



Universidad
de Alcalá

GUÍA DOCENTE

Procesado de Voz y Audio

Grado en
Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación (GIST)

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2022/2023

4º Curso - 1^{er} Cuatrimestre (GIST)

GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	Procesado de Voz y Audio
Código:	390007 (GIST)
Titulación en la que se imparte:	Grado en Ingeniería en Sistemas de Telecomunicación (GIST)
Departamento y Área de Conocimiento:	Teoría de la Señal y Comunicaciones Teoría de la Señal y Comunicaciones
Carácter:	Optativa (Orientada) (GIST)
Créditos ECTS:	6.0
Curso y cuatrimestre:	4º Curso - 1º Cuatrimestre (GIST)
Profesorado:	Roberto Gil Pita (coordinador), Manuel Rosa Zurera, Manuel Utrilla Manso
Horario de Tutoría:	Consultar al comienzo de la asignatura
Idioma en el que se imparte:	Español/ English Friendly

1a. PRESENTACIÓN

Desde los tiempos de la invención del teléfono por Alexander Graham Bell, los ingenieros y científicos han estudiado el fenómeno de la comunicación oral, con el objetivo de crear sistemas más eficientes de comunicación hombre-hombre y de hombre-máquina. Estos estudios se vieron fuertemente impulsados a partir de la década de los años 60 del siglo XX, gracias al desarrollo del tratamiento digital de señales, que asumió un papel central en este tema. Los estudios sobre procesado digital de la voz sirvieron de base en los años 80 del siglo XX para crear nuevos sistemas de procesado de señales de audio, sobre las que han surgido importantes desarrollos comerciales en el mundo de la Telecomunicación.

Los desarrollos paralelos en el campo de la tecnología electrónica y la arquitectura de computadores, y los avances en la teoría del tratamiento digital de señales se han alineado para crear un ambiente tecnológico sin límites virtuales para crear aplicaciones novedosas en telecomunicación con señales de voz y audio.

Esta asignatura se centra en el papel que juega el procesado digital de señales en el desarrollo de este tipo de aplicaciones. Se presentan conceptos básicos sobre la naturaleza de las señales a tratar, los modelos acústicos de producción de estas señales, los modelos existentes para el órgano de la audición, y cómo estos modelos pueden ser aprovechados en aplicaciones tales como codificación de voz y audio, síntesis de audio, y filtrado espacial.

En la asignatura, se estudiarán también otras técnicas, tales como métodos de análisis mediante síntesis, análisis tiempo-frecuencia, análisis homomórfico de señales, filtrado adaptativo, procesado en array, que encuentran aplicaciones en otros muchos problemas relacionados con las tecnologías de telecomunicación.

Prerrequisitos y Recomendaciones:

Para el buen aprovechamiento de la asignatura Tratamiento Digital de Voz y Audio, es conveniente haber cursado la asignatura Tratamiento Digital de Señales.

1b. COURSE SUMMARY

Since the telephone invention by Alexander Graham Bell, engineers and scientist have studied the oral communication phenomenon, for developing more efficient human-to-human and human-to-machine communication systems.

In the 20th century, from the sixties, these studies were driven by the development of signal digital Processing techniques. In the eighties, studies about voice digital signal studies were the base of new audio signal processing systems, which have given rise to important Telecommunications commercial products.

Parallel development in computer architecture and electronic technology, and advances in digital signal processing theory have aligned to build a technological environment that seems to have no virtual limits for creating novel voice and audio telecommunication applications.

This subject focusses on the role of the digital signal processing in the development of this applications. Basic concepts about the signal nature, the acoustic models for voice and audio production, and auditory system models are presented, together with the explanation of how these models can be used in different applications such as voice and audio coding, audio synthesis and spatial filtering.

Besides, other techniques will be studied: synthesis based analysis methods, time-frequency analysis, homomorphic signal analysis, adaptive filtering, array processing. All these techniques are widely applied to many other problems related to telecommunications technology.

2. COMPETENCIAS

Competencias básicas, generales y transversales.

Esta asignatura contribuye a adquirir las siguientes competencias básicas, generales y transversales definidas en el apartado 3 del Anexo de la Orden CIN/352/2009:

TR1 - Conocimiento, comprensión y capacidad para aplicar la legislación necesaria durante el desarrollo de la profesión de Ingeniero Técnico de Telecomunicación y facilidad para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

TR3 - Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética y profesional de la actividad del Ingeniero Técnico de Telecomunicación.

