

Índice

0.-Introducción	0-1
0.1.-Contenidos	0-3
0.2.-Referencias	0-4
I.-Métodos numéricos en electromagnetismo	1-1
I.1.-Los métodos numéricos	1-1
I.1.1.-El método de los momentos	1-2
I.1.1.1.-Las funciones base y peso	1-4
I.1.2.-Mejoras de los modelos	1-5
I.1.2.1.-Funciones de Green especializadas	1-5
I.1.2.2.-Métodos híbridos	1-5
I.1.2.3.-Otros métodos	1-5
I.2.-Conclusión	1-6
I.3.-Bibliografía	1-6
II.-Ecuaciones básicas. Solución de la ecuación de ondas	2-1
II.1.-Las ecuaciones de Maxwell	2-1
II.1.1.-La ecuación de onda	2-4
II.1.2.-Regiones libres de fuentes	2-4
II.2.-Solución de la ecuación de onda	2-5
II.2.1.-Soluciones modales en regiones libres de fuentes	2-5
II.2.1.1.-La ecuación de Helmholtz en cartesianas	2-5
II.2.1.2.-La ecuación de Helmholtz en cilíndricas	2-7
II.2.2.-Soluciones en regiones con de fuentes. Función de Green	2-9
II.3.-Conclusión	2-11
II.4.-Bibliografía	2-12
III.-La matriz de admitancias generalizadas	3-1
III.1.-El concepto de impedancia de onda	3-1
III.1.1.-La guía rectangular	3-2
III.1.2.-Ondas cilíndricas: el anillo circular	3-5
III.2.-La matriz de admitancias generalizada (MAG)	3-8
III.3.-Ecuaciones integrales de contorno basadas en la función de Green	3-11
III.3.1.-Otras integrales de contorno	3-14
III.4.-Ecuación integral de contorno a partir de la función de onda	3-15
III.5.-Obtención de la MAG mediante el método de los elementos de contorno	3-16
III.6.-Obtención de la MAG a partir de soluciones modales	3-17
III.7.-La MAG a partir del método de los elementos finitos	3-18
III.8.-Conclusiones	3-20
III.9.-Bibliografía	3-21
IV.-La teoría de circuitos en la solución de problemas electromagnéticos	4-1
IV.1.-La segmentación de problemas electromagnéticos	4-1

IV.1.1.-La formulación circuital generalizada	4-2
IV.1.2.-Caracterización de regiones con N accesos	4-5
IV.1.3.-Estructuras canónicas	4-8
IV.1.3.1.-La guía rectangular	4-8
IV.1.3.2.-El anillo circular	4-11
IV.2.-Matriz de dispersión generalizada [S]	4-16
IV.2.1.-Relaciones con los parámetros [Y] y [Z]	4-17
IV.2.2.-Aplicaciones del cálculo de la matriz de dispersión	4-18
IV.2.2.1.-La guía rectangular	4-18
IV.2.2.2.-El cilindro homogéneo	4-20
IV.3.-Conexión de redes	4-22
IV.3.1.-Conexiones de redes: Matriz Y	4-22
IV.3.1.1.-Campos en el interior	4-24
IV.3.2.-Conexiones de redes: Matriz Z	4-25
IV.3.2.1.-Campos en el interior	4-25
IV.3.3.-Conexiones de redes: Matriz S	4-25
IV.3.4.-Acoplamiento múltiple entre regiones	4-27
IV.4.-Conclusiones	4-28
IV.5.-Bibliografía	4-29
V.-Matriz Z de un sector dieléctrico	5-1
V.1.-El sector circular dieléctrico	5-1
V.2.-Matriz de impedancias	5-3
V.2.1.-Parámetros $\bar{\bar{Z}}_{i1}$: incidencia por el puerto 1	5-3
V.2.1.1.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{11}$	5-5
V.2.1.2.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{21}$	5-6
V.2.1.3.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{31}$	5-8
V.2.1.4.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{41}$	5-9
V.2.2.-Parámetros $\bar{\bar{Z}}_{i2}$: incidencia por el puerto 2	5-10
V.2.2.1.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{12}$	5-12
V.2.2.2.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{22}$	5-13
V.2.2.3.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{32}$	5-13
V.2.2.4.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{42}$	5-14
V.2.3.-Parámetros $\bar{\bar{Z}}_{i3}$: incidencia por el puerto 3	5-15
V.2.3.1.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{13}$	5-17
V.2.3.2.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{23}$	5-18
V.2.3.3.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{33}$	5-19
V.2.3.4.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{43}$	5-21
V.2.4.-Parámetros $\bar{\bar{Z}}_{i4}$: incidencia por el puerto 4	5-22
V.2.4.1.-Parámetro $\bar{\bar{Z}}_{14}$	5-23

