



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

GUÍA DOCENTE: Teoría de la Información para Comunicaciones (ID)

Curso Académico: 2017-2018

Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)

Centro: Escuela Politécnica Superior

Universidad: Universidad Autónoma de Madrid

Última modificación: 28/05/2017



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

1. ASIGNATURA (ID)

Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)

1.1. Programa

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)

1.2. Código asignatura

32641

1.3. Área de la asignatura

TSC

1.4. Tipo de asignatura

Obligatoria

1.5. Semestre

Primer semestre

1.6. Créditos

6 ETCS

1.7. Idioma de impartición

Las clases se impartirán en castellano, sin perjuicio a que algunos seminarios pudiesen ser impartidos en inglés.

El material docente se proporcionará fundamentalmente en inglés, sin perjuicio de que pueda ser aclarado en castellano en las clases presenciales.

1.8. Recomendaciones / Requisitos previos

Debido a su ubicación dentro del plan de estudios del Máster, la asignatura no requiere de conocimientos previos obligatorios más allá de los necesarios para ser admitido en el mismo. Sin embargo, sería muy deseable que se tuvieran conocimientos sólidos de probabilidad, estadística y procesos y señales aleatorias.



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

Para ello, se recomienda encarecidamente consultar la siguiente bibliografía recomendada:

- P. Peebles. “Probability, Random Variables and Random Signal Principles”. McGraw Hill, 2002.
- A. Papoulis. “Probability, Random Variables and Stochastic Processes”. McGraw Hill, 2002.

Asimismo, se darán facilidades al estudiante para tener materiales de clase sintetizados en los que se reflejen los contenidos mínimos para cursar la asignatura, a modo de Guía de Estudio para profundizar en el estudio previo de los libros.

1.9. Datos del equipo docente

Nota: se debe añadir @uam.es a todas las direcciones de correo electrónico. Incluir sólo los datos del coordinador

Profesores de teoría y prácticas:

Dr. Daniel Ramos Castro (Coordinador)
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Despacho: C-208
Tel.: +34 91 497 6206
e-mail: daniel.ramos
Web: <http://arantxa.ii.uam.es/~dramos/>

Profesor de prácticas:

Dr. Javier Franco Pedroso
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Despacho: C-215
Tel.: +34 91 497 5723
e-mail: javier.franco
Web: <http://audias.ii.uam.es/>

1.10. Objetivos del curso

El objetivo general de esta asignatura es proporcionar a los estudiantes unos fundamentos sólidos de teoría de la información, y a relacionar dichos conocimientos con la teoría de códigos y esquemas de codificación de fuente y de canal modernos y utilizados en sistemas de comunicaciones en la actualidad.



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

La asignatura parte de la Teoría de la Información clásica. Para ello, y tras un repaso de los fundamentos probabilísticos necesarios, se profundizará en conceptos como entropía de Shannon, información mutua, entropía relativa, etc.

A continuación se profundizará en el modelado de los canales no ideales desde el punto de vista teórico, ahondando en conceptos como capacidad del canal, tipos de canales como el canal gaussiano, etc. Dichos conceptos servirán para describir esquemas de codificación de canal con un enfoque orientado a procedimientos presentes en los actuales sistemas de comunicaciones, y a variantes adaptativas de dichos esquemas.

Tras ello, la asignatura complementa conceptos de codificación de fuente desde un punto de vista teórico. Estos conceptos serán desarrollados y particularizados en relación con estándares de codificación y compresión de contenidos multimedia utilizados en la actualidad. Se hará énfasis en cómo dichos conceptos son implementados en la práctica.

Los resultados del aprendizaje esperados, adaptados de la Memoria de Verificación del Máster, son los siguientes:

- Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la modulación adaptativa y codificación de canal a los sistemas de comunicaciones.
- Capacidad para aplicar métodos de la teoría de la información, la teoría tasa-distorsión, la codificación de canal y la codificación de fuente a los sistemas audiovisuales.

A continuación, se especifican los objetivos generales y específicos de la asignatura Teoría de la Información para Comunicaciones que pretenden alcanzarse.

