

Propuesta Inicial

Nuevo Grado Interuniversitario en Ciencia e Ingeniería de Datos

UNIVERSIDAD DE
MURCIA



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Contenido

Datos básicos del título	3
Justificación de la propuesta	10
Referentes externos que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales	12
Demanda estimada	13
Aspectos de internacionalización	14
Memoria de necesidades	14

1. Datos básicos del título

Denominación

Grado Interuniversitario en Ciencia e Ingeniería de Datos

Número de créditos

240 ECTS

Centros proponentes

Facultad de Informática (UM)

Facultad de Matemáticas (UM)

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (UPCT)

Adscripción del título

Facultad de Informática (UM)

Información general

Se propone un nuevo título orientado a dar respuesta a la necesidad de especialistas capaces de extraer significado y poner en valor la inmensa cantidad de datos que se generan en un mundo como el actual donde se estima que en un minuto se transfieren más de 1570 terabytes de información y se calcula que el 90% de la información que la humanidad ha generado en toda su historia se ha creado en los últimos dos años.

El término *Data Science*, que viene siendo traducido al español como ciencia e ingeniería de datos, define una nueva área profesional que hace hincapié en la modelización, el análisis, la visualización y la interpretación de los datos en ámbitos de conocimiento diversos: desde las áreas tradicionales de negocio hasta las artes y las humanidades, pasando por la educación y la salud. El diseño de aplicaciones que aporten valor requiere un conocimiento profundo de materias diversas (como estadística, aprendizaje automático, inteligencia artificial, etc.) para lo cual se hace necesario una formación que proporcione las competencias científicas y tecnológicas necesarias, pero también una experiencia de aplicación en un ámbito concreto y las habilidades transversales que requiere cualquier profesional del s. XXI.

El objetivo del grado sería formar a profesionales expertos en análisis e ingeniería de datos estructurados y no estructurados (texto, audio, vídeo, pruebas médicas, indicadores financieros, etc.), con una sólida base matemática y habilidades propias de la ingeniería que les permitan modelizar y resolver problemas complejos. Es un ámbito de trabajo emergente con aplicaciones tan diversas como, por ejemplo, la informática biomédica, la genómica, la analítica financiera, el estudio de fenómenos físicos, el comercio electrónico, las ciudades inteligentes, los deportes o las redes sociales, entre otras.

Perfil de ingreso

El nuevo título propuesto se orienta hacia un nuevo segmento dentro de los perfiles profesionales de las TICs, tal y como viene recogido en el informe final publicado por el proyecto EDISON (*Education for Data Intensive Science to Open New science frontiers*) iniciado en septiembre de 2015 como un proyecto de investigación e innovación financiado por la Unión Europea dentro del Programa Horizonte 2020 (grant agreement No. 675419).

Si bien se trata de un título ubicado en la rama de conocimiento de Ingeniería y Arquitectura, es innegable la necesidad de una base matemática sólida y unos conocimientos estadísticos amplios en los futuros egresados en este título. Asimismo, los futuros científicos e ingenieros en datos deben ser capaces de aplicar los conocimientos adquiridos en diversos dominios de aplicación que se irán introduciendo en los últimos cursos del grado.

Estructura básica del plan

En primer lugar, se presenta la organización por cursos de las asignaturas y, a continuación, se detallan contenidos y descriptores teórico-prácticos en una agrupación por materias. Las asignaturas de FORMACIÓN BÁSICA (FB) suponen 60 ECTS que se imparten de forma íntegra en 1º. Todas las asignaturas propuestas son de 6 ECTS a excepción del Trabajo Fin de Grado que tiene 12 créditos ECTS.

1 ^{ER} CURSO	
Cálculo I (FB)	Cálculo II (FB)
Matemática discreta (FB)	Fundamentos de probabilidad y AED (FB)
Álgebra lineal (FB)	Optimización I (FB)
Fundamentos de programación (FB)	Estructuras de datos (FB)
Fundamentos de computadores (FB)	Introducción a la ciencia de datos en la IA (FB)
2º CURSO	
Análisis y diseño de algoritmos (OB)	Programación para ciencia de datos (OB)
Bases de datos I (OB)	Bases de datos II (OB)
Fundamentos de redes de datos (OB)	Señales y sistemas (OB)
Fundamentos de inferencia estadística (OB)	Machine learning I (OB)
Optimización II (OB)	Análisis estadístico multivariante (OB)
3 ^{ER} CURSO	
Procesamiento de imagen (OB)	Redes de datos (OB)
Machine learning II (OB)	Deep learning (OB)
Recuperación de información (OB)	Procesamiento paralelo de datos (OB)
Procesos estocásticos y series temporales (OB)	Procesamiento de lenguaje natural y escrito (OB)
Infraestructura para la computación de altas prestaciones (OB)	Visualización de datos (OB)
4º CURSO	
Gestión de proyectos en ingeniería de datos (OB)	Optatividad (OP)
Ciberseguridad (OB)	
Empresa y emprendimiento (OB)	
Optatividad (OP)	Trabajo fin de grado (12 ECTS)



OPTATIVIDAD (30 ECTS)	
Prácticas externas (7,5 ECTS)	Internet de nueva generación y tratamiento de datos (4,5 ECTS)
Modelización de datos multidimensionales y funcionales (4,5 ECTS)	Tecnologías avanzadas de internet en la industria, redes de comunicaciones e infraestructuras (4,5 ECTS)
Laboratorio de optimización (4,5 ECTS)	Redes de distribución de contenidos (4,5 ECTS)
Métodos matemáticos y numéricos en ciencia de datos (4,5 ECTS)	Extensiones de machine learning (4,5 ECTS)
Procesamiento de imagen en medicina (4,5 ECTS)	Aspectos avanzados de imagen y visión (4,5 ECTS)
Analítica de aprendizaje y minería de datos educacionales (4,5 ECTS)	Procesamiento paralelo avanzado (4,5 ECTS)
Interoperabilidad de datos (4,5 ECTS)	

ESTRUCTURA POR MATERIAS Y DESCRIPTORES DE CONTENIDO

Abreviatura	Denominación	ECTS
MAT	Fundamentos Matemáticos	30
PRO	Programación y Algoritmos	24
INF	Infraestructura para el Procesamiento de Datos	18
EST	Procesamiento Estadístico y Optimización	30
IAyML	IA y Machine Learning	24
TEL	Telemática	18
BBDD	Bases de Datos	12
PD	Procesamiento Digital	18
RVD	Recuperación y Visualización de Datos	12
OE	Organización de Empresas	12
OPT	Optatividad	30
TFG	Trabajo Fin de Grado	12
TOTAL		240

A continuación, presentamos los descriptores de contenido de las asignaturas de cada materia.

