

XUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Interés académico, científico o profesional

Más allá del interés intrínseco como área de conocimiento de las Matemáticas, la Estadística y la Investigación Operativa (Estadística e IO) son disciplinas clave para el desempeño de la actividad profesional y científica en un amplio abanico de ámbitos laborales y áreas de estudio. La eclosión del Internet de las Cosas (IoT), la adopción generalizada de las TICs y el rápido desarrollo tecnológico alcanzado han supuesto un cambio sustancial en el comportamiento de nuestra sociedad. Hoy vivimos en un mundo esencialmente cuantitativo donde el tratamiento óptimo de los datos y la extracción de conocimiento de los mismos resulta fundamental para la toma de decisiones, para la implementación y optimización de procesos, y para generar valor y hacer competitivos muchos modelos de negocio y en muy diferentes campos. En consecuencia con ello, el mercado laboral demanda más que nunca profesionales cualificados con formación avanzada en técnicas estadísticas y en investigación de operaciones. Es decir, profesionales capacitados para abordar con rigor tareas como: exploración de datos, construcción de modelos estadístico-matemáticos adecuados, planteamiento y resolución de problemas de optimización, análisis de datos en alta dimensión, de datos dinámicos y/o espaciales, problemas de predicción, simulación, control de calidad,... En definitiva, tareas ya de uso cotidiano en muchas empresas (con independencia de su tamaño o sector) y en organizaciones socio-económicas privadas y del sector público en ámbitos tan diversos como industria, banca, finanzas, redes sociales, marketing, biología, medicina, psicología, agricultura, entre otros muchos.

La demanda de personal cualificado en Estadística e IO no se restringe al ámbito laboral. El flujo creciente de datos y el correcto aprendizaje de los mismos supone también uno de los pilares del avance del conocimiento científico, lo que explica la demanda creciente de formación avanzada en estas disciplinas por parte de personal investigador de diferentes ámbitos científicos. La escasa presencia de materias de contenido estadístico en los diseños curriculares de grado impide adquirir un conocimiento suficiente de los avances significativos experimentados por las técnicas estadísticas en los años recientes. Por consiguiente, más allá de potenciar la formación de equipos de investigación multidisciplinares, no hay duda de que aquellos científicos de otras áreas que obtienen una formación de postgrado en el campo de la Estadística y la IO adquieren un perfil muy ventajoso para el desarrollo de su investigación. Simultáneamente, los graduados en Matemáticas que así lo deseen deben de tener la oportunidad de profundizar en técnicas avanzadas de Estadística e IO en la línea de alcanzar un alto grado de especialización en la misma con fines académicos y/o de investigación.

El Máster en Técnicas Estadísticas (MTE) propone un programa amplio, pero al mismo tiempo compacto, que permite alcanzar una formación rigurosa en Estadística e IO capacitando a sus egresados para enfrentarse a las necesidades de la sociedad actual, bien sea con una orientación principalmente aplicada y profesionalizante, bien sea con una orientación más teórica y académica. Específicamente, el programa que se propone pretende proporcionar:

- Una formación de naturaleza científico-técnica en el ámbito de la Estadística e IO a estudiantes que pueden proceder tanto de titulaciones con formación básica en Estadística e IO, como de titulaciones de tipo técnico y que les permita desarrollar una actividad de tipo académico.
- Una formación aplicada e interdisciplinar en las técnicas de Estadística y la Investigación Operativa que sean de valor en la práctica profesional y faciliten así su acceso e integración en el mercado laboral.
- Una formación avanzada que capacite a los estudiantes interesados a iniciarse en tareas de investigación en el área de Estadística e Investigación Operativa, o en otras, y que puedan culminar con la elaboración y defensa de una tesis doctoral.

Demanda laboral

Los titulados universitarios que acreditan dominio de técnicas avanzadas en Estadística e Investigación Operativa presentan un perfil ampliamente demandado en la actualidad. Más aún, las expectativas de la evolución de esta demanda son si cabe todavía más halagüeñas a tenor de lo reflejado por multitud de informes de instituciones y consultoras nacionales e internacionales que coinciden en señalar que esta demanda experimentará un significativo crecimiento en el corto plazo.