V.2.4.2.-Parámetro \bar{Z}_{24}	5-24
V.2.4.3.-Parámetro \bar{Z}_{34}	5-25
V.2.4.4.-Parámetro \bar{Z}_{44}	5-27
V.3.-Análisis de la convergencia	5-28
V.3.1.-Análisis de los parámetros \bar{Z}_{i1} y \bar{Z}_{i2}	5-28
V.3.2.-Análisis de los parámetros \bar{Z}_{i3} y \bar{Z}_{i4}	5-30
V.3.3.-Parámetros de admitancia	5-32
V.4.-Sector degenerado a cuña dieléctrica	5-34
V.4.1.-Orden de las funciones de Bessel: modos complejos	5-34
V.4.2.-Sector degenerado	5-36
V.5.-Conclusiones	5-38
VI.-Aplicación de la teoría circuital a problemas cerrados y abiertos	6-1
VI.1.-Guía rectangular	6-1
VI.1.1.-Análisis de los modos: distribución del campo	6-2
VI.1.2.-Codos en plano H en una guía rectangular: parámetros de dispersión	6-6
VI.1.2.1.-Validación del método	6-6
VI.1.2.2.-Otros resultados	6-8
VI.2.-Cilindros inhomogéneos	6-10
VI.2.1.-Cilindros inhomogéneos en general	6-10
VI.2.1.1.-Validaciones	6-11
VI.2.1.2.-Otros casos	6-13
VI.2.1.3.-Convergencia de la RCS	6-18
VI.2.1.4.-Cilindros con pérdidas	6-28
VI.2.2.-Cilindros corrugados	6-38
VI.2.2.1.-Validaciones	6-38
VI.2.2.2.-Otros ejemplos de cilindros corrugados	6-40
VI.2.2.3.-Cilindros corrugados adaptados	6-45
VI.2.3.-Otras geometrías: la sección cuadrada	6-47
VI.2.3.1.-Validaciones	6-51
VI.3.-Conclusiones	6-54
VI.4.-Bibliografía	6-54
VII.-Difracción de cuñas dieléctricas	7-1
VII.1.-Planteamiento del problema	7-2
VII.1.1.-Condiciones de contorno	7-3
VII.1.1.1.-Condición de contorno del hilo de corriente	7-3
VII.1.1.2.-Condición de contorno del cilindro dieléctrico	7-5
VII.1.1.3.-Resumen de las condiciones de contorno	7-5
VII.2.-Incidencia de onda plana	7-6
VII.3.-Casos particulares	7-8
VII.4.-Manipulaciones matemáticas	7-8
VII.4.1.-Funciones de Hankel	7-8
VII.4.2.-Cambio de base	7-10
VII.5.-Aplicaciones	7-11
VII.5.1.-Cuñas metálicas	7-11
VII.5.2.-Cuñas dieléctricas	7-13