OBJETIVOS GENERALES	
G1	Comprender los conceptos básicos de Teoría de la Información, como para poder dar soluciones a problemas teóricos complejos utilizando dichos conceptos.
G2	Entender los conceptos de Teoría de la Información relacionados con la caracterización y codificación de canal, como para poder caracterizar dicho canal de forma teórica a partir de dichos conceptos.
G3	Ejemplificar los conceptos teóricos adquiridos en esquemas de caracterización y modelado de canal utilizados en sistemas prácticos de comunicaciones y de manejo de contenidos multimedia, con énfasis en la codificación de canal, y considerando codificación y modulación adaptativa.
G4	Entender los conceptos de Teoría de la Información relacionados con la codificación de fuente con o sin pérdidas de forma teórica, en términos de información entregada al canal.
G5	Ejemplificar los conceptos teóricos adquiridos en esquemas de codificación de fuente utilizados en sistemas prácticos de comunicaciones y de manejo de contenidos multimedia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
TEMA 1.- Teoría de la Información	
1.1.	Repasar y asentar los conceptos básicos de probabilidad y estadística necesarios para el entendimiento de la Teoría de la Información
1.2.	Conocer, dominar y saber demostrar los conceptos básicos de la Teoría de la Información, como entropía, información mutua, divergencia, entropía diferencial,



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

	etc.; así como los elementos más relevantes para manejar dichas magnitudes (desigualdades, teoremas, etc.).
TEMA 2.- Capacidad y Codificación de Canal	
2.1.	Conocer y manejar los elementos de la Teoría de la Información útiles para el modelado de canales, en concreto los relacionados con la capacidad del canal y el teorema de la codificación de canal.
2.2.	Conocer el canal gaussiano, y ser capaz de entender modelos teóricos del mismo.
2.3.	Conocer y dominar esquemas básicos de codificación de canal, y ser capaz de aportar soluciones a problemas relacionados con la detección y corrección de errores.
2.4.	Conocer esquemas de codificación de canal y de modulación adaptativos.
TEMA 3.- Compresión y Codificación de Fuente	
3.1.	Conocer los fundamentos teóricos de la codificación de fuente, en concreto relacionados con la Equipartición Asintótica, tasas de entropía de procesos estocásticos, la teoría tasa-distorsión, etc.
3.2.	Conocer los principales esquemas de codificación de fuente en sistemas actuales de comunicaciones y de gestión de contenidos multimedia.
3.3.	Ser capaz de caracterizar esquemas de compresión y codificación de fuente, así como de aportar soluciones a problemas en los que la información deba manejarse de la forma más eficiente.
3.4.	Ejemplificar los fundamentos teóricos adquiridos en estándares de codificación de fuente que se utilicen en la actualidad para sistemas de comunicaciones y/o de gestión de contenidos multimedia.

Contenidos del programa

1. Teoría de la Información

1.1. Elementos de la Teoría de la Información

2. Compresión y Codificación de Fuente

2.1. Fundamentos teóricos de la compresión y codificación de fuente

2.2. Compresión de datos

2.3. Esquemas modernos de codificación de fuente

3. Capacidad y Codificación de Canal

3.1. Capacidad de Canal

3.2. Canal Gaussiano

3.3. Esquemas modernos de codificación de canal

3.3.1. Códigos bloque.

3.3.2. Códigos basados en grafos y celosías.

3.3.3. Codificación y Modulación Adaptativas (*Adaptive Modulation and Coding, AMC*).



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

1.11. Bibliografía

Los recursos para el aprendizaje por unidad se detallan a continuación. Se distinguen entre lecturas básicas y lecturas recomendadas.

Textos básicos:

- T. Cover and J. Tomas. "Elements of Information Theory, 2nd Ed.". John Wiley and Sons, 2006.
- J. Proakis. "Digital Communications, 5th Edition". McGraw Hill, 2007.
- D. McKay. "Information Theory, Inference, and Learning Algorithms". Cambridge University Press, 2006. Versión online gratuita en <http://www.inference.phy.cam.ac.uk/itila/book.html>.

