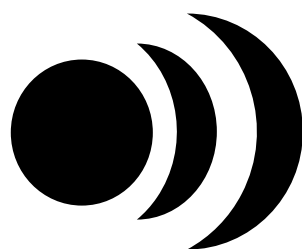


Máster Oficial en Ingeniería Acústica



CURSO 2025-2026

PROGRAMACIÓN DOCENTE

20/05/2025

Contenidos

Descripción del máster	3
Horarios	7
Acústica de Recintos	10
Aislamiento en la Edificación	11
Instrumentación Acústica Avanzada	12
Normativa, Legislación y Procedimientos de Medida	14
Fuentes Acústicas	15
Sonorización y Megafonía	17
Mapas de Ruido	18
Tecnología Acústica	20
Audio Musical	21
Procesado y Masterización	23
Prácticas de Empresa	24
Trabajo Fin de Máster	26

1. Descripción del Máster

Centro/Univ. responsable:	E. T. S. de Ing. de Telecomunicación, Univ. de Málaga
Coord. Académico:	Mario Pérez Escribano (mpe@ic.uma.es / 952133484)
Duración (ECTS):	60 créditos
Modalidad:	Semi-presencial
Lengua utilizada:	Castellano
Periodo lectivo:	Anual

Objetivos formativos:

El Máster propuesto tiene un perfil profesional, y como primer objetivo se persigue una formación avanzada que permita comprender en profundidad la acústica de la edificación, los procedimientos específicos de medida y las normativas aplicables, así como el refuerzo sonoro. Tanto las competencias técnicas generales como las transversales que adquirirán los estudiantes a lo largo del Máster permitirán a los egresados su incorporación a actividades profesionales tales como aislamiento acústico en la edificación, mediciones e Informes Técnicos, proyectos de sonorización y megafonía, diseño acústico de recintos, elaboración de mapas de ruido, ingeniero de sonido, fabricantes de materiales acústicos, gabinetes técnicos para la construcción, estudios de grabación sonora y musical y otros.

Conocimientos y competencias:

- Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación
- Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio
- Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
- Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
- Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo
- Adquirir de forma autónoma nuevos conocimientos tecnológicos sobre ingeniería acústica usando la base ya aprendida en las materias del máster
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la resolución de problemas en contextos nuevos o multidisciplinares que involucren aspectos de ingeniería acústica
- Ser capaz de abordar y documentar correctamente y de forma profesional un proyecto típico de cualquiera de las ramas de la ingeniería acústica

- Ser capaz de analizar y diseñar acústicamente los recintos arquitectónicos mediante métodos y herramientas avanzadas
- Utilizar diferentes métodos de evaluación del aislamiento acústico a transmisiones directas e indirectas en edificios
- Ser capaz de aplicar el Código Técnico de la Edificación en proyectos sobre aislamiento acústico
- Manejar con destreza la instrumentación avanzada usada en ingeniería acústica
- Manejar la estructura normativa y legislativa actual sobre acústica, y en especial en lo que se refiere a los procedimientos de medida
- Capacidad para modelar, diseñar y analizar, usando técnicas avanzadas, fuentes acústicas para el refuerzo sonoro y otras aplicaciones en ingeniería acústica
- Diseñar una red de sonorización o de megafonía y evaluar sus prestaciones
- Capacidad para aplicar los conocimientos técnicos adquiridos dentro de un contexto empresarial real
- Ser capaz de desarrollar en detalle un proyecto de ingeniería acústica concreto, especializado en algunas de las materias avanzadas tratadas en el máster
- Manejar las soluciones técnicas disponibles actualmente para resolver problemas de control de ruido acústico
- Ser capaz de organizar y realizar un proyecto para elaborar un mapa de ruido, con ayuda de software profesional
- Saber elegir el sistema de grabación más adecuado para un instrumento musical determinado
- Capacidad para analizar el funcionamiento de los distintos elementos que componen un sistema de transcripción musical
- Ser capaz de interconectar y emplear dispositivos MIDI
- Saber valorar distintos programas comerciales para editar señales acústicas
- Conocer las distintas tecnologías acústicas disponibles en el mercado y los procedimientos de diseño necesarios para su aplicación. Saber elegir la mejor opción a cada uno de los problemas de diseño más representativos en la Ingeniería Acústica

Plan de estudios abreviado:

Para obtener el título de Máster el alumno debe superar, al menos, los siguientes créditos:

TIPO DE MATERIA	CRÉDITOS
Obligatorias	30
Optativas	15
Prácticas externas	5
Trabajo Fin de Máster	10
CRÉDITOS TOTALES (necesarios para obtener el título):	60

En el caso de las materias optativas, el alumno deberá elegir, al menos, 3 asignaturas (15 créditos en total) de entre las 4 asignaturas optativas ofertadas. Las asignaturas que comprende el máster son:

	Asignatura	Créditos	Carácter
Semestre 1	Acústica de Recintos	6	OBL
	Instrumentación Acústica Avanzada	5	OBL
	Fuentes Acústicas	4	OBL
	Sonorización y Megafonía	4	OBL
Semestre 2	Normativa y Legis. sobre Medidas Acústicas	5	OBL
	Aislamiento en la Edificación	6	OBL
	Mapas de Ruido	5	OPT
	Tecnología Acústica	5	OPT
	Audio Musical	5	OPT
	Procesado y Masterización	5	OPT
	Prácticas en Empresa (PE)	5	OBL
	Trabajo Fin de Máster (TFM)	10	OBL
	Total ofertados	65	
	Total a cursar	60	

Cronológicamente, las asignaturas se impartirán de forma sucesiva, provocando que sólo haya 2 o 3 asignaturas impartándose simultáneamente.

