . . .	35
2.4. Dominios Potencias . . . . .	38
Dominio Potencia Relacional Discreto . . . . .	38
Dominio Potencia de Egli–Milner . . . . .	38
Dominio Potencia Discreto de Schmidt . . . . .	40

<b>El estilo Semántico de Dijkstra</b>	<b>41</b>
<b>3. Programas como Transformadores</b>	<b>41</b>
3.0. La funcional <i>wp</i> ( <i>weakest precondition</i> ) . . . . .	41
3.1. Capturando propiedades de programas . . . . .	43
3.2. Propiedades de salubridad . . . . .	46
3.3. Determinismo y disyuntividad . . . . .	48
<b>4. Un lenguaje de Programación simple</b>	<b>51</b>
4.0. Las sentencias más simples: <i>nada</i> y <i>aborta</i> . . . . .	51
4.1. La sentencia de asignación . . . . .	53
4.2. Composición de sentencias . . . . .	56
Lemas de sustitución . . . . .	59
4.3. La sentencia selectiva . . . . .	62
Determinismo de la selectiva . . . . .	66
Los programas forman un conjunto Bien Construido . . . . .	67
La selección binaria . . . . .	68
Ejercicios . . . . .	70
<b>5. El cálculo de Hoare</b>	<b>71</b>
5.0. Las reglas del cálculo de Hoare . . . . .	71
5.1. Corrección del Cálculo de Hoare (sin bucles) . . . . .	75
Inducción sobre las derivaciones . . . . .	76
5.2. Completitud de $\mathcal{LH}$ . . . . .	78
5.3. Un teorema fundamental para la selectiva . . . . .	79
Demostraciones comentadas . . . . .	80
Ejercicios . . . . .	84
<b>6. La sentencia de iteración o bucle</b>	<b>87</b>
6.0. Transformador asociado a un bucle . . . . .	87
6.1. Teoremas esenciales para los bucles . . . . .	92
Determinismo del bucle . . . . .	96
Contextos y substitutividad del lenguaje . . . . .	98
6.2. El Teorema de Invariantes . . . . .	101
6.3. El Teorema de los Contadores . . . . .	104
6.4. Ejemplos de diseño con contadores . . . . .	110
El problema de la Bandera Nacional Holandesa . . . . .	115
6.5. Algunos ejemplos de verificación . . . . .	119
Ejercicios . . . . .	124
<b>7. Diseño de Programas con Invariantes</b>	<b>127</b>
7.0. Sustitución de una constante por una variable . . . . .	127
7.1. Debilitación de la poscondición . . . . .	132
7.2. Sustitución de un término por una variable . . . . .	137
7.3. Problemas de recuento . . . . .	142
7.4. El conjunto de Dijkstra . . . . .	145
7.5. La criba de Eratóstenes . . . . .	153
Ejercicios . . . . .	156

<b>8. Continuidad, Puntos Fijos y Semántica de Bucles</b>	<b>159</b>
8.0. La propiedad de continuidad . . . . .	159
8.1. Consecuencias de la propiedad de continuidad . . . . .	161
8.2. Semántica de los bucles vía puntos fijos . . . . .	164
8.3. Salubridad de los bucles, determinismo y teorema de invariantes	166
Ejercicios . . . . .	170
8.4. El Teorema de los Contadores Generalizados . . . . .	173
Concepto de contador generalizado . . . . .	173
El Teorema central de los bucles . . . . .	174
Ejercicios . . . . .	179
<b>9. Recursión y Procedimientos</b>	<b>185</b>
9.0. Ecuaciones, Recursión y Puntos Fijos . . . . .	185
9.1. Entornos y Semántica de la Recursión . . . . .	189
9.2. Ejemplos de Procedimientos sin parámetros . . . . .	191
9.3. Procedimientos con parámetros. Llamadas por valor y por nombre	202
9.4. Semántica para llamadas recursivas . . . . .	205
Ejercicios . . . . .	206
 <b>Semánticas Operacionales y Denotacionales</b>	 <b>209</b>
<b>10. Semánticas Operacionales</b>	<b>209</b>
10.0. Introducción . . . . .	209
10.1. Semántica natural de una calculadora con memoria . . . . .	210
10.2. Semántica natural de un lenguaje imperativo determinista . . .	213
Inducción sobre la estructura de las derivaciones . . . . .	215
10.3. El transformador <i>wlp</i> . Tripletes operacionales . . . . .	218
Corrección y completitud de $\mathcal{LH}$ . . . . .	222
Ejercicios . . . . .	226
10.4. Semántica paso a paso para un lenguaje determinista . . . . .	227
10.5. Semántica paso a paso del lenguaje de Dijkstra . . . . .	235
10.6. Semántica paso a paso de Hennessy . . . . .	236
<b>11. Semánticas Denotacionales</b>	<b>241</b>
11.0. Una calculadora . . . . .	241
11.1. Un lenguaje funcional simple . . . . .	243
11.2. Un lenguaje imperativo . . . . .	245
Indeterminismo. El Lenguaje de Dijkstra . . . . .	249
Ejercicios . . . . .	254
<b>12. Soluciones a los Ejercicios</b>	<b>255</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>339</b>