MAT | FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS (30 ECTS)

<p>Cálculo I (FB) Curso 1º</p>	<p>Números reales. Sucesiones y series. Funciones de una variable real. Límites y continuidad. Cálculo diferencial en una variable y aplicaciones numéricas. Cálculo integral en una variable y aplicaciones numéricas. Series de potencias y de Fourier. Nociones de ecuaciones diferenciales.</p>
<p>Cálculo II (FB) Curso 1º</p>	<p>El espacio euclídeo \mathbb{R}^n y sus conjuntos. Funciones de varias variables reales. Límites y continuidad. Cálculo diferencial en \mathbb{R}^n. Extremos relativos y absolutos. Cálculo integral en \mathbb{R}^n. Integrales de línea y superficie.</p>
<p>Álgebra lineal (FB) Curso 1º</p>	<p>Números complejos, espacios vectoriales. Sistemas de ecuaciones lineales. Métodos numéricos para la resolución de sistemas de ecuaciones. Aplicaciones lineales, matrices y determinantes. Álgebra de matrices, valores y vectores propios, diagonalización. Productos escalares, ortogonalidad, espacios euclídeos, mínimos cuadrados, factorización QR, etc.</p>
<p>Matemática discreta (FB) Curso 1º</p>	<p>Teoría de conjuntos elemental, relaciones (binarias, de equivalencia, de orden). Fundamentos de teoría de grafos (conceptos básicos, conexión, árboles, caminos más cortos, emparejamientos, recorridos en grafos). Aritmética (algoritmo de Euclides, teorema fundamental de la aritmética, ecuaciones diofánticas, congruencias, polinomios). Combinatoria (principio del palomar, permutaciones, combinaciones,</p>

	principio de inclusión-exclusión, particiones, recurrencias).
Fundamentos de probabilidad y AED (FB) Curso 1º	Medidas descriptivas univariantes y representaciones gráficas. Medidas descriptivas multivariantes y representaciones gráficas. Fundamentos de probabilidad. Variables aleatorias y modelos univariantes. Vectores aleatorios. Independencia, concepto y medidas.

PRO | PROGRAMACIÓN Y ALGORITMOS (24 ECTS)

Fundamentos de programación (FB) Curso 1º	Conceptos básicos de programación: algoritmos, variables, tipos de datos, expresiones básicas. Funciones y módulos. Parametrización. Estructuras de control: secuencial, iterativa y condicional. Definición y uso de tipos de datos básicos, estructurados y contenedores. Operaciones de entrada/salida con ficheros. Recursividad
Estructuras de datos (FB) Curso 1º	Abstracciones y especificaciones. Tipos abstractos de datos. Conjuntos y diccionarios. Árboles. Grafos. Algoritmos para trabajar con grafos
Análisis y diseño de algoritmos (OB) Curso 2º	Análisis y complejidad de algoritmos Esquemas algorítmicos <ul style="list-style-type: none"> - Divide y vencerás - Algoritmos voraces - Programación dinámica - Backtracking
Programación para Ciencia de Datos (OB) Curso 2º	Tipos de lenguajes y paradigmas de programación para ciencia e ingeniería de datos Conceptos de programación funcional Conceptos de programación Orientación a objetos



	<p>Programación con streams Patrones de diseño Recursos para el programador: control de versiones, depuración, testing, integración, notebooks</p>
--	--

INF | INFRAESTRUCTURA PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS (18 ECTS)

<p>Fundamentos de computadores (FB) Curso 1º</p>	<p>Representación de la información (codificación de caracteres, enteros y números reales). Arquitectura Von Newman: procesador, memoria, E/S. Software de Sistema (Sistema operativo, Librerías del sistema). Sistemas de Almacenamiento.</p>
<p>Infraestructura para la computación de altas prestaciones (OB) Curso 3º</p>	<p>Clusters de computadores (tipos, arquitectura y componentes, administración y despliegue, middleware para clusters, clusters de alta disponibilidad). Cloud computing (Modelos de servicio y despliegue, Proveedores cloud públicos, Middleware para cloud). Sistemas de almacenamiento (Redes de almacenamiento SAN/NAS, Sistemas de ficheros distribuidos, Almacenamiento en Cloud)</p>
<p>Procesamiento paralelo de datos (OB) Curso 3º</p>	<p>Introducción a la computación paralela. Modelos de programación paralela. Computación paralela intensiva en datos (paralelismo de datos, modelos y abstracciones). Software y entorno de ejecución específico para análisis avanzados.</p>

EST | PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO Y OPTIMIZACIÓN (30 ECTS)

<p>Fundamentos de inferencia estadística (OB) Curso 2º</p>	<p>Distribución en el muestreo. Estimación paramétrica (método de máxima verosimilitud) y no paramétrica (estimación tipo núcleo). Intervalos de confianza. Contrastes de</p>
--	---