Metodología semi-presencial:

La metodología docente en el máster está marcada por la modalidad semipresencial. Este hecho requiere combinar diferentes métodos de enseñanza-aprendizaje, muchos de ellos basados en las herramientas TIC que proporciona el campus virtual de la universidad (por ejemplo, la participación en espacios virtuales colaborativos o los cuestionarios de evaluación remota).

Las sesiones presenciales del máster se realizarán los jueves por la tarde en horario de 16:30 a 20:10. Con el mismo horario, los viernes por la tarde se programarán, a criterio de cada profesor, sesiones presenciales adicionales para actividades como, por ejemplo, sesiones prácticas, conferencias invitadas o visitas a empresas relacionadas.

Evaluación final/continua

Dependiendo de la asignatura, los porcentajes de ponderación de evaluación continua y final en la calificación global de la asignatura serán distintos, según la tabla

	Tipo de asignatura			
	Procedimental	Aplicada	Pr. externas	TFM
Sistemas de evaluación				
Evaluación final	100-50%	80-0%	100%	100%
Evaluación continua	0-50%	20-100%	-	-
TOTAL	100%	100%	100%	100%

Asignaturas procedimentales son aquellas en las que se pretenden transmitir procedimientos y diseños típicos en la Ingeniería Acústica, para lo cual son necesarios contenidos considerablemente conceptuales. Es el caso de las asignaturas Acústica de

Recintos, Aislamiento en la Edificación, Instrumentación Acústica Avanzada, Normativa y Legislación sobre Medidas Acústicas y Fuentes Sonoras.

Asignaturas aplicadas son las que, poseyendo algunos contenidos conceptuales, se enfatiza la componente práctica y específica. Este carácter otorga una mayor ponderación a la evaluación continua dentro de la evaluación total. Es el caso de las asignaturas Sonorización y Megafonía, Mapas de Ruido, Tecnología Acústica, Audio Musical y Procesado y Masterización.

Las asignaturas de Prácticas Externas y TFM, debido a su especial naturaleza, sólo tienen evaluación final a través de evaluación de documentos y exposición oral.

Perfil de ingreso y requisitos de formación previa:

El perfil académico recomendable para ingresar en este Máster (vía académica directa) es el de graduado en titulaciones relacionadas con Ingeniería o Arquitectura que deseen orientar su formación hacia la Ingeniería Acústica. También se recomienda este Máster a graduados de titulaciones científicas relacionadas con física o matemáticas que deseen reorientar su formación hacia áreas del conocimiento más aplicadas.

El perfil profesional recomendable para ingresar en este Máster (vía profesional) es el de profesionales (con título universitario) que ejerzan funciones en el campo de la Ingeniería Acústica y que deseen una actualización en algunas materias específicas.

En el caso de una demanda mayor que la oferta de plazas, y sin menoscabo de la normativa vigente, en el proceso de selección se valorará tanto la formación académica previa (50%) como, en su caso, la experiencia profesional (50%). Asimismo, se realizarán entrevistas personales (remotas si fuera necesario) con los solicitantes cuando se estime conveniente para ampliar o contrastar información. Se tendrá en cuenta la disponibilidad real de los candidatos para atender las actividades presenciales que se establezcan.

Información sobre fechas y plazos y otros contactos

Distrito único andaluz:

<http://www.juntadeandalucia.es/innovacioncienciayempresa/sguit/>

Web posgrado UMA: <http://www.uma.es/cipd/>

Preinscripción y Acceso: acceso_master@uma.es

Coordinación Máster: mpe@ic.uma.es

Centro responsable: secteleco@uma.es

Página web del Máster: <http://www.mia.uma.es>

Entidades patrocinadoras y colaboradoras:



2. Horarios y exámenes

La fecha de inicio es el **2/10/2025**, en el **aula 1.0.7** de la ETSI Telecomunicación. Las fechas de exámenes finales están marcadas en verde. En general, las sesiones están programadas los jueves por la tarde (1h 40' ininterrumpidos). El viernes por la tarde habrá también un horario reservado. La sesión del viernes, no obstante, se usará o no a criterio de cada profesor y su programación. Como excepción a lo anterior, en las tres primeras semanas del curso, en **amarillo**, está previsto tener siempre sesiones jueves y viernes por la tarde para la impartición de los créditos de nivelación.

		16:30-18:10	18:30-20:10
Octubre	J-2	Presentación	Nivel.(AR)
	V-3	Nivel.(AR)	Nivel. (IAA)
	J-9	Nivel.(AR)	Nivel. (IAA)
	V-10	Nivel.(AR)	Nivel. (IAA)
	J-16	Nivel.(AR)	Nivel. (IAA)
	V-17	AR	IAA
	J-23	AR	IAA
	V-24	AR	IAA
	J-30	AR	IAA
	V-31	AR	IAA
Noviembre	J-6	AR	IAA
	V-7	AR	IAA
	J-13	AR	IAA
	V-14	AR	IAA
	J-20	AR	IAA
	V-21	AR	IAA
	J-27	Examen AR	
	V-28	Examen IAA	
Diciembre	J-4	SyM	Nivel (FA)
	V-5	SyM	Nivel (FA)
	J-11	SyM	FA
	V-12	SyM	FA
	J-18	SyM	FA
	V-19	SyM	FA
Enero	NAVIDAD Y AÑO NUEVO		
	J-8	SyM	FA
	V-9	SyM	FA
	J-15	SyM	FA
	V-16	SyM	FA
	J-22	Examen SyM	PE y TFM (pres.)
	V-23	Examen FA	Nivel (AE)
	J-29	NyL	AE
	V-30	NyL	AE
Fe	J-5	NyL	AE

AR: Acústica de Recintos
 IAA: Instrumentación Ac.
 Avanzada
 SyM: Sonorización y Megafonía
 NyL: Normativa y Legislación
 TA: Tecnología Acústica
 MR: Mapas de Ruido
 AM: Audio Musical
 PyM: Procesado y Masterización
 FA: Fuentes Acústicas
 AE: Aislamiento en la Edificación
 PE: Prácticas en Empresa
 TFM: Trabajo Fin de Máster