Textos complementarios:

- J. M. Hernando. "Comunicaciones Móviles, 2ª ed". Centro de Estudios Universitarios Ramón Areces, 2004.
- E. Dahlman y otros. "3G Evolution. HSPA and LTE for Mobile Broadband, 2nd Ed." Academic Press, 2008.
- P. Peebles. "Probability, Random Variables And Random Signal Principles". McGraw Hill, 2002.
- A. Papoulis. "Probability, Random Variables And Stochastic Processes". McGraw Hill, 2002.
- D. Salomon, "Data Compression", 3rd ed., Springer, 2004

Materiales complementarios (transparencias y apuntes disponibles de forma gratuita):

Para algunas partes de la asignatura no cubiertas por la bibliografía básica o complementaria, se podrán facilitar transparencias o materiales de calidad disponibles en la red (como materiales de cursos MIT OpenCourseWare o similares). No obstante, las transparencias son sólo el guion de clase y la referencia a los libros que se han de consultar para tener un máximo aprovechamiento de la asignatura.

Guía de Estudio:

Dado que ninguno de los textos anteriores cubre todo el contenido de la asignatura, se facilitará una Guía de Estudio con los capítulos o secciones de cada texto básico que son de obligada lectura y entendimiento para poder superar la asignatura. Esta Guía de Estudio estará estructurada por las secciones del temario detallado, con el mayor nivel posible de detalle.



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

1.12. Metodología docente

Las clases presenciales programadas en esta asignatura están orientadas a las explicaciones teóricas, a la resolución de problemas, a las prácticas en laboratorio y a la evaluación continua. La actividad presencial se divide, de acuerdo con el horario de la asignatura, en cuatro horas semanales.

Actividad en el aula:

La actividad en el aula se encuentra repartida en tres aspectos: explicaciones teóricas, resolución de problemas y evaluación continua.

La evaluación continua consistirá en la realización de varias pruebas de una o dos horas cada una, a realizar en el horario de teoría de la asignatura.

Aparte de las sesiones especiales de evaluación, el resto de sesiones en el aula se dividirán aproximadamente, en cómputo global, en 20% dedicado a las explicaciones teóricas y 80% dedicado a la realización de ejemplos y problemas. Este esquema corresponde a una metodología más orientada a resolver problemas en clase, y a que los estudiantes trabajen los materiales necesarios fuera de la clase, mediante el apoyo de la Guía de Estudio. Por tanto, se puede decir que se está acudiendo a un esquema de *flipped classroom*.

En *flipped classroom*, las explicaciones teóricas resumirán los conceptos más importantes de cada tema, pero se considera esencial que los estudiantes profundicen posteriormente empleando la bibliografía de la asignatura, con el apoyo de la Guía de Estudio. Esto último es especialmente importante dado el reducido número de horas presenciales con respecto a los ECTS con los que la asignatura cuenta.

Actividad en el laboratorio:

La sesión presencial de prácticas está pensada para introducir la misma, y para dar una guía inicial, así como para contar con sesiones de trabajo con la presencia del profesor para aclarar dudas y guiar el desarrollo de las prácticas. Sin embargo, se cuenta con que las prácticas se deben completar fuera del horario de laboratorio, de acuerdo con la carga programada para ello. Las sesiones prácticas se desarrollarán, a poder ser, de forma individual, aunque en caso de existir limitaciones logísticas se formarán parejas. En cualquier caso, la evaluación es completamente individual.

Las prácticas están pensadas para desarrollar las competencias más prácticas de entre las que la asignatura engloba, y que conciernen a los temas tratados.



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

1.13. Trabajo del estudiante

		Horas	%	Horas	%
Presencial	Clases - Explicación teoría	4	2,6%	63	42%
	Clases - Resolución de problemas	24	16%		
	Clases - Prácticas	28	18,7%		
	Pruebas de evaluación (*)	4+3=7	4,7%		
No presencial	Estudio semanal regulado	42	28%	87	58%
	Estudio y finalización de prácticas	25	16,7%		
	Preparación exámenes (*)	20	13,3%		
Carga total de horas de trabajo: 25 horas x 6 ECTS		150	100%	150	100%

(*) Incluye pruebas de evaluación continua y finales de teoría.

1.14. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final

La evaluación de la asignatura, o nota final (NF), dependerá de la nota de teoría (TE) y de la nota de prácticas (PR), en la siguiente proporción:

$$NF = 0.7*TE + 0.3PR$$

Ambas partes, TE y PR se puntúan sobre 10 puntos. Es necesario obtener una calificación mínima de 5 puntos en TE y PR para poder aplicar la expresión anterior. Si no se cumple esta condición, la calificación numérica que se hará constar en actas será:

$$NF = 0.7*\text{Mín}(5,TE) + 0.3*\text{Mín}(5,PR)$$

Si un estudiante recibe la calificación de “no evaluado” en teoría o en prácticas, su nota final será “no evaluado”.

