Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico



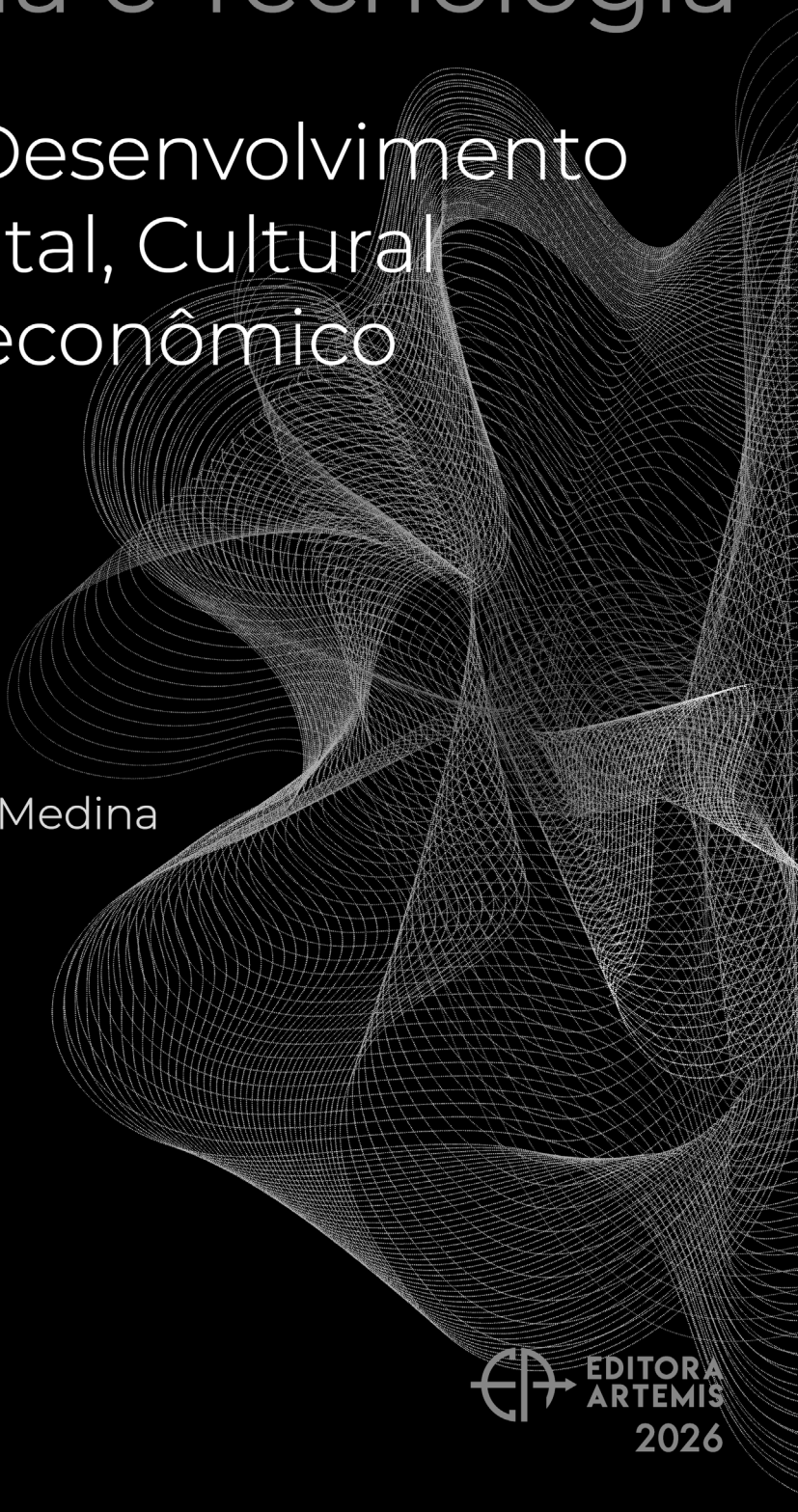
Xosé Somoza Medina
(organizador)

EDITORA ARTEMIS
2026

VOL IX

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico



Xosé Somoza Medina
(organizador)

EDITORA ARTEMIS
2026

VOL IX

2026 *by Editora Artemis*
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2026 Os autores
Copyright da Edição © 2026 Editora Artemis

O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M.ª Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M.ª Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Xosé Somoza Medina
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.ª Dr.ª Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.ª Dr.ª Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.ª Dr.ª Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.ª Dr.ª Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.ª Dr.ª Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuat*o, México
Prof.ª Dr.ª Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Dr. Cristo Ernesto Yáñez León – New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ, Estados Unidos
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha

EDITORA ARTEMIS 2026

Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof.ª Dr.ª Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.ª Dr.ª Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.ª Dr.ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal*, Canadá
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona,* Espanha
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof.ª Dr.ª Galina Gumovskaya – Higher School of Economics, Moscow, Russia
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis,* Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires,* Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnido da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg*, Suécia
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires,* Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,* México
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Lívia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México*, México
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Maria da Luz Vale Dias – Universidade de Coimbra, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof. Dr. Melchor Gómez Pérez, Universidad del Pais Vasco, Espanha
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University,* Russia
Prof.ª Dr.ª Susana Álvarez Otero – Universidad de Oviedo, Espanha
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal



Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico IX [livro eletrônico] / Organizador Xosé Somoza Medina. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.
il. color.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Edição bilíngue.
Inclui bibliografia.
ISBN 978-65-82858-30-7
DOI 10.37572/EdArt_280926307

1. Ciência e tecnologia. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Somoza Medina, Xosé.

CDD 600

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

EDITORA ARTEMIS
2026

Editora Artemis
Curitiba-PR Brasil
www.editoraartemis.com.br
e-mail:publicar@editoraartemis.com.br

PRÓLOGO

Un nuevo volumen de la serie ***Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico***, el noveno ya, nos permite volver a reflexionar sobre los avances científico-tecnológicos y la transferencia de conocimientos a la sociedad. La ciencia y la tecnología ocupan hoy un lugar central en la comprensión y transformación de los distintos ámbitos de la vida contemporánea, pero tan importante es el avance en sí como la creciente posibilidad de difusión de esas innovaciones. El desarrollo actual no se limita a la creación de nuevos dispositivos, procesos o sistemas, sino que se manifiesta también en la capacidad de analizar problemas complejos, optimizar recursos, generar soluciones sostenibles, fortalecer la formación científica y ampliar las formas de interacción entre conocimiento, sociedad y desarrollo. Este libro es un buen ejemplo de esto último.

El presente volumen, ***Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico IX***, reúne investigaciones que reflejan esta diversidad de aplicaciones a la sociedad de diferentes avances científicos y técnicos. Los capítulos aquí presentados abordan problemas y aplicaciones diversas, pero comparten una misma orientación: la búsqueda de respuestas actuales a situaciones problemáticas fundamentadas desde la ingeniería, la innovación tecnológica, la ciencia de materiales, la energía, el ambiente, la inteligencia artificial, la formación científico-tecnológica, o la comunicación de la ciencia.

La obra se organiza en tres grandes ejes temáticos.

El primero, "**Ingeniería, Metodologías y Procesos Tecnológicos**", reúne seis trabajos vinculados con modelado dinámico, robótica, diagnóstico técnico mediante vibraciones, procesos de corte y manufactura, mejora de la productividad industrial, estudio de materiales y biopolímeros y metodología de investigación en ingeniería. Estos capítulos evidencian el papel de la tecnología en la modelización, experimentación y optimización de procesos y la importancia de los avances metodológicos en el desarrollo de soluciones aplicadas a contextos industriales y científicos.

El segundo eje, "**Energía y Sostenibilidad**", integra cinco investigaciones relacionadas con la generación de energía mediante microturbinas hidráulicas, el aprovechamiento de la energía de las mareas, la exposición a contaminantes derivados del uso de biomasa como fuente de energía, la importancia de las plantas medicinales en la dieta y en la cultura tradicional y los nuevos enfoques de la comunicación pública sobre energía nuclear. En conjunto, estos estudios muestran cómo la energía, cualquier tipo de energía, es un ámbito del conocimiento científico y técnico de importancia clave en

nuestra sociedad actual. La energía importa, más que nunca, y la ciencia y la tecnología pueden contribuir tanto al aprovechamiento responsable de los recursos naturales como a la comprensión de sus impactos ambientales y sociales.

El tercer eje, "**Formación y Comunicación en la era de la Inteligencia Artificial**", amplía el campo de análisis hacia otro ámbito de total actualidad científica y tecnológica, la Inteligencia Artificial. Los seis trabajos reunidos en esta sección examinan el rendimiento académico a través de análisis estadísticos avanzados, el uso de podcasts como herramientas de desarrollo socioemocional docente, la aplicación de la inteligencia artificial en la gestión pública, las dificultades en el aprendizaje por la falta de pensamiento lógico-matemático en una muestra de estudiantes de ingeniería de sistemas computacionales, un modelo de análisis multivariante para evaluar el proceso de aprendizaje y el uso de mundos virtuales para mejorar las capacidades del profesorado. Este conjunto de contribuciones permite observar cómo las tecnologías digitales y la Inteligencia Artificial no solo modifican procedimientos técnicos, sino también las formas de enseñar, aprender y construir significado en el mundo académico.

La diversidad de enfoques presente en esta obra constituye uno de sus principales aportes. Lejos de entender la ciencia y la tecnología como campos aislados, los trabajos aquí reunidos muestran su carácter transversal y su capacidad para dialogar con cuestiones ambientales, educativas, sociales, productivas y culturales.

Esperamos que este volumen contribuya al intercambio de conocimientos, al fortalecimiento de nuevas investigaciones y a la difusión de experiencias y propuestas capaces de ampliar las posibilidades de desarrollo científico y tecnológico en diferentes contextos.

Xosé Somoza Medina
Universidad de León, Espanha

SUMÁRIO

ENGENHARIA, METODOLOGIAS E PROCESSOS TECNOLÓGICOS

CAPÍTULO 1.....1

ANÁLISIS DEL MODELO DINÁMICO DE UN MANIPULADOR ROBÓTICO INDUSTRIAL EN REFERENCIA AL DISEÑO DE SU SISTEMA DE CONTROL

Alejandro Armando Hossian
Roberto Carabajal
Carolina Hirschfeldt
Emanuel Maximiliano Alveal

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263071

CAPÍTULO 2.....16

APPLICATION OF VIBRATION EFFECTS IN TECHNICAL DIAGNOSTICS AND IDENTIFICATION

Vitalijs Beresnevics

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263072

CAPÍTULO 3.....32

CORTE POR CIZALLAMIENTO DE UNA SILUETA CIRCULAR BAJO CONDICIONES DE MÍNIMO Y MÁXIMO MATERIAL

Pedro de Jesús García Zugasti
Enrique Alejandro Vázquez Hernández
José de Jesús Navarro Delgado
Yolanda Rodríguez Corpus
Juan Compeán Rodríguez

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263073

CAPÍTULO 4.....46

IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍA ERIM PARA INCREMENTO DE PRODUCCIÓN EN ÁREA DE ACABADO DE ROTORES

Enrique Alejandro Vázquez Hernández
Pedro de Jesús García Zugasti
Juan Gabriel Sandoval Granja
Gerardo García Liñán
Luis Antonio Renovato Rivera

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263074

CAPÍTULO 5 58

ROLE OF THE INTERACTION AMYLOSE-NANOCELLULOSE ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES AND MOISTURE SORPTION OF MAIZE STARCH

Ignacia González
Makarena Jiménez
Paulo Díaz-Calderón

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263075

CAPÍTULO 6 72

CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA: REVISIÓN NARRATIVA Y ORIENTACIONES DIDÁCTICAS PARA ESTUDIANTES DE LICENCIATURA

Javier Montoya Ponce
Bertha Ivonne Sánchez Luján
María Teresa Martinez Acosta
María Guadalupe Amado Moreno

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263076

ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

CAPÍTULO 7 98

GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE MICROTURBINAS HIDRÁULICAS

