



# Teoría de la Información

*Énfasis en Ciencia de la Información y el Conocimiento*  
*Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

## I. Identificación de la Asignatura

- Programa Académico: Doctorado en Ingeniería
- Área Temática: Fundamentos científicos de la información y el conocimiento.
- Nombre de la asignatura en español e inglés:  
Teoría de la información  
Information Theory
- Código:
- Intensidad de horas semana: 4
- Créditos: 4
- Características: Curso electivo con clases magistrales y talleres individuales

## II. Justificación de la Asignatura

La teoría de la información se refiere, fundamentalmente, a la formalidad matemática con que se estudia el problema de la comunicación eficiente y confiable a través de medios ruidosos. De hecho, una parte importante de este curso se dedicará exactamente a ese tipo de problemas: Teoremas fundamentales sobre codificación de fuente y compresión de datos, por un lado, y teoremas fundamentales sobre codificación de canal y detección y corrección de errores, por otro lado. En este contexto, el curso resulta básico para comprender con rigor científico las soluciones tecnológicas a los problemas de sistemas de telecomunicaciones y, desde la teoría de la información multi-usuario, para fundamentar las prácticas ingenieriles de la telemática y las redes de comunicaciones.

Sin embargo hay otro aspecto cada vez más importante de la información: Su naturaleza física. La información requiere medios físicos donde generarse, donde almacenarse, donde comunicarse. Desde tablillas de barro contando las hazañas de los reyes sumerios hasta redes distribuidas de seres humanos interactuando a través de Internet, la información está ligada a los medios físicos que la contienen. Por eso, al establecer límites naturales a lo comunicable y lo procesable, la teoría de la información también ha impactado muchas otras áreas de las ciencias (física, probabilidad y estadística, economía, biología, sociología, ciencias de la computación, etc.). Sólo como un ejemplo definitivo para el estudiante doctoral, el problema de la comunicación eficiente es el mismo problema de la investigación científica: cómo conocer el estado de la naturaleza a partir de las observaciones ruidosas que podemos hacer sobre ella (o cómo conocer el estado del transmisor a partir de las observaciones ruidosas que podemos hacer en el receptor). Insisto: Hoy los físicos han reconstruido la teoría termodinámica sobre la teoría de la información y, sobre la termodinámica, la biología, las ciencias cognitivas, la sociología, la computación, la política y todas las ciencias se están reescribiendo desde la teoría de la información.

En conclusión, los diferentes énfasis del programa de doctorado en la Universidad Distrital están íntimamente relacionados con la información en uno o más de los aspectos mencionados, por lo que se considera fundamental que los doctorandos adquieran las habilidades y conocimientos que se imparten en este curso para abordar sus temas de investigación desde la formalidad de la Teoría de la Información.



### *III. Propósito del Curso*

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Después de este curso el doctorando no sólo comprenderá los fundamentos de la teoría de la información como base de los sistemas modernos de telecomunicaciones sino que reconocerá la conexión de estos conceptos con diferentes áreas de las ciencias de la información y el conocimiento y, en general, con todas las ciencias de su interés.

#### **OBJETIVO ESPECIFICOS:**

Por un lado hay unos objetivos “típicos” de cualquier curso de Teoría de la información que deberemos satisfacer, tales como (1) comprender los conceptos básicos de entropía e información, (2) entender el problema de la codificación de fuente y las correspondientes técnicas de compresión, (3) conocer la capacidad de canal y las correspondientes técnicas de codificación de canal y, como consecuencia de lo anterior, (4) entender el estado actual de las tecnologías de las comunicaciones y, en el caso de la teoría de la información multi-usuario, (5) entender el estado actual de las tecnologías de las redes de comunicación. Por otro lado, en el contexto de la formación como investigadores en el programa de doctorado en ingeniería, se espera que el estudiante (6) aprenda a aplicar herramientas de la teoría de la información en problemas genéricos de inferencia a partir de datos tales como la selección de modelos apropiados para una realidad compleja por estudiar. Precisamente, el estudiante (7) identificará modelos informacionales para medir y estudiar la complejidad de los sistemas que estudia y (8) conocerá la potencialidad de estos modelos en el análisis y diseño de sistemas genéricos en ingeniería.

### *IV. Competencias a Lograr*

Por un lado, el doctorando con intereses en tecnologías de las comunicaciones obtendrá valiosas competencias en el análisis, el diseño y el control de sistemas de telecomunicaciones, que serán de gran utilidad en su proceso de formación como investigador. Pero, en general, el doctorando con intereses más amplios en Ciencias de la Información y las Comunicaciones adquirirá una comprensión formal del problema genérico de la investigación como un problema de detección y estimación bajo medios ruidosos, lo que le facilitará tratar su problema de investigación desde la rigurosidad del modelado y el razonamiento probabilístico, en especial si su tema de investigación está relacionado con áreas como la biología, la física, la economía, la sociología, la computación, la ecología y la política, entre otras áreas típicas de las tesis doctorales en ingeniería de la Universidad Distrital. Esta visión informacional de su tema de investigación le traerá útiles competencias de análisis y síntesis, de toma de decisiones, de creatividad, de uso formal y riguroso de modelos probabilísticos, de creatividad y de aprendizaje autónomo.