	V-6	NyL	AE
	J-12	NyL	AE
	V-13	NyL	AE
	J-19	NyL	AE
	V-20	NyL	AE
	J-26	NyL	AE
	V-27	DIA DE ESCUELA Y ANDALUCÍA	
Marzo	J-5	NyL	AE
	V-6	NyL	AE
	J-12	Examen NyL	
	V-13	Examen AE	
	J-19	TA	MR
	V-20	TA	MR
	J-26	TA	MR
Abril	V-27	SEMANA SANTA	
	J-2		
	V-3		
	J-9	TA	MR
	V-10	TA	MR
	J-16	TA	MR
	V-17	TA	MR
	J-23	TA	MR
	V-24	TA	MR
	J-30	TA	MR
Mayo	V-1	PUENTE 1 DE MAYO	
	J-7	Examen TA	
	V-8	Examen MR	
	J-14	PyM	AM
	V-15	PyM	AM
	J-21	PyM	AM
	V-22	PyM	AM
	J-22	PyM	AM
	V-29	PyM	AM
Junio	J-4	PyM	AM
	V-5	PyM	AM
	J-11	PyM	AM
	V-12	PyM	AM
	J-18	Examen PyM	
	V-19	Examen AM	

Fechas de exámenes

Además de las fechas de exámenes en primera convocatoria (incluidas en el horario anterior), las fechas de los exámenes en sucesivas convocatorias son las que siguen:

	Asignatura	2ª ord	Extr.	Extr. Fin Est.
1^{er} sem.	Instrumentación Acústica Avanzada	1/07/26	3/06/26	9/12/25
	Acústica de Recintos	2/07/26	4/06/26	9/12/25
	Sonorización y Megafonía	3/07/26	5/06/26	10/12/25
	Fuentes Acústicas	6/07/26	8/06/26	10/12/25
	Normativa y Legislación	7/07/26	9/06/26	11/12/25
2º sem.	Aislamiento en la Edificación	8/07/26	12/01/26	11/12/25
	Tecnología Acústica	9/07/26	13/01/26	12/12/25
	Mapas de Ruido	10/07/26	14/01/26	12/12/25
	Procesado y Masterización	13/07/26	15/01/26	15/12/25
	Audio Musical	14/07/26	16/01/26	15/12/25
	Prácticas en Empresas	15/07/26	19/01/26	16/12/25

En el caso del Proyecto Fin de Máster, los periodos de solicitud y defensa serán los establecidos por la ETSI Telecomunicación, habitualmente disponibles en:

<https://www.uma.es/etsi-de-telecomunicacion/info/115074/trabajos-fin-de-master/>

Acústica de Recintos

1. **Nivelación: Introducción. Teoría de circuitos y analogías electroacústicas.** Introducción. Magnitudes de interés. Velocidad volumétrica e intensidad acústica. Analogías electroacústicas. Circuitos mecánicos y acústicos. Radiación sonora en fuentes acústicas. Clasificación de los altavoces. El altavoz dinámico de bobina móvil: Parámetros y análisis de la respuesta de presión. Impedancia eléctrica.
2. **Cajas acústicas: Análisis y Diseño.** Introducción. Clasificación de sistemas y parámetros de diseño. Diseño de cajas acústicas: sistemas de caja cerrada, Bass-reflex y paso banda. Diseño de fuentes de subgraves.
3. **Líneas de transmisión acústica. Altavoces de bocina.** Introducción a las fuentes de radiación indirecta. Líneas de transmisión acústica y aplicaciones. Modelado de un sistema de bocina. Clasificación de bocinas.
4. **Altavoces de varias vías.** Introducción. Criterios de diseño de redes de cruce. Sistemas de dos y tres vías. Consideraciones de diseño.
5. **Agrupaciones de altavoces.** Introducción. Arrays de altavoces: lineal, en J, en espiral y curvo. Clusteres de altavoces. Sistemas de sonorización. Arrays de subgraves. El altavoz dodecaédrico.
6. **Tareas prácticas.** Tarea 1. Diseño de cajas acústicas mediante herramientas CAD. Tarea 2. Diseño de redes de cruce de dos y tres vías. Tarea 3. Parámetros de interés en la medida de prestaciones de arrays de altavoces. Herramientas de diseño.

Bibliografía básica

- [1] PUEO ORTEGA, B. y ROMÁ ROMERO, M. *Electroacústica. Altavoces y Micrófonos*. Prentice Hall, 2003.
- [2] SÁNCHEZ BOTE J.L. y ÁLVAREZ FERNÁNDEZ E., *Transductores Electroacústicos*. Dpto. de Publicaciones d E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 2000.

Bibliografía complementaria

- [3] COLLOMS M., *High performance loudspeakers*. Ed. John Wiley & Sons, 2000
- [4] DICKANSON, V., *Loudspeaker Design Cookbook*, Audio Amateur Press, 2006
- [5] SÁNCHEZ BOTE J.L., *Altavoces de bocina*. Dpto. de Publicaciones de la E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 1996

Evaluación

La evaluación de la asignatura se realizará en base a las tareas prácticas realizadas, constituyendo un 40% de la calificación, y de un examen final escrito que evalúa los conocimientos adquiridos en la asignatura en su conjunto, que supone el 60% restante de la calificación final.

Aislamiento en la Edificación

1. Fundamentos de Aislamiento Acústico. Generalidades. Magnitudes de nivel para ruido aéreo y de impactos. Índice de reducción acústica. Índice de reducción vibracional. Magnitudes descriptivas del aislamiento acústico.

