



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Normativa ERTMS Y RAMS
Código	MSF-511
Título	Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios por la Universidad Pontificia Comillas
Impartido en	Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería Industrial y Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios [Primer Curso]
Créditos	3,0 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Telemática y Computación Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI)
Responsable	Ismael Ramírez Blanco
Horario	Lunes y Miércoles de 18h a 20h

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Ismael Ramírez Blanco
Departamento / Área	Departamento de Organización Industrial
Correo electrónico	irblanco@comillas.edu
Profesor	
Nombre	Elena Martínez de Jesús
Departamento / Área	Departamento de Electrónica, Automática y Comunicaciones
Correo electrónico	emartinez@comillas.edu
Profesor	
Nombre	Adrián Fernández Rodríguez
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Francisco de Ricci, 3
Correo electrónico	Adrian.Fernandez@iit.comillas.edu
Teléfono	4504

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
Aportación al perfil profesional de la titulación
El objetivo de esta asignatura es proporcionar al alumno conocimientos generales sobre el nuevo sistema de control de tráfico ferroviario a nivel europeo ERTMS ("European Rail Traffic Management System"), así como de los principios de análisis, diseño y



desarrollo de sistemas ferroviarios cuya fiabilidad, seguridad, disponibilidad y mantenibilidad (RAMS, "Reliability, Availability, Maintainability, Safety") son claves en el funcionamiento del mismo.

Competencias - Objetivos

Competencias

GENERALES

CB02	Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.
-------------	---

ESPECÍFICAS

CE02	Entender el nuevo sistema de control de tráfico ferroviario europeo ERTMS (¿European Rail Traffic Management System¿) y analizar los subsistemas que lo componen
CE03	Aplicar los principios de análisis, diseño y desarrollo de sistemas ferroviarios cuya fiabilidad, seguridad, disponibilidad y mantenibilidad (RAMS, ¿Reliability, Availability, Maintainability, Safety¿).

Resultados de Aprendizaje

RA1	Comprender los principios en los que se basa el sistema ERTMS, desde las razones que llevaron a la creación de este nuevo sistema de control ferroviario hasta la expansión actual en Europa y el mundo entero.
RA2	Conocer el lenguaje entre los subsistemas de vía y embarcado ERTMS como fundamento de la interoperabilidad entre ambos, y aplicarlo para su ensayo y validación mediante el uso de herramientas normalizadas.
RA3	Aplicar las normas CENELEC RAMS (EN 50126, EN 50128 y EN 50129) integrándolas a los nuevos entornos de desarrollo multidisciplinar para conseguir los índices de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad requeridos en el análisis, diseño y desarrollo de sistemas ferroviarios.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Tema 1. El Sistema de Señalización Europeo ERTMS

- 1.1. Génesis y razón del sistema ERTMS. Interoperabilidad
- 1.2. Niveles de operación. Transición.
- 1.3. Modos de operación. Transición entre modos.
- 1.4. El lenguaje del sistema. Mensajes. Telegramas. Paquetes. Variables.
- 1.5. Arquitectura de los subsistemas. Componentes e interfaces.
- 1.6. Proyectos piloto y líneas comerciales en Europa y en España.



1.7. Certificación de Constituyentes y Validación de proyectos comerciales con herramientas de referencia.

Tema 2: Análisis, diseño y desarrollo de sistemas según los objetivos de RAMS (Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad)

- 2.1. Introducción a los elementos RAMS y su interacción.
- 2.2. Conceptos técnicos de seguridad. Análisis de amenazas y su control.
- 2.3. Gestión de la seguridad, fiabilidad y disponibilidad. El Safety Case. Factores humanos en la RAMS.
- 2.4. Normas CENELEC. Gestión de las RAMS: Ciclo de vida
- 2.5. Fiabilidad y Seguridad del Software en los sistemas ferroviarios. Problemática de las RAMS en el desarrollo del software.