TR8 - Capacidad de trabajar en un grupo multidisciplinar y en un entorno multilingüe y de comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.

Competencias de Carácter Profesional

Esta asignatura proporciona la(s) siguiente(s) competencia(s) de carácter profesional definida(s) en el apartado 5 del Anexo de la Orden CIN/355/2009:

CST1 - Capacidad para construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los sistemas de transmisión.

CST6 - Capacidad para analizar, codificar, procesar y transmitir información multimedia empleando técnicas de procesado analógico y digital de señal.

Resultados de aprendizaje

RA1. Conocer las características de la señal de voz y su modelado, y las técnicas de tratamiento de la señal utilizadas para codificación, síntesis y filtrado de voz y audio.

RA2. Saber implementar herramientas de tratamiento digital específicas en el ámbito del procesado de voz y audio.

RA3. Conocer los principales estándares de codificación de voz y audio.

RA4. Saber implementar sistemas de codificación de voz y de audio, así como sistemas de síntesis de audio, y de filtrado espacial.

RA5. Saber resolver problemas con iniciativa, de forma individual y mediante trabajo en grupo. Saber comunicar los resultados de forma efectiva, tanto en presentaciones orales como por escrito.

3. CONTENIDOS

Bloques de contenido	Total de horas
Tema 1. La señal de voz Fonología y fonética. Características de la voz: pitch y formantes. Modelos de producción de la voz.	4 horas
Tema 2: Percepción auditiva El sentido de la audición. Percepción del volumen sonoro. Bandas críticas. Percepción del pitch. Enmascaramiento temporal y auditivo.	3 horas
Tema 3. Técnicas de procesado de la señal de voz y audio Predicción lineal. Análisis localizado (energía localizada, autocorrelación localizada, transformada localizada de Fourier). Análisis homomórfico. Filtrado adaptativo.	10 horas
Tema 4. Codificación de voz y audio. Muestreo y cuantificación uniforme y no uniforme. Cuantificación vectorial. Codificación sin pérdidas. Codificadores en lazo abierto y en lazo cerrado: codificación predictiva, codificadores de análisis por síntesis. Codificadores en el dominio de la frecuencia: subbanda y por transformadas.	12 horas
Tema 5. Mejora de la calidad de la voz. Medida de la calidad de la voz. Patologías del sistema auditivo. Pérdidas acústicas. Sistemas de ayuda a la audición: audífonos digitales.	10 horas
Tema 6. Audición espacial. Percepción espacial del sonido. Función de transferencia de la respuesta cabeza-torso. Reverberación y distancia. Modelado acústico de la reverberación. Modelo de fuentes espejo.	10 horas
Tema 7. Arrays de micrófonos Aplicación de las técnicas de procesado en array. Mejora de la calidad con arrays de micrófonos: filtrado espacial.	7 horas

4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE. ACTIVIDADES FORMATIVAS

4.1. Distribución de créditos

Número de horas presenciales:	28 horas en grupo grande. 28 horas laboratorio grupo pequeño. 2 horas de exámenes.
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	92 horas: 60 horas de estudio, preparación de trabajos y realización de problemas de forma individual. 32 horas de preparación de prácticas de laboratorio y para realizar informes y memorias.
Total horas	150

4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

La estrategia docente de la asignatura está articulada en tres estrategias de aprendizaje diferenciadas pero cuya interrelación permitirá abordar los objetivos marcados por las competencias descritas anteriormente, a saber: aprendizaje teórico en el aula, aprendizaje en sesiones de trabajo en el laboratorio y autoaprendizaje mediante la elaboración de trabajos.

Aprendizaje teórico en el aula:

Las sesiones de trabajo en el aula, en grupos grandes, consistirán en clases magistrales, donde se expondrán los principales conceptos de la materia en estudio. El objetivo es introducir al alumno en los fundamentos teóricos de la asignatura de una forma guiada, secuencial y reflexiva. La asimilación de estos conceptos culminará con la puesta en práctica de los mismos en los grupos de laboratorio. El apoyo con materiales docentes será fundamental para crear entornos de aprendizaje reflexivo que permita al alumno relacionar conceptos de forma autónoma.