	<p>hipótesis paramétricos y no paramétricos (contrastes más relevantes). Introducción a la inferencia bayesiana. Muestreo en poblaciones finitas (estratificado y por conglomerados). Métodos de simulación y remuestreo: Monte-Carlo y Bootstrap.</p>
<p>Análisis estadístico multivariante (OB) Curso 2º</p>	<p>Métodos de regresión: Lineal, logística y multinomial. Validación de los modelos y predicción. Multicolinealidad y selección de variables regresoras. Análisis de componentes principales. Clasificación supervisada: Análisis discriminante. Clasificación no supervisada: Métodos jerárquicos y k-medias.</p>
<p>Procesos estocásticos y series temporales (OB) Curso 3º</p>	<p>Procesos estocásticos: estacionarios y no estacionarios. Cadenas de Markov. Procesos de renovación, de conteo y Gaussianos. Análisis de Series temporales. Modelos de series temporales. Predicción con variables exógenas. Validación del modelo y medidas de error.</p>
<p>Optimización I (FB) Curso 1º</p>	<p>Optimización lineal. Método símplex. Dualidad. Optimización con variables enteras. Métodos de ramificación y acotación. Métodos de hiperplanos de corte. Métodos heurísticos.</p>
<p>Optimización II (OB) Curso 2º</p>	<p>Convexidad. Condiciones de optimalidad para problemas sin restricciones. Métodos de optimización para problemas sin restricciones. Condiciones de optimalidad para problemas con restricciones. Métodos de direcciones factibles. Métodos de penalización. Otros métodos.</p>

IAyML | INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y MACHINE LEARNING (24 ECTS)

<p>Introducción a la ciencia de datos en la inteligencia artificial (FB) Curso 1º</p>	<p>Inteligencia artificial y ciencia e ingeniería de datos. Origen y evolución del Machine Learning. Descripción del perfil de un científico de datos. Ámbitos de la ciencia e ingeniería de datos. Ejemplos de aplicación por ámbitos y sectores. Aspectos éticos de la IA para la ciencia de datos. Toma de decisiones éticas. Representación del conocimiento y técnicas de razonamiento. Técnicas de búsqueda.</p>
<p>Machine Learning I (OB) Curso 2º</p>	<p>Introducción al Machine Learning. Clasificación y regresión. Aprendizaje no supervisado. Clustering. Redes autoorganizadas (SOM) y cuantificadores vectoriales con aprendizaje (LVQ). Aprendizaje supervisado. Subajuste, sobreajuste y generalización. K-NN y ventanas de Parzen. Perceptrón monocapa y multicapa (MLPs), máquinas basadas en núcleos, máquinas de vectores soporte (SVM). Maldición de la dimensionalidad. Extracción y selección de características. Árboles de decisión.</p>
<p>Machine Learning II Curso 3º</p>	<p>Soft-computing y razonamiento aproximado. Razonamiento probabilista. Método probabilístico clásico. K-NN y ventanas de Parzen. Redes Bayesianas. Datos secuenciales. Modelos de Markov. Modelos ocultos de Markov. Algoritmos genéticos y técnicas evolutivas en ML. Procesado de datos con valores perdidos. Imputación. Evaluación de prestaciones y calidad. Conjuntos desequilibrados. Aprendizaje multitarea.</p>
<p>Deep Learning Curso 3º</p>	<p>Introducción a las redes de aprendizaje profundas. Redes progresivas</p>



	<p>profundas. Redes auto-codificadoras profundas ('denoising', 'contractive' y 'sparse'). Redes profundas convolucionales (clásicas y de cápsulas). Redes profundas recurrentes. Redes generativas (Boltzman, variacionales y adversarias). Aplicaciones por tipo de datos (audio, imagen, video) y sectores (empresa, bioingeniería, medicina).</p>
--	--

TEL | TELEMÁTICA (18 ECTS)

<p>Fundamentos de redes de datos Curso 2º</p>	<p>Introducción a las redes de datos. Sistemas terminales, clientes y servidores y tipos de servicios. Clasificación de redes. Redes de acceso. Arquitectura en capas (OSI, TCP/IP). Redes de acceso y tipos de medios. Nivel físico y nivel de enlace. Técnicas de acceso al medio en sistemas de transmisión de medio compartido. Arquitectura interna del nivel de red y principales métodos de interconexión de subredes. Funcionamiento del protocolo IP. Direccionamiento y encaminamiento IP.</p>
<p>Redes de datos Curso 3º</p>	<p>Servicios proporcionados por el nivel de transporte. Protocolos TCP y UDP. Principios básicos de los modelos, servicios y protocolos del nivel de aplicación, así como la arquitectura de las aplicaciones distribuidas más tradicionales en Internet. Servicios avanzados: redes sociales, sistemas de directorios para gestión de la información, almacenamiento distribuido, virtualización, sistemas descentralizados, etc. Redes avanzadas: redes de sensores y redes móviles.</p>



<p>Ciberseguridad Curso 4º</p>	<p>Introducción a la ciberseguridad. Principios de seguridad y protección de datos. Ataques. Sistemas de control de acceso. Protocolos de seguridad. Gestión y administración de la seguridad. Privacidad. Aspectos legales y normativa.</p>
------------------------------------	--

BBDD | Bases de Datos (12 ECTS)

<p>Bases de datos I (FB) Curso 1º</p>	<p>Sistemas de bases de datos. Diseño de bases de datos. Modelo relacional de datos. Integridad de datos. Lenguajes de consulta.</p>
<p>Bases de datos II Curso 2º</p>	<p>Diseño y consulta en bases de datos NoSQL (Bases de datos de grafos, documentales, clave-valor, tabulares). Transacciones en bases de datos relacionales y NoSQL. Optimización de consultas en bases de datos SQL y NoSQL. Programación con bases de datos.</p>

PD | Procesamiento digital (18 ECTS)

<p>Señales y Sistemas Curso 2º</p>	<p>Conceptos básicos de señales y sistemas. Propiedades de sistemas. Sistemas lineales e invariantes en el tiempo (LIT): la operación de convolución y la respuesta al impulso. Señales de tiempo continuo y discreto en el dominio de la frecuencia: el desarrollo en serie de Fourier, la transformada de Fourier y la transformada discreta de Fourier. Sistemas LIT en el dominio de la frecuencia: respuesta en frecuencia. Muestreo de señales y reconstrucción. El teorema de muestreo.</p>
--	--

<p>Procesamiento de imagen</p> <p>Curso 3º</p>	<p>Fundamentos de la imagen digital. Formatos. Transformaciones en el dominio espacial y frecuencial. Filtros lineales y no lineales. Extracción de características. Segmentación y clasificación. Introducción a la visión artificial. Aplicaciones.</p>
<p>Procesamiento de lenguaje natural y escrito</p> <p>Curso 3º</p>	<p>Procesamiento del lenguaje natural. Niveles de procesamiento. Procesamiento léxico-morfológico. Tokenización, stemming, lematización, expresiones regulares. POS Tagging. Procesamiento y análisis sintáctico y semántico del lenguaje. Análisis sintáctico superficial y análisis de dependencias. Semántica léxica, distribucional, desambiguación. Extracción y recuperación de información. Extracción de entidades, extracción de relaciones, modelos espacio vectorial, sistemas pregunta-respuesta. Clasificación de textos. Modelos del lenguaje. Análisis de sentimiento y emociones. Deep learning en PLN. Procesamiento del habla.</p>

RVD | Recuperación y Visualización de Datos (12 ECTS)

<p>Recuperación de información</p> <p>Curso 2º</p>	<p>Heterogeneidad de datos en Internet. Fuentes de datos abiertas. Datos estructurados y semi-estructurados. Tipos de acceso por software. Metadatos y semántica. Modelos de recuperación de información. Métricas de evaluación. Análisis basado en enlaces. Web crawling.</p>
<p>Visualización de Datos</p> <p>Curso 4º</p>	<p>Fundamentos y elementos del diseño gráfico (parámetros visuales y estilo, composición, forma, color, tipografía, representación) aplicados a la</p>



	<p>visualización de datos. Características, dimensionalidad, análisis exploratorio de datos, agregación de datos.</p> <p>Comunicar con datos: Comunicación cuantitativa y análisis visual de datos; Percepción y diseño visual con datos; principios de diseño; presentaciones públicas con datos. Diseño de tablas y gráficos: componentes; soluciones en el diseño de tablas Análisis visuales: tipos de relaciones cuantitativas; técnicas y presentaciones específicas.</p> <p>Visualización de datos jerárquicos, relaciones entre datos mediante grafos y redes. Visualización de datos 3D y multidimensionales. Interacción y visualización. Librerías software de visualización de datos</p>
--	--

OE | ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS (12 ECTS)

<p>Gestión de proyectos en ingeniería de datos (OB)</p> <p>Curso 4º</p>	<p>Plan y políticas de gestión de datos en el proyecto. Data Management Plan. Gestión del ciclo de vida del dato. Sostenibilidad del dato y del proyecto. Gestión de proyectos. Metodologías ágiles. Gestión de la calidad de datos y de proyectos.</p>
<p>Empresa y emprendimiento (OB)</p> <p>Curso 4º</p>	<p>Conceptos básicos de Economía y su relación con la Empresa. Ciencia de Datos y su encaje en la organización interna de la Empresa. Impacto de la de la Ciencia de Datos en los resultados empresariales. El emprendedor: Concepto y herramientas de gestión. Importancia del Marketing digital.</p>

OPT | OPTATIVIDAD (30 ECTS)

<p>Prácticas Externas</p>	<p>Las prácticas externas son una actividad de naturaleza formativa</p>
---------------------------	---



<p>Curso 4º</p>	<p>realizada por los estudiantes en empresas, entidades e instituciones públicas o privadas bajo la dirección de personal externo a la universidad, pero supervisadas por la universidad. El objetivo de las prácticas externas es aplicar y complementar los conocimientos adquiridos por los estudiantes en su formación académica, favoreciendo la adquisición de competencias que le preparen para el ejercicio de actividades profesionales y faciliten su inserción en el mercado de trabajo.</p>
<p>Modelización de datos multidimensionales y funcionales Curso 4º</p>	<p>Modelización de la dependencia en datos multidimensionales: cópulas e inferencia. Modelización de datos funcionales. Representación mediante bases de funciones. Técnicas para el análisis de datos funcionales.</p>
<p>Laboratorio de optimización Curso 4º</p>	<p>Se estudiarán diferentes técnicas y modelos de Investigación Operativa aplicados a la resolución de problemas que se presentan en la industria, en la administración pública, en logística y en otros sectores (modelos de transporte, modelos de asignación de recursos, modelos de optimización en redes, modelos de rutas, modelos de localización, modelos de secuenciación de tareas, modelos de empaquetamiento óptimo, modelos de optimización multi-objetivo, etc.).</p>
<p>Métodos matemáticos y numéricos en ciencia de datos Curso 4º</p>	<p>Variable compleja (derivadas, desarrollos de potencias, fórmulas de representación integral, etc.). Análisis funcional y teoría de Fourier (espacios normados, espacios de Hilbert, teorema de representación de Riesz, etc.). Ecuaciones diferenciales</p>

	<p>(modelos diferenciales de poblaciones, de difusión y de transporte, etc.). Métodos numéricos (matriciales y para ecuaciones no lineales) en altas dimensiones (métodos de Krylov, métodos de Newton y quasi-Newton, etc.).</p>
<p>Procesamiento de imagen en medicina Curso 4º</p>	<p>Sistemas de información biomédicos y clínicos. Estándares e interoperabilidad. Modalidades de imagen médica: Ecografías, mamografías, retinografías, entre otras. Técnicas de 'Machine Learning' (ML) para el procesado de imagen médica.</p>
<p>Analítica de aprendizaje y minería de datos educacionales Curso 4º</p>	<p>Estudio de técnicas de análisis de datos provenientes de entornos educacionales con el propósito de entender el aprendizaje y mejorar el entorno donde sucede. Parte teórica: Se aplicarán técnicas variadas cuantitativas (testeo de hipótesis, interfaces de visualizaciones, modelos de clasificación/regresión, social network analysis), técnicas cualitativas (codificación, encuestas) y de procesado de señal multimodal (biométricas, audiovisuales y de otros sensores), todo ello aplicado en contextos educacionales. Prácticas orientadas al aprendizaje basado en proyectos mediante distintos juegos de datos educacionales de formato cuantitativo, cualitativo y multimodal.</p>
<p>Interoperabilidad de datos Curso 4º</p>	<p>Principios FAIR para la reutilización e interoperabilidad de datos. Interoperabilidad semántica de datos basada en formatos y recursos de conocimiento estandarizados. Análisis, explotación y evaluación de conjuntos</p>