Nelson Ramiro Gutiérrez Suquillo
Luis Miguel Sánchez Muyulema
Jonnathan Ismael Chamba Cruz
Guillermo Raúl Tumalli Naranjo

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263077

CAPÍTULO 8 114

ENERGÍA DE LAS MAREAS, AGUA Y AIRE

Antonio Rabina Merelas

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263078

CAPÍTULO 9 128

EXPOSICIÓN A HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS POR EL USO DE LEÑA EN LA COMUNIDAD LA MARCELA, MIQUIHUANA, TAMAULIPAS

Lorenzo Heyer Rodríguez
Valeria Navarro López
Bárbara Azucena Hernández Macias
Elizabeth del Carmen Andrade Limas
Jacinto Treviño Carreón

https://doi.org/10.37572/EdArt_2809263079

CAPÍTULO 10 148

TALLER SOBRE FARMACIA Y COCINA VIVIENTE EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA SIERRA DE HUAUTLA

Amanda Ortiz Sánchez
Angélica María Alemán Octaviano

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630710

CAPÍTULO 11 159

BEYOND PUBLIC ACCEPTANCE: REFRAMING NUCLEAR ENERGY COMMUNICATION IN INDONESIA

Muhammad Yunus Zulkifli
Yunita Permatasari
Atika Ratna Sari

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630711

FORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA ERA DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

CAPÍTULO 12 171

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS MULTIVARIANTES: UN ENFOQUE REPRODUCIBLE CON RMARKDOWN

Alberto Hananel Baigorria

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630712

CAPÍTULO 13 194

EL PODCAST EDUCATIVO COMO DISPOSITIVO DE AUDIO-MEDIACIÓN PARA EL DESARROLLO SOCIOEMOCIONAL DOCENTE: ARQUITECTURA, MODELO ECOS Y CONSIDERACIONES ÉTICAS PARA EL DISEÑO DE APPS DE PODCAST SEL

Paula Correa-Gutiérrez
Fabiola Sáez-Delgado
Pilar Jara-Coatt
Natalia Zañartu-Canihuante
Felipe Albarrán-Torres

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630713

CAPÍTULO 14 217

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA GESTIÓN PÚBLICA: INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CALIDAD DEL SERVICIO AL CIUDADANO

José Ángel Meneses Jiménez
Manuel Rocha Gonzales
Raul Hernando Aguado Apolaya

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630714

CAPÍTULO 15 230

DIFICULTADES EN LA RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS Y HABILIDADES MATEMÁTICAS DE ESTUDIANTES EN LA MATERIA DE LENGUAJES Y AUTÓMATAS I

María Eugenia Carreón Romero
Emmanuel Vázquez Benito
Roberto Carlos Carreón Romero

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630715

CAPÍTULO 16 243

ANÁLISIS MULTIVARIANTE DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO MEDIANTE R: UN ENFOQUE PRÁCTICO Y REPRODUCIBLE

Alberto Hananel Baigorria

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630716

CAPÍTULO 17 268

COMPUTACIÓN AFECTIVA Y DISEÑO TECNOPEDAGÓGICO DE SISTEMAS DE MUNDO VIRTUAL PARA EL ENTRENAMIENTO SOCIOEMOCIONAL DOCENTE: REQUERIMIENTOS, COMPONENTES, PARÁMETROS DE INMERSIÓN Y EL MODELO SEED DE DESARROLLO PSICOEMOCIONAL SIMULADO

Fabiola Sáez-Delgado
Pilar Jara-Coatt
Javier Mella-Norambuena
Paulo César Coronado-Sánchez
Paula Correa-Gutiérrez

https://doi.org/10.37572/EdArt_28092630717

SOBRE O ORGANIZADOR 295

ÍNDICE REMISSIVO 296

CAPÍTULO 17

COMPUTACIÓN AFECTIVA Y DISEÑO TECNOPEDAGÓGICO DE SISTEMAS DE MUNDO VIRTUAL PARA EL ENTRENAMIENTO SOCIOEMOCIONAL DOCENTE: REQUERIMIENTOS, COMPONENTES, PARÁMETROS DE INMERSIÓN Y EL MODELO SEED DE DESARROLLO PSICOEMOCIONAL SIMULADO

Data de submissão: 06/09/2026
Data de aceite: 21/09/2026

Fabiola Sáez-Delgado
Research and Innovation Group in Socioemotional Learning, Well-Being and Mental Health to Foster Thriving (THRIVE4ALL)
Facultad de Educación
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile
https://orcid.org/0000-0002-7993-5356

Pilar Jara-Coatt
Research and Innovation Group in Socioemotional Learning, Well-Being and Mental Health to Foster Thriving (THRIVE4ALL)
Facultad de Educación
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile
https://orcid.org/0000-0002-9975-8713

Javier Mella-Norambuena
Departamento de Ciencias
Universidad Técnica Federico Santa María
Concepción, Chile
https://orcid.org/0000-0002-4288-142X

Paulo César Coronado-Sánchez
Doctorado Interinstitucional de Educación
Facultad de Ciencias y Educación
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia
https://orcid.org/0000-0003-2980-2376

Paula Correa-Gutiérrez
Programa de Doctorado en Innovación Educativa
Facultad de Educación
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile
https://orcid.org/0009-0009-0484-639X

RESUMEN: Este capítulo sistematiza, desde los fundamentos de la computación afectiva y la ingeniería de software, los requerimientos funcionales y no funcionales, la arquitectura distribuida multicapa y los principios tecnopedagógicos que articulan un Sistema de Mundo Virtual para el Entrenamiento Socioemocional Docente (SMV-ESD). El propósito central es caracterizar un entorno sintético regulado orientado al fortalecimiento de la autorregulación emocional, la desescalada de conflictos e incidentes críticos de aula, y la resiliencia del profesorado. Se revisa evidencia empírica reciente sobre simulación inmersiva en formación docente, agentes conversacionales adaptativos basados en modelos de lenguaje de gran escala (LLM), analítica multimodal del aprendizaje (MMLA) y biorretroalimentación psicofisiológica síncrona (HRV, GSR, pupilometría). Asimismo, se analizan los desafíos éticos en la gobernanza de datos biométricos sensibles, los cuellos de botella de latencia vocal sub-segundo y los estándares de interoperabilidad técnica (IEEE xAPI e ISO/IEC 25010). Como contribución

original, se formula el Modelo SEED (Socio-Emotional Educator Development Model), una propuesta teórica y pedagógica en cuatro fases (Sensitización, Exposición, Escalamiento regulado y Debriefing) diseñada para estructurar trayectorias de simulación progresiva y sentar las bases metodológicas para su posterior validación empírica. El capítulo concluye trazando las líneas de investigación futuras y una agenda aplicada para la evaluación piloto del modelo en entornos de educación superior y formación continua.
PALABRAS CLAVE: mundo virtual; computación afectiva; entrenamiento socioemocional docente; realidad virtual inmersiva; biorretroalimentación; arquitectura de software; agentes conversacionales basados en LLM; fidelidad psicológica; Modelo SEED; analítica multimodal del aprendizaje.

AFFECTIVE COMPUTING AND THE TECHNOPEDAGOGICAL DESIGN OF VIRTUAL WORLD SYSTEMS FOR TEACHERS' SOCIO-EMOTIONAL TRAINING: REQUIREMENTS, COMPONENTS, IMMERSION PARAMETERS, AND THE SEED MODEL FOR SIMULATED PSYCHO-EMOTIONAL DEVELOPMENT

ABSTRACT: This chapter systematizes, from the perspectives of affective computing and software engineering, the functional and non-functional requirements, layered software architecture, and technopedagogical principles required to design a Virtual World System for Teacher Socioemotional Training (SMV-ESD). The primary goal is to characterize a regulated synthetic environment aimed at fostering emotional self-regulation, conflict de-escalation during critical classroom incidents, and teacher resilience. Recent empirical evidence on immersive simulation in teacher education, adaptive conversational agents powered by large language models (LLMs), multimodal learning analytics (MMLA), and synchronous psychophysiological biofeedback (HRV, GSR, eye-tracking/pupillometry) is comprehensively reviewed. Furthermore, the chapter addresses key challenges regarding the ethical governance of sensitive biometric data, sub-second vocal latency bottlenecks, and technical interoperability standards (IEEE xAPI and ISO/IEC 25010). As an original contribution, the chapter introduces the SEED Model (Socio-Emotional Educator Development Model), a four-stage developmental framework (Sensitization, Exposure, Escalation, and Debriefing) designed to structure progressive virtual-world simulations and lay the methodological foundation for future empirical validation. The chapter closes with future research avenues and an applied agenda for pilot testing the proposed model within teacher education programs.
KEYWORDS: virtual world; affective computing; teacher socioemotional training; immersive virtual reality; biofeedback; software architecture; LLM-based conversational agents; psychological fidelity; SEED Model; multimodal learning analytics.

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo analiza y sistematiza las bases tecnopedagógicas, los parámetros de inmersión y la arquitectura de software necesaria para el desarrollo de un Sistema de Mundo Virtual orientado al Entrenamiento Socioemocional Docente (SMV-ESD). El propósito central es caracterizar las condiciones técnicas, funcionales y de procesamiento

de datos biométricos en tiempo real que permiten recrear entornos inmersivos de alta fidelidad psicológica, concebidos específicamente para el fortalecimiento de la autorregulación emocional, la desescalada de conflictos y la resiliencia del profesorado ante incidentes críticos de aula. De manera complementaria, se formula el Modelo SEED (Socio-Emotional Educator Development Model), una propuesta teórica y metodológica original que traduce dicha infraestructura técnica en una secuencia pedagógica progresiva y replicable, orientada a la futura validación empírica en programas de formación docente.

Para lograr este cometido, el capítulo se articula en torno a la convergencia entre la computación afectiva, la analítica multimodal del aprendizaje (Multimodal Learning Analytics, MMLA) y el diseño instruccional inmersivo. A través de este marco, se profundiza en la articulación de requerimientos del sistema, la estructuración de arquitecturas por capas, que integran motores afectivos, sensores fisiológicos y agentes conversacionales basados en modelos de lenguaje de gran escala (LLM), y el establecimiento de salvaguardas éticas y de seguridad psicológica. Con ello, se busca ofrecer una hoja de ruta conceptual que guíe la construcción de simuladores avanzados de entrenamiento socioemocional en el contexto educativo.

1.1. DE LA PLATAFORMA INMERSIVA GENÉRICA AL SISTEMA ESPECIALIZADO EN APRENDIZAJE SOCIOEMOCIONAL

Las plataformas comerciales de mundo virtual y metaverso (p. ej., VRChat, Roblox, AltspaceVR u Horizon Workrooms) han sido concebidas fundamentalmente para el entretenimiento masivo, el aprendizaje declarativo no estructurado o la colaboración remota general. Su adscripción a la formación docente avanzada en competencias socioemocionales evidencia algunas limitaciones pues carecen de mecanismos para la simulación de estados afectivos en avatares, no ofrecen conectividad ~~síncrona~~ con sensores fisiológicos de grado médico y no garantizan el cumplimiento de estándares de seguridad de la información relacionada con datos psicofisiológicos.

La literatura especializada en formación docente mediante tecnologías inmersivas y digitales ha experimentado un crecimiento sostenido en el último quinquenio (Sáez-Delgado et al., 2025). Revisiones sistemáticas y estudios recientes confirman que la inmersión, la interactividad y la repetibilidad son ventajas centrales de la RV frente a la formación tradicional (Docter et al., 2024; Li et al., 2024; Zhang et al., 2024). Asimismo, se ha evidenciado el rol clave del aprendizaje socioemocional y la autorregulación en la salud mental y el bienestar profesional del profesorado (Collie et al., 2025; Correa-Gutiérrez et al., 2026; Lozano-Peña et al., 2021, 2022), especialmente

al enfrentar la carga emocional de la docencia, los incidentes críticos de aula o las transiciones complejas (Baeza-Sepúlveda et al., 2026; Ojeda-Rodríguez et al., 2026; Sáez-Delgado, Medina, et al., 2024). En este contexto, la integración de mundos virtuales y tecnologías digitales ha demostrado un impacto positivo en las competencias didácticas y socioemocionales docentes (Rojas-García et al., 2022; Sáez-Delgado et al., 2026; Sáez-Delgado, Coronado-Sánchez, et al., 2025), permitiendo además evaluar la calidad de las plataformas inmersivas mediante estándares internacionales como el ISO/IEC 25010 (Sáez-Delgado, Mella-Norambuena, Coronado, et al., 2026). Por ende, prototipos recientes que integran RV con agentes de inteligencia artificial muestran que ya existe una base tecnológica e instruccional madura para fundamentar el desarrollo de un SMV-ESD (Docter et al., 2024; Li et al., 2024).

