# 2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) - Iberian Proceedings of CISTI 2024

*Editors*
Álvaro Rocha, Francisco Peñalvo, Ramiro Gonçalves,
Alicia Garcia Holgado, Fernando Moreira

INFORMATION AND TECHNOLOGY
MANAGEMENT ASSOCIATION

ISBN: 978-989-36481-1-7

WEB: http://www.cisti.eu/

Copyright 2024: Information and Technology Management Association (ITMA)



# 2024
# 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) - Iberian Proceedings of CISTI 2024

*Editors*
Álvaro Rocha, Francisco Peñalvo, Ramiro Gonçalves,
Alicia Garcia Holgado, Fernando Moreira

INFORMATION AND TECHNOLOGY
MANAGEMENT ASSOCIATION

# INTRODUCTION

This book brings together a selection of papers, written in Portuguese and Spanish, that were presented at CISTI'2024 – the 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, held from June 25 to 28, 2024, at University of Salamanca, Salamanca, Spain.

Organized jointly by University of Salamanca and the Information and Technology Management Association (ITMA), CISTI'2024 provided an international platform for researchers and industry practitioners to share and discuss recent advancements, emerging trends, experiences, and future concerns across the diverse domain of Information Systems and Technologies.

The Scientific Committee comprised 347 international experts from multiple disciplines within Information Systems and Technologies, who rigorously evaluated submissions using a double-blind peer-review process. This meticulous procedure ensured the high quality and relevance of contributions selected for presentation in the conference's key thematic areas:

A) Organizational Models and Information Systems
B) Knowledge Management and Decision Support Systems
C) Software Systems, Architectures, Applications, and Tools
D) Computer Networks, Mobility, and Pervasive Systems
E) Human-Centered Computing
F) Health Informatics
G) Information Technologies in Education
H) Architecture and Engineering of Construction

CISTI'2024 attracted more than 600 paper submissions from 39 countries worldwide, demonstrating the conference's global reach and academic significance. Accepted papers presented at the conference are published by Springer, as well as by ITMA with this book, and will be submitted for potential indexing in renowned databases such as Scopus, WoS, EI-Compendex, DBLP, and Google Scholar.

We extend our sincere gratitude to all contributors whose dedication and effort made CISTI'2024 possible, including authors, committee members, workshop organizers, and sponsors. Their valuable support has significantly contributed to the continued success and prestige of the conference.

# ORGANIZATION

**Coordinating Committee**
Álvaro Rocha, ISEG, Universidade de Lisboa (General Chair)
Francisco Peñalvo, Universidad de Salamanca (Doctoral Symposium)
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Workshops)
Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela
Adolfo Lozano Tello, Universidad de Extremadura
Miguel de Castro Neto, NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro
David Fonseca, La Salle, Universitat Ramon Llull
Mário Piattini, Universidad de Castilla-La Mancha
Isabel Pedrosa, Coimbra Business School | ISCAC, Polytechnic Institute of Coimbra
Borja Bordel, Universidad Politécnica de Madrid

**Local Organizing Committee**
Francisco Garcia-Peñalvo, Universidad de Salamanca (Chair)
Miguel Ángel Conde-González, Universidad de Salamanca
Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca
Lucía Garcías-Holgado, Universidad de Salamanca
Andrea Vazquez-Ingelmo, Universidad de Salamanca
Roberto Therón-Sánchez, Universidad de Salamanca

**Keynote Speaker**
Carlos J. Costa, ISEG, University of Lisbon, Portugal

**Scientific Committee**
Fernando Moreira, Universidade Portucalense (Chair)
Abel Méndez Porras, Instituto Tecnológico de Costa Rica
Abel Suing, Universidad Técnica Particular de Loja
Adérito Fernandes-Marcos, University of Saint Joseph in Macao
Admilson de Ribamar Lima Ribeiro, Federal University of Sergipe
Agostinho Sousa Pinto, CEOS.PP - ISCAP - P.PORTO
Alcides Alvear, Universidad Ana G Méndez, Puerto Rico
Alcinia Zita Sampaio, IST, University of Lisbon
Aleardo Manacero, Sao Paulo State University - UNESP
Aleteia von Paumgartten, Universidade de Barsília
Alexandre L'Erario, UTFPR
Alexandre Silva, Coimbra Business School | ISCAC
Alexandre Valle, FEUP
Alexandrino José Gonçalves, CIIC-ESTG-Polytechnic University of Leiria