2. Aislamiento según el Código Técnico de la Edificación (CTE). Marco legislativo y objetivos. Exigencias del DB HR. Metodología de diseño conforme al DB HR. Diseño según la opción simplificada. Definición de encuentros, ejecución y control.

3. Análisis Avanzado del Aislamiento. Método CTE general para el cálculo de aislamientos en edificios. Método mixto para el análisis del aislamiento.

4. Proyectos sobre Aislamiento en la Edificación. Aislamiento según el CTE. Aislamiento según la normativa autonómica.

Bibliografía básica

- [1] ARAU H., *ABC de la Acústica Arquitectónica*, Ediciones CEAC, 1999.
- [2] CTE, *Documento Básico HR Comentado*, Ministerio de Fomento, 2011.
- [3] CTE, *Guía de Aplicación del DB HR*, Ministerio de la Vivienda, 2009.
- [4] CTE, *Catálogo de Elementos Constructivos*, Ministerio de la Vivienda, 2009.
- [5] LONG M., *Architectural Acoustics*, Academic Press, 2005.
- [6] RECUERO M., *Acústica Arquitectónica Aplicada*, Ed. Paraninfo, 1999.

Bibliografía complementaria

- [7] CREMER L., HECKL M., UNGAR E.E., *Structural borne sound*, Springer, 1990.
- [8] EGAN M. D., *Architectural Acoustics*, J. Ross Publishing, 2007.

Evaluación

La calificación final de la asignatura será una ponderación entre las calificaciones obtenidas por pruebas de evaluación continua y final. La ponderación concreta deberá encontrarse en la horquilla: evaluación final (100-50%), evaluación continua (0-50%). En segunda convocatoria ordinaria se da la opción de re-evaluar la componente continua.

Instrumentación Acústica Avanzada

1. Instrumentación para la medida de la presión sonora. Conceptos básicos. Descripción general del sonómetro. Análisis temporal del sonido. Análisis en frecuencia del sonido. Análisis estadístico del sonido. Análisis energético del sonido. Dosímetros. Calibración. Práctica de medidas con el sonómetro.

2. Instrumentación para la medida de la intensidad acústica. Definición y propiedades de la intensidad acústica. Campo sonoro. Instrumentación. Sondas de intensidad tipo pp y p-u. Limitaciones en la medida de la intensidad sonora. Calibración. Aplicaciones y Normativa.

3. Agrupaciones de micrófonos. Cámaras acústicas. Conceptos básicos. Agrupaciones en campo lejano. Agrupaciones en campo próximo. Ejemplos comerciales.

4. Instrumentación para la medida de vibraciones. Conceptos básicos. Transductores. Acelerómetros piezoeléctricos. Analizador de vibraciones. Ponderación frecuencial. Parámetros de medida. Calibración. Práctica de medidas con el vibrómetro.

5. Instrumentación de excitación. Fuentes omnidireccionales: fuente dodecaédrica, fuente puntual de cono inverso. Fuentes de impacto: máquina de impactos, pelota de caucho.

6. Instrumentación para la medida de la impedancia acústica. Métodos con tubo de impedancia: método del rango de onda estacionaria, método de la función de transferencia. Método de superficie: pistola de impedancia.

7. Recintos acústicos de pruebas. Cámaras anecoicas y de reverberación para la medida de parámetros acústicos. Diseño de cámaras. Materiales de fabricación. Caracterización de las cámaras para la medida de parámetros acústicos.

8. Incertidumbre en la medida. Definición. Necesidad de la incertidumbre. Fuentes de incertidumbre. Medidas reproducibles y no reproducibles. Medidas directas e indirectas.

9. Otra instrumentación de medida. Sistemas automáticos de medida..

Bibliografía básica

- [1] FAHY F.J., Sound Intensity. Spon Press, 1995.
- [2] Norma ISO/DIS 9614 (Part 1). Determination of Sound Power Levels of Noise Sources using Sound Ingeniería Intensity Part 1: Measurement at Discrete Points.
- [3] Norma UNE-EN 61672. Electroacústica. Sonómetros. Parte 1: Especificaciones.
- [4] Norma UNE-EN 8040, Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida.
- [5] PUEO ORTEGA B., Electroacústica. Altavoces y Micrófonos. Pearson Prencice Hall, 2003.
- [6] ROSSING T. D., Springer Handbook of Acoustics, Springer, 2007.

[7] SERRIDGE M. and LICHT T.R., Piezoelectric Accelerometers and Vibration Preamplifiers Theory and Application Handbook, Brüel & Kjaer, 1987.

Bibliografía complementaria

[8] VER L., BERANEK L., Noise and Vibration Control Engineering: Principles and Applications; Wiley; 2005

[9] Norma ISO 2631-2. Mechanical vibration and shock. Evaluation of human exposure to whole body vibration. Part 2 Vibration in buildings.

[10] Norma ISO 5348. Mechanical vibration and shock. Mechanical mounting of accelerometers.

Evaluación

La calificación final de la asignatura será una ponderación entre las calificaciones obtenidas por pruebas de evaluación continua y final (60% final, 40% continua).

Normativa, Legislación y Procedimientos de Medida

1. **Visión General de la Normativa y Legislación sobre Acústica.** Cuadro general. Legislación sobre contaminación acústica y su normativa asociada. Legislación sobre acústica de la edificación y su normativa asociada. Legislación sobre ruido laboral y su normativa asociada.
2. **Legislación sobre Ruido y Vibraciones.** Descripción detallada de la ordenanza municipal. Legislación autonómica. Legislación estatal.
3. **Procedimientos de Medida.** Medida del nivel de ruido medioambiental. Medida del nivel de ruido de inmisión. Medida del nivel de ruido de emisión. Medida in situ de aislamientos. Medida del ruido laboral.