	<p>de datos y grafos de conocimiento reutilizables e interoperables. Implementaciones tecnológicas aplicadas en dominios complejos.</p>
<p>Internet de nueva generación y tratamiento de datos Curso 4º</p>	<p>Fundamentos de IoT, sus comunicaciones y escenarios. Protocolos y Tecnologías de comunicación en Internet de Nueva Generación. Intercambio y gestión de datos en escenarios IoT. Integración de fuentes de información abierta y big data. Seguridad y privacidad en la Internet de Nueva Generación. Blockchain y tecnologías de registro distribuido para la Internet de Nueva Generación.</p>
<p>Tecnologías avanzadas de internet en la industria, redes de comunicaciones e infraestructuras Curso 4º</p>	<p>IoT en la industria, redes de comunicaciones y en las infraestructuras. Sistemas ciber-físicos y procesamiento de datos en tiempo real. Procesamiento complejo de eventos (CEP) y tratamiento inteligente de datos. Gestión y procesamiento de datos IoT masivo en streaming. Principales escenarios de aplicación: domótica, edificación inteligente, ciudades inteligentes, industria, agricultura, seguridad, etc.</p>
<p>Redes de distribución de contenidos Curso 4º</p>	<p>Introducción a las redes de distribución de contenidos. Codificación y multiplexación de la información (audio y vídeo). Arquitecturas de los servicios de distribución de contenidos. Contenidos bajo demanda. Contenidos en directo. Transmisión multicast. Content Delivery Networks (CDN).</p>



	Redes peer-to-peer. Computación distribuida.
Extensiones de machine learning Curso 4º	Meta-heurísticas Bioinspiradas en Ciencia de Datos. Algoritmos evolutivos, Colonias de hormigas, optimización por enjambre de partículas, búsqueda cuco, halcones de harris. Máquinas de aprendizaje extremo (ELM) y profundas (Deep-ELM). Aprendizaje multitarea (MTL) y profundo (Deep-MTL). Aspectos avanzados de las máquinas generativas adversarias (GAN). Funciones de error, mejoras en entrenamiento y convergencia. 'Stacking'. Métricas de evaluación. GAN profundas. Aplicaciones
Aspectos avanzados de imagen y visión Curso 4º	Reconstrucción de imagen a partir de proyecciones y transformaciones de coordenadas. Análisis de texturas y descriptores de imagen. Técnicas de emparejamiento de imágenes. Extracción avanzada de features. Descriptores de imagen. Técnicas de reconocimiento y clasificación visual de objetos. Arquitecturas de deep learning para visión por computador. Geometría visual. Flujo óptico. Modelos de cámara. Geometría de múltiples vistas. Aplicaciones en reconstrucción 3D, mapping, navegación visual, realidad aumentada y visión industrial. Librerías computacionales para visión por computador.
Procesamiento paralelo avanzado Curso 4º	Procesamiento paralelo en arquitecturas de memoria compartida y distribuida: Directivas de paralelización, Técnicas de optimización, Librerías de paso de mensajes, E/S paralela. Procesamiento paralelo en arquitecturas

	heterogéneas: Uso de aceleradores hardware, Procesamiento híbrido. Casos de estudio intensivos en datos.
--	--

TFG | TRABAJO DE FIN DE GRADO (12 ECTS)

Trabajo de Fin de Grado Curso 4º	De acuerdo con los objetivos y contenidos establecidos en las materias de carácter obligatorio y formación básica, los estudiantes deberán realizar, presentar y defender un trabajo en el que demuestren las competencias específicas asociadas al título, adquiridas a lo largo de los cuatro años de estudios.
-------------------------------------	---

2. Justificación de la propuesta**Interés académico, científico o profesional y demanda social¹**

La Comisión Europea realizó en 2014 un informe donde indicaba la existencia de una nueva revolución industrial basada en los datos digitales, la computación y la automatización. En este informe se estimaba que a partir del 2015 la tecnología y los servicios basados en Ciencia e Ingeniería de Datos tendrían un crecimiento anual de un 40%. El *World Economic Forum* publicó en 2016 un informe donde analiza el futuro de los empleos, e indica que, para el año 2020, los profesionales con capacidades para el tratamiento de datos serán críticos en todo el mundo para todo tipo de industrias. Por último, la profesión de *Data Science* ha sido elegida, en 2018, por tercer año consecutivo la mejor profesión en América, según el portal americano *Glassdoor*. Además, otros cinco perfiles relacionados con el análisis y la ciencia de datos están incluidos en la lista, que clasifica las 50 mejores profesiones del momento, atendiendo a parámetros como el salario base, la satisfacción de los profesionales y el número de puestos ofertados.

En el ámbito nacional también hay informes que confirman la demanda laboral presente y futura del perfil propuesto. En el informe ADECCO “El futuro del trabajo en España 2016” se detallan los sectores que liderarán la creación de empleo en el período 2020-2025, siendo el sector de la Tecnología e I+D+i el más

¹ Extraído del apartado de demanda laboral de la memoria del Grado en Ciencias de Datos de la Universidad de A Coruña. Las referencias a los distintos informes se encuentran en la memoria de verificación del título.

destacado, con diferencia (con un 92,5% frente al 80% que obtiene el sector del Turismo que está en segunda posición). De hecho, de las distintas tecnologías que podrían tener impacto en el trabajo en el futuro, los entrevistados en el informe de ADECCO otorgan la puntuación mayor a aquellas relacionadas con la gestión o análisis de la información (bases de datos inteligentes, soluciones en la nube, internet de las cosas o Big Data). Estas tecnologías reciben entre 4,550 y 4,775 puntos en una escala del 1 al 5.

El reciente estudio 'EPyCE 2017: posiciones y competencias más demandadas', de la EAE Business School y la CEOE, destaca que las posiciones más difíciles de cubrir, las más buscadas por las empresas en España, son las relacionadas con el Big Data, con un porcentaje del 10,11% sobre el total, y muy lejos de la segunda posición, los ingenieros informáticos, con un 5,85% sobre el total. Este mismo estudio indica que, según las empresas, en un futuro próximo las posiciones tecnológicas de Big Data (7,61%) y Data Science (4,57%) ocuparán el primero y segundo lugar como las más demandadas.

Así pues, todos estos informes señalan que los profesionales con formación en *Data Science* forman parte hoy en día de los perfiles más demandados. Además, debemos destacar que esta demanda es transversal a un gran número de sectores industriales y profesionales.

Muestra de dicho interés es que ya sean varias las universidades que han empezado a implantar grados en Ciencia e Ingeniería de Datos promovidos tanto desde Facultades de Informática como de Matemáticas o ETS de Telecomunicaciones. Se observa, además, que varias universidades empezaron con una oferta de máster en esta temática y ahora pasan a ofertar titulaciones de grado que permiten una mayor formación en esta disciplina. Otro aspecto a destacar es el gran aumento en el número de títulos ofertados que se ha producido en el último año, pasando de 10 a 17 títulos de grado relacionados con Data Science, lo que vuelve a mostrar el gran interés existente y una cierta consolidación de dichos estudios. Una búsqueda en el Registro de Universidades, Centros y Títulos (RUCT)² proporciona el siguiente listado:

² Consultado el 28/10/2020 01/02/2019



Código	Título	Universidad	Nivel académico	Estado	
2503774	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos Aplicada / Applied Data Science por la Universitat Oberta de Catalunya	Universitat Oberta de Catalunya	Grado	Publicado en B.O.E.	
2504021	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial por la Universidad de Deusto	Universidad de Deusto	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503924	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos por la Universidad Europea de Valencia	Universidad Europea de Valencia	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503690	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos por la Universidad Pública de Navarra	Universidad Pública de Navarra	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503664	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos por la Universitat de València (Estudi General)	Universitat de València (Estudi General)	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503653	Graduado o Graduada en Ciencia de Datos por la Universitat Politècnica de València	Universitat Politècnica de València	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503952	Graduado o Graduada en Ciencia e Ingeniería de Datos por la Universidad de A Coruña	Universidad de A Coruña	Grado	Publicado en B.O.E.	
2504047	Graduado o Graduada en Ciencia e Ingeniería de Datos por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503524	Graduado o Graduada en Ciencia e Ingeniería de Datos por la Universidad Politécnica de Catalunya	Universidad Politécnica de Catalunya	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503783	Graduado o Graduada en Data Science and Engineering/Ciencia e Ingeniería de Datos por la Universidad Carlos III de Madrid	Universidad Carlos III de Madrid	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503737	Graduado o Graduada en Datos y Analítica de Negocio / Bachelor in Data and Business Analytics por la IE Universidad	IE Universidad	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503728	Graduado o Graduada en Gestión Empresarial Basada en el Análisis De Datos (Business Analytics) por la Universidad Europea de Madrid	Universidad Europea de Madrid	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503758	Graduado o Graduada en Ingeniería de Datos por la Universidad Autónoma de Barcelona	Universidad Autónoma de Barcelona	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503578	Graduado o Graduada en Ingeniería en Matemática Aplicada al Análisis de Datos por la Universidad Europea de Madrid	Universidad Europea de Madrid	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503429	Graduado o Graduada en Ingeniería Matemática en Ciencia de Datos / Mathematical Engineering on Data Science por la Universidad Pompeu Fabra	Universidad Pompeu Fabra	Grado	Publicado en B.O.E.	
2503740	Graduado o Graduada en Matemática Computacional y Analítica de Datos por la Universidad Autónoma de Barcelona	Universidad Autónoma de Barcelona	Grado	Publicado en B.O.E.	

La existencia de una creciente demanda de profesionales expertos en Ciencia e Ingeniería de Datos pone de manifiesto su escaso número, es decir, la limitada oferta formativa en este campo, tanto a nivel internacional como nacional. Los grados oficiales españoles relacionados con este campo son de reciente creación o están en proceso de verificación. Y, geográficamente, no existe oferta en las universidades limítrofes con la Universidad de Murcia.

Además, y analizando los diferentes planes de estudio existentes, se observa que más del 90% de las asignaturas planteadas, se adscriben a áreas de conocimiento propias de los departamentos vinculados a las Facultades de Matemáticas y de Informática, así como de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Telecomunicaciones. Dichos departamentos cuentan además con grupos de investigación potentes en varios de los ámbitos de aplicación de *Data Science* lo que juega a nuestro favor a la hora de implantar el título.

Perfil de egreso

Las asignaturas propuestas en el Grado en Ciencia e Ingeniería de Datos permiten cubrir los dos perfiles más relevantes en este ámbito: el científico de datos, centrado en el análisis de los datos para extraer valor de ellos, y el ingeniero de datos, más centrado en la gestión de infraestructuras para hacer posible el proceso de análisis. Combinando el estudio de materias como las matemáticas y la informática, con el manejo avanzado de las nuevas tecnologías digitales de la información y la comunicación (estadística, inteligencia artificial, aprendizaje autónomo, etc.), el egresado de esta titulación se convertirá en un perfil muy atractivo a la hora de cubrir las necesidades que se están dando en el mercado laboral.