El orden de presentación de los contenidos evolucionará desde lo más simple hasta lo más complejo, con el objetivo de evitar un alto grado de abstracción que pudiera causar en el alumno falta de interés por la asignatura. En cualquier caso, es muy conveniente durante las sesiones de trabajo en el aula, establecer vínculos con otras materias del plan de estudios, y aportar posibles experiencias sobre los contenidos, lo que ayudará a captar la atención del estudiante y fomentará su interés por la asignatura.

Aprendizaje en sesiones de trabajo en el laboratorio:

Las prácticas en el laboratorio componen otro de los escenarios de aprendizaje. Las sesiones de trabajo se realizarán en grupos pequeños, en los que el alumno debe trabajar en equipo. El objetivo es que el alumno profundice sobre los conocimientos teóricos de la asignatura y explore, con la ayuda de un manual de prácticas diseñado para la asignatura, la aplicabilidad de dichos conocimientos.

Dentro del laboratorio, se realizarán las prácticas en grupos de 2 alumnos y a su finalización entregarán al profesor una memoria que recoja el trabajo y las conclusiones obtenidas.

Autoaprendizaje mediante la realización de trabajos:

El último escenario de aprendizaje lo configura la realización de trabajos relacionados con las técnicas y conceptos desarrollados en el aula. El objetivo es que el alumno desarrolle habilidades relacionadas con la búsqueda de información, el manejo de bibliografía y la realización de informes sobre los temas que se les propongan. De igual forma se pretende con los trabajos fomentar el trabajo en equipo – grupos de 2 alumnos, coincidentes con los equipos de trabajo en las prácticas de laboratorio.

5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y calificación

Preferentemente se ofrecerá a los alumnos un sistema de evaluación continua que tenga características de evaluación formativa de manera que sirva de realimentación en el proceso de enseñanza-aprendizaje por parte del alumno.

5.1. PROCEDIMIENTOS

La evaluación debe estar inspirada en los criterios de evaluación continua (Normativa de Evaluación de los Aprendizajes, NEA, art 3). No obstante, respetando la normativa de la Universidad de Alcalá se pone a disposición del alumno un proceso alternativo de evaluación final de acuerdo a la Normativa de Evaluación de los Aprendizaje (aprobada en Consejo de Gobierno de 24 de marzo de 2011 y modificada en Consejo de Gobierno de 5 de mayo de 2016) según lo indicado en su Artículo 10, los alumnos tendrán un plazo de quince días desde el inicio del curso para solicitar por escrito al Director de la

Escuela Politécnica Superior su intención de acogerse al modelo de evaluación no continua aduciendo las razones que estimen convenientes. La evaluación del proceso de aprendizaje de todos los alumnos que no cursen solicitud al respecto o vean denegada la misma se realizará, por defecto, de acuerdo al modelo de evaluación continua. El estudiante dispone de dos convocatorias para superar la asignatura, una ordinaria y otra extraordinaria.

Convocatoria ordinaria

Evaluación continua:

El contenido y temporización de la Evaluación Continua se detallará al comienzo de cada curso en el Plan de Trabajo de la materia, la cual incluirá:

1. Realización de trabajos en grupos reducidos (E1). Cada grupo será responsable de la realización y presentación de trabajos relacionados con los contenidos de la asignatura. En estos trabajos, el alumno profundizará en temas explicados en clase, o que supongan tendencias a explorar dentro del ámbito del procesado de voz y audio. Los temas sobre los que tratarán los trabajos serán presentados en clase, pero el alumno también podrá proponer un tema de su interés, que deberá someterse al criterio académico del profesorado.
2. Realización de prácticas de laboratorio y entrega de las correspondientes memorias (E2). La evaluación considerará la observación sistemática, donde el profesor registrará las principales dificultades y habilidades observadas en cada alumno, a través de entrevistas individuales realizadas de forma periódica, y la realización de una memoria única por práctica, por parte de cada uno de los grupos de alumnos que la hayan realizado. Los alumnos deberán asistir de forma regular a las sesiones de laboratorio y entregar los informes correspondientes a todas las prácticas de laboratorio. Se habilitarán sesiones de recuperación para aquellos alumnos que no hayan asistido a alguna de las sesiones y lo justifiquen documentalmente. Los alumnos, en grupo, entregarán los informes de las prácticas de laboratorio siguiendo el calendario establecido en el Plan de Trabajo de la materia. Estas prácticas serán evaluadas por el profesor responsable del grupo de laboratorio, para comprobar si se han cumplido los objetivos de la misma.
3. Prueba escrita teórico-práctica y de laboratorio (PEF-T+L). Se realizará un examen final para la evaluación de los conocimientos adquiridos en la asignatura.