Por mencionar algunos ejemplos, en el portal web de The World of Statistics¹, Peter Sondergaard, director de investigación en Gartner, unas de las empresas líderes en el mundo en consultoría e investigación en tecnología de información, predijo que millones de estadísticos y analistas de datos van a ser necesarios para conducir proyectos relacionados con el Big Data, el análisis de datos masivo. Un informe² del McKinsey Global Institute incide en que se necesitarán en muy corto plazo cientos de miles de profesionales con formación en métodos estadísticos. Un informe muy reciente del World Economic Forum³ en el que se estudian cambios estructurales en el mercado laboral y se analiza la evolución de las profesiones en los distintos ámbitos

¹ <http://www.worldofstatistics.org/employment-outlook/>

² Big data: The next frontier for innovation, competition and productivity. McKinsey Global Institute, 2011.

³ The future of jobs report 2018. Centre for the New Economy and Society. World Economic Forum, 2018.

industriales para el período 2018-2022 concluye que el perfil de analista y científico de datos tendrá una demanda creciente en prácticamente todo tipo de industrias. El Bureau of Labor Statistics⁴ de los Estados Unidos predice que el empleo de los profesionales de la Estadística experimentará un crecimiento de alrededor del 34% en el período 2016-2026, muy superior al 7.4% estimado para el promedio del resto de ocupaciones. El portal americano Glassdoor⁵ publica anualmente un ranking con 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 ranking de 2018 encontramos hasta cuatro profesiones con un perfil relacionado en mayor o menor grado con la Estadística y la IO, a saber Científico de Datos (1º), Ingeniero de Datos (8º), Manager de Operaciones y Analista de Datos (31º).

En el ámbito nacional, las expectativas laborales son también muy favorables. El 20 de mayo de 2016, el Instituto Nacional de Estadística dio a conocer alguno de los datos más relevantes encontrados con la Encuesta de Población Activa sobre ocupación durante el año 2015⁶. En esta nota de prensa se afirma que las tasas de desempleo más bajas vienen asociadas al colectivo de profesionales con formación en Estadística e IO y/o Matemáticas, con un 8,2% cuando la media en España está en el 22,06%.

El Human Age Institute, la Asociación Española de Directores de Recursos Humanos (AEDRH) y EAE Business School, en colaboración con CEOE y Foro Inserta de la Fundación Once, han elaborado y publicado recientemente el quinto informe *EPYCE 2018: Posiciones y Competencias más demandadas*. En la Tabla 4.2.6 de sus conclusiones, cuyas primeras filas se reproducen a continuación, se ordenan las profesiones más solicitadas en términos de porcentajes de posiciones demandadas sobre el total. Más específicamente, las columnas facilitan la información que sigue. POS1: Posiciones más demandadas en el presente, POS2: Posiciones más demandadas en los próximos 2-3 años, POS3: Posiciones más difíciles de cubrir en el presente y POS4: Posiciones más difíciles de cubrir en los próximos 2-3 años. Se observa que Ciencia de Datos y Big Data serán las dos posiciones con mayor demanda y más dificultad de cubrir en los próximos dos años, y obviamente la Estadística y la IO son pilares en la formación requerida para estas disciplinas.

⁴ <https://www.bls.gov/ooh/math/mathematicians-and-statisticians.htm#tab-6> . Occupational Outlook Handbook. Bureau of Labor Statistics. US Department of Labor. 2018.

⁵ Glassdoor's Ranking: 50 best jobs in America. https://www.glassdoor.com/List/Best-Jobs-in-America-LST_KQ0,20.htm 2018.