Alicia García-Holgado, Universidad de Salamanca
Alma Gómez-Rodríguez, University of Vigo
Altino J Mentzingen Moraes, Brazilian Ministry of Management and Public Services Innovation & ADVANCE, ISEG, University of Lisbon
Álvaro López-Martín, University of Malaga
Amadeo Arguelles, Instituto Politecnico Nacional
Amélia Cristina Ferreira da Silva, ISCAP, P.PORTO
Ana Amaro, Coimbra Business School, ISCAC-IPC
Ana Azevedo, CEOS.PP, ISCAP, P.PORTO
Ana Bastos, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Ana Carla Amaro, Universidade de Aveiro
Ana Dinis, Research Centre on Accounting and Taxation (CICF), Polytechnic Institute of Cávado and Ave
Ana Grasielle Dionísio Corrêa, Universidade Presbiteriana Mackenzie
Ana Isabel Martins, University of Aveiro
Ana Maria Correia, Retired
Ana Patrícia Oliveira, University of Aveiro
Ana Rita Calvão, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda, Universidade de Aveiro
Ana Velhinho, Universidade de Aveiro
Anabela Marcos, Coimbra Business School/ISCAC
Anabela Mesquita, ISCAP / IPP
Anabela Moreira Bernardino, Computer Science and Communication Research Centre, Polytechnic of Leiria
Anacleto Correia, CINAV / Escola Naval
André Zúquete, DETI / IEETA / LASI, University of Aveiro
Andrea Vázquez-Ingelmo, University of Salamanca
Ângela Oliveira, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Ania Cravero Ania, Universidad de La Frontera
Antoni Lluís Mesquida Calafat, University of the Balearic Islands, UIB
António Andrade, Universidade Católica Portuguesa
António Ferreira da Silva, ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto
Antonio Garcia Loureiro, Universidad de Santiago de Compostela
António Godinho, Polytechnic Institute of Coimbra
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid
António Jorge Gouveia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
António José Gonçalves Fernandes, Instituto Politécnico de Bragança
Arnulfo Alanis, Tecnologico Nacional de México/campues tijuana
Arsénio Reis, UTAD
Arturo José Méndez Penín, University of Vigo
Augusto Sousa, FEUP/INESCTEC
Baltasar García Perez-Schofield, University of Vigo
Beatriz Lopes Cancela, Coimbra Business School
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid
Bráulio Alturas, Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL)
Brenda L. Flores-Rios, Universidad Autónoma de Baja California

Bruno Miguel F. Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança
Carlos Afonso
Carlos Balsa, Instituto Politécnico de Bragança
Carlos Carreto, Polytechnic Institute of Guarda
Carlos Costa, ISEG, Universidade de Lisboa
Carlos Costa, Universidade de Aveiro
Carlos Grilo, Politécnico de Leiria
Carlos Juiz, University of Balearic Islands
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança
Carlos Rompante Cunha, UNIAG & CeDRI, Polytechnic University of Bragança
Carlos Serrão, Iscte - Instituto Universitário de Lisbo
Carlos Vaz de Carvalho, Instituto Politécnico do Porto
Cecília Carmo, Universidade de Aveiro - ISCA
Célia Ramos, ESGHT & CinTurs, Universidade do Algarve
Célio Marques, Instituto Politécnico de Tomar
Cesar Collazos, Universidad del Cauca
Ciro Martins, Universidade de Aveiro
Clara Silveira, Instituto Politécnico da Guarda
Claudia Berra Barona, Universidad Autónoma de Baja California
Caludia Lengua, CECAR
Cristina Caridade, Instituto Politécnico de Coimbra - Instituo Superior de Engenharia de Coimbra
Cristina Wanzeller, Instituto Politécnico de Viseu
Daniel Polónia, Universidade de Aveiro
Diana Cecilia Yacchirema Vargas, Escuela Politécnica Nacional
Dora Simões, University of Aveiro
Ed Bezerra, Universidade Federal da Paraíba
Eduardo Amadeu Dutra Moresi, Universidade Católica de Brasília
Eduardo Marques, Universidade da Madeira
Edwin Juvenal Cedeño Herrera, Universidad de Panamá
Elisabete Paulo Morais, Instituto Politécnico de Bragança | UNIAG
Elisabete Vieira, University of Aveiro
Esteban Castellanos, ESPE
Eugénia Bernardino, Polytechnic of Leiria
Fábio Marques, ESTGA, Universidade de Aveiro
Fátima Avilés, Universidad Indoamérica
Fernando Bobillo, University of Zaragoza
Fernando Cruz Bandeira, University Fernando Pessoa
Fernando De la Prieta, University of Salamacna
Fernando Moreira, REMIT, Universidade Portucalense
Fernando Ribeiro, Polytechnic Institute of Castelo Branco
Fernando Silva, Polytechnic University of Leiria
Fernando Suárez, Colexio Profesional de Enxeñaría en Informática de Galicia
Filipe Caetano, Polytechnic of Guarda
Filipe Caldeira, Polytechnic Institute of Viseu

Filipe Cardoso, IPS - ESGTS
Filipe Fidalgo, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Filipe Montargil, ESCS - Escola Superior de Comunicação Social
Filipe Portela, University of Minho
Flor de María Sánchez Aguirre, Universidad César Vallejo
Francisco Antunes, University of Beira Interior and INESC Coimbra
Francisco de Arriba Pérez, University of Vigo
Francisco J. García Tartera, UCM
Francisco Javier ARCEGA, EINA - Universidad de Zaragoza
Francisco Medeiros, Federal Institute of Paraiba
Frank Affonso, UNESP
Franyelit Suarez, Universidad de las Américas
Frederico Branco, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Gabriel Alberto García-Mireles, University of Sonora
Gabriel Gomes de Oliveira, UNICAMP
Gabriel Guerrero-Contreras, University of Cádiz
Gabriel Pestana, Polytechnic Institute of Setúbal
Gerardo González Filgueira, Universidade da Coruña
Gloria Valencia, Universidad de las Fuerzas Armadas
Graça Azevedo, University of Aveiro - ISCA-UA
Guilhermina Miranda, Universidade de Lisboa
Gustavo Callou, UFRPE
Gustavo R. Alves, Polytechnic of Porto
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro
Hélia Guerra, University of the Azores
Henrique Gil, Polytechnic University of Castelo Branco
Hugo Cordeiro, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)
Hugo Sanjurjo-González, University of Deusto
Inês Messias, Instituto Politécnico de Santarém
Isabel de la Torre,
Isabel Lopes, Instituto Politