

CONTENIDO

FIGURAS	XI
TABLAS	XIV
NOMENCLATURA	XV
PRÓLOGO	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIV

·1

Los **satélites**

1.1. Clasificación de los satélites	2
1.1.1. Satélites según la altura de la órbita	2
1.1.2. Satélites según la misión a la cual son encomendados	3

·2

Los **sistemas** satelitales

2.1. Sistemas y subsistemas de un satélite	9
2.1.1. Sistema térmico	10
2.1.2. Sistema de suministro de energía eléctrica	11
2.1.3. Sistema de comunicación de comando y control	12
2.1.4. Computadora de a bordo	12
2.1.5. Control de actitud	12
2.1.6. Navegación – GPS	13
2.1.7. Sistema de tiempo y frecuencia	14
2.1.8. Sistema de propulsión reactiva	14
2.1.9. Cámara	14
2.1.10. Memoria de a bordo	15
2.1.11. Transmisores de video	16
2.1.12. Mecanismo de dirección de las antenas de transmisión de video	16

·3

El **tiempo** y el espacio

3.1. La Tierra	17
3.1.1. Escalas de tiempo	20
3.1.2. Universal Time (UT1)	21
3.2. Formatos para la indicación de tiempos	22
3.3. Sistemas de ejes de referencia	23
3.3.1. Sistemas o marcos inerciales de referencia	24
3.3.2. Sistemas o marcos de referencia que giran con la Tierra	26
3.3.3. Sistemas o marcos de referencia fijos al satélite	28

·4

El **medio ambiente espacial**

4.1. La atmósfera	32
4.2. La radiación	32
4.2.1. Radiación terrestre	32
4.2.2. Radiación solar	33
4.2.3. Radiación solar electromagnética	33
4.2.4. Radiación solar de partículas	34
4.2.5. Radiación cósmica	35
4.2.6. Campo magnético	35
4.3. Cuerpos en el espacio	36
4.4. Efecto sobre los satélites	37
4.5. Efectos de la radiación sobre satélites	43

·5

Los **cuerpos** en el **espacio** / 1

5.1. Ley de la gravedad y órbitas de los satélites	50
5.1.1. Leyes de movimiento para el caso ideal	50
5.1.2. Ecuación del movimiento	54
5.1.3. Descripción del movimiento	58
5.2. Maniobras sobre el plano de la órbita	60
5.3. Parámetros adicionales para la descripción de las órbitas	65

·6

Los **cuerpos** en el **espacio** / 2

6.1. Órbitas de los satélites en general	70
--	----

6.1.1. Parámetros de las órbitas	70
6.1.2. Variaciones de parámetros	71
6.2. Perturbaciones de las órbitas	73
6.2.1. Fuerza de arrastre	77
6.2.2. No esfericidad de la Tierra	80

7

Los sistemas de **control- sensores y actuadores**

7.1. Sensores	93
7.1.1. Giróscopos	93
7.1.2. Sensor de horizonte o sensor terrestre	94
7.1.3. Sensor solar	94
7.1.4. Seguidores de estrellas	96
7.1.5. Magnetómetro	97
7.1.6. Sistema de Posicionamiento Global	97
7.2. Actuadores	98
7.2.1. Ruedas de reacción	98
7.2.2. Propulsión espacial	99
7.2.3. Par magnético (magneto-torque)	99
7.2.4. Boom gravitacional	100
7.3. Leyes de control y algoritmos	101
7.4. Leyes de control y misión	103
7.5. Modos principales en las misiones de los satélites LEO	103
7.6. Modos principales en las misiones de los satélites GEO	104
7.7. Fuerzas y momentos perturbadores del satélite	105
7.8. Principales diseños de sistemas de control	107

8

La **propulsión**

8.1. Ecuación de la fuerza de empuje	111
8.2. Cálculo de la velocidad del cohete	115
8.3. Tipos de motores cohetes	118
8.3.1. Motor de gas frío	120
8.3.2. Motor monopropelente	121
8.3.3. Motor bipropelente en estado líquido	122
8.3.4. Motor bipropelente en estado sólido	122
8.3.5. Motor bipropelente híbrido	124

8.3.6. Motores de propulsión eléctrico-térmica	125
8.3.7. Motores de propulsión electrostática y de iones	125

9

El control térmico

9.1. Conducción	129
9.2. Convección	133
9.3. Radiación	133
9.3.1. Cuerpo negro	134
9.3.2. Coeficiente de emisividad y de absorción	136
9.3.3. Coeficientes de absorción, reflexión y transmisión	142
9.3.4. Cavidad	143
9.4. Transferencia de calor por radiación entre dos cuerpos cercanos	143
9.4.1. Ley del coseno de Lambert	144
9.4.2. Factor de forma de cuerpos negros	147
9.4.3. Factor de forma de cuerpos grises	151
9.4.4. Frazadas aislantes	154
9.5. Fenómenos transitorios en radiación	156
9.5.1. Sin radiación externa y disipación interna	158
9.5.2. Solución lineal	159
9.5.3. Solución general	159
9.6. Las fuentes de flujo de calor en el espacio	160
9.6.1. La radiación solar	160
9.6.2. La radiación de Albedo	161
9.6.3. La radiación IR de la Tierra	162
9.7. Técnicas para el control térmico	163
9.7.1. Control térmico pasivo	164
9.7.2. Control térmico activo	167
9.8. Modelos matemáticos para el análisis térmico computado	168
9.9. Pruebas y ensayos en control térmico	170
9.9.1. Outgassing de materiales	170
9.9.2. Pruebas de subsistemas	170
9.9.3. Pruebas sobre el satélite	170
9.9.4. Pruebas térmicas del satélite –equipamiento principal	171
9.9.5. Pruebas de calificación y aceptación	172

·10

La **comunicación** satelital

10.1. Teoría básica de la comunicación - ondas electromagnéticas	176
10.1.1. Tipos de polarizaciones	178
10.1.2. Decibeles - dB	179
10.1.3. Espectro electromagnético	181
10.1.4. Transmisión de ondas electromagnéticas	182
10.1.5. Modulación de ondas electromagnéticas	183
10.1.6. Cálculo del balance del canal: Link Budget	186
10.2. Sistemas de comunicación satelital: comando y telemetría en banda S	188
10.3. Sistema de comunicación satelital: <i>Data link</i> en banda X	193

·11

Las **estaciones** terrenas

11.1. Segmento de tierra	195
11.1.1. Estación terrena	195
11.1.2. Red de comunicaciones	197
11.1.3. Centro de control de satélites (CCS)	197
11.1.4. Centro de control de misión (CCM)	198
11.2. Elementos básicos de una estación terrena	198
11.2.1. Transmisor	198
11.2.2. Receptor	201
11.2.3. Antenas	202
11.2.4. Rastreo	202
11.3. Diseño de estaciones terrenas para pequeños satélites	203
11.4. Rastreo de satélites, <i>Two Line Element</i> (TLE)	203
11.5. Teoría básica de antenas	206
11.5.1. Tipos de antenas	208
11.5.2. Alimentación de antenas	212
11.5.3. Apuntamiento de antenas parabólicas	212
11.5.4. Algunos ejemplos de antenas	215
GLOSARIO	217
REFERENCIAS	220