El entrenamiento del profesorado ante incidentes críticos, sucesos disruptivos e imprevistos de alta carga emocional, requiere la ingeniería de un Sistema de Mundo Virtual para el Entrenamiento Socioemocional Docente (SMV-ESD). Este sistema se define como una arquitectura sintética regulada en la que los estímulos visuales, acústicos y relacionales son modulados en tiempo real por un motor afectivo híbrido que responde dinámicamente a la conducta verbal, corporal y neurofisiológica del docente. A diferencia de los simuladores de gestión de aula orientados a la instrucción (Mouw et al., 2024), el foco del SMV-ESD es explícitamente la regulación emocional del propio docente como variable dependiente central, no únicamente el desempeño pedagógico observable.

1.2. PRINCIPIOS DE DISEÑO TECNOPEDAGÓGICO CENTRADOS EN LA REGULACIÓN AFECTIVA DOCENTE

La conceptualización e ingeniería de un SMV-ESD debe cimentarse sobre cuatro principios tecnopedagógicos fundamentales:

- Presencia Encarnada Controlada (Embodiment): el docente debe habitar un avatar tridimensional que replique con fidelidad su propio esquema corporal y micro-expresiones, minimizando la carga cognitiva secundaria dedicada al control motor. La evidencia sobre diseño de RV inmersiva basado en principios de encarnación (embodied design) muestra que la congruencia entre el gesto físico y la retroalimentación virtual favorece la codificación motora y emocional del aprendizaje (Johnson-Glenberg, 2018).
- **Reactividad Socioemocional Emergente:** Las interacciones del entorno no deben articularse mediante guiones rígidos, sino emerger del análisis continuo de la prosodia, la intención semántica y el estado de activación neurovegetativa

del usuario. Los avances en agentes conversacionales e Inteligencia Artificial generativa y adaptativa han transformado la personalización del aprendizaje y la preparación docente, permitiendo superar mitos instruccionales tradicionales (Escobar-Casallas et al., 2026) y reflexionar sobre el rol del profesorado frente a la IA en aulas inteligentes y espacios educativos extendidos dentro de la Educación 4.0 (Arias et al., 2025; Barajas Motta et al., 2025; Chiappe et al., 2025; Quevedo Piratova et al., 2025). Asimismo, los modelos de lenguaje de gran escala (LLM) capaces de sostener diálogos de rol con coherencia de personalidad y adaptación contextual (Park et al., 2023; Shanahan et al., 2023) habilitan hoy una reactividad que hace apenas cinco años solo era alcanzable mediante guiones ramificados.

- Confinamiento y Cuidado del Estrés: la simulación debe estructurar "andamiajes emocionales" que permitan inducir un estrés fisiológico formacional, evitando la saturación cognitiva, la descompensación afectiva o el trauma vicario. Este principio recoge la lógica del entrenamiento de inoculación de estrés (stress inoculation training) apoyado por RV adaptativa, en el que la intensidad del estresor se dosifica en función de la respuesta fisiológica del usuario (Kluge et al., 2021).
- Retroalimentación Objetiva Basada en Evidencia Multimodal: la arquitectura debe registrar, procesar y visibilizar las variables fisiológicas invisibles (HRV, GSR, fijación ocular), transformándolas en insumos metacognitivos durante la fase de debriefing, en línea con los marcos de analítica multimodal del aprendizaje (Giannakos et al., 2022).

Estos cuatro principios dialogan directamente con el Modelo Cognitivo-Afectivo del Aprendizaje Inmersivo (CAMIL), que explica cómo las affordances específicas de la RV, agencia, encarnación e interactividad, inciden en resultados psicológicos y de aprendizaje a través de mediadores como la presencia y la carga cognitiva (Makransky & Petersen, 2021). El SMV-ESD puede leerse como una especialización socioemocional de dicho modelo general, en la que la variable de salida no es únicamente la adquisición de conocimiento declarativo, sino la autorregulación emocional bajo presión.

2. MODELO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Considerando la oportunidad de coadyuvar al mejoramiento de las condiciones socioemocionales del profesorado frente a los incidentes críticos de aula, se presentan a continuación los requerimientos del sistema, organizados en cuatro niveles que parten

de las necesidades que motivan el proyecto y que, en consonancia con ellas, identifican lo que necesitan los docentes y científicos que usarán el sistema.

Desde este nivel, se definen las condiciones que el sistema debe cumplir y las capacidades que debe poseer. Finalmente, se derivan los requisitos funcionales y no funcionales de un sistema informático que cumpla, de manera integral, con el modelo.

Los dos primeros niveles fueron levantados en talleres con formadores de docentes y especialistas en computación afectiva, según se detalla en el apartado 5.5.

Tabla 1. Requisitos de alto nivel (RAN).

Código	Requisito de alto nivel
RAN-01	Reducir el desgaste emocional y la tasa de abandono del profesorado asociados a incidentes críticos de aula
RAN-02	Fortalecer la capacidad de autorregulación emocional del profesorado ante situaciones de alta exigencia en el aula
RAN-03	Proteger la integridad psicológica del profesorado durante su proceso de formación y desarrollo profesional
RAN-04	Garantizar la viabilidad institucional y la continuidad del programa de formación docente en el tiempo, de modo que la inversión de las facultades de educación se traduzca en uso sostenido a mediano y largo plazo
RAN-05	Proteger la privacidad y los datos personales del profesorado, y asegurar el cumplimiento normativo de las facultades de educación en el manejo de esa información

A partir de cada requerimiento de alto nivel, los talleres de elicitación permitieron identificar necesidades más concretas, expresadas desde la perspectiva de quienes usarán el sistema o se beneficiarán directamente de él (Tabla 2).

Tabla 2. Requisitos de partes interesadas.

Código	Alineada con	Requisito de parte interesada
RPI-01	RAN-01	El formador necesita escenarios de incidentes críticos configurables y repetibles
RPI-02	RAN-01	El docente necesita practicar sin que los errores tengan consecuencia real sobre su evaluación o su aula
RPI-03	RAN-01	El docente necesita que la reacción del estudiante virtual sea creíble para que la práctica transfiera a la realidad
RPI-04	RAN-02	El docente necesita reconocer su propia activación emocional durante el incidente para poder regularla
RPI-05	RAN-02	El docente necesita revisar su propia respuesta emocional después del incidente para fortalecer su autorregulación en sesiones futuras

Código	Alineada con	Requisito de parte interesada
RPI-06	RAN-02	Los especialistas en computación afectiva necesitan verificar la progresión de la autorregulación del docente entre sesiones
RPI-07	RAN-03	El docente necesita poder interrumpir la simulación por su propia decisión en cualquier momento
RPI-08	RAN-03	El sistema necesita detectar señales de descompensación antes de que el docente las reporte
RPI-09	RAN-03	El docente necesita que la dificultad del escenario responda a su carga cognitiva real y no a un guion fijo
RPI-10	RAN-04	Los especialistas en computación afectiva necesitan que el uso del sistema no genere rechazo por malestar físico asociado al dispositivo, para sostener el programa en el tiempo
RPI-11	RAN-04	Los especialistas en computación afectiva necesitan que la interacción con el agente virtual mantenga naturalidad suficiente para no desincentivar el uso continuado
RPI-12	RAN-04	Los especialistas en computación afectiva necesitan que las sesiones prolongadas no produzcan fatiga que reduzca la frecuencia de uso del programa
RPI-13	RAN-05	El docente necesita que sus datos biométricos no puedan usarse con fines punitivos ni de vigilancia
RPI-14	RAN-05	Los especialistas en computación afectiva necesitan que el manejo de los datos del profesorado cumpla con la normativa de protección de datos vigente
RPI-15	RAN-05	Los especialistas en computación afectiva necesitan que los datos del profesorado permanezcan protegidos incluso al integrarse con otros sistemas institucionales
RPI-16	RAN-02.	El docente necesita habitar un avatar que replique con fidelidad su esquema corporal y sus micro-expresiones, para favorecer la codificación motora y emocional del aprendizaje.

Cada requerimiento de partes interesadas se traduce en una o varias condiciones que el sistema debe cumplir o en una o varias capacidades que debe poseer (ver Tabla 3).

Tabla 3. Requisitos de sistema.

Código	Alineada con	Requisito de sistema
RS-01	RPI-01	El sistema debe permitir la inyección paramétrica y dinámica de eventos disruptivos
RS-02	RPI-02	El sistema debe aislar cada sesión y permitir su reinicio sin arrastrar estado de sesiones previas

Código	Alineada con	Requisito de sistema
RS-03	RPI-03	El sistema debe adaptar tono, postura y expresión facial del agente según la intencionalidad del docente
RS-04	RPI-04	El sistema debe capturar señales fisiológicas relevantes para inferir el estado emocional del docente durante la sesión
RS-05	RPI-05	El sistema debe permitir al docente revisar su propia respuesta fisiológica después del incidente
RS-06	RPI-06	El sistema debe registrar la información de las sesiones en un formato que permita su reutilización por otras plataformas
RS-07	RPI-07	El sistema debe permitir al docente interrumpir la simulación de forma inmediata y por su propia decisión
RS-08	RPI-08	El sistema debe monitorear continuamente la conductancia electrodérmica y atenuar la hostilidad del PNJ (Personaje No Jugador) ante desviaciones sostenidas
RS-09	RPI-09	El sistema debe estimar la carga cognitiva del docente en tiempo real
RS-10	RPI-10	El sistema debe mantener la latencia motion-to-photon por debajo del umbral de detección humana
RS-11	RPI-11	El sistema debe mantener la latencia vocal de IA por debajo del umbral de plausibilidad conversacional
RS-12	RPI-12	El sistema debe sostener una tasa de refresco que evite fatiga visual durante activación simpática
RS-13	RPI-13	El sistema debe impedir que la identidad del docente se asocie con sus métricas fisiológicas
RS-14	RPI-14	El sistema debe someter a los agentes conversacionales a auditoría algorítmica continua de sus patrones de conducta
RS-15	RPI-1	El sistema debe representar el cuerpo y los movimientos del docente con fidelidad suficiente para sostener esa codificación durante la simulación.

Los requerimientos anteriores se satisfacen mediante uno o más componentes de software concretos. Es en este nivel donde aparecen las tecnologías, los algoritmos y los estándares específicos que hacen posible la capacidad descrita en el nivel anterior. La tabla 4 presenta primero los requerimientos funcionales y luego los no funcionales, cada uno alineado con el requerimiento de sistema del que proviene.

Tabla 4. Requisitos de software funcionales y no funcionales.