En el proceso de evaluación continua, la asistencia a las clases teóricas y prácticas es obligatoria, debiendo justificarse las ausencias.

Evaluación mediante examen final

En el caso de evaluación mediante examen final, los elementos de evaluación a emplear serán los siguientes:

- Prueba práctica de laboratorio (PEF-L).
- Prueba escrita teórico-práctica (PEF-T).

Se recomienda a los alumnos que realicen las prácticas de laboratorio durante el desarrollo del cuatrimestre, sustituyendo de esta forma el examen práctico de laboratorio por la evaluación de las memorias correspondientes a las diferentes prácticas.

Convocatoria extraordinaria

El procedimiento será el mismo que el descrito para la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria.

5.2. EVALUACIÓN

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Los procedimientos anteriormente descritos para las convocatorias ordinarias y extraordinarias y los dos

métodos de evaluación, tienen el objetivo de evaluar si el alumno ha adquirido los conocimientos, procedimientos y aptitudes profesionales que se enumeran a continuación:

- CE1.** El alumno conoce las propiedades de las señales de voz y audio.
- CE2.** El alumno conoce el modelo de producción de la voz, su utilidad y la forma de calcular sus parámetros.
- CE3.** El alumno conoce las principales técnicas de codificación de voz y audio.
- CE4.** El alumno conoce los fundamentos sobre síntesis de voz y audio.
- CE5.** El alumno conoce el problema de filtrado espacial y arrays de micrófonos, las principales técnicas utilizadas, y la forma de implementarlas.
- CE6.** El alumno es capaz de diseñar y realizar sistemas de codificación de voz y audio.
- CE7.** El alumno es capaz de diseñar y realizar sistemas de síntesis de voz.
- CE8.** El alumno es capaz de diseñar y realizar sistemas de filtrado espacial y arrays de micrófonos.
- CE9.** El alumno conoce la normativa y la legislación básica en esta disciplina.
- CE10.** El alumno es capaz de trabajar en grupo, en entornos multilingües, y de comunicar de forma oral y escrita, ideas, conocimientos, conclusiones.

INSTRUMENTOS DE CALIFICACIÓN

Esta sección especifica los instrumentos de evaluación que serán aplicados a cada uno de los criterios de Evaluación.

Convocatoria ordinaria. Evaluación continua:

1. Realización de prácticas (E2) y entrega de memorias sobre los siguientes temas
 - Sistemas de codificación de voz.
 - Sistemas de filtrado espacial.
 - Sistemas de procesado de audio.
2. Trabajos de la asignatura (E1): Se realizarán trabajos de carácter teórico-práctico, donde se profundice en aspectos concretos de los sistemas de audio y voz descritos en la asignatura.
3. Prueba escrita teórico-práctica y de laboratorio (PEF-T+L)

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

En la convocatoria ordinaria – evaluación continua la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CST1, CST6, TR1, TR3	RA1- RA5	CE1-CE10	E2	50%
CST1, CST6, TR1, TR3, TR8	RA1- RA5	CE1-CE10	E1	20%
CST1, CST6, TR1, TR3	RA1-RA5	CE1-CE9	PEF-T+L	30%

Teniendo esto en cuenta, en el caso de evaluación continua, la calificación se realizará teniendo en cuenta los siguientes porcentajes y considerandos:

- Realización de trabajos en grupos reducidos: 20%
- Prácticas de laboratorio: 50%.
 - Entrevistas individuales durante el desarrollo de las prácticas: 20%
 - Memorias de las prácticas (nota media de todas ellas): 30%.

- Prueba de evaluación final: 30%

Se otorgará la calificación de “No presentado” al alumno que habiendo optado por el procedimiento de evaluación continua, cumpla alguno de los siguientes requisitos:

1. Cuando el alumno haya incumplido al menos la asistencia al 60% de las clases en grupos reducidos.
2. Cuando el alumno no haya entregado, al menos el 60% de los trabajos solicitados.