Bibliografía básica

- [1] CTE, *Documento Básico HR Comentado*, Ministerio de Fomento, 2011.
- [2] CTE, *Guía de Aplicación del DB HR*, Ministerio de la Vivienda, 2009.
- [3] Ley del Ruido, Ley 37/2007
- [4] Ordenanzas sobre ruido del Ayto. de Málaga
- [5] RD 1513/2005
- [6] RD 1367/2007

Bibliografía complementaria

- [7] RD286/2006, RD1311/2005, Orden Ministerial ITC2845, Ley 7/2007.

Evaluación

La calificación final de la asignatura será una ponderación entre las calificaciones obtenidas por pruebas de evaluación continua y final. La ponderación concreta será del 50% para cada componente. Se supera la asignatura con un mínimo de 5 puntos sobre un total de 10.

Fuentes Acústicas

1. **Nivelación: Introducción. Teoría de circuitos y analogías electroacústicas.** Introducción. Magnitudes de interés. Velocidad volumétrica e intensidad acústica. Analogías electroacústicas. Circuitos mecánicos y acústicos. Radiación sonora en fuentes acústicas. Clasificación de los altavoces. El altavoz dinámico de bobina móvil: Parámetros y análisis de la respuesta de presión. Impedancia eléctrica.
2. **Sistemas acústicos: cajas y circuitos** Introducción. Clasificación de sistemas y parámetros de diseño. Diseño de cajas acústicas: sistemas de caja cerrada y Bass-reflex. Diseño de subwoofers.
3. **Altavoces de varias vías.** Introducción. Criterios de diseño de redes de cruce. Sistemas de dos y tres vías. Consideraciones de diseño
4. **Agrupaciones de altavoces.** Introducción. Arrays de altavoces: lineal, en J, en espiral y curvo. Clusteres de altavoces. Sistemas de sonorización. El altavoz dodecaédrico.
5. **Tareas prácticas.** Tarea 1. Diseño de cajas acústicas mediante herramientas CAD. Tarea 2. Diseño de redes de cruce de dos y tres vías. Tarea 3. Parámetros de interés en la medida de prestaciones de arrays de altavoces. Herramientas de diseño

Bibliografía básica

- [1] PUEO ORTEGA, B. y ROMÁ ROMERO, M. *Electroacústica. Altavoces y Micrófonos*. Prentice Hall, 2003
- [2] SÁNCHEZ BOTE J.L. y ÁLVAREZ FERNÁNDEZ E., *Transductores Electroacústicos*. Dpto. de Publicaciones d E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 2000

Bibliografía complementaria

- [3] COLLOMS M., *High performance loudspeakers*. Ed. John Wiley & Sons, 2000
- [4] DICKANSON, V., *Loudspeaker Design Cookbook*, Audio Amateur Press, 2006
- [5] GÓMEZ ALFAGEME J.J., *Sistemas de altavoces de radiación directa*. Dpto. de Publicaciones de E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 1999
- [6] SÁNCHEZ BOTE J.L., *Altavoces de bocina*. Dpto. de Publicaciones de la E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 1996

Evaluación

El procedimiento de evaluación tiene dos tipos de prueba: la evaluación continua de los contenidos de la asignatura, realizada mediante la entrega de actividades que serán propuestas tras determinados bloques temáticos, que constituye el 40% de la calificación, y un examen final escrito que evalúa los conocimientos adquiridos en la asignatura en su conjunto, que supone el 60% restante de la calificación final.

Los baremos correspondientes a las dos pruebas son los siguientes:

1. Evaluación continua (4 puntos)

T1: Diseño de cajas acústicas: 2 puntos. (1 pto. diseño CAD, 1 pto diseño teórico)

T2: Altavoces de varias vías: 1 punto.

T3: Agrupaciones de altavoces: 1 punto.

2. Examen final: (6 puntos)

Examen escrito que valora los conocimientos que posee el alumno acerca de los diferentes contenidos teóricos y prácticos tratados a lo largo del curso.

Sonorización y Megafonía

1. Generalidades sobre Sonorización y Megafonía: Presentación. Concepto de sistema de refuerzo sonoro y megafonía. Concepción como $h(t)$ múltiple. Esquema de subsistemas básico. Elementos básicos de propagación.

2. Criterios y Métodos de Diseño: La fase. Suma acústica. Arreglos y agrupaciones de altavoces para refuerzo sonoro. Diseño de arreglos. Técnicas de ajuste de sistemas de audio.

3. Subsistemas para Megafonía y Refuerzo Sonoro:

Megafonía: Elementos característicos, redes eléctricas de distribución de sonido y sistemas de conmutación/prioridad.

Amplificación profesional: Elementos de amplificación, dimensionamiento de sistemas, elección de limitadores para protección de sistemas.

Refuerzo sonoro: Esquema típico. Subsistemas usados y configuración. Amplificadores y altavoces. Consideraciones de potencia. Consola de mezclas y cableado.

Bibliografía básica

[1] DAVIS, G., JONES, R. *Sound Reinforcement Handbook*, Yamaha, 1990

[2] SÁNCHEZ BOTE J.L. *Sistemas de refuerzo sonoro y megafonía*. Dpto. de Publicaciones de la E.U.I.T. de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid 1996

[3] A. G. DIGÓN, P. FERRER, *Configuración y Ajustes de Sistemas de Sonido*, Altaria, 2015

[4] B. MCCARTHY, *Sistemas de sonido: Diseño y Optimización*, Alvalena, 2012.

Bibliografía complementaria

[5] AHNERT, W. *Sound Reinforcement Engineering*. E&FN Spon, 1993

[6] EARGLE, J. y FOREMAN, C. *Audio engineering for sound reinforcement*. Hal Leonard, 2002

Evaluación

Evaluación final: 60%. Examen final.

Evaluación continua: 40%. Entrega de memorias de prácticas (20%). Asistencia a visitas a empresas y conferencias (20%).

No es necesario aprobar el examen final para superar la asignatura.