Código	Alineada con	Requisito de software
RF-01	RS-01	El sistema debe permitir la inyección paramétrica y dinámica de eventos disruptivos de aula, tales como conflictos interpersonales, desafíos a la autoridad o descompensación afectiva estudiantil
RF-02	RS-03	El sistema debe adaptar el tono, la postura y la expresión facial del agente conversacional según la intencionalidad detectada en el docente

Código	Alineada con	Requisito de software
RF-03	RS-04	El sistema debe capturar de forma síncrona señales de HRV, GSR y eye-tracking mediante visores HMD o dispositivos wearables
RF-04	RS-05	El sistema debe permitir al docente revisar, mediante repetición inmersiva 360°, la sincronización entre los hitos de la simulación y sus propias curvas de estrés fisiológico
RF-05	RS-07	El sistema debe reconocer un gesto físico o comando predeterminado y, al detectarlo, abortar o pausar de inmediato la simulación
RF-06	RS-09	El sistema debe estimar de forma continua la carga cognitiva del docente mediante pupilometría y patrones de fijación ocular
RF-07	RS-08	El sistema debe detectar desviaciones sostenidas de la conductancia electrodérmica del docente respecto de su línea basal y atenuar automáticamente la hostilidad del agente PNJ ante dichas desviaciones
RF-08	RS-02	El sistema debe mantener y actualizar el modelo de estado del aula virtual y coordinar la conducta de los avatares a lo largo de la sesión
RF-09	RS-03	El sistema debe interpretar el contenido verbal del docente para orientar la respuesta del agente conversacional
RF-10	RS-03	El sistema debe interpretar el tono y la entonación de la voz del docente como señal de intención emocional
RF-11	RS-03	El sistema debe calcular el estado emocional del agente a partir de una estructura cognitiva de emociones
RF-12	RS-03	El sistema debe representar el estado emocional del agente en un espacio dimensional de placer, activación y dominancia
RF-13	RS-16	El sistema debe representar gráficamente en tres dimensiones el entorno del aula virtual y el cuerpo del docente
RF-14	RS-16	El sistema debe modelar el esquema corporal del docente sobre el avatar que lo representa
RF-15	RS-16	El sistema debe mapear el movimiento corporal del docente sobre el avatar mediante cinemática inversa de cuerpo completo
RF-16	RS-16	El sistema debe capturar el movimiento físico del docente para alimentar la cinemática del avatar en tiempo real
RF-17	RS-16	El sistema debe espacializar el audio del entorno para permitir la localización auditiva de eventos del aula
RF-18	RS-16	El sistema debe proporcionar retroalimentación táctil que refuerce la sensación de presencia corporal del docente
RNF-01	RS-10	El desfase entre el movimiento físico del docente y el refresco de pantalla no debe ser percibido como molesto por al menos el noventa por ciento de una muestra representativa de docentes, evaluada mediante prueba de usuario
RNF-02	RS-11	El tiempo de respuesta del PNJ no debe ser percibido como una interrupción antinatural de la conversación por al menos el noventa por ciento de una muestra representativa de docentes, evaluada mediante prueba de usuario

Código	Alineada con	Requisito de software
RNF-03	RS-12	El renderizado no debe producir fatiga ocular reportada por más del diez por ciento de una muestra representativa de docentes tras una sesión de duración estándar
RNF-04	RS-13	Las señales fisiológicas del docente deben cifrarse tanto en tránsito como en reposo mediante un algoritmo de cifrado simétrico de grado industrial vigente, verificable mediante auditoría independiente que confirme la ausencia de vulnerabilidades conocidas
RNF-05	RS-06	El sistema debe registrar de forma estandarizada los eventos de la simulación y las métricas fisiológicas en un formato interoperable con Learning Record Stores
RNF-06	RS-02	Cada sesión debe ejecutarse de forma independiente y debe poder reiniciarse sin arrastrar estado de sesiones previas
RNF-07	RS-14	Los patrones conductuales de los agentes PNJ deben auditarse cada cierto número de sesiones acumuladas, comparando la distribución de sus respuestas frente a docentes de distintos grupos demográficos. Cualquier diferencia que supere el margen de tolerancia definido por el panel revisor debe generar un reentrenamiento del agente antes de su siguiente uso
RNF-09	RS-04	Los artefactos de movimiento deben eliminarse de la señal fisiológica antes de su análisis, y la sincronización entre las curvas fisiológicas y los eventos de la simulación no debe exceder un margen de diez milisegundos
RNF-10	RS-13	Los identificadores directos del docente deben sustituirse por seudónimos no reversibles sin clave

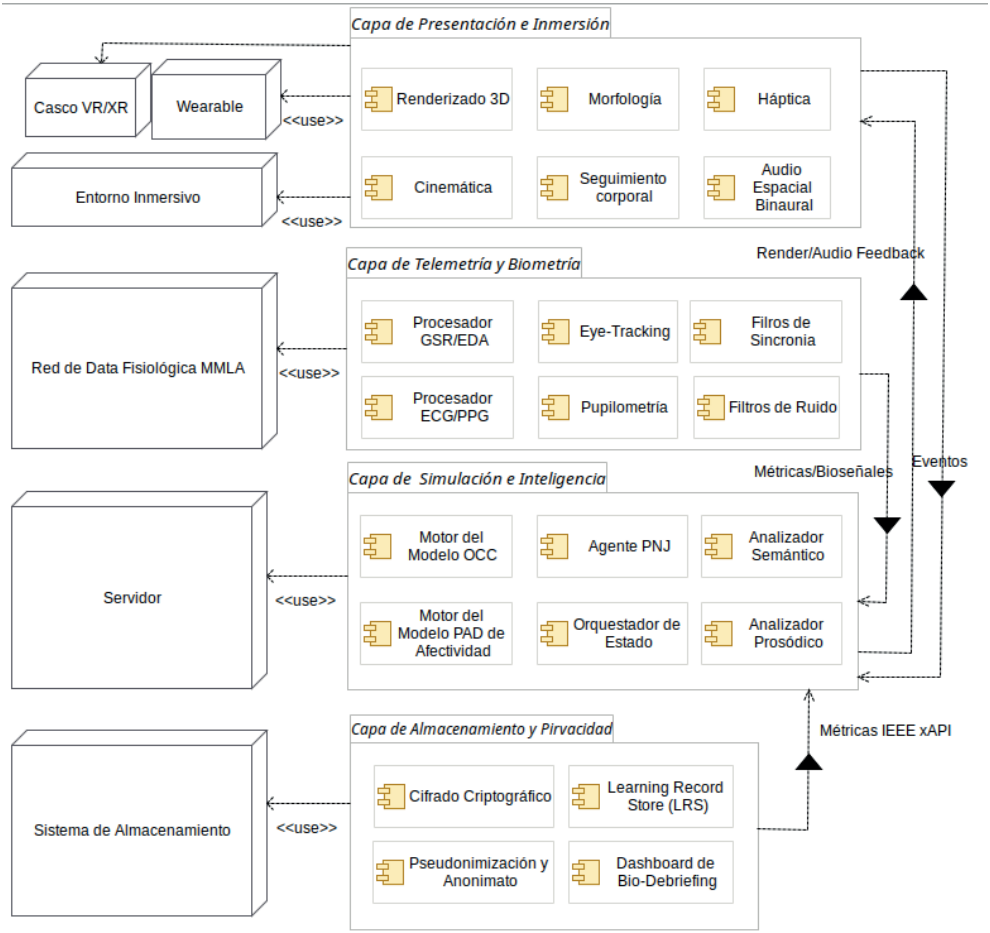
Este modelo de requerimientos se considera nuclear pero no definitivo pues en cualquier desarrollo de software los requisitos evolucionan a medida que avanza el proyecto, se incorporan nuevos hallazgos o cambian las condiciones institucionales que le dieron origen. Además, las sesiones de validación del model de requisitos consideraron los intereses particulares de cada grupo de participantes, y de ahí surgieron ajustes que se integraron a la redacción actual.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA: CAPAS, MÓDULOS Y FLUJO DE DATOS

La arquitectura del sistema adopta un patrón por capas ampliamente utilizado en sistemas de software distribuidos. Esta organización modular separa la experiencia sensorial del docente de la lógica de procesamiento interno, la captura biométrica y la persistencia de datos. Dicha separación facilita modificar o reemplazar cada módulo de forma independiente sin afectar a las demás capas y permite que equipos multidisciplinarios trabajen en paralelo.

En las siguientes subsecciones, cada capa se aborda estructuradamente: **primero desde su propósito funcional y su alineación con el modelo de requisitos**, y **posteriormente desde los componentes de *hardware, software* y flujo de datos que la concretan**.

Figura 1. Vista panorámica del sistema.



3.1. CAPA DE PRESENTACIÓN E INMERSIÓN

Propósito Funcional y Alineación con Requisitos

Esta capa constituye la interfaz directa con la que interactúa el docente. Su función principal es permitir que el profesor habite un avatar tridimensional que replique con fidelidad su esquema corporal y perciba el entorno virtual con suficiente coherencia sensorial para inducir presencia encarnada (*embodiment*). Con ello, responde a la necesidad de practicar en un entorno altamente creíble y representativo del aula real (RPI-

16, RS-16, RF-13, RF-14). Asimismo, la capa está diseñada para satisfacer las exigencias no funcionales de latencia y desempeño, previniendo malestares físicos o fatiga visual derivados del uso de dispositivos inmersivos (RNF-01, RNF-03).

Componentes Técnicos e Implementación

Para cumplir sus funciones, la capa integra dispositivos de *hardware* especializados y módulos de *software* dedicados:

- **Dispositivos de Entrada/Salida (*Hardware*):** Incluye cascos de realidad virtual o extendida (VR/XR) autónomos o conectados a PC (PCVR), que proyectan el entorno visual y capturan los movimientos de cabeza, manos y voz del docente. Se complementa con dispositivos vestibles (*wearables*) para el seguimiento corporal completo e interacciones táctiles. De forma opcional e institucional, puede integrarse con infraestructura física fija (cápsulas sensoriales, domos de proyección, salas de movimiento o pisos interactivos) que aportan estímulos de desplazamiento y vibración ambiental. No obstante, el sistema está diseñado para operar con los dispositivos portátiles básicos y garantizar la usabilidad aun ante la ausencia de infraestructura física.
- **Módulos de Software:**
    - *Renderizado 3D y Morfología:* Construyen el entorno sintético del aula y modelan la estructura corporal del avatar para asegurar una alta correspondencia visual con el usuario.
    - *Cinemática Inversa de Cuerpo Completo:* Traduce en tiempo real las señales de movimiento capturadas por el casco y los *wearables* hacia la postura del avatar (RF-15, RF-16).
    - *Audio Espacial Binaural y Háptica:* Espacializan el sonido ambiental para posibilitar la localización acústica de eventos (p. ej., un estudiante hablando desde la izquierda) y aportan retroalimentación táctil que refuerza la presencia corporal (RF-17, RF-18).

La capa no opera de forma aislada: recibe de la capa de simulación e inteligencia las instrucciones conductuales que deben representarse en el entorno y entrega a la capa de telemetría las señales de movimiento corporal para su procesamiento.

3.2. CAPA DE INTELIGENCIA Y SIMULACIÓN

Propósito Funcional y Alineación con Requisitos

Esta capa actúa como el núcleo de procesamiento adaptativo del sistema. Su objetivo es gestionar la dinámica del aula virtual y gobernar el comportamiento del

estudiante virtual (agente PNJ) con coherencia temporal y pedagógica sostenida, evitando reacciones erráticas o guiones preprogramados rígidos (RPI-01, RPI-03, RS-03, RF-01, RF-08). La capa analiza continuamente la conducta verbal, prosódica y neurovegetativa del docente para modular la hostilidad o contención del agente en tiempo real, garantizando la fidelidad psicológica del escenario.

Componentes Técnicos e Implementación

La capa se despliega en una infraestructura distribuida de servidores centrales y nodos de borde (*Edge Computing*), donde estos últimos reducen la latencia de respuesta acortando la brecha entre el habla del docente y el modelo de lenguaje. Integra los siguientes componentes:

- **Orquestador de Estado del Aula:** Mantiene la memoria compartida de la sesión y coordina la consistencia de las acciones del entorno entre instantes sucesivos (RF-08).
- **Agente PNJ Conversacional:** Ejecuta el comportamiento afectivo adaptativo del estudiante virtual en postura, tono y expresión facial.
- **Analizadores de Entrada (Semántico y Prosódico):** El *analizador semántico* interpreta el contenido verbal del docente (RF-09), mientras que el *analizador prosódico* procesa el tono y la entonación vocal para anticipar cambios emocionales antes de su confirmación verbal (RF-10).
- **Motores Afectivos Híbridos (OCC y PAD):** El *motor del modelo OCC* evalúa la situación y la clasifica en una categoría emocional discreta mediante una estructura cognitiva (Ortony et al., 1988; RF-11). Por su parte, el *motor del modelo PAD* traduce dicha categoría a un espacio dimensional de placer, activación y dominancia (RF-12), matizando la intensidad de la respuesta del agente de acuerdo con principios explícitos y auditables (Louie et al., 2024; Shanahan et al., 2023).