⁶ <http://www.ine.es/prensa/np968.pdf>

POSICIONES	POS1	POS2	POS3	POS4	MEDIA
Tecnología - Data Science	5.58%	9.13%	9.80%	11.86%	9.09%
Tecnología - Big Data	5.58%	11.06%	6.86%	9.28%	8.20%
Ingeniería - Ingeniero Informático	6.05%	6.25%	4.41%	6.70%	5.85%
Operarios - Operarios cualificados	6.05%	4.33%	5.88%	6.19%	5.61%
Ingeniería - Ingeniero Industrial	5.58%	5.77%	2.45%	1.55%	3.84%
Comercial - Account Manager	6.05%	1.44%	1.47%	1.03%	2.50%
Comercial - Comercial Digital	1.40%	4.81%	1.96%	2.06%	2.56%
Tecnología - Responsable ciberseguridad	0.47%	3.85%	2.94%	3.61%	2.72%
Comercial - Desarrollo de Negocio	2.22%	2.88%	1.47%	1.03%	1.92%

A la luz de todos estos informes cabe concluir que el MTE proporciona formación de enorme valor para los perfiles laborales más demandados ahora y en un futuro inmediato.

La encuesta de satisfacción e inserción profesional del alumnado egresado por la Facultad de Matemáticas de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), realizado por el Instituto de Matemáticas (IMAT) de la USC durante el curso 2017/2018, que incluye resultados relativos a los egresados por la versión precedente del MTE, confirma totalmente las expectativas reflejadas en los informes citados previamente. En la encuesta participó un total de 31 egresados del MTE, que representa el 40% de los egresados del MTE de la versión precedente desde el curso 2011, y la inserción laboral reflejada fue del 100% (ver Tabla que sigue). Datos adicionales derivados de los resultados de esta encuesta avalan, no solo el alto nivel de empleabilidad de los egresados del MTE, sino además aspectos tan positivos como: (i) tiempo de espera hasta la primera ocupación -inferior a 6 meses para el 89% de los egresados (en este caso de los tres másteres de la Facultad)-, (ii) estabilidad laboral y (iii) salarios superiores a los 1500€ mensuales para más del 30% de los encuestados (cifra superior al salario medio mensual en Galicia).

Situación profesional según máster cursado en la Facultad de Matemáticas			
Recogida de datos: Curso 2017/2018			
Fuente: Encuesta de egresado del IMAT de la USC			
	Matemáticas	Matemática Industrial	Técnicas Estadísticas
Ocupada/o	65,5	83,3	100
Desempleada/o	6,9	5,6	0

Estudiando	27,6	0	0
Preparando Oposiciones	0	11,1	0
Total	100%	100%	100%

Demanda formativa

La elevada demanda actual de perfiles profesionales con conocimientos avanzados en métodos de Estadística e Investigación Operativa justifica una creciente oferta formativa, tanto a nivel de grado como de postgrado. Muchas universidades incluyen entre su oferta académica de grado y de postgrado títulos de Estadística e Investigación Operativa, tanto en España como en el ámbito internacional. En Galicia, la versiones precedentes del MTE viene impartándose desde al año 2007 y, sin duda, goza de muy buena salud en cuanto a número de matriculados se refiere. La siguiente gráfica muestra la tendencia claramente alcista del número de alumnos matriculados en los dos cursos de los que consta el MTE, especialmente acusada en los últimos tres años.



Conviene enfatizar que el MTE es la única titulación universitaria específica de Estadística e Investigación Operativa que se oferta en la comunidad autónoma de Galicia y, las expectativas laborales además del grado de satisfacción de los egresados