Mapas de Ruido

1. **Introducción a la Acústica Ambiental, Normativa y Legislación.** (1 crédito) Modelos de fuentes acústicas. Teoría de propagación de ondas. Estándares y normas. Visión general de la legislación estatal.
2. **Herramientas GIS y Software de Predicción Acústica.** (1 crédito) Descripción general y componentes. Uso integrado de ambos software. Modelos de cálculo. Elaboración y representación de mapas.
3. **Instrumentos de Evaluación y Gestión de la Contaminación Acústica.** (1 crédito). Descripción, objetivo y orden de aplicación de cada uno de ellos. Su uso en el panorama actual europeo, nacional y autonómico.
4. **Estudios de Impacto Acústico.** (1 crédito) Ejemplo práctico de estudios de impacto acústico, metodología y empleo de software de propagación acústica.
5. **Proyecto.** (1 crédito) Prácticas. Elaboración de mapas de ruido.

Bibliografía básica

- [1] ISO 1996. *Acoustics—Description, measurement and assessment of environmental noise*
- [2] ISO 9613. *Acoustics—Attenuation of sound during propagation outdoors environmental noise*
- [3] Ley del Ruido, Ley 37/2007
- [4] Acústica Ambiental: análisis, legislación y soluciones, Sociedad Española de Acústica, Ed. Ana Delgado. Temas de Acústica 2, 2009, ISBN: 84-87985-18-1
- [5] Guía de Contaminación Acústica. Junta de Andalucía 2012
- [6] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN) *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*
- [7] Directiva 2002/49/EC del Parlamento Europeo, de 25 de junio de 2002.
- [8] Tutorial de CadnaA. <http://www.datakustik.com/en/cadnaa-webtutorial/>
- [9] Ministerio de Fomento, *Criterios y condiciones técnicas para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la red del Estado*. 2ª fase. Julio de 2010

Bibliografía Complementaria

- [9] P. A. Morgan, P. M. Nelson y H. Steven, *Integrated assessment of noise reduction measures in the road transport sector*
- [10] S. Kephelopoulos, M. Paviotti, and F. Anfosso-Lédée, "Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)," Publications Office of the European Union, JRC72550, 2012.

Evaluación

La evaluación de la asignatura se realizará sobre la memoria o proyecto de estudio de mapas de ruido que cada estudiante deberá presentar antes de la fecha establecida. El procedimiento de evaluación consta de dos etapas:

1. Entrega de la memoria del proyecto individual, así como de los planos de acompañamiento necesarios, en el campus virtual de la UMA.
2. En la fecha prevista para el examen de la asignatura, cada estudiante deberá defender su proyecto y contestar a las preguntas que se le hagan sobre el mismo, estableciéndose una discusión sobre el trabajo realizado y las soluciones propuestas. Dicha evaluación presencial durará un máximo de 15 minutos y será individual para cada alumno.

Tecnología Acústica

1. Aspectos Avanzados sobre Materiales Acústicos. Introducción. Descripción. Caracterización. Medida. Diseño.

2. Control de emisiones sonoras de actividades con amenización musical. Limitadores – controladores sonoros. Instalación, ajuste y certificación.

3. Control de ruido de ventilación. Necesidades de ventilación de maquinaria industrial. Determinación de atenuación global de un sistema de ventilación. Tipos de silenciadores. Cálculo y dimensionamiento de silenciadores.

4. Pantallas acústicas. Tipos de pantallas acústicas. Cálculo y dimensionamiento de pantallas acústicas. Buenas prácticas.

5. Control de las vibraciones. Aisladores de vibración para instalaciones industriales. Aisladores de vibración para sistemas constructivos en edificación.

Bibliografía básica

[1] HARRIS C, *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. McGraw Hill, 1995.

[2] ISO 9613-2:1996. *Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General method of calculation*.

Bibliografía complementaria

[3] CUMMINS J.R., GOLDEN J.B., *Silencer Application Handbook*. Universal, 1993.

Evaluación

La calificación final de la asignatura se basará al 100% en tareas de evaluación continua. Dichas tareas consistirán en la realización de trabajos planteados en clase. Dichos trabajos deberán entregarse en todas las convocatorias de la asignatura. Será posible sustituir el 50% de la evaluación continua por un examen final correspondiente a la mitad de los contenidos de la asignatura.

Audio Musical

- 1. Elementos Constitutivos de la Música.** Facetas de la música. Niveles de abstracción Musical.
- 2. Descripción y Clasificación de los Instrumentos Musicales.** Estudio del timbre de los distintos instrumentos musicales. Aplicaciones y ejemplos prácticos.
- 3. Formatos de Codificación de Audio.** En este tema se estudiará como la señal de audio analógica se convierte en digital. Se verán algunos de los formatos más habituales de codificación y compresión de audio: wav, MIDI, MPEG, MusicXML.
- 4. Caracterización y Clasificación Musical.** Técnicas de discriminación de audio musical. Aplicaciones de la caracterización y clasificación musical.
- 5. Generación de Sonidos Sintéticos y Creación Sonora.** En este tema se estudiarán algunos de los métodos que se utilizan para generar sonido mediante un ordenador. Se verán algunas técnicas básicas de filtrado de señales de audio que permitirán realizar diversos efectos sonoros.

Bibliografía básica

- [1] Calvo Manzano. *Acústica Físico-musical*. Real Musical, Madrid.
- [2] M. Recuero. *Ingeniería Acústica*. Editorial Paraninfo
- [3] Diagram Group. *Cómo conocer los instrumentos de la orquesta*.
- [4] M. Hewitt, *Musical Scales of the World. The note tree*, London.
- [5] F. Alton Everest, *Critical Listening Skills for Audio Professionals*. Course Technology, Boston.
- [6] J. G. Roederer, *Acústica y Psicoacústica de la Música*. Ricordi, New York.
- [7] U. Zölzer, *DAFX- Digital Audio Effects, second edition*, John Wiley & Sons, 2011.
- [8] Lorenzo J. Tardón, Simone Sammartino and Isabel Barbancho, *Design of an efficient music-speech discriminator*, *Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 271-279 (2010), DOI:<http://dx.doi.org/10.1121/1.3257204>.
- [9] E. Pampalk, *Computational models of music similarity and their application in music information retrieval*, Ph.D. thesis, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 2006.