VII.5.2.1.-Ejemplo 1	7-17
VII.5.2.2.-Ejemplo 2	7-18
VII.5.2.3.-Ejemplo 3	7-19
VII.5.2.4.-Ejemplo 4	7-20
VII.5.2.5.-Ejemplo 5	7-21
VII.5.2.6.-Ejemplo 6	7-22
VII.5.2.7.-Ejemplo 7	7-23
VII.5.2.8.-Ejemplo 8	7-24
VII.5.2.9.-Ejemplo 9	7-25
VII.5.2.10.-Ejemplo 10	7-26
VII.5.2.11.-Ejemplo 11	7-27
VII.5.2.12.-Ejemplo 12	7-28
VII.5.2.13.-Ejemplo 13	7-29
VII.6.-Conclusiones	7-30
VII.7.-Bibliografía	7-30
VIII.-Conclusiones y líneas futuras	8-1
VIII.1.-Conclusiones	8-1
VIII.2.-Líneas futuras	8-2
A.-Funciones de Bessel	A-1
A.1.-Expresiones asintóticas	A-2
A.1.1.-Casos particulares	A-3
A.1.1.1.-Aproximación para órdenes grandes	A-3
A.1.1.2.-Aproximación para radios cercanos	A-5
A.2.-Wronskianos	A-6
A.3.-Relaciones de recurrencia	A-6
A.4.-Funciones de Bessel de orden complejo	A-7
A.4.1.-Funciones de Coulomb	A-8
A.4.2.-El problema de las condiciones de contorno de Dirichlet	A-9
A.4.2.1.-Cálculo de los coeficientes	A-11
A.4.2.2.-El problema de las condiciones de contorno de Neumann	A-12
A.4.3.-La ecuación de Bessel como un autosistema	A-12
A.4.3.1.-Condiciones de contorno de Dirichlet	A-13
A.4.3.2.-Condiciones de contorno de Neumann	A-15
A.4.3.3.-Órdenes asintóticos	A-16
A.5.-Series de Dini	A-17
A.6.-Bibliografía	A-18
B.-Expresiones generales de utilidad	B-1
B.1.-Ortogonalidad	B-1
B.1.1.-Ortogonalidad de las funciones trigonométricas	B-1
B.1.2.-Ortogonalidad de las funciones de Bessel	B-2
B.1.2.1.-Integral asintótica	B-2
B.1.2.2.-Integral no asintótica	B-3
B.2.-Integrales generales	B-4
B.2.1.-Integrales trigonométricas: Tipo 1	B-4
B.2.2.-Integrales trigonométricas: Tipo 2	B-5
B.2.2.1.-Aplicación	B-7
B.2.3.-Integrales trigonométricas: Tipo 3	B-7

B.3.-Valores asintóticos en funciones trigonométricas	B-8
B.4.-Bibliografía	B-8
C.-Integral de funciones oscilantes	C-1
C.1.-Método general	C-2
C.2.-Aplicación del método	C-3
C.2.1.-Integración para 2 puntos: $n=2$	C-5
C.2.1.1.-Estimación del error	C-6
C.2.1.2.-Valores asintóticos	C-7
C.2.2.-Integración para 3 puntos: $n=3$	C-7
C.2.2.1.-Estimación del error para N puntos	C-8
C.3.-Otra integral donde aplicar el método	C-10
C.3.1.-Integración para 2 puntos: $n=2$	C-10
C.3.1.1.-Valores asintóticos	C-11
C.4.-Ejemplo numérico	C-11
C.4.1.-Ejemplo para $m=l=20$	C-11
C.4.2.-Ejemplo para "m" y "l" vectores	C-13
C.5.-Bibliografía	C-14
D.-Matriz Z del elemento nodo	D-1
D.1.-Red del tipo 1	D-2
D.1.1.-Columna 1: parámetros Z_{i1}	D-2
D.1.1.1.-Parámetro Z_{11}	D-3
D.1.1.2.-Parámetro Z_{21}	D-4
D.1.1.3.-Parámetro Z_{31}	D-6
D.1.2.-Columna 2: parámetros Z_{i2}	D-6
D.1.2.1.-Parámetro Z_{12}	D-8
D.1.2.2.-Parámetro Z_{22}	D-9
D.1.2.3.-Parámetro Z_{32}	D-11
D.1.3.-Columna 3: parámetros Z_{i3}	D-14
D.1.3.1.-Parámetro Z_{13}	D-15
D.1.3.2.-Parámetro Z_{23}	D-16
D.1.3.3.-Parámetro Z_{33}	D-19
D.1.4.-Generalización y simplificaciones	D-22
D.1.5.-Funciones de Bessel en la matriz de impedancias	D-22
D.1.6.-Convergencia	D-24
D.1.6.1.-Parámetro Z_{22}	D-24
D.1.6.2.-Parámetros Z_{32} , Z_{23} y Z_{33}	D-25
D.2.-Red del tipo 2	D-25
D.3.-Conexión con un nodo	D-25
D.3.1.-Problema en general	D-26
D.3.2.-Problema particular	D-27
D.3.2.1.-Campos en el interior	D-29
E.-Incidencia de ondas planas	E-1
E.1.-Ondas planas	E-1
E.1.1.-Campo magnético	E-2
E.2.-Campo difractado	E-3
E.2.1.-Caso particular 1: Conductor perfecto	E-4
E.2.2.-Caso particular 2: Cilindro dieléctrico	E-4

E.3.-Sección recta radar (RCS)	E-5
E.4.-Bibliografía	E-6