en el MTE, invitan a pensar que el interés en recibir formación en esta disciplina no decaerá en el futuro. Existe también una titulación de *Máster Interuniversitario en Big Data: Tecnologías de Análisis de Datos Masivos*, con 60 ECTS pero con solo seis ECTS dedicados al Aprendizaje Estadístico, de modo que el nivel de solapamiento con él mismo es mínimo. Igualmente, cabe señalar que el enfoque adoptado en este título es más tecnológico que metodológico, en el sentido de que se incide en cómo almacenar, gestionar y operar con grandes cantidades de datos.. No debe de perderse de vista también que la vocación del MTE, tanto en su versión precedente como en la actual, es proporcionar formación con valor transversal, de utilidad no solo para el ámbito tecnológico y empresarial sino también para investigadores y estudiantes de otras disciplinas científicas e Estadística e Investigación Operativa. Este interés se fundamenta en la enorme aplicabilidad de la Estadística y la Investigación Operativa, que se traduce en la existencia de una gran heterogeneidad entre los alumnos que acceden al MTE. Dicha heterogeneidad se manifiesta tanto en la variedad de titulaciones de acceso como en los intereses que persiguen los distintos alumnos: desde los que buscan una formación principalmente aplicada y profesionalizante hasta los que pretenden una formación más teórica y académica. Más aún, hay también perfiles intermedios, esto es alumnos que, estando interesados en una formación aplicada, también tienen motivaciones académicas que pueden traducirse en el desarrollo de tesis doctorales en ámbitos tan dispares como la biología, la medicina, las ciencias políticas y la psicología. De esta manera el MTE se posiciona como un programa único en Galicia centrado en impartir formación en Estadística e Investigación Operativa con carácter multidisciplinar.

Descripción procedimientos de consulta internos y externos utilizados para la elaboración del plan de estudios

Se describen en los siguientes apartados los referentes externos que se han considerado, así como las consultas realizadas (a grupos de interés internos y externos) con el objetivo de conocer su visión de la nueva propuesta.

Referentes externos a las universidades proponentes que avalan la adecuación de la propuesta

Motivado por el incremento generalizado de la demanda formativa en Estadística e IO, hoy es factible cursar estudios de Máster focalizados en estas disciplinas en universidades de todo el mundo. Sin ser exhaustivos, se incluyen a continuación algunos ejemplos de títulos de máster en Estadística e IO que se han considerado como referentes externos por su programa formativo, por la consideración de enfoques orientados a la formación de “data scientists”, así como por las distintas estrategias seguidas para conformar un título que atraiga a estudiantes de diverso perfil cuyo único requisito es el

conocimiento básico de herramientas estadísticas a nivel de grado, pero que ingresan en un máster de técnicas estadísticas conscientes del valor añadido que supone para su desarrollo profesional la adquisición de las competencias del título.:

- *MS in Statistics* de la Stanford University
<https://statistics.stanford.edu/academics/ms-statistics>,
- *MA Program in Statistics* de la Universidad de California, Berkeley
<https://statistics.berkeley.edu/programs/graduate/masters>, y
- *MSc in Statistics* ofertado por el Imperial College London
<https://www.imperial.ac.uk/study/pg/mathematics/statistics/>,
título este último que goza de la acreditación de la Royal Statistical Society y donde los estudiantes pueden especializarse en ámbitos de estudio diferenciados de la Estadística tales como Bioestadística, Estadística Aplicada, Ciencia de Datos, Estadística para Finanzas y Teoría y Métodos.

Para la revisión y mejora del plan de estudios que se viene impartiendo en el MTE, se han consultado propuestas de títulos oficiales que se imparten actualmente en universidades españolas. Específicamente, en la Tabla que sigue se muestran algunos de los títulos más relevantes de entre los consultados, particularmente a nivel general de plan de estudios y en lo que concierne a programación de algunas materias.

Universidad	Denominación Título	ECTS	Enlace web
Univ. Politécnica Catalunya (UPC) y Univ. de Barcelona (UB)	Máster Univ. en Estadística e Investigación Operativa	9	https://www.upc.edu/es/masteres/es-tadistica-e-investigacion-operativa
Univ. Carlos III de Madrid (UC3M)	Máster Univ. en Estadística para la Ciencia de Datos	6	https://www.uc3m.es/master/estadistica-ciencia-datos
Univ. de Granada (UGR)	Máster en Estadística Aplicada	6	http://masteres.ugr.es/moea/pages/master
Univ. Politécnica de Valencia (UPV)	Máster Univ. en Ingeniería de Análisis de Datos, Mejora de Procesos y Toma de Decisiones	6	http://www.upv.es/titulaciones/MUI-ADMPTD
UNED	Máster en Estadística Aplicada	6	https://www2.uned.es/master-estadistica-aplicada/
Universidad de Salamanca	Máster Univ. en Análisis Avanzado de Datos Multivariantes y Big Data	6	https://www.usal.es/analisis-avanzado-de-datos-multivariantes-2