## V. Descripción Analítica de Contenidos: Temas y Subtemas

Los temas del curso incluyen los contenidos típicos sobre la definición matemática y las propiedades de la información, el teorema de la codificación de la fuente, la compresión sin pérdidas de datos, la codificación óptima sin pérdidas, los canales de comunicación ruidosos, el teorema de la codificación del canal, el teorema de la separación del canal de la fuente, los canales de acceso múltiple, los canales de transmisión, el ruido gaussiano y la variación en el tiempo. Sin embargo, estos problemas tecnológicos, abordados como problemas genéricos de la capacidad del ser humano para la información y el conocimiento, hablan del problema fundamental de la investigación científica en ingeniería en casi todas las disciplinas científicas. La última parte del curso intentará abarcar algo de estos nuevos aspectos de la teoría de la información:

- |   |
|---|
| 1. Entropía, entropía conjunta, entropía condicional, entropía relativa, información mutua, desigualdades de Jensen y de Fano |
| 2. Principio de equipartición asintótica y sus consecuencias  |
| 3. Tasa de Entropía de procesos estacionarios   |
| 4. Códigos de compresión de datos, desigualdad de Kraft, códigos de Huffman   |
| 5. Capacidad de canales punto a punto, sin ruido, canal binario simétrico, código de Hamming                                  |
| 6. Sistemas continuos y entropía diferencial  |
| 7. El canal Gaussiano   |
| 8. Teoría de tasa de distorsión   |
| 9. Teoría de la información multiusuario, canales de difusión y de acceso múltiple, región de capacidad                       |
| 10. Teoría de la información y Machine Learning   |
| 11. Teoría de la información Física. Principio de Landauer  |
| 12. Teoría de la información en biología, ecología y ciencias sociales  |

## VI. Estrategias Metodológicas y Didácticas

Los contenidos se explicarán en clases magistrales por parte del profesor, pero el trabajo principal será realizado por el estudiante mediante la solución individual de tareas periódicas que le exigirán integrar de manera creativa sus pensamientos lógico, cuantitativo e intuitivo. Parte de dicho trabajo es el estudio personal de un tema particular de interés del estudiante, ojalá directamente relacionado con su trabajo de investigación, y la presentación final de los logros obtenidos en ese estudio.

## VII. Recursos

Las clases magistrales se llevarán en los espacios físicos o virtuales de la Universidad. Se hará uso intensivo de las licencias de Matlab® de la Universidad y del acceso a bases de datos científicas de la Biblioteca de la Universidad.

## VIII. Criterios de Seguimiento y Evaluación

Para medir el aprovechamiento del curso se asignarán no menos de cinco tareas que involucran algunas lecturas y la solución de algunos problemas propuestos. Durante el curso, los participantes estudiarán un tema de interés particular relacionado con su proyecto de investigación y al final escribirán un resumen a manera de artículo de revisión y harán una



presentación ante sus compañeros. Las tareas se usarán para calcular el 70% de la calificación final, y el artículo y la presentación tendrán un peso del restante 30%.

## IX. Bibliografías

El texto de referencia para los primeros nueve temas del curso es el siguiente:

- Cover, T. and Thomas, J. “Elements of information theory”, 2nd edition, Wiley, 2006

Para los temas adicionales se proponen las siguientes lecturas (no son libros de referencia para el curso):

- Battail, G. “Information and Life”, Springer, 2014
- Escolano, F. et al. “Information Theory in Computer Vision and Pattern Recognition”, Springer, 2018
- McKay, D. “Information Theory, Inference and Learning Algorithms”, Cambridge University Press, 2003
- Tzafestas, S. “Energy, Information, Feedback, Adaptation and Self-Organization: The Fundamental Elements of Life and Society”, Springer, 2018

Por último, se recomienda antes del curso ver estas dos referencias de divulgación científica:

- Al-Khalili, J. “Entropy (Order and Disorder) Energy” BBC (<https://www.youtube.com/watch?v=b7iuFIKmkN4>)
- Al-Khalili, J. “The Story of Information” BBC (<https://www.youtube.com/watch?v=qj7HH0PCqIE>)

y leer este libro de divulgación científica:

- Gleick, J. “The Information: A History, a Theory, a Flood”, Random House, 2011

## X. Profesor de la Asignatura

En esta versión el curso estará a cargo de Marco Aurelio Alzate Monroy, Ingeniero electrónico, Magíster en Ingeniería Eléctrica, Doctor en Ingeniería (Correo: [malzate@udistrital.edu.co](mailto:malzate@udistrital.edu.co), página web: <http://comunidad.udistrital.edu.co/malzate>), profesor titular de la Universidad Distrital y participante en los grupos de investigación GITUD e IDEAS.

## XI. Requisitos de Calidad

Versión: 1.1

Fecha de creación: Febrero de 2020

Última modificación: Septiembre de 2020