Referentes externos que avalen la adecuación de la propuesta a criterios nacionales o internacionales

En los últimos años varios organismos han ido publicando diferentes propuestas de contenidos relacionados con *Data Science*. Así en 2016, **The Park City Math Institute** realizó un workshop de tres semanas en donde participaron 25 facultades de informática, estadística y matemáticas con el fin de consensuar un informe y una propuesta de currículum que sirviera como guía de los programas de grado en *data science*. La afirmación clave del informe indicaba que dichos programas debían centrarse en los datos: *“The recursive data cycle of obtaining, wrangling, curating, managing and processing data, exploring data, defining questions, performing analyses, and communicating the results lies at the core of the data science experience.”*

Se obtuvieron una lista de competencias clave que mostraban el carácter interdisciplinar de la ciencia de datos:

- Computational and statistical thinking
- Mathematical foundations
- Model building and assessment
- Algorithms and software foundation
- Data curation
- Knowledge transference – communication and responsibility

En el 2017, *The National Academies of Science, Engineering and Medicine* presentan un informe sobre *Data Science* en titulaciones de grado en donde se vuelve a incidir en el carácter interdisciplinar del título: *“Data science draws on*

skills and concepts from a wide array of disciplines that may not always overlap, making it a truly interdisciplinary field. Students in many fields need to learn about data collection, storage, integration, analysis, inference, communication, and ethics". El objetivo principal de dicho informe no era tanto el desarrollo de un curriculum detallado como el de remarcar la importancia de la ciencia e ingeniería de datos y proporcionar una guía de alto nivel a los programas en *data science*.

En enero del 2019, **ACM Data Science Task Force** publicó un borrador sobre las competencias de informática que deberían de aparecer dentro de un programa de grado en *Data Science*. En dicho informe se indica que desde el punto de vista de ACM un especialista en *Data Science* debería tener los siguientes conocimientos informáticos:

- Computing Fundamentals, including Programming, Data Structures, Algorithms, and Software Engineering
- Data Acquisition and Governance
- Data Management, Storage, and Retrieval
- Data Privacy, Security, and Integrity
- Machine Learning
- Data Mining
- Big Data, including Complexity, Distributed Systems, Parallel Computing, and High Performance Computing
- Analysis and Presentation, including Human-Computer Interaction and Visualization
- Professionalism

De todas las propuestas examinadas por la comisión que ha realizado este borrador la más completa y la que nos ha servido como guía para la propuesta que aquí se presenta es la iniciativa europea del Proyecto EDISON (2018)³. El proyecto EDISON (*Education for Data Intensive Science to Open New science frontiers*) se inició en septiembre de 2015 como un proyecto de investigación e innovación financiado por la Unión Europea dentro del Programa Horizonte 2020 (grant agreement No. 675419). El consorcio del proyecto incluye universidades (Amsterdam, Stavanger y Southampton), centros de investigación (FTK Alemania), infraestructuras de investigación (The European Grid Infrastructure), grandes empresas (Engineering - Ingegneria Informatica s.p.a.) y pequeñas y medianas empresas (Inmark).

Desde el punto de vista de las universidades, el proyecto se puede considerar como una guía de implantación de programas académicos para la formación de profesionales en el ámbito de la Ciencia de Datos. Para ello, se han creado cuatro documentos que se han utilizado a la hora de proponer este borrador de Grado en *Data Science*.

- Data Science Competence Framework (CF-DS).
- Data Science Body of Knowledge (DS-BoK).
- Data Science Model Curriculum (MC-DS).
- Data Science Professional Profiles (DSPP).

³ <http://edison-project.eu/>

3. Demanda estimada

Dada el carácter interuniversitario, el atractivo del grado y la ausencia de competencia por parte de otras universidades limítrofes se propone que el cupo de acceso idóneo sería de **80 alumnos** con un grupo de 40 en la UM y otro de igual tamaño en la UPCT.

Si consideremos que el perfil de ingreso, se encuentra entre los alumnos que solicitan el Grado en Ingeniería Informática, el Grado en Matemáticas, así como el itinerario conjunto entre ambos grados, analizando la evolución de la demanda en 1ª opción de estas titulaciones en los últimos años es posible hacer una estimación de la demanda que podría tener el grado propuesto.

UM	2017-18	2018-19	2019-20	2020-21
Grado en Ingeniería Informática (200 plazas)	392	427	358	397
Grado en Matemáticas (60 plazas)	137	176	220	255
PCEO (30 plazas)	85	119	101	133
TOTAL: (290 plazas)	614	722	679	785

Como se puede observar, la demanda en 1ª opción supera a la oferta por una media de unos 410 alumnos. Dado el atractivo de la titulación, así como el número de plazas ofertadas, es de esperar una demanda bastante superior a las plazas ofertadas lo que impactará positivamente en el perfil de ingreso.

4. Aspectos de internacionalización

La Universidad de Murcia ha desarrollado numerosos programas de movilidad de alumnos que abarcan no sólo la Unión Europea y el espacio europeo, sino también intercambios con Universidades estadounidenses. En el caso de estudiantes procedentes de otras universidades y que se desplazan a la UMU a cursar parte de sus estudios son considerados, desde el momento de su llegada y acreditación como estudiantes extranjeros por programas de movilidad, como cualquier otro estudiante de la UMU. Todos estos programas están coordinados por el Área de Relaciones Internacionales de la UMU (<http://www.um.es/internacionales/>). La Facultad de Informática, centro al cual está adscrito el grado, tiene desarrollado el modelo del Sistema de Garantía Interna de la Calidad que se enmarca en el Programa AUDIT de la ANECA. En dicho sistema, viene documentado el procedimiento en que la Facultad de informática garantiza y mejora la calidad de las estancias de sus alumnos para realizar estudios o prácticas fuera de la propia Universidad, así como de los estudiantes de otras universidades en el Centro, para que adquieran los conocimientos y capacidades objetivo de las titulaciones que imparte.