Respecto al flujo de datos, esta capa consume de la capa de telemetría las métricas fisiológicas y de carga cognitiva para decidir cuándo intensificar o atenuar el conflicto, y envía a la capa de presentación las instrucciones de renderizado del avatar estudiantil.

3.3. CAPA DE TELEMETRÍA MULTIMODAL Y SENSADO

Propósito Funcional y Alineación con Requisitos

Esta capa responde a las necesidades de monitoreo objetivo y regulación de la activación fisiológica del docente durante la simulación (RPI-04, RPI-08, RPI-09, RS-

04, RS-08, RS-09, RF-03). Su función dentro del marco de la Analítica Multimodal del Aprendizaje (MMLA) es capturar, limpiar y sincronizar señales biológicas y conductuales en tiempo real. Esta evidencia permite al sistema estimar la carga cognitiva, detectar signos tempranos de distrés y activar salvaguardas de atenuación de conflicto antes de que se produzca una descompensación afectiva.

Componentes Técnicos e Implementación

La capa conforma una red MMLA alimentada por los sensores integrados en los *wearables* y el casco:

- **Procesadores de Señal Biológica:**
    - *Procesador GSR/EDA:* Mide la actividad electrodérmica como indicador de activación simpática y señal temprana de estrés.
    - *Procesador ECG/PPG:* Registra la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) para evaluar el tono vagal y la capacidad de autorregulación fisiológica.
    - *Componente de Eye-Tracking y Pupilometría:* Captura el movimiento ocular, patrones de fijación y variaciones pupilares para estimar la carga cognitiva en tiempo real (RF-06).
- **Módulos de Post-Procesamiento:**
    - *Filtros de Ruido:* Eliminan artefactos de movimiento que de otro modo distorsionarían las lecturas de activación fisiológica (RNF-09).
    - *Filtros de Sincronía:* Alinean mediante estampado de tiempo de alta resolución (< 10 ms) cada pico fisiológico con el evento del aula virtual que lo desencadenó (RNF-09).

Los datos procesados se sirven simultáneamente a la capa de simulación e inteligencia (para alimentar los bucles adaptativos) y a la capa de almacenamiento (para su conservación analítica).

3.4. CAPA DE ALMACENAMIENTO, ANALÍTICA Y PRIVACIDAD

Propósito Funcional y Alineación con Requisitos

Su propósito fundamental es resguardar la persistencia, confidencialidad e integridad de la información generada durante las sesiones de simulación, dando cumplimiento estricto a las exigencias éticas y de gobernanza de datos sensibles (RPI-05, RPI-13, RPI-14, RS-06, RS-13, RNF-04, RNF-05, RNF-10). Asimismo, esta capa proporciona la infraestructura requerida para el *debriefing* reflexivo del docente y la integración interoperable con los sistemas de gestión del aprendizaje institucionales.

Componentes Técnicos e Implementación

Esta capa gestiona los datos de sesión mediante cuatro componentes de *software*:

- **Learning Record Store (LRS):** Almacena las trazas de interacción y métricas fisiológicas bajo estándares e perfiles de interoperabilidad (IEEE xAPI), asegurando que los datos se puedan exportar o integrar con plataformas LMS (Giannakos et al., 2022; RNF-05).
- **Cifrado Criptográfico:** Protege las señales fisiológicas y registros tanto en tránsito como en reposo mediante algoritmos de cifrado simétrico de grado industrial (RNF-04).
- **Modulo de Pseudonimización y Anonimato:** Sustituye los identificadores directos del profesor por seudónimos no reversibles sin clave, impidiendo la vinculación punitiva o no autorizada entre la identidad del docente y sus métricas fisiológicas (RS-13, RNF-10).
- **Dashboard de Bio-Debriefing:** Recupera las curvas de activación fisiológica de la sesión y las presenta sincronizadas con la repetición inmersiva en 360° (RF-04). Esto permite al docente realizar una revisión metacognitiva de su respuesta bajo presión, cerrando el ciclo de aprendizaje diseñado desde la capa de telemetría.

4. CONSIDERACIONES ESPECÍFICAS DE DISEÑO TECNOPEDAGÓGICO E INTERACCIÓN

4.1. CONFIGURACIÓN DE ESCENARIOS PARA EL ENTRENAMIENTO EN ESCENARIOS CRÍTICOS (MODELO A.S.E.C.)

La parametrización del entorno virtual debe responder a modelos instruccionales probados para la gestión de crisis, tales como el Modelo A.S.E.C. (Aprendizaje Socioemocional para Escenarios Críticos). El sistema configura los escenarios en tres fases algorítmicas interconectadas:

- 1. Fase de Gatillamiento (Triggering Phase): el motor inyecta un incidente crítico de aula (p. ej., un desafío directo a la autoridad o un conflicto inter-pares) para inducir un pico de activación simpática (incremento fásico de GSR).
- 2. Fase de Inflexión y Regulación (Regulative Phase): el sistema monitorea la respuesta del docente. Si el análisis de voz muestra prosodia regulada y las métricas de HRV reflejan mantenimiento del tono vagal, el PNJ reduce gradualmente la agresión, en un esquema de retroalimentación cerrada

análogo a los sistemas de RV adaptativa por biorretroalimentación descritos en el ámbito clínico (Moldoveanu et al., 2023).

- 3. Fase de Re-estabilización y Cierre (Resolution Phase): el escenario permite al docente aplicar contención verbal y alcanzar un acuerdo pedagógico con el avatar estudiantil, cerrando el bucle fisiológico del estrés.

Este esquema de tres fases es compatible con la lógica del entrenamiento de inoculación de estrés apoyado en RV con dosificación fisiológica del estresor, en el que la intensidad del desafío se ajusta progresivamente en función de la respuesta autonómica del usuario, evitando tanto la habituación por subestimulación como la saturación por sobreestimulación (Kluge et al., 2021).

4.2. FIDELIDAD FÍSICA VS. FIDELIDAD PSICOLÓGICA (PSYCHOLOGICAL FIDELITY)

Un principio crítico en la ingeniería de este sistema es la clara diferenciación entre la fidelidad gráfica (fotorrealismo) y la fidelidad psicológica (capacidad de inducir estados afectivos reales). La investigación demuestra que la fidelidad física desmedida consume recursos computacionales críticos sin necesariamente incrementar el valor pedagógico. En contraste, la fidelidad psicológica se logra priorizando el realismo en las dinámicas sociales, la coherencia conversacional del PNJ y la reactividad afectiva del entorno ante el comportamiento del profesor, en línea con lo que el modelo CAMIL predice respecto a la relación entre affordances de la RV y mediadores psicológicos como la presencia (Makransky & Petersen, 2021), y con la evidencia de que el diseño encarnado, más que el detalle gráfico, es lo que sostiene la codificación afectiva del aprendizaje (Johnson-Glenberg, 2018).

4.3. PROTOCOLOS DE SEGURIDAD PSICOLÓGICA EN EL SISTEMA: MECANISMOS DE SAFETY STOPS

Dado que el entrenamiento enfrenta al docente a situaciones estresantes, la arquitectura integra salvaguardas computacionales activas:

- Monitor de Pánico Biométrico: si la conductancia electrodérmica (GSR) del docente supera las 3 desviaciones estándar respecto de su línea basal durante más de 15 segundos sostenidos, el sistema atenúa automáticamente la hostilidad del PNJ.
- Botón de Desconexión / Gesto de Seguridad (Safety Stop): el docente puede ejecutar un gesto físico predeterminado (cruzar los brazos) para pausar inmediatamente la simulación y ser redirigido a un espacio neutro de descompresión.

La literatura reciente sobre biorretroalimentación en RV aporta un matiz importante para el diseño de estos mecanismos: informar explícitamente al usuario de que tiene control sobre variables del entorno reduce por sí mismo los niveles de activación electrodérmica, incluso antes de que dicho control se ejercite (Sehrt et al., 2024). Esto sugiere que el Safety Stop no debería diseñarse únicamente como una salida de emergencia, sino como un recordatorio visible y permanente de agencia, lo que podría moderar la intensidad del estrés percibido a lo largo de toda la sesión. Al mismo tiempo, evidencia proveniente de estudios de regulación biofeedback bajo estrés advierte que la autopercepción subjetiva de distrés no siempre coincide con los indicadores fisiológicos objetivos (Daniel-Watanabe et al., 2024), lo que refuerza la necesidad de que el Monitor de Pánico Biométrico combine umbrales fisiológicos con checkpoints de autorreporte breve, en lugar de depender de una sola fuente de evidencia.

4.4. PROPUESTA ORIGINAL: EL MODELO SEED (SOCIO-EMOTIONAL EDUCATOR DEVELOPMENT MODEL)

Los apartados anteriores especifican una arquitectura técnica capaz de sostener escenarios afectivamente reactivos. Sin embargo, la literatura sobre formación docente en RV muestra que el desarrollo de competencias socioemocionales complejas —tales como la autorregulación, la resiliencia y la empatía ante situaciones de alta exigencia— no es un evento de una sola sesión, sino un proceso continuo que requiere modelos teóricos sólidos, instrumentos psicométricamente validados y guías estructuradas de entrenamiento (Jara-Coatt, Constenla-Núñez, et al., 2025; Jara-Coatt, Sáez-Delgado, et al., 2026; Mouw et al., 2024; Sáez-Delgado, Mella-Norambuena, & López-Angulo, 2024). Investigaciones recientes respaldan la importancia de los programas de intervención y modelos de competencia socioemocional docente para promover aulas prósperas e innovadoras (Lozano-Peña et al., 2023; Sáez-Delgado, Jara-Coatt, et al., 2026). A partir de esta constatación y en alineación con guías de entrenamiento socioemocional previamente consolidadas como el programa ESED-10 (Lozano Peña et al., 2024), se propone en este capítulo un modelo original de desarrollo psicoemocional pensado específicamente para estructurar simulaciones progresivas en mundo virtual: el Modelo SEED (Socio-Emotional Educator Development Model).

El nombre y la sigla SEED (semilla, en inglés) se eligen deliberadamente como metáfora del desarrollo: cada sesión de simulación no pretende “resolver” la competencia socioemocional del docente en un único ensayo, sino sembrar y cultivar progresivamente

su capacidad de autorregulación bajo presión, a través de un ciclo de cuatro fases que se repite y se intensifica a lo largo de un programa de entrenamiento. Las cuatro fases del modelo, que dan literalmente origen a la sigla, son las siguientes:

S: Sensitización (Sensitization)

Fase de calibración fisiológica y psicoeducativa previa a la exposición. El sistema registra la línea basal individual de HRV y GSR del docente en condiciones de reposo y le introduce, mediante un breve módulo psicoeducativo, los conceptos de activación neurovegetativa y regulación emocional que empleará durante la sesión. Esta fase opera como control experimental interno (línea base) y como andamiaje cognitivo previo, coherente con la recomendación de que los sistemas de biorretroalimentación en RV expliciten al usuario su capacidad de control sobre el entorno antes de la exposición al estresor (Sehrt et al., 2024).

E: Exposición (Exposure)

Fase de exposición graduada a un incidente crítico de baja-media intensidad (equivalente a la Fase de Gatillamiento del Modelo A.S.E.C., apartado 4.1), con dosificación algorítmica del estresor basada en la respuesta fisiológica del docente, siguiendo la lógica de plataformas de entrenamiento de inoculación de estrés apoyadas en RV (Kluge et al., 2021).

E: Escalamiento regulado (Escalation)

Fase de incremento progresivo de la intensidad del conflicto, condicionado al mantenimiento de indicadores de regulación (tono vagal estable, prosodia contenida). Si el docente muestra signos de desregulación sostenida, el motor afectivo reduce la hostilidad del PNJ en un bucle cerrado de biorretroalimentación (Moldoveanu et al., 2023), y el Monitor de Pánico Biométrico y el Safety Stop descritos en 4.3 permanecen activos como salvaguarda en todo momento.

