

Índice General

Capítulo 1. Motivación y antecedentes	7
1.1. Introducción	9
1.2. Objetivos	9
1.3. Estructura de la Tesis	12
Capítulo 2. Fundamentos acústicos	15
2.1. Introducción	17
2.2. Ecuación de ondas.....	17
2.2.1. Medio móvil	23
2.2.2. Medio en reposo.....	26
2.3. Acústica unidimensional de conductos	27
2.3.1. Medio en reposo.....	27
2.3.2. Medio móvil	30
2.4. Modelos de onda plana. Representación matricial	33
2.4.1. Generalidades.....	33
2.4.2. Conductos.....	35
2.4.3. Expansiones y contracciones.....	40
2.4.4. Conductos extendidos	42
2.5. Placas y tubos perforados.....	44
2.5.1. Impedancia acústica	45
2.5.2. Resultados disponibles	
2.6. Materiales absorbentes	51
2.6.1. Introducción	52
2.6.2. Caracterización del material.....	57
2.6.3. Consideraciones adicionales	58
2.6.3.1. Efecto en la impedancia de conductos perforados	58
2.6.3.2. Medio móvil.....	61
2.7. Silenciadores	63
2.7.1. Silenciadores sin disipación	64
2.7.2. Silenciadores con disipación	
2.8. Atenuación sonora en silenciadores	66
2.8.1. Consideraciones energéticas	67
2.8.2. Índices de atenuación sonora en silenciadores	68
2.9. Aplicaciones.....	69
2.9.1. Configuraciones sin disipación	70
2.9.1.1. Cámara de expansión simple.....	70
2.9.1.2. Cámara de expansión con conductos extendidos	72
2.9.1.3. Resonador concéntrico	74
2.9.2. Configuraciones con disipación.....	83
2.9.2.1. Silenciador concéntrico con material absorbente	84
2.9.2.2. Silenciador con material absorbente y conductos extendidos .	89
2.9.2.3. Silenciador con material absorbente y resonadores laterales...	93
2.9.2.4. Silenciador con material absorbente, cámara anular y resonadores laterales	95
2.10. Limitaciones	97
2.11. Conclusiones	100
Capítulo 3. Modelado acústico de silenciadores mediante Elementos Finitos	103
3.1. Introducción.....	105
3.2. Aplicación del MEF a la ecuación de ondas convectiva.....	107
3.2.1. Problema acústico.....	108
3.2.2. Campo de velocidades	111
3.2.3. Vector de carga.....	112
3.2.3.1. Vector de carga	112
3.2.3.2. Imposición de la condición de impedancia	113
3.2.4. Obtención de la atenuación.....	114
3.3. Subdominios acoplados. Placas y tubos perforados	115
3.3.1. Medio en reposo	115
3.3.2. Medio móvil	118

3.3.2.1. Continuidad de velocidad.....	120
3.3.2.2. Continuidad de desplazamiento.....	121
3.3.2.3. Continuidad de gradiente de presión	123
3.4. Modelado de la propagación en materiales absorbentes.....	124
3.4.1. Medio en reposo	124
3.4.2. Medio móvil	127
3.5. Aplicaciones	130
3.5.1. Configuraciones sin disipación.....	130
3.5.1.1. Cámara de expansión simple.....	130
3.5.1.2. Cámara de expansión con conductos extendidos	132
3.5.1.3. Resonador concéntrico	133
3.5.2. Silenciadores con disipación.....	134
3.5.2.1. Silenciador concéntrico con material absorbente	135
3.5.2.2. Silenciador con material absorbente y conductos extendidos	137
3.5.2.3. Silenciador con material absorbente y resonadores laterales.....	138
3.5.2.4. Silenciador con material absorbente, cámara anular y resonadores laterales	140
3	
3.5.2.5. Silenciador disipativo con resonador multianular de entrada y cámara lateral de salida.....	141
3.5.3. Flujo medio	143
3.5.3.1. Resonador concéntrico sin material absorbente.....	143
3.5.3.2. Resonador concéntrico con material absorbente.....	144
3.6. Conclusiones	145
Capítulo 4. Modelado acústico de silenciadores híbridos mediante técnicas modales multidimensionales.....	147
4.1. Introducción	149
4.2. Acústica tridimensional de conductos sin material absorbente	150
4.2.1. Medio en reposo.....	150
4.2.1.1. Conductos rectangulares	151
4.2.1.2. Conductos circulares.....	157
4.2.1.3. Conductos anulares	163
4.2.2. Medio móvil	166
4.3. Acústica tridimensional de conductos con material absorbente	171
4.3.1. Acoplamiento transversal de regiones. Medio en reposo	171
4.3.1.1. Método de la secante.....	177
4.3.1.2. Método de Newton-Raphson	179
4.3.1.3. Comparación de métodos.....	181
4.4. Técnicas modales multidimensionales	184
4.4.1. Antecedentes	184
4.4.2. Métodos de acoplamiento en discontinuidades geométricas	186
4.4.2.1. Cambios de sección	186
4.4.2.2. Conductos extendidos	187
4.4.2.3. Placas perforadas	187
4.4.2.4. Sección de entrada y salida	188
4.4.2.5. Método de integración en subdominios	189
4.4.2.6. Método con integración ponderada (Ajuste Modal)	194
4.4.2.7. Condiciones de contorno.....	195
4.4.2.8. Obtención del sistema de ecuaciones.....	196
4.4.3. Comparación entre métodos.....	199
4.4.3.1. Silenciador con material absorbente	199
4.4.3.1.1. Método de integración en subdominios (Integración Directa)	
4.4.3.1.2. Método de Ajuste Modal.....	
4.4.3.2. Silenciador con material absorbente y conductos extendidos	203
4.4.3.2.1. Método de Integración por subdominios (Integración Directa)	204
4.4.3.2.2. Método de Ajuste Modal.....	210
4.4.4. Conclusiones	213
4 ÍNDICE	