Algunas universidades ofertan también otros títulos oficiales de Máster vertebraos fundamentalmente en torno a la Estadística pero más focalizados en ámbitos específicos

de aplicación. Por ejemplo, el *Máster Universitario de Bioinformática y Bioestadística* ofertado conjuntamente por la Universidad Oberta de Catalunya (UOC) y la Universidad de Barcelona (UB), o el *Máster Universitario en Ciencias Actuariales y Financieras* y el *Máster Universitario en Tratamiento Estadístico-computacional de la Información*, ambos en la Universidad Complutense de Madrid (UCM). En general, todos ellos han sido explorados por la comisión redactora del plan de estudios que ha planteado la propuesta actual y el éxito de todos ellos son sin duda una muestra palpable del interés académico de nuestra propuesta y de la adecuación de la misma a títulos similares en el panorama universitario español.

Por último cabe enfatizar que en la versión precedente del MTE tiene abiertas varias líneas de colaboración con el Master of Statistics de la Universidad de Hasselt (<https://www.uhasselt.be/Master-of-Statistics>), un título de enorme prestigio internacional y uno de los muy pocos títulos europeos que gozan de la acreditación de la Royal Statistical Society (RSS). Actualmente, en el marco de esta colaboración, existe un convenio ERASMUS (que se tendría que renovar para este nuevo título) que permite el intercambio de estudiantes de ambos títulos y además los docentes de ambos másteres pueden ofertar Trabajos de Fin de Master a estudiantes de ambos títulos. Se explora para un futuro próximo la posibilidad de que se pueda expedir un título doble.

Descripción de los procedimientos de consulta internos y externos

Los procesos de consulta internos en el contexto del MTE se inician como consecuencia de las indicaciones recibidas **informe de renovación** de la acreditación del MTE. Así, en el **Plan de Mejoras** del curso 2014/2015, se establecía la necesidad de realizar una reflexión sobre las **competencias** del MTE de acuerdo con la situación actual de las titulaciones existentes, y con las necesidades de la sociedad, que permitieran hacer del MTE una titulación de referencia a nivel nacional, con valor académico y profesional. Fruto de esta acción de mejora, se inicia un proceso, documentado en los sucesivos informes de seguimiento del programa, de reflexión y consultas entre el profesorado, centrándose principalmente en la oferta de materias obligatorias del primer cuatrimestre. El objetivo de estas consultas era garantizar el adecuado desarrollo de las competencias del máster, que éstas fueran de nivel MECES3, y que desarrollaran adecuadamente todas las competencias del máster en las materias obligatorias, evitando solapamientos entre las distintas materias del primer cuatrimestre. Con este objetivo, se realizaron varios encuentros entre el profesorado del primer cuatrimestre, así como una reunión de la comisión permanente del máster, el 24/04/2014, en la que participó, además de los coordinadores del programa, el profesorado del primer cuatrimestre. En esta reunión se constató la dificultad de desarrollar adecuadamente las competencias del máster motivado, en parte, por la gran heterogeneidad del alumnado del máster. Se planteó la posibilidad de reducir esa diversidad pero se descartó ya que se consideró, que a pesar de las dificultades organizativas, la heterogeneidad en el alumnado era positiva. Ya en ese momento surgió la posibilidad

de articular diversos itinerarios. Las deliberaciones se encuentran recogidas en el acta correspondiente.

Durante el curso 2015/2016, se exploró la posibilidad de colaboración con el máster de bioestadística de la universidad de Hasselt. Se celebró una reunión el día 17/02/2016 con el coordinador de dicho máster, donde analizaron las posibilidades de colaboración. Se aprobó colaborar en la oferta de Trabajos de Fin de Máster (TFM) conjuntos para el curso 2016/2017. También se estableció un convenio ERASMUS de intercambio. En esa reunión se presentó además la estructura del máster en bioestadística de la universidad de Hasselt, que está basada en itinerarios, tal como se propone en esta reforma.