D: Debriefing y consolidación durable (Debriefing & Durability)

Fase de repetición inmersiva 360° con visualización sincronizada de las curvas fisiológicas propias (módulo RF-04), en la que el docente reinterpreta metacognitivamente su propia respuesta, y en la que se registra, mediante trazas xAPI, el grado de transferencia esperada a la práctica real de aula, permitiendo comparar el desarrollo entre sesiones sucesivas.

A diferencia del Modelo A.S.E.C., que describe la estructura interna de una sesión de simulación, el Modelo SEED opera en un nivel superior: describe cómo se articulan varias sesiones (cada una internamente estructurada según A.S.E.C.) a lo largo de un

programa de entrenamiento, incorporando una lógica de andamiaje decreciente (fading scaffolding) inspirada en la Zona de Desarrollo Próximo socioemocional, en la que la intensidad de la asistencia regulatoria del sistema disminuye a medida que el docente consolida su autorregulación en sesiones sucesivas.

Tabla 5. Descripción de las fases del modelo de intervención y sus componentes psicoeducativos y de apoyo adaptativo.

Fase	Objetivo psicoeducativo	Indicador fisiológico/ conductual	Grado de andamiaje del sistema
S: Sensitización	Calibración basal y activación de esquemas cognitivos de regulación	HRV y GSR basales; autorreporte breve pre-sesión	Alto (psicoeducación explícita)
E: Exposición	Reconocimiento temprano de la propia activación ante un estresor de baja-media intensidad	Incremento fásico de GSR; latencia de respuesta verbal	Alto (dosificación algorítmica conservadora)
E: Escalamiento	Sostenimiento de la regulación bajo incremento progresivo de la demanda	Tono vagal (HRV); prosodia; fijación ocular (carga cognitiva)	Decreciente entre sesiones (fading)
D: Debriefing	Consolidación metacognitiva y proyección a la práctica real	Autopercepción vs. curva fisiológica objetiva; trazas xAPI de transferencia	Bajo (reflexión guiada, no directiva)

Como todo modelo de desarrollo, el Modelo SEED formula implícitamente hipótesis contrastables que constituyen la base de una futura agenda de investigación empírica (desarrollada en el apartado 5.5): (a) la exposición repetida y dosificada según el ciclo SEED produce una reducción progresiva de la reactividad electrodérmica ante incidentes de intensidad equivalente entre sesiones sucesivas; (b) el andamiaje decreciente entre sesiones se asocia con un incremento de la autoeficacia regulatoria autopercibida, en línea con hallazgos sobre programas de regulación emocional para docentes en formación (Aldrup et al., 2024); y (c) la discrepancia entre autopercepción de distrés y evidencia fisiológica objetiva, documentada en biorretroalimentación bajo estrés (Daniel-Watanabe et al., 2024), disminuye a medida que el docente avanza en el ciclo SEED, lo que operacionalizaría el desarrollo de conciencia interoceptiva como variable de resultado adicional.

5. DISCUSIÓN Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

5.1. CUELLOS DE BOTELLA TECNOLÓGICOS Y OPTIMIZACIÓN DE LATENCIA VOCAL SUB-SEGUNDO

El principal desafío técnico en la implementación de SMV-ESD radica en la latencia acumulada de la cadena de procesamiento de IA. Una interacción conversacional fluida exige un tiempo inter-turnos inferior a 800 ms. El pipeline convencional, que abarca Speech-to-Text, inferencia en el LLM, motor de emociones OCC, Text-to-Speech afectivo y generación de blendshapes, en entornos nube tradicionales supera frecuentemente los 2.5 segundos, destruyendo la ilusión de plausibilidad.

Para resolver este cuello de botella, la arquitectura moderna debe implementar servidores de borde (Edge LLMs) optimizados mediante cuantización y ejecutar respuestas kinésicas intermedias: mientras el modelo de lenguaje procesa el texto de la respuesta, el avatar ejecuta de inmediato una micro-expresión facial o reorientación corporal no verbal basada en el análisis acústico de la voz del docente, rellenando la brecha temporal sin romper la inmersión. La detección continua de carga cognitiva mediante eye-tracking (Nasri et al., 2024) puede, además, emplearse como señal auxiliar para decidir en qué momento conviene introducir estas respuestas intermedias sin saturar al usuario.

5.2. DESAFÍOS ÉTICOS, GOBERNANZA DE DATOS PSICOFISIOLÓGICOS Y SESGOS ALGORÍTMICOS

La recopilación continua de señales biométricas (GSR, HRV, fijación ocular) genera perfiles psicofisiológicos de alta sensibilidad que revelan la vulnerabilidad emocional, la estabilidad psicológica y los sesgos implícitos del docente. Existe un riesgo severo si estas métricas son empleadas por administraciones educativas con fines punitivos, evaluativos o de contratación.

Asimismo, los LLM que nutren a los avatares estudiantiles corren el riesgo de amplificar sesgos raciales, de género o de clase presentes en sus datos de entrenamiento. La literatura sobre agentes de rol basados en LLM advierte, además, sobre el riesgo de que estos agentes desarrollen patrones conductuales no intencionados o difíciles de auditar cuando se les asignan objetivos y personalidades complejas sin restricciones explícitas (Shanahan et al., 2023), y propone que los principios de comportamiento de un agente simulado sean elicitados y validados por expertos de dominio antes de su despliegue (Louie et al., 2024). Es imperativo someter a los agentes PNJ del SMV-ESD a auditorías

algorítmicas continuas y restringir su espacio de estados mediante restricciones de seguridad socioeducativa equivalentes.

5.3. INTEROPERABILIDAD, ESTANDARIZACIÓN (IEEE XAPI) Y SOSTENIBILIDAD TÉCNICA

Para garantizar que los SMV-ESD sean adoptados masivamente por facultades de educación y centros de formación docente, los datos generados no pueden quedar atrapados en silos propietarios. Se requiere la adopción de perfiles xAPI para analítica inmersiva y multimodal, permitiendo que las métricas de entrenamiento socioemocional se integren de manera transparente con los Sistemas de Gestión del Aprendizaje (LMS) institucionales, en línea con los marcos de analítica multimodal del aprendizaje que enfatizan la necesidad de estandarización para la comparabilidad entre plataformas y estudios (Giannakos et al., 2022).

5.4. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: VR ADAPTATIVA DE BUCLE CERRADO Y ECOSISTEMAS PHYGITAL

El desarrollo futuro de esta línea de investigación debe orientarse hacia tres fronteras tecnológicas clave:

- Sistemas de Realidad Virtual en Bucle Cerrado (Closed-Loop VR): algoritmos de inteligencia artificial que ajusten la dificultad pedagógica y la intensidad del conflicto en tiempo real basándose en la respuesta neurofisiológica directa del docente, extendiendo evidencia ya disponible en RV de biorretroalimentación bajo estrés en otros dominios (Daniel-Watanabe et al., 2024; Kluge et al., 2021).
- Agentes híbridos LLM-robótica social: la integración de plataformas robóticas sociales con LLM para el entrenamiento de habilidades relacionales, ya explorada en formación clínica (Borg et al., 2025), sugiere una posible extensión phygital del SMV-ESD hacia dispositivos físicos de práctica en contextos escolares reales.
- Ecosistemas “Phygital” de Formación Continua: la hibridación entre sensores portátiles discretos utilizados por el docente durante sus clases reales en la escuela física y sesiones de refuerzo sintético en el mundo virtual, creando un bucle de retroalimentación permanente entre la práctica analógica y la simulación digital.

5.5. AGENDA APLICADA: HACIA LA VALIDACIÓN EMPÍRICA DEL MODELO SEED

Este apartado sienta las bases metodológicas para un estudio empírico posterior y para un artículo científico derivado de este capítulo. Se propone un diseño piloto en tres etapas:

- Etapa 1: Validación de contenido y usabilidad. Panel de jueces expertos (formadores de docentes, especialistas en computación afectiva) que valide la correspondencia entre las cuatro fases del Modelo SEED y los indicadores fisiológicos/conductuales propuestos en la tabla del apartado 4.4, siguiendo procedimientos de validación de contenido ya empleados en el desarrollo de simuladores de gestión de aula (Docter et al., 2024).
- Etapa 2: Estudio piloto intrasujeto de dosis-respuesta. Aplicación del ciclo SEED completo a una cohorte reducida de docentes en formación a lo largo de 4 a 6 sesiones, con recolección continua de HRV, GSR y trazas xAPI, empleando instrumentos de evaluación multidimensional coherentes con los ya validados para el seguimiento longitudinal de competencias en RV (Mouw et al., 2024).
- Etapa 3: Comparación con evidencia de regulación emocional docente fuera de RV. Contraste de los resultados del ciclo SEED con la evidencia disponible sobre programas de regulación emocional y bienestar docente en formato no inmersivo (Aldrup et al., 2024; Xu et al., 2026), a fin de estimar el valor agregado específico de la simulación en mundo virtual frente a otras modalidades de intervención.

Este diseño de tres etapas, validación de contenido, piloto dosis-respuesta y comparación con literatura no inmersiva, constituye la base metodológica que se recomienda desarrollar en detalle (tamaño muestral, criterios de inclusión, comité de ética, instrumentos específicos de autorreporte) en un manuscrito de investigación independiente derivado de este capítulo.

6. CONCLUSIONES

El diseño e ingeniería de un sistema de mundo virtual para el entrenamiento socioemocional docente trasciende la mera creación de un entorno visual tridimensional. Representa la convergencia de la arquitectura de software distribuida, la computación afectiva, la analítica multimodal de datos biométricos y la pedagogía basada en evidencia.

Al estructurar plataformas que respeten la latencia crítica, garanticen la fidelidad psicológica, protejan la privacidad psicofisiológica del profesorado y apliquen

protocolos de debriefing biométrico, la comunidad educativa dispondrá de verdaderos laboratorios sintéticos donde los docentes podrán ensayar la autorregulación, superar la desestabilización de las crisis de aula y construir una práctica profesional próspera, resiliente y saludable.

El Modelo SEED aporta a esta arquitectura técnica una capa pedagógica de desarrollo progresivo, articulando en cuatro fases: Sensitización, Exposición, Escalamiento y Debriefing, la transición desde la calibración fisiológica inicial hasta la consolidación metacognitiva de la autorregulación emocional docente. Su formulación en este capítulo tiene un carácter deliberadamente fundacional: no se presenta como un modelo ya validado empíricamente, sino como una propuesta teórico-metodológica lista para ser sometida a un proceso de validación de contenido, pilotaje dosis-respuesta y contraste con la literatura de regulación emocional docente, tal como se detalla en el apartado 5.5. En ese sentido, este capítulo no cierra una línea de investigación, sino que abre explícitamente el camino hacia un futuro artículo científico centrado en la recolección de datos y la validación empírica del Modelo SEED.

7. AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Modelo Pedagógico y Prototipo Inicial en Metaverso para el Entrenamiento Socioemocional Docente: Avances hacia una Innovación Educativa Basada en Tecnología Inmersiva”, Nro.codigo: FGII04/2025. Fondo para el fortalecimiento de grupos de investigación y grupos de innovación, 2025. Financiado por la Dirección de Investigación de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.