5. Memoria de necesidades

Recursos humanos (UM)

En lo relativo al grupo que se impartirá en la Facultad de Informática de la Universidad de Murcia, la docencia del mismo será asumida, en su mayor parte, por profesorado de los Departamentos de Ingeniería y Tecnología de Computadores (áreas de Arquitectura y Tecnología de Computadores y Matemática Aplicada), Ingeniería de Información y las Comunicaciones (áreas de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial, Ingeniería Telemática, Tecnología Electrónica y Teoría de la Señal y la Comunicación), Informática y Sistemas (áreas de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Sistemas y Automática), Estadística e Investigación Operativa (área de Estadística e Investigación Operativa) y Matemáticas (áreas de Álgebra, Análisis Matemático y Geometría y Topología).

La implantación total del grado supone, descontado las asignaturas de Prácticas Externas y Trabajo Fin de Grado, 351 créditos ECTS⁴. Obsérvese que este valor es una cota superior que se alcanzaría después de unos 5-6 años tras la implantación del título. Una estimación año a año de la evolución en el número de créditos sería la siguiente:

- Primer año de implantación: 90 créditos ECTS.

⁴ 252 créditos teniendo en cuenta el 2x en optatividad que se convierten en 351 al considerar dos subgrupos de prácticas en todas las asignaturas no optativas.

- Segundo año de implantación: 180 créditos ECTS⁵.
- Tercer año de implantación: 240 créditos ECTS⁶.
- Cuarto año de implantación: 312 créditos ECTS⁷.
- Quinto y sucesivos años de implantación: 351 créditos ECTS.

Los datos proporcionados desde el Vicerrectorado de Profesorado a fecha 20 de octubre de 2020 sobre la capacidad disponible de las distintas áreas que impartirán el Grado en Ciencia e Ingeniería de Datos son los siguientes:

ÁREA	CapN-Req (ECTS)
ÁLGEBRA (0005)	11,4
ANÁLISIS MATEMÁTICO (0015)	-26,6
ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES (0035)	12,7
CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN E INTELIGENCIA ARTIFICIAL (0075)	-17,1
ESTADÍSTICA E INVESTIGACIÓN OPERATIVA (0265)	20,2
GEOMETRÍA Y TOPOLOGÍA (0440)	16,6
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA (0520)	4,7
INGENIERÍA MECÁNICA (0545)	5,3
INGENIERÍA TELEMÁTICA (0560)	-0,9
LENGUAJES Y SISTEMAS INFORMÁTICOS (0570)	-4,8
MATEMÁTICA APLICADA (0595)	16,1
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA (0785)	7,9
TEORÍA DE LA SEÑAL Y COMUNICACIONES (0800)	3,9

En donde se ha considerado como créditos disponibles la capacidad neta de las áreas menos los requisitos en estudios de grado y máster por entenderse que la implantación de un nuevo grado no puede realizarse a costa de perjudicar los estudios ya existentes. A partir de estos datos suponemos que la vinculación a

⁵ Suponiendo una tasa de abandono de 15% en el grado y una tasa de rendimiento del 80%, el primer año pasarían unos 30 alumnos a 2º, suficientes para necesitar dos grupos de prácticas

⁶ En tercero habría un solo grupo de prácticas hasta que subieran suficientes alumnos de años anteriores.

⁷ Tercero sigue con un grupo de prácticas y se implanta 4º con las optativas.

áreas se hará de tal manera que se minimice el número de profesores necesarios para el grado. Los cálculos realizados según las capacidades anteriores dan como resultado que serían necesarios cubrir unos 275 créditos, lo que supone unos 11,5 tiempos completos. Dadas las incertidumbres existentes en la actualidad, entendemos que es mejor trabajar con una horquilla de entre 10 y 12 tiempos completos.

Una estimación aproximada de las necesidades docentes acumuladas que se irían generando en los primeros años de implantación sería la siguiente:

- Primer año de implantación: 36 créditos ECTS.
- Segundo año de implantación: 72 créditos ECTS.
- Tercer año de implantación: 155 créditos ECTS.
- Cuarto año de implantación: 245 créditos ECTS.
- Quinto y sucesivos años de implantación: 275 créditos ECTS.

Recursos materiales y servicios disponibles (UM)

La Facultad de Informática de la Universidad de Murcia cuenta con el potencial necesario, en términos de equipamiento e infraestructuras, para garantizar una docencia de calidad adaptada a las exigencias del EEES.

La mayor parte de la docencia teórica se imparte en el Aulario Norte aunque la propia Facultad dispone de 4 aulas de tamaño reducido (unos 15-30 puestos) así como diversos seminarios utilizadas en asignaturas de máster y de 4º curso de determinadas menciones. Las prácticas se realizan en los 16 laboratorios, entre generales y específicos, de los que dispone la Facultad en su edificio.

La implantación de este grado supone la necesidad de contar con **dos aulas adicionales de tamaño medio** en el Aulario Norte⁸. Entendemos que esta necesidad no debe suponer ningún problema ya que está previsto el traslado del Grado en Enfermería al Campus de Ciencias de la Salud lo que generará las aulas necesarias.

Desde el punto de vista de los laboratorios de prácticas, sería necesario disponer de **dos laboratorios de ordenadores adicionales**. La propuesta, ya comentada con el Vicerrectorado de Infraestructuras, es aprovechar el espacio generado en la primera planta de la biblioteca tras el traslado de los fondos de la misma al edificio Pleiades. El reacondicionamiento de esta planta como laboratorio no docente en donde los alumnos de la Facultad de Informática pueden terminar sus prácticas nos permite plantearnos la división del actual laboratorio 1.7 (de 145 m²) en **dos laboratorios de 24 puestos**.

En cuanto al coste de ambas fases, la primera fase supone un coste de unos 80 000 € (34 000 € de obra, 14 000 € de mobiliario y 32 000 € de equipamiento

⁸ Se propone utilizar turnos de mañana y tarde para optimizar los recursos disponibles y reducir las necesidades de laboratorios.



informático). Para la segunda fase, a acometer una vez realizada la primera, estimamos que el coste de dicha división estaría en unos 15 000 € en obra e instalaciones y unos 25 000 € en equipamiento informático. De estas cantidades hay que descontar las inversiones ya realizadas en el año 2020 por un valor de casi 40 000 €.