Por tanto, los procesos de consulta iniciados en el marco de un plan de mejoras para el MTE, evidenciaron claramente la necesidad de acometer una profunda reforma en el título.

Aunque académicamente parecía perfectamente fundamentada la necesidad de acometer una modificación substancial del título (o diseñar un nuevo título), otro de los procesos de consulta que impulsó la promoción de esta reforma fue la interacción con las empresas e instituciones públicas colaboradoras. Esa interacción es constante en el tiempo, tal como refleja la firma de convenios de colaboración educativa (entre las empresas y el MTE) a lo largo de los últimos años. La lista de empresas e instituciones colaboradoras es amplia y obliga a intercambio de ideas constante. Por ejemplo, han colaborado con nosotros en los últimos años las siguientes instituciones y empresas

- ABANCA
- AMBICAL
- AZTECA CONSULTING DE INGENIERIA, S.L.
- BIOSTATECH
- Centro de Investigación en Medicina Molecular y Enfermedades Crónicas (CIMUS)
- Centro de Supercomputación de Galicia (Cesga)
- ecoMT
- FINSA
- Gradient
- Hijos de Rivera S.A.U.
- INDRA
- Instituto Galego de Estatística (IGE)
- Instituto Nacional de Estadística (INE)
- Instituto Tecnológico de Matemática Industrial (ITMATI)

- Optare
- Plain Concepts, S.L.
- SERGAS
- TasteLab

Además de la firma de convenios, las empresas participan, desde el curso 2016/2017, en unas jornadas de presentación de TFM. En esas jornadas, los representantes de las empresas presentan su oferta de TFM para el curso siguiente. En las jornadas, además de las empresas, participa el profesorado del máster así como la coordinación. Se reserva tiempo para la interacción entre los representantes de las empresas, el alumnado y el profesorado. El profesorado puede así percibir los temas de actualidad, a través de la oferta de TFM, así como conocer las necesidades del tejido productivo. Fruto de esa interacción industria/universidad, va surgiendo la necesidad de actualizar la oferta educativa del máster, para abordar temas más recientes como pueden ser el aprendizaje estadístico, o la resolución de problemas de optimización de gran tamaño, ambos aspectos señalados por varias empresas como altamente necesarios, y que no estaban cubiertos en el diseño anterior del título.

Este proceso de maduración interno termina cristalizando en la necesidad de una reforma del plan vigente. Surgen las necesidades de organizar de una forma un poco más coherente la oferta educativa, para encauzar una demanda muy heterogénea que dificulta la coordinación dentro de las propias materias, así como la necesidad de actualizar la oferta educativa para adaptar el programa formativo a las necesidades del mercado laboral, es de donde nace la propuesta de modificación del máster, a iniciativa de la coordinación general del máster. El 15/11/2017 se celebra una comisión permanente en la que se plantea la posibilidad de reforma a los coordinadores locales del máster. Se celebran reuniones informativas en el profesorado de las tres universidades participantes. El proceso de reforma se inicia formalmente el 18/01/2018, donde se aprueba, en comisión de Título, la declaración de intenciones de reforma del MTE, y se aprueba la creación de una Comisión Redactora de la reforma del título.

Planteamiento general para la mejora del plan de estudios

En este contexto que se acaba de describir se decidió replantear la estructura del plan de estudios con los siguientes objetivos en mente:

- Plantear dos itinerarios recomendados dentro del primer cuatrimestre. Estos dos itinerarios, uno pensado para alumnos con intereses más aplicados y otro

más teórico, compondrán el **Módulo Obligatorio** del máster.

- Con el punto anterior se busca también ampliar la oferta de primer cuatrimestre para que aquellos alumnos que entren en el MTE con alguna formación previa en Estadística e IO tengan más alternativas para adaptar las asignaturas escogidas a dicha formación.
- Revisar los contenidos del MTE para acercarlo más a temas pujantes en la actualidad, tanto desde el punto de vista industrial como desde el punto de vista académico, como son el **big data** y el **machine learning**.