4.5. Modelado y estudio detallado de silenciadores híbridos	215
4.5.1. Silenciador con material absorbente.....	215
4.5.1.1. Variación de la resistividad	215
4.5.1.2. Variación de la porosidad.....	216
4.5.1.3. Variación de las dimensiones externas del silenciador.....	217
4.5.2. Silenciador con material absorbente y conductos extendidos.....	218
4.5.2.1. Efecto de los conductos extendidos.....	218
4.5.2.2. Efecto de la porosidad en las superficies perforadas	224
4.5.2.3. Efecto de la resistividad	224
4.5.2.4. Efecto de las dimensiones del silenciador	227
4.5.3. Silenciador con material absorbente y resonadores laterales.....	228
4.5.3.1. Efecto de la longitud de las cámaras laterales	235
4.5.3.2. Efecto de la variación de la resistividad y la porosidad	238
4.5.3.3. Efecto de la variación de las dimensiones externas.....	238
4.5.4. Silenciador con material absorbente, cámara anular y resonadores laterales.....	241
4.5.4.1. Efecto de la variación de longitud de las cámaras laterales, longitud del anillo externo y cámara disipativa.....	248
4.5.4.2. Efecto de la resistividad	252
4.5.4.3. Efecto de la porosidad.....	253
4.5.4.4. Efecto de la variación de las dimensiones externas.....	254
4.5.4.5. Efecto de la variación del radio interno.....	256
4.5.5. Silenciador híbrido con resonador multianular de entrada y cámara lateral de salida.....	257
4.5.5.1. Efecto de la variación de la longitud de las cámaras laterales	265
4.5.5.2. Efecto de la variación de la porosidad.....	267
4.5.5.3. Efecto de la variación de la resistividad	268
4.5.5.4. Efecto de la variación de las áreas anulares	269
4.6. Conclusiones	270
Capítulo 5. Medida experimental	273
5.1. Introducción.....	275
5.2. Caracterización del material absorbente.....	275
5.2.1. Método de las Dos Cavidades	276
5.2.1.1. Sistema experimental	284
5.2.1.2. Calibración del sistema	286
5.2.2. Método de las Dos Fuentes.....	287
5.2.2.1. Sistema experimental	292
5.2.3. Método de la Matriz de Transferencia.....	293
5.2.3.1. Cálculo de los coeficientes de transmisión y reflexión	295
5.2.3.2. Cálculo del número de onda complejo, impedancia característica compleja y velocidad acústica compleja	296
5	
5.2.3.3. Sistema experimental	297
5.2.4. Medida de materiales	297
5.2.4.1. Influencia de la densidad	298
5.2.4.2. Influencia del espesor	302
5.2.4.3. Comparación entre métodos	305
5.2.5. Ajustes de curvas de comportamiento.....	306
5.3. Caracterización del silenciador en ausencia de flujo medio.....	312
5.3.1. Introducción	312
5.3.2. Método de la función de transferencia	313
5.3.3. Sistema experimental	317
5.3.4. Calibración del sistema	318
5.3.5. Medida de silenciadores	320
5.3.5.1. Silenciador con conductos extendidos	320
5.3.5.2. Silenciador con resonadores laterales	323
5.3.5.3. Silenciador híbrido con resonador multianular de entrada y cámara lateral de salida.....	325
5.4. Conclusiones	327
Capítulo 6. Conclusiones y desarrollos futuros	329

6.1. Conclusiones y aportaciones	331
6.2. Desarrollos futuros	332
Bibliografía.....	334