FONDECYT Regular Nº1241902, titulado: “Promoción de la prosperidad docente por medio de la intervención ProSEL-it basada en mundos virtuales con experiencias inmersivas y su efecto en las competencias socioemocionales, la resiliencia y el bienestar”, con una duración de 4 años (2024-2028), financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID). Y al Grupo consolidado de investigación denominado: “Research and Innovation Group in Socioemotional Learning, Well-Being and Mental Health to Foster Thriving” (THRIVE4ALL) UCSC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (APA 7.ª EDICIÓN)

Aldrup, K., Carstensen, B., & Klusmann, U. (2024). The role of teachers’ emotion regulation in teaching effectiveness: A systematic review integrating four lines of research. Educational Psychologist, 59(2), 89–110. https://doi.org/10.1080/00461520.2023.2282446

Appelhans, B. M., & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. Review of General Psychology, 10(3), 229–240. https://doi.org/10.1037/1089-2680.10.3.229

Arias, J., Salas, J., Chiappe, A., & Sáez-Delgado, F. (2025). The Extended Education 4.0: Lifelong Learning in Times of Artificial Intelligence. Applied Sciences, 15(17), 9352. https://doi.org/10.3390/app15179352

Baeza-Sepúlveda, C., Sáez-Delgado, F., Jara-Coatt, P., Zañartu-Canihuante, N., & Brieba-Fuenzalida, J. (2026). Formación docente, competencias socioemocionales y género: implicancias para el bienestar y desgaste profesional. En Psicologia, comportamento humano e saúde mental 2. ISBN: 978-65-258-4254-7, pp. 1-16. Brasil. Editorial Atena. https://doi.org/10.22533/at.ed.547122611051

Barajas Motta, N., Chiappe, A., & Sáez-Delgado, F. (2025). Bridging the gap: AI and teacher training for inclusive Education 4.0. Journal of Research in Special Educational Needs. https://doi.org/10.1111/1471-3802.70033

Blascovich, J., Loomis, J., Beall, A. C., Swinth, K. R., Hoyt, C. L., & Bailenson, J. N. (2002). Immersive virtual environment technology as a methodological tool for social psychology. Psychological Inquiry, 13(2), 103–124. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1302_01

Borg, A., Georg, C., Jobs, B., Huss, V., Waldenlind, K., Ruiz, M., Skantze, G., & Parodis, I. (2025). Virtual patient simulations using social robotics combined with large language models for clinical reasoning training in medical education: Mixed methods study. Journal of Medical Internet Research, 27, e63312. https://www.jmir.org/2025/1/e63312

Chiappe, A., San Miguel, C., Sáez-Delgado, F. (2025). IA generativa versus profesores: reflexiones desde una revisión de la literature. Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación. 72, 119-137. https://doi.org/10.12795/pixelbit.107046

Collie, R., Sáez-Delgado, F., Granziera, H. (2025). Teachers' Perceived Social-Emotional Competence as a Vital Mechanism of Adult SEL. In: Social and Emotional Learning: Research, Practice, and Policy. https://doi.org/10.1016/j.sel.2025.100117

Correa-Gutiérrez, P., Sáez-Delgado, F. & Jara Coatt, P. (2026). Hacia un ejercicio profesional próspero: el rol del aprendizaje socioemocional y el bienestar docente. 1° ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis. https://editoraartemis.com.br/catalogo/ebook/hacia-un-ejercicio-profesional-prospero-el-rol-del-aprendizaje-socioemocional-y-el-bienestar-docente. ISBN: 978-65-81701-86-4. http://www.doi.org/10.37572/EdArt_230326864

Correa-Gutiérrez, P., Sáez-Delgado, F., & Jara-Coatt, P. (2026). Hacia un ejercicio profesional próspero: el rol del aprendizaje socioemocional y el bienestar docente. ISBN: 978-65-81701-86-4, pp. 1-181. Brasil. Editorial Artemis. https://doi.org/10.37572/EdArt_230326864

Daniel-Watanabe, L., et al. (2024). Using a virtual reality game to train biofeedback-based regulation under stress conditions. Psychophysiology, 61, e14705.

Docter, M. W., de Vries, T. N. D., Nguyen, H. D., & van Keulen, H. (2024). A proof-of-concept of an integrated VR and AI application to develop classroom management competencies in teachers in training. Education Sciences, 14(5), 540. https://doi.org/10.3390/educsci14050540

Escobar-Casallas, L., Chiappe, A., & Sáez-Delgado, F. (2026). From Learning-Style Neuromyths to AI-Enabled Personalisation for Teacher Preparation. Improving Schools, 1-26. https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/13654802261432037

Giannakos, M., Sharma, K., Pappas, I. O., Kostakos, V., & Dougherty, E. (2022). Multimodal learning analytics. In Handbook of Learning Analytics. Society for Learning Analytics Research (SoLAR). https://doi.org/10.18608/hla22.012

Hughes, C. E., & Dieker, L. A. (2012). Simulators in teacher education. Proceedings of the 2012 ACM International Conference on Intelligent User Interfaces, 321–324. https://doi.org/10.1145/2166966.2167027

Jara-Coatt, P., Sáez-Delgado, F., Constenla-Núñez, J., & Mella-Norambuena, J. (2026). Competencias socioemocionales y resiliencia del profesorado de educación primaria. Revista Española de Pedagogía, 84(293), 151-170. https://doi.org/10.9781/rep.2026.848

Jara-Coatt, P., Constenla-Nuñez, J., Sáez-Delgado, F. (2025). Modelos competencia socioemocional docente para la innovación educativa. Revista Espacios, 46(03). eISSN: 2739-007. https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n03p21

Johnson-Glenberg, M. C. (2018). Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and action. Frontiers in Robotics and AI, 5, 81. https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00081

Kluge, M. G., Maltby, S., Walker, N., Bennett, N., Aidman, E., Nalivaiko, E., & Walker, F. R. (2021). Development of a modular stress management platform (Performance Edge VR) and a pilot efficacy trial of a bio-feedback enhanced training module for controlled breathing. PLoS ONE, 16(2), e0245068. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245068

Latoschik, M. E., & Blach, R. (2008). Semantic virtual environments: Core concepts and software architectures. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 14(4), 819–832. https://doi.org/10.1109/TVCG.2008.31

Li, L., Hu, Y., Yang, X., Wu, M., Tao, P., Chen, M., & Yang, C. (2024). Enhancing pre-service teachers' classroom management competency in a large class context: The role of fully immersive virtual reality. Humanities and Social Sciences Communications, 11, 1050. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03538-9

Louie, R., Nandi, A., Fang, W., Chang, C., Brunskill, E., & Yang, D. (2024). Roleplay-doh: Enabling domain-experts to create LLM-simulated patients via eliciting and adhering to principles. arXiv. https://arxiv.org/abs/2407.00870

Lozano-Peña, G., Sáez-Delgado, F., & López-Angulo, Y. (2022). Competencias socioemocionales en docentes de primaria y secundaria: una revisión sistemática. Páginas de Educación, 15(1), 01-22. https://doi.org/10.22235/pe.v15i1.2598

Lozano-Peña, G.; Sáez-Delgado, F.; López- Angulo, Y.; Mella-Norambuena, J.; Contreras-Saavedra, C; RamosHuenteo, V., (2023). Programas de intervención docente en competencias socioemocionales: una revisión sistemática de la literatura. Aula de Encuentro, 25 (2), 215-241. https://doi.org/10.17561/ae.v25n2.7391

Lozano-Peña, G., Sáez-Delgado, F., López-Angulo, Y., Mella-Norambuena, J. (2021). Teachers' Social–Emotional Competence: History, Concept, Models, Instruments, and Recommendations for Educational Quality. Sustainability, 13(21), 12142; https://doi.org/10.3390/su132112142

Lozano Peña, G., Sáez-Delgado, F., Bernardo, A., López-Angulo, Y. (2024). Programa de entrenamiento en autorregulación emocional y habilidades sociales para docentes ESED-10. Una guía para promover la autorregulación emocional y habilidades sociales docentes. Santiago: RIL editores, 2024. ISBN: 978-956-01-1609-3. Registro de Propiedad Intelectual Nº 2024-A-6074.

Lugrin, J. L., Latoschik, M. E., Habel, M., Roth, D., & Seaton, R. (2018). Avatar and environment design in virtual reality teacher training environments. IEEE Transactions on Learning Technologies, 11(4), 481–493. https://doi.org/10.1109/TLT.2017.2778248

Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A theoretical framework detailing the relationship between features, media affordances, psychological outcomes, and learning within immersive virtual reality. Educational Psychology Review, 33(3), 937–981. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2

Moldoveanu, A., Mitruț, O., Jinga, N., Petrescu, C., Moldoveanu, F., Asavei, V., Anghel, A. M., & Petrescu, L. (2023). Immersive phobia therapy through adaptive virtual reality and biofeedback. Applied Sciences, 13(18), 10365. https://doi.org/10.3390/app131810365

Mouw, J. M., Fokkens-Bruinsma, M., & Snippe, A. (2024). Assessing complex skills in a virtual reality context: Capturing the development of pre-service teachers' classroom management strategies. Education Sciences, 15(1), 2. https://doi.org/10.3390/educsci15010002

Nasri, M., Kosa, M., Chukoskie, L., Moghaddam, M., & Harteveld, C. (2024). Exploring eye tracking to detect cognitive load in complex virtual reality training. En 2024 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct) (pp. 51–54). IEEE.

Ojeda-Rodríguez, B., Vergara-Manquilepe, E., Zapata-Bueno, Q., Sáez-Delgado, F., Jara-Coatt, P., Páez-Bustamante, Y., & Cid-Aguayo, M. (2026). La carga emocional de la docencia: revisión teórica de la relación entre profesorado y apoderados. En Ciências Humanas e os processos de mudança social. ISBN: 978-65-258-3930-1, pp. 124-154. Brasil. Editorial Atena. https://doi.org/10.22533/at.ed.301112612017

Ortony, A., Clore, G. L., & Collins, A. (1988). The cognitive structure of emotions. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511571299

Park, J. S., O'Brien, J. C., Cai, C. J., Morris, M. R., Liang, P., & Bernstein, M. S. (2023). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '23), 1–22. https://doi.org/10.1145/3586183.3606763

Pellas, N., & Mystakidis, S. (2020). 3D virtual worlds in education: A systematic review. Computers & Education, 158, 103988. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103988

Picard, R. W. (1997). Affective computing. MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/1140.001.0001

Quevedo Piratova, D. A., Sánchez Duarte, M., Chiappe, A., & Sáez-Delgado, F. (2025). Intelligent Classrooms: How AI and IoT Can Reshape Learning Spaces. European Journal of Education, 60(1), e70000. https://doi.org/10.1111/ejed.70000

Rojas-García, P., Sáez-Delgado, F., Badilla-Quintana. MG. & Jiménez-Pérez, L. Análisis de intervenciones educativas con videojuegos en educación secundaria: una revisión sistemática. (2022). Texto Livre, 15(e37810), 1-20. https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.37810

Sáez-Delgado, F., Medina, N., Mella-Norambuena, J., Contreras, C. (2024). Regulación emocional y autorregulación académica en docentes de escuelas rurales durante la transición pospandemia. Revista Andina de Educación, 8(1), 1-9. https://doi.org/10.32719/26312816.2024.8.1.8

Sáez-Delgado, F., Mella-Norambuena, J., López-Angulo, Y. (2024). Psychometric properties of the SocioEmotional Skills Instrument for Teachers (SEMS-IT) using Network Approach: English and Spanish versión. Frontiers in Psychology, 15. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1421164

Saéz-Delgado, F., Morales-Maure, L., García-Marimón, O., & Gutiérrez-González, J. (2926). Impacto de un programa formativo basado en reflexión autocrítica y mundos virtuales sobre competencias didácticas y socioemocionales en docentes de matemática. Formación Universitaria, 19(2). http://dx.doi.org/10.4067/s0718-50062026000200127

Sáez-Delgado, F., Mella-Norambuena, J., Coronado, P., López-Angulo, Y., Ramírez, G., Badilla-Quintana, M., & Chiappe, A. (2026). Virtual World Platforms: A Comparative Analysis of Quality According to ISO 25010 Standards and Maturity Models. Virtual Worlds, 5(1), 1-30. https://doi.org/10.3390/virtualworlds5010002

Sáez-Delgado, F., Coronado-Sánchez, P., Mella-Norambuena, J., López-Angulo, Y., Brieba-Fuenzalida, J., Contreras-Saavedra, C., & Lozano-Peña, G. (2025). Use of Digital Technologies to Support Socioemotional Teacher Training: A Systematic Review. Education Sciences, 15(10), 1377. https://doi.org/10.3390/educsci15101377

Sáez-Delgado, F., Jara-Coatt, P., Correa-Gutiérrez, P., Lozano-Peña, G., Morales-Maure, L. (2026). Aulas que Florecen, Editorial: Editorial Hambatu Sapiens.Primera edición: 2026ISBN: 978-9907-805-27-7. DOI: https://doi.org/10.63862/ehs-978-9907-805-27-7

Sehrt, J., Yilmaz, U., Kosch, T., & Schwind, V. (2024). Closing the loop: The effects of biofeedback awareness on physiological stress response using electrodermal activity in virtual reality. Extended Abstracts of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '24). https://doi.org/10.1145/3613905.3650830

Shanahan, M., McDonell, K., & Reynolds, L. (2023). Role play with large language models. Nature, 623(7987), 493–498.