Nota de teoría, TE:

La nota de teoría TE será el resultado de uno de los dos procesos de evaluación que se describen:

- 1- Evaluación continua (TE-C).
- 2- Evaluación única (TE-U).

Todas las pruebas de evaluación se realizarán sin libros ni apuntes, y no se permitirá el uso de teléfonos móviles, etc. Cada prueba de evaluación consistirá en un



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

conjunto de ejercicios de uno o varios de estos tipos: problemas, preguntas cortas de desarrollo y/o pruebas de respuesta múltiple.

La **evaluación continua** será el proceso asumido por defecto: la nota final de teoría será la media de dos pruebas de evaluación continua (puntuadas sobre 10 puntos), EC1 y EC2, planificadas en el transcurso de la asignatura. El resultado de este proceso será una media de las pruebas realizadas, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$TE-C = 0.5*EC1 + 0.5*EC2$$

La nota de todas las pruebas EC1 y EC2 debe ser cada una de ellas mayor o igual que 3.0 (sobre 10). En caso de que al menos una de las pruebas tenga una calificación inferior a 3.0, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TE-C = 0.5*\text{Mín}(5, EC1) + 0.5*\text{Mín}(5, EC2)$$

El temario que se evalúa en cada prueba de evaluación continua es el siguiente:

- EC1: Temas 1 y 2.
- EC2: Tema 3.

La **evaluación única** es el proceso excepcional dirigido a estudiantes que o bien no siguen el proceso de evaluación continua (TE-C=0), o bien, habiéndolo seguido, optan por presentarse a un examen final (EF) para aprobar o aumentar su nota. Dicho examen final constará de dos partes, que puntúan lo mismo cada una de ellas, y que cubren los siguientes contenidos:

- EU1: Temas 1 y 2.
- EU2: Tema 3.

La calificación se obtendrá según:

$$TE-U = 0,5*\text{Max}(EC1, EU1) + 0,5*\text{Max}(EC2, EU2)$$

Por ejemplo, si un estudiante aprobó holgadamente en EC1, pero suspendió EC2 con menos de un 3, se podría presentar sólo a EU2, sin necesidad de presentarse a EU1.

La nota de todas las pruebas EU1 y EU2 debe ser cada una de ellas mayor o igual que 3.0 (sobre 10). En caso de que al menos una de las pruebas tenga una calificación inferior a 3.0, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TE-U = 0.5*\text{Mín}(5, \text{Max}(EC1, EU1)) + 0.5*\text{Mín}(5, \text{Max}(EC2, EU2))$$

Nota importante: con el objetivo de organizar la logística del examen TE-U, un estudiante que se desee presentar únicamente a EU1 ó a EU2 debe avisar al



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

coordinador de la asignatura por escrito con un plazo mínimo de una semana antes del TE-U. Si esto no ocurre, se entenderá que dicho estudiante, en caso de presentarse a TE-U, se presentará al examen completo.

La calificación de teoría sólo se conserva para la convocatoria extraordinaria del mismo curso académico.

Nota de prácticas, PR:

La nota de prácticas será el resultado de uno de los dos procesos de evaluación que se describen:

- 1- Evaluación continua (PR-C): valoración promedio de los resultados de una prueba por cada una de las prácticas.
- 2- Evaluación única (PR-U): la realización de una prueba o examen final de prácticas (PRF) planificado en la convocatoria ordinaria o en la convocatoria extraordinaria de la asignatura.

La *evaluación continua* será el proceso asumido por defecto.

Nota importante: Sólo se podrán evaluar las prácticas mediante evaluación única en circunstancias excepcionales debidamente justificadas, y previo aviso por escrito (o email si es confirmado) al coordinador de la asignatura hasta 15 días hábiles antes del inicio de la convocatoria ordinaria de exámenes.