Cuando el alumno haya superado los límites de asistencia o entrega de trabajos mencionados en el párrafo anterior, independientemente de su participación en el examen final, no podrá optar a la calificación de “No presentado”.

Convocatoria ordinaria: evaluación mediante examen final

En la convocatoria ordinaria – evaluación final la relación entre los criterios, instrumentos y calificación es la siguiente.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CST1, CST6, TR1, TR3, TR8	RA1- RA5	CE1-CE10	PEF-L	40%
CST1, CST6, TR1, TR3	RA1 - RA5	CE1-CE9	PEF-T	60%

En el caso de evaluación mediante examen final la calificación se realizará teniendo en cuenta los siguientes porcentajes y considerandos:

- Examen práctico de laboratorio: 40%. El examen consistirá en la realización de una prueba práctica en el laboratorio, donde se demuestre la adquisición de las competencias de carácter práctico de la asignatura.

Si los alumnos hubieran realizado las prácticas de laboratorio y entregado las correspondientes memorias, el 30% de la calificación final será el correspondiente a la nota media de las memorias y un 10% a las habilidades en el desarrollo de las mismas.

- Examen escrito teórico-práctico: 60%

Convocatoria extraordinaria

En el caso de las convocatorias extraordinarias se mantendrán los mismos porcentajes que se han establecido en el caso de la evaluación mediante examen final en la convocatoria ordinaria, dando la opción de realizar el examen práctico de laboratorio o de mantener la nota obtenida en prácticas de laboratorio (evaluación continua) o en el examen práctico (evaluación final de la convocatoria ordinaria), según decisión del alumno.

Competencia	Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
CST1, CST6, TR1, TR3, TR8	RA1-RA5	CE1-CE10	PEF-L	40%
CST1, CST6, TR1, TR3	RA1-RA5	CE1-CE9	PEF-T	60%

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía básica

- Digital Processing of Speech Signals, L. R. Rabiner and R. W. Schafer, Prentice-Hall Inc., 1978.
- Speech Communication, Human and Machine, D. O'Shaughnessy, Addison-Wesley, 1987.
- Discrete-Time Processing of Speech Signals, J. Deller, Jr., J. H. L. Hansen, and J. G. Proakis, Wiley-IEEE Press, Classic Reissue, 1999.
- Springer Handbook of Speech Processing and Speech Communication, J. Benesty, M. M. Sondhi and Y Huang (eds.), Springer, 2008.
- Theory and Application of Digital Speech Processing, L. R. Rabiner and R. W. Schafer, Prentice Hall Inc., 2009.
- Audio Signal Processing and Coding, A. Spanias, T. Painter and V. Atti, John Wiley and Sons, 2007.

6.2. Bibliografía complementaria

- Digital Coding of Waveforms, N. S. Jayant and P. Noll, Prentice Hall Inc., 1984.
- Vector Quantization and Signal Compression, A. Gersho and R. M. Gray, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- A Practical Handbook of Speech Coders, R. Goldberg and L. Riek, CRC Press, 2000.
- Digital Speech: Coding for Low Bit Rate Communication Systems, Second Edition, A. M. Kondoz, John Wiley and Sons, 2004.
- Text To Speech Synthesis: New Paradigms and Advances, S. Narayanan and A. Alwan (eds.), Prentice Hall Inc., 2004.
- Text-to-Speech Synthesis, P. Taylor, Cambridge University Press, 2008.
- Fundamentals of Speech Recognition, L. R. Rabiner and B. H. Juang, Prentice Hall Inc., 1993.
- Mathematical Models for Speech Technology, S. E. Levinson, John Wiley and Sons, 2005.
- Speech Enhancement, Theory and Practice, P. C. Loizou, CRC Press, 2007.

Revistas científico-técnicas

- IEEE Transactions on Signal Processing.
- IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing.
- Journal of the Acoustical Society of America.
- Signal Processing.
- Speech Communication.
- Journal of the Audio Engineering Society.

NOTA INFORMATIVA

La Universidad de Alcalá garantiza a sus estudiantes que, si por exigencias sanitarias las autoridades competentes impidieran la presencialidad total o parcial de la actividad docente, los planes docentes alcanzarían sus objetivos a través de una metodología de enseñanza-aprendizaje y evaluación en formato online, que retornaría a la modalidad presencial en cuanto cesaran dichos impedimentos.