Prácticas

- P-1. Práctica de componentes de ERTMS.
- P-2. Práctica en laboratorio de la ETSI ICAI con las herramientas que se están utilizando actualmente en la industria ferroviaria tanto para analizar secuencias de ensayos de certificación de subsistemas ERTMS, como para la detección de inconsistencias en escenarios operacionales de proyectos comerciales.
- P-3. Práctica en laboratorio de la ETSI ICAI con herramientas comerciales para el cálculo de los índices RAMS.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura	
Metodología Presencial: Actividades	
Lecciones magistrales : exposición teórica de los contenidos del programa y reflexión en clase sobre los apartados más complejos, aportando información relevante al alumno.	CB02, CE02, CE03
Sesiones prácticas: desarrollo de prácticas, formulación y resolución de problemas y casos de estudio. Se apoyarán en la utilización de herramientas software de simulación de casos reales de validación del ERTMS y herramientas de análisis RAMS.	CB02, CE02, CE03
Metodología No presencial: Actividades	
Estudio personal del alumno que se dedicará al estudio de los conceptos tratados en las lecciones magistrales y a la revisión y comprensión de los trabajos realizados en las sesiones prácticas.	CB02, CE02, CE03

RESUMEN HORAS DE TRABAJO DEL ALUMNO

HORAS PRESENCIALES	
Lecciones magistrales	Sesiones prácticas



18.00

12.00

HORAS NO PRESENCIALES

Estudio personal del alumno

60.00

CRÉDITOS ECTS: 3,0 (90,00 horas)

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Actividades de evaluación	Criterios de evaluación	Peso
Examen Final	<ul style="list-style-type: none">• Comprensión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.• Presentación y comunicación escrita.	50
Evaluación de las sesiones prácticas.	<ul style="list-style-type: none">• Comprensión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.	35
Trabajos de carácter práctico individual. Asistencia y participación en clase.	<ul style="list-style-type: none">• Asistencia y participación en clase• Comprensión de conceptos.• Aplicación de conceptos a la resolución de problemas prácticos.• Análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la resolución de problemas.	15

Calificaciones

La calificación de la asignatura se obtendrá como:

- Un 50% la calificación del examen.
- Un 35% la evaluación de las sesiones prácticas.
- Un 15% los trabajos de carácter práctico individual, y la asistencia y participación en clase.

El número máximo de faltas de asistencia permitidas para superar la asignatura es del 15% de las horas presenciales.

PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA

Actividades	Fecha de realización	Fecha de entrega



Lecciones magistrales	Semanas 1 a 7	
Examen Final	Semana 8	
Sesiones Prácticas en instalaciones y en aula	Semanas 3, 4 y 7	
Lectura y estudio de los contenidos	Después de cada clase	
Resolución de los problemas y casos de estudio propuestos	Semanalmente	
Entrega de los problemas propuestos		Semana 8
Preparación de Examen Final	Semanas 4 y 7	
Elaboración de los informes sesiones prácticas	Al finalizar cada sesión	

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

Documentación de Máster Universitario en Sistemas Ferroviarios sobre:

- "Génesis y Razón del Sistema ERTMS", "Niveles de Operación" y "Modos de Operación" y "Arquitectura y Proyectos Piloto", de Jorge Iglesias.
- "El lenguaje del Sistema ERTMS" y "Verificación de la Conformidad con ERTMS", de Jorge Iglesias.
- "La Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad Ferroviarias", de Ismael Ramírez.
- "Normas CENELEC y el Ciclo de Vida de las RAMS. Fiabilidad y Seguridad del Software en los Sistemas Ferroviarios.", de Yolanda González.

Documentación generada por la ERA (European Railway Agency) para ERTMS: <http://www.era.europa.eu/>

Información General sobre el sistema ERTMS: <http://www.ertms.com/>

"Compendium on ERTMS", Peter Winter de la UIC, Eurail Press (2009).

UNE-EN 50126-1:2018 – Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS). Parte 1: Procesos RAMS genéricos. AENOR.

UNE-EN 50126-2:2018 - Aplicaciones ferroviarias. Especificación y demostración de la fiabilidad, la disponibilidad, la mantenibilidad y la seguridad (RAMS). Parte 2: Aproximación sistemática para la seguridad. AENOR.

UNE-EN 50128:2002/CORR:2010 – Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril. AENOR.

UNE-EN 50128:2012/AC:2014/A1:2020/A2:2021 – Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Software para sistemas de control y protección del ferrocarril. AENOR.



UNE-EN 50129:2020 – Aplicaciones ferroviarias. Sistemas de comunicación, señalización y procesamiento. Sistemas electrónicos relacionados con la seguridad para la señalización. AENOR.

UNE-EN 50657:2017/A1:2023 – Aplicaciones ferroviarias. Aplicaciones del material rodante. Software a bordo del material rodante. AENOR.

UNE-EN 61508-1:2011 – Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 1: Requisitos generales. AENOR.

UNE-EN 61508-6:2011 – Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad. Parte 6: Directrices para la aplicación de las Normas IEC 61508-2 e IEC 61508-3. AENOR.