Bibliografía complementaria

- [10] T.D. Rossing, *The Science of Sound (3rd Edition)*. Addison-Wesley.
- [11] J. Murray Barbour, *Tuning and Temperament. A Historical Survey*. Dover, New York.
- [12] V. Pastor, A. Romero, *Acústica Musical*. Rivera Editores, Valencia.
- [13] H. Fastl, E. Zwicker, *Psycho-acoustics. Facts and models*. Springer, New York.
- [14] K. C. Pohlman, *Principles of digital audio*, Mc Graw Hill, 2005.
- [15] S. Theodoridis, A. Pikrakis, K. Koutroumbas, D. Cavouras, *Introduction to Pattern Recognition. A Matlab Approach*, Academic Press, 2010.
- [16] S. Theodoridis, K. Koutroumbas, *Pattern Recognition. Fourth edition*, Academic Press, 2009.
- [17] E. Scheirer and M. Slaney, "Construction and evaluation of a robust multifeature speech/music discriminator," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP'97, 1997, Vol. 2*, pp. 1331-1334.

Evaluación

En la calificación final de las convocatorias ordinarias, la evaluación continua supondrá un 100%

La evaluación continua incluirá:

AE1- Asistencia y participación en clase.

AE2- Asistencia a las actividades organizadas en el marco de la asignatura y realización de un informe sobre las mismas.

AE3- Entrega de problemas y cuestiones prácticas.

AE4- La entrega obligatoria por parte de los alumnos de los guiones de las prácticas que se propongan.

AE5- La realización y presentación de trabajos colaborativos que se propondrán en el transcurso de la asignatura.

La calificación obtenida mediante la evaluación continua en un cierto curso académico se mantendrá para las convocatorias de junio y septiembre. En las convocatorias extraordinarias, la evaluación se realizará por medio de un único examen escrito.

Todos los resultados de aprendizaje se evaluarán con la continua.

Procesado y Masterización

1. **Fases de la Producción y Masterización de audio y sistemas implicados.** Fases del Proceso de Grabación. Elementos del estudio de grabación: recinto, fuentes (micrófonos), mesa de mezclas y monitores. Registro de señales. Técnicas microfónicas. Herramientas para la mezcla y masterización de señales: monitorización, panorama, filtros, ecualizadores, compresores, panorama y efectos temporales.
2. **MIDI.** Estándar MIDI. Controladores, secuenciadores, sintetizadores y samplers. Estación de trabajo de audio digital (DAW). MIDI en directo. Sistema DANTE.
3. **Procesado y mezcla con ProTools Intro.** Introducción a la mezcla de audio (dimensiones). Introducción al secuenciador ProTools Intro. Práctica de edición y mezcla de pistas de audio/MIDI.
4. **Masterización con ProTools Intro,** Objetivos de la masterización y conceptos básicos: dithering, normalización de nivel, corrección estéreo, edición de códigos PQ, informe final. Práctica de masterización con ProTools Intro.

Bibliografía básica

[1] KATZ, B. Mastering audio. Focal Press, 2007

Bibliografía complementaria

[2] MILES, D. The MIDI manual. Focal Press, 2007

[3] SAVAGE, S. The art of digital audio recording. Oxford University Press, 2011

[4] ZÖLZER, U. Digital Audio Effects. Wiley, 2008

[5] TISCHMEYER, F. Internal Mixing. Tischmeyer Publishing, 2008

[6] GIBSON, D. Art of mixing: a visual guide to recording, engineering, and production. Artistpro, 2005

Evaluación

Examen final teórico-práctico con el que se evalúan las actividades formativas AP1.1, AP1.2, AP2.1, ANP2.4, ANP6.1.

Evaluación continua, mediante pruebas orales y/o escritas, de las prácticas de laboratorio con la que se evalúan las actividades formativas AP1.1, AP1.2, AP2.1, AP3.1, ANP2.4, ANP4.2 y ANP6.1.

La calificación se obtendrá ponderando con un 50% la calificación obtenida en el examen final y con un 50% la calificación obtenida en la Evaluación continua. La nota obtenida en la evaluación continua se aplicará a todas las convocatorias hasta nueva impartición de la asignatura.

En los exámenes oficiales de cualquiera de las convocatorias ordinarias y extraordinarias, habrá dos pruebas: una prueba que corresponderá con el 50% de la nota final, y otra prueba (que podrá ser oral y en laboratorio) que permitirá sustituir el 50% restante correspondiente a la evaluación continua que el alumno haya obtenido durante el desarrollo de la asignatura. El alumno deberá solicitar al profesor la realización de esta prueba.

Prácticas de Empresas

Los alumnos deberán realizar prácticas externas en empresas afines al área de Ingeniería Acústica, con la organización y supervisión por parte del Coordinador de Prácticas en Empresa.