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. Frontiers in Robotics and AI, 3, 74. https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074

Xu, G., Haratyan, F., & Tian, H. (2026). A systematic review of teacher emotion regulation and well-being: Implications for student engagement, learning outcomes, and professional development in EFL contexts. Frontiers in Psychology, 17, 1715266. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1715266

Zhang, J., Pan, Q., Zhang, D., Meng, B., & Hwang, G.-J. (2024). Effects of virtual reality based microteaching training on pre-service teachers' teaching skills from a multi-dimensional perspective. Journal of Educational Computing Research, 62(5). https://doi.org/10.1177/07356331231226179

SOBRE O ORGANIZADOR

Xosé Somoza Medina (1969, Ourense, España) Licenciado con Grado y premio extraordinario en Geografía e Historia por la Universidad de Santiago de Compostela (1994). Doctor en Geografía e Historia por la misma universidad (2001) y premio extraordinario de doctorado por su Tesis "Desarrollo urbano en Ourense 1895-2000". Profesor Titular en la Universidad de León, donde imparte clases desde 1997. En la Universidad de León fue Director del Departamento de Geografía entre 2004 y 2008 y Director Académico de la Escuela de Turismo entre 2005 y 2008. Entre 2008 y 2009 ejerció como Director del Centro de Innovación y Servicios de la Xunta de Galicia en Ferrol. Entre 2007 y 2009 fue vocal del comité "Monitoring cities of tomorrow" de la Unión Geográfica Internacional. En 2012 fue Director General de Rehabilitación Urbana del Ayuntamiento de Ourense y ha sido vocal del Consejo Rector del Instituto Ourensano de Desarrollo Local entre 2011 y 2015. Ha participado en diversos proyectos y contratos de investigación, en algunos de ellos como investigador principal, con temática relacionada con la planificación urbana, la ordenación del territorio, las nuevas tecnologías de la información geográfica, el turismo o las cuestiones demográficas. Autor de más de 100 publicaciones relacionadas con sus líneas de investigación preferentes: urbanismo, turismo, gobernanza, desarrollo, demografía, globalización y ordenación del territorio. Sus contribuciones científicas más importantes se refieren a la geografía urbana de las ciudades medias, la crisis del medio rural y sus posibilidades de desarrollo, la evolución del turismo cultural como generador de transformaciones territoriales y más recientemente las posibilidades de reindustrialización de Europa ante una nueva etapa posglobalización. Ha participado como docente en masters y cursos de especialización universitaria en Brasil, Bolivia, Colombia, Paraguay y Venezuela y como docente invitado en la convocatoria Erasmus en universidades de Bulgaria (Sofia), Rumanía (Bucarest) y Portugal (Porto, Guimarães, Coimbra, Aveiro y Lisboa). Ha sido evaluador de proyectos de investigación en la Agencia Estatal de Investigación de España y en la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI). Como experto europeo en Geografía ha participado en reuniones de la Comisión Europea en Italia y Bélgica. Impulsor y primer coordinador del proyecto europeo URBACT, "come Ourense", dentro del Programa de la Unión Europea "Sostenibilidad alimentaria en comunidades urbanas" (2012-2014). Dentro de la experiencia en organización de actividades de I+D+i se pueden destacar la organización de diferentes reuniones científicas desarrolladas dentro de la Asociación de Geógrafos Españoles (en 2002, 2004, 2012 y 2018).

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes conversacionales basados en LLM 269
Agua 59, 98, 101, 103, 104, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127
Agua potable 98, 101, 103, 107, 108, 110, 111, 112
Aire 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144
Aire interior 128, 129, 130, 131, 132, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144
Algoritmo computacional 2, 7, 14
Amylose 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69
Análisis multivariante 171, 191, 243, 258, 267
Analítica multimodal del aprendizaje 268, 269, 270, 272, 281, 288
Arquitectura de software 269, 289
Audio-mediación 194, 195, 196, 197, 198, 203, 208, 213
Autómatas 230, 231, 233, 234, 235, 236, 237, 241

B

Bacterial cellulose 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 70, 71
Benzo(a)pireno 128, 129, 136, 143
Bienestar docente 195, 198, 208, 214, 289, 291
Biorretroalimentación 268, 269, 283, 284, 285, 286, 288

C

Calidad del servicio 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229
Caras de Chernoff 171, 175, 178, 186, 187, 190, 191, 243, 245, 262, 263, 264, 266
Cellulose nanocrystals 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 71
Cizallamiento 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 44, 45
Competencias socioemocionales docentes 195, 202, 213
Computación afectiva 268, 269, 270, 273, 274, 289
Conocimiento local 148
Contaminación 129, 130

D

Desarrollo sostenible 98, 113
Dificultades 56, 91, 230, 232, 233, 234, 241, 242

E

Educación en ingeniería 72, 76, 77, 81, 242
Energía hidroeléctrica 98
Energía maremotriz 114
Energía Renovable 98, 113
Entrenamiento Socioemocional Docente 268, 269, 271, 289
ERIM 46, 47, 48, 50, 51, 52, 55, 56
Escritura académica 72, 74, 76
Estadística aplicada 243
Ética del diseño tecnológico 195

F

Fiabilidad 46, 47, 50, 55, 114, 217, 220, 222, 223, 225, 226, 227, 228
Fidelidad psicológica 269, 270, 280, 283, 289
Formación investigativa 72, 74, 76, 77, 79, 96
Formulación lagrangiana 2, 4
Frequency analysis 16
Fuerza de corte 32, 33, 35, 36, 39, 41, 42, 44, 45

G

Gestión pública local 217, 219, 226

H

Huertos familiares 148, 149, 150, 152, 154, 157

I

Inteligencia artificial 72, 74, 75, 76, 77, 78, 81, 88, 89, 96, 197, 211, 212, 214, 217, 218, 219, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 271, 272, 288
Inteligencia artificial generativa 72, 74, 76, 77, 89, 96, 272

K

Knowledge translation 160, 164, 165, 166

M

Marco teórico 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 202
Mareas 114, 115, 116, 117, 118, 122, 123, 126
Matemáticas 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 240, 241, 242
Mechanical systems 16
Media representation 160, 161, 163
Microturbina 98, 108, 109
Modelo dinámico 1, 2, 3, 4, 7, 14
Modelo ECOS 194, 195, 198, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 213
Modelo SEED 268, 269, 270, 284, 285, 286, 289, 290
Modelo SERVQUAL 217, 220, 222, 224
Mundo virtual 268, 269, 270, 271, 284, 288, 289

N

Non-destructive testing 16, 20
Nuclear energy communication 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 169

P

Plantas alimenticias 148, 149, 151
Plantas medicinales 148, 149, 150, 151, 154, 158
Podcast educativo 194, 195, 196, 197, 198, 213
Predictive maintenance 16
Public meaning 160, 161, 163, 167, 168

R

Razonamiento estadístico 171, 173, 175, 176
Realidad virtual inmersiva 269
Rendimiento académico 171, 178, 180, 243, 257, 259, 261, 266
Reproducibilidad 171, 172, 173, 174, 175, 176, 188, 190, 191, 243
Resolución ejercicios 230
Resonancia 114, 115, 122, 123, 124, 126, 127
RMarkdown 171, 172, 175, 176, 179, 188, 189, 191

S

Science communication 160, 162, 163, 167, 168, 169, 170
Silueta 32, 185

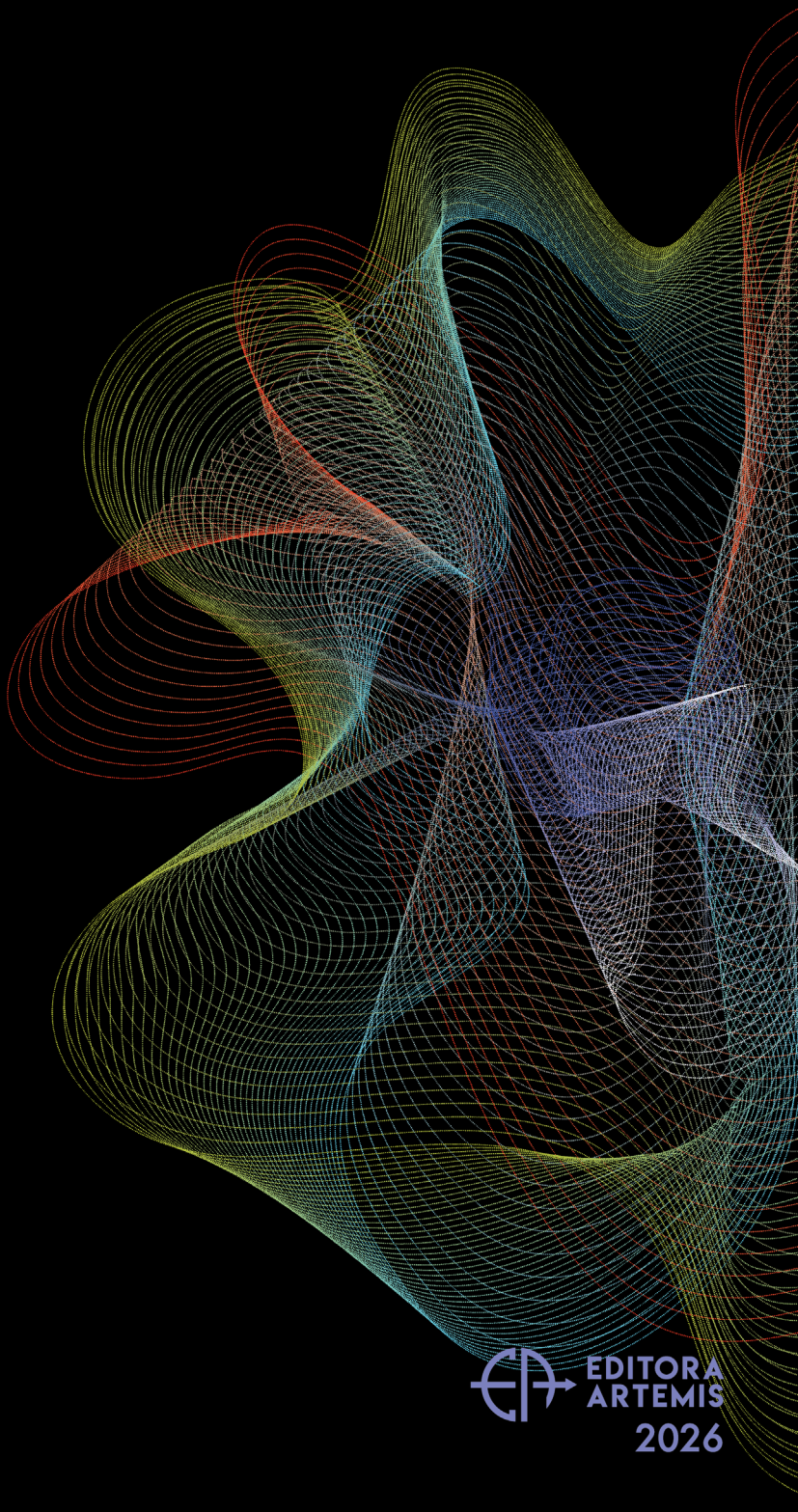
Starch 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71
Structural health monitoring 16

T

TPM 46, 47, 50, 51, 57
Transformación digital 217, 219, 221

V

Vibration-based identification 16
Vibration diagnostics 16, 18, 20



EDITORA ARTEMIS
2026