La asistencia al laboratorio es obligatoria. Sólo se permitirá faltar por motivos justificados y debidamente documentados a una sesión de prácticas. En este caso, el trabajo de la sesión tendrá que recuperarse en el plazo de una semana, en la forma que se acuerde con el/la coordinador/a de prácticas. En caso de no recuperarse en el plazo dado, y aunque haya sido justificada la ausencia, la práctica se penalizará de forma ponderada al número de sesiones de la misma. La falta de asistencia a dos o más sesiones supone la calificación de NO APTO en prácticas, lo que implica la no superación de la asignatura en la convocatoria presente (ver abajo las normas de evaluación).

La nota de prácticas se desglosará de la siguiente forma:

$$PR-C = 0.5*PR + 0.5*EP$$

donde:

1. PR es la media de las notas de todas las prácticas. Cada una de dichas notas por prácticas podrán ser debidas a una o varias pruebas por cada práctica, se determinarán en el guion de la misma, y podrían ser la entrega de un código, una evaluación oral sobre código desarrollado, una memoria a entregar al profesor, etc.



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

2. EP: Un examen final de prácticas, orientado a completar la evaluación de si un estudiante ha adquirido las competencias que dichas prácticas deben otorgar. La nota de dicho examen se denota EP.

Las notas PR y EP deben ser cada una de ellas mayor o igual que 5.0 (sobre 10). En caso de que al menos una de las pruebas tenga una calificación inferior a 5.0, se aplicará la siguiente fórmula:

$$PR-C = 0.5 * \text{Mín}(5, PR) + 0.5 * \text{Mín}(5, EP)$$

La *evaluación única* es el proceso excepcional dirigido a estudiantes que por causas excepcionales debidamente justificadas no siguen el proceso de evaluación continua (PR-C=0). También es la única posibilidad de evaluación en convocatorias extraordinarias.

Es importante señalar que el apartado anterior implica que la evaluación de prácticas se realizará como examen final única y exclusivamente en los casos en los que la asistencia obligatoria a las prácticas no se pueda realizar con causa justificada. Es decir, si no se aprueban las prácticas en PR-C, y no existe causa que justifique la ausencia de las prácticas, no habrá evaluación única ordinaria, y se pasará directamente a la evaluación única extraordinaria.

Nota importante sobre los exámenes prácticos de tipo PR-U, tanto en convocatoria ordinaria como extraordinaria: por motivos de organización, ha de solicitarse expresamente al coordinador de la asignatura al menos dos semanas antes del inicio de los exámenes de la convocatoria correspondiente.

El examen final de prácticas (PR-U) consistirá en la realización, durante 3 horas, de ejercicios teórico-prácticos y de pruebas diversas cubriendo la diversidad de contenidos del temario. En general, no se permitirá el uso de código desarrollado con anterioridad, libros ni apuntes; pero es posible que haya pruebas en las que el estudiante deba explicar el código al profesor, para lo que se requerirá el uso del mismo.

La calificación final de prácticas se obtendrá según:

$$PR = \text{Max}(PR-C, PR-U)$$

Si por motivos de asistencia (ver arriba) un estudiante es declarado NO APTO en prácticas, su nota de prácticas será 0.

La calificación de prácticas sólo se conserva para la convocatoria extraordinaria del mismo curso académico, salvo si es superior a 7 puntos, en cuyo caso se conserva indefinidamente.

ATENCIÓN: Cualquier copia descubierta que se haya realizado a lo largo del curso, tanto en cualquiera de las actividades de teoría desarrolladas, como en cualquiera de



Asignatura: Teoría de la Información para Comunicaciones (TICom)
Código: 32641
Institución: Escuela Politécnica Superior
Programa: Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación (ing.tel)
Nivel: Máster
Tipo: Obligatoria
ECTS: 6

los apartados de las prácticas, serán penalizadas con rigurosidad, siguiendo las normativas de la UAM y de la EPS.

1.15. Planificación / Cronograma

El siguiente cronograma indica la distribución *orientativa* de contenido, incluyendo la programación de las pruebas de evaluación sobre dicho contenido.

- Tema 1: 2 semanas.
 - Teoría: 4h.
 - Prácticas: 4h.
- Tema 2: 6 semanas.
 - Teoría: 10h.
 - Prácticas: 12h.
 - Examen teórico EC1 (2h).
- Tema 3: 6 semanas.
 - Teoría: 10h.
 - Prácticas: 10h.
 - Examen Teórico EC2 (2h).
 - Examen EP (2h).