UNE-EN ISO 9001:2015 – Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. AENOR.

ISO/IEC 19501:2005 - Information technology — Open Distributed Processing — Unified Modeling Language (UML) Version 1.4.2. ISO/IEC.

ISO/IEC 19505-1:2012 - Information technology — Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) — Part 1: Infrastructure. ISO/IEC.

ISO/IEC 19505-2:2012 - Information technology — Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) — Part 2: Superstructure.

UNE-ISO 31000:2018 – Gestión del riesgo. Directrices. AENOR.

IEC 62443-2-4:2020/A1:2020 - Security for industrial automation and control systems. Part 2-4: Security program requirements for IACS service providers. IEC.

IEC 62443-3-2:2021 - Security for industrial automation and control systems. Part 3-2: Security risk assessment for system design. IEC.

IEC 62443-3-3:2020 - Industrial communication networks. Network and system security. Part 3-3: System security requirements and security levels. IEC.

IEC 62443-4-1:2019 - Security for industrial automation and control systems. Part 4-1: Secure product development lifecycle requirements. IEC.

IEC 62443-4-2:2019/AC:2022/COR1:2022 - Security for industrial automation and control systems. Part 4-2: Technical security requirements for IACS components. IEC.

UNE-CLC/TS 50701:2023 - Aplicaciones ferroviarias. Ciberseguridad.

CLC/TR 50126-3 - Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 3: Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAM. CENELEC.

Directiva UE 2016/798 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de mayo de 2016, sobre la seguridad ferroviaria.

Directiva UE 2022/2555 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2022, relativa a las medidas destinadas a garantizar un elevado nivel común de ciberseguridad en toda la Unión, por la que se modifican el Reglamento (UE) n.º 910/2014 y la Directiva (UE) 2018/1972 y por la que se deroga la Directiva (UE) 2016/1148 (Directiva SRI 2).

Bibliografía Complementaria

Informes a la Academia de Ingeniería: EMSET: Demostración funcional de la interoperabilidad ferroviaria Europea en la línea Madrid - Sevilla. Abril 2001. J.Tamarit

ETCS Implementation Handbook. UIC Mayo 2008. ISBN 2-7461-1499-2. Se puede descargar desde:



http://www.uic.org/etf/publication/publication-detail.php?code_pub=190_15

"Safety-Critical Computer Systems" de Neil Storey (1996), Ed. Pearson.

"Practical reliability engineering" de Patrick D. T. O'Connor (2004). 4ª Edición. Ed. John Wiley and Sons.

"Safeware: System Safety and Computers" - Nancy G. Leveson (1995), Ed. Addison Wesley Publishing Company Inc, ISBN 0-201-11972-2

"Human Factors in Safety-Critical Systems". Felix Redmill and Jane Rajan Ed. Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 2715 8.

Managing the Risks of Organizational Accidents, James Reason, Ed. Ashgate ISBN 1 84014105 0

Reliability Availability, Maintainability and Safety Assessment Vol1 -Methods and Techniques- Alain Villemeur, Ed. John Wiley and Sons. ISBN 0 471 93049 0

Reliability Availability, Maintainability and Safety Assessment Vol2 -Assessment, Hardware and Human Factors- Alain Villemeur, Ed. John Wiley and Sons. ISBN 0 471 93049 0

CLC/TR 50126-3 - Railway applications – The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) – Part 3: Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAM. CENELEC.

Reglamento UE 402/2013 de la Comisión Europea de 30 de abril de 2013 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo (CSM).

Reglamento UE 2015/1136 de la Comisión Europea de 13 de julio de 2015 relativo a la adopción de un método común de seguridad para la evaluación y valoración del riesgo (CSM).

Reglamento UE 2018/762 de la Comisión Europea de 8 de marzo de 2018, por el que se establecen métodos comunes de seguridad sobre los requisitos del sistema de gestión de la seguridad.

"Recomendación Técnica 2/2022 de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria sobre la gestión de los Componentes Críticos para la Seguridad de los vehículos ferroviarios", AESF, febrero 2022.

Report from the Commission to the European Parliament and the Council, 6th Report on monitoring development of the rail market 2019, https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/staff_working_document_-_6th_rmms_report.pdf

"Engineering Safety Management, Issue 3, Yellow Book 3, Volumens 1 and 2, Fundamentals and Guidance", Railtrack.