La realización de las prácticas requerirá los siguientes pasos:

a) Elaboración del catálogo de plazas para prácticas en empresas: el coordinador contactará con las empresas que pudieran interesarse en ofertar plazas a los alumnos del máster, tanto aquellas que ya lo hicieran en cursos anteriores como aquellas que quisieran añadir a las ya existentes. También los propios alumnos pueden aportar empresas que, en su conocimiento, pudieran interesarse. Al final de este proceso, los alumnos dispondrán de una lista de plazas en prácticas con una breve descripción del trabajo a realizar.

b) Preferencias de los alumnos y asignación: los alumnos manifestarán sus preferencias sobre las plazas ofertadas. El coordinador elaborará la asignación de plazas a alumnos según criterios de expediente y de adecuación entre plaza de prácticas y perfil del alumno. Finalmente, el coordinador publicará una lista de asignaciones. En dicha lista deberá aparecer el tutor de prácticas por parte del profesorado del máster (no necesariamente el coordinador de prácticas) y el tutor por parte de la empresa. Ambos tutores son responsables de que la tarea en prácticas del alumno se adecúe a los contenidos y dedicación descritos en el plan de estudios del máster.

c) Realización de las prácticas: el alumno realiza el periodo de prácticas en los tiempos marcados en el plan de estudios. Este periodo debe comenzar con la firma de un impreso de comienzo de prácticas, por parte de ambos tutores de prácticas y el alumno. Si así lo requieren las tareas encargadas por el tutor de empresa, el alumno en prácticas podrá usar los recursos materiales de la ETSI Telecomunicación.

d) Entrega de memoria de prácticas y evaluación: el alumno, al finalizar su periodo de prácticas, entregará a su tutor de prácticas del máster un documento que describa brevemente las tareas realizadas y la cronología. Dicho documento ha de estar firmado por el tutor de prácticas de la empresa, dando su conformidad. El coordinador de PE evaluará al alumno en base a ese documento y a las consultas con el tutor de empresa y de máster.

Es posible la convalidación de la Prácticas en Empresas según la experiencia profesional que posea el alumno según el procedimiento que se habilite.

Bibliografía básica

[1] Normativa de prácticas externas de la Universidad de Málaga. Universidad de Málaga, 2016. <https://bit.ly/3mHUotN>

Bibliografía complementaria

[2] Portal de gestión de Prácticas en Empresa y Empleo utilizado por las Universidades Públicas Andaluzas, ÍCARO. Manual del demandante. https://icaro.ual.es/Ayuda/ICARO_manual_demandante.pdf

Evaluación

La calificación final la realiza el coordinador de la asignatura, y se basará en los informes de los tutores de la empresa, así como en la memoria de prácticas que debe entregar el alumno. Se supera la asignatura con un mínimo de 5 puntos sobre un total de 10.

Trabajo Fin de Máster

Los alumnos deberán realizar un Trabajo Fin de Máster (TFM), con la organización y supervisión por parte de un tutor individual así como del Coordinador de TFM.

La realización del TFM requerirá los siguientes pasos:

- a) Elaboración del catálogo de plazas para TFM: el Coordinador contactará con los profesores del máster para elaborar un catálogo de posibles trabajos a ofertar a los alumnos. En dicho catálogo aparecerá el tutor del TFM (no necesariamente el coordinador TFM) y una breve descripción del trabajo a realizar.
- b) Preferencias de los alumnos y asignación: los alumnos manifestarán sus preferencias sobre los trabajos ofertados. El coordinador elaborará la asignación de trabajos a alumnos según, fundamentalmente, criterios de expediente y de adecuación trabajo y perfil del alumno.
- c) Realización del TFM y entrega de memoria: el alumno realiza el TFM en el periodo marcado dentro del plan de estudios. Al finalizar este periodo, el estudiante elabora, asistido por sus tutores, y entrega una memoria técnica con la documentación relativa a las especificaciones, diseño, desarrollo y evaluación del trabajo correspondiente.
- d) Evaluación: el alumno, será evaluado por un tribunal en un examen oral según la normativa establecida, sin entrar en perjuicio con las normativas de Trabajos Fin de Estudios de la UMA y la ETSIT. Resumidamente, tras una breve exposición oral, el tribunal formulará las preguntas que considere oportunas para evaluar la calidad técnica y científica del TFM.

Una vez terminado el proyecto (y tras superar todos los créditos de la titulación), el estudiante debe redactar la memoria técnica del TFM que, junto con la exposición oral final, servirán para la evaluación de su trabajo.

El examen del Trabajo Fin de Máster se realizará mediante un acto presencial, en sesión pública, ante un tribunal determinado por la Comisión de Coordinación del Máster, que además determinará la fecha dentro de los periodos estipulados en el apartado anterior. Dicho tribunal se compondrá de tres miembros que ejercerán en calidad de Presidente, Vocal y Secretario/a. La defensa del Trabajo Fin de Máster consistirá en la exposición oral frente a un tribunal de tres miembros del trabajo desarrollado. Para ello el estudiante contará con un tiempo máximo de 30 minutos, tras el que cada uno de los miembros del Tribunal formulará cuantas preguntas estime oportunas para evaluar la calidad técnica del Trabajo Fin de Máster presentado.

Bibliografía básica

- [1] Normativa de Trabajos Fin de Máster de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. ETSIT-UMA, 2017.
https://www.uma.es/media/files/Normativa_TFM_ETSIT_v8.1.pdf

Bibliografía complementaria

- [2] Manual de estilo para la elaboración de la memoria del TFG, E. Casilari Pérez (coord.), ETSIT-UMA, 2014.
https://www.uma.es/media/tinyimages/file/Manual_de_estilo_ETSIT_TFG_TFM_PFC.pdf

Evaluación

Los aspectos a valorar para asignar la calificación de cada Trabajo serán los siguientes:

- Calidad del trabajo realizado: resultados obtenidos, dificultad del tema tratado, actualidad y publicaciones generadas (si las hubiere). (50%)
- Calidad de la exposición oral y de las respuestas a las preguntas planteadas por los miembros del Tribunal. (25%)
- Contenido, organización y redacción de la correspondiente memoria. (25%)

El Trabajo Fin de Máster será calificado, de acuerdo con la reglamentación vigente sobre calificaciones, con una nota numérica entre 0 y 10 (con un decimal), siendo necesario al menos un 5 para aprobar.