"Handbook of RAMS in Railway Systems: Theory and Practice", Qamar Mahboob, Enrico Zio, Ed. CRC Press, ISBN 9781138035126

"Reliability, Maintainability and Risk – Practical Methods for Engineers", David J. SMITH, 7th edition. Ed. Butterworth-Heinemann.

MIL-STD 1629A "Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis", Department of Defense, United States of America, 24 November 1980.

MIL-STD-882D "Standard Practice for System Safety", Department of Defense, United States of America, 10 February 2000.

"Norma ISO 31000 - El valor de la gestión de riesgos en las organizaciones", ISOTools Excellence, www.isotools.org

"Application guide for the design and implementation of a railway safety management system – Integrating human factors in SMS", European Railway Agency, 2013.

"Human Factors Challenges of Automation in Railway Control", Michael Carey, Network Rail, 29th November 2018.

"The Impact of Railway Automation on Train Driver Tasks and Skills", Niels Brandenburger, Dr. Anja Naumann, Institute of Transportation Systems, Human Factors Department, German Aerospace Center (DLR).



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

GUÍA DOCENTE
2024 - 2025

"Software Engineering in Europe: A Study of Best Practices", Soumitra Dutta, Michael Lee, Luk Van Wassenhove, IEEE Software, May 1999.

"Ingeniería del software. Un enfoque práctico", Roger S. Pressman, 7ª edición, McGraw Hill, 2010, ISBN: 978-607-15-0314-5.

"The Unified Modeling Language User Guide", Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson, 1ª edición, Addison Wesley Longman, 20th October 1998, ISBN: 0-201-57168-4.

"Safer C: Developing Software for high-integrity and Safety-critical systems", Les Hatton, McGraw Hill, 1995, ISBN: 0-07-707640-0.

"Handbook of Software Reliability Engineering", Michael R. Lyu, IEEE Computer Society Press and McGraw-Hill, 1996, ISBN 0-07-039400-8.
<http://www.cse.cuhk.edu.hk/~lyu/book/reliability/index.html>

"A replicated empirical study of a selection method for software reliability growth models", Carina Andersson, Empirical Software Engineering, vol. 12, no. 2, pp. 161-182, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10664-006-9018-0>

"Safety-Critical Computer Systems", Neil Storey, Addison-Wesley, 1996, ISBN: 0-20-142787-7.

"Integration of safety analysis in model-driven software development", Miguel Angel de Miguel, Alejandro Alonso, Javier Fernández, Juan Pedro Silva, IET Software 2(3): 260-280, julio 2008.

"Validation of object oriented software design with fault tree analysis", Albert M. Gallo, Massood Towhidnejad, Dolores R. Wallace, 28th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop, diciembre 2003.

"Optimisation of Networked Control Systems Using Model-based Safety Analysis Techniques", Yiannis I. Papadopoulos, David J. Parker, IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, abril 2007.

"Análisis de software de seguridad en desarrollos con UML", G. Latorre, Proyecto de Fin de Carrera ICAI, Curso 2008-2009.

"Software Safety Assurance Process for Railway Platform Software", Susanta Patra, 2nd Institution of Engineering and Technology International Conference on System Safety, octubre 2007.

"Cómo verificar la calidad del software en sistemas críticos", José Carlos Sánchez Domínguez, Patricia Rodríguez Dapena, Ponencia del IV Congreso Gallego de la Calidad. Santiago de Compostela, 7 de mayo de 2003, SoftWcare S.L.

"La Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad Ferroviarias", Emilio Martín Lucas, 8 de octubre de 2013, Master Universitario en Sistemas Ferroviarios, Universidad Pontificia de Comillas.

"Fiabilidad y Seguridad del Software en los Sistemas Ferroviarios", Yolanda González Arechevala, Enero de 2020, Master Universitario en Sistemas Ferroviarios, Universidad Pontificia de Comillas.

Global Railway Review, www.globalrailwayreview.com

International Railway Journal, www.railjournal.com

Metodología MÉTRICA versión 3, Portal de administración electrónica,
https://administracionelectronica.gob.es/pae_Home/pae_Documentacion/pae_Metodolog/pae_Metrica_v3.html

UML, www.uml.org.

"El crecimiento de la fiabilidad del software: Software Reliability Growth Models", Leedeo, <https://www.leedeo.es/l/software-reliability-growth/>

"Lo humano primero, con toda seguridad", INECO, <https://www.ineco.com/ineco/comunicacion/conectados/lo-humano-primero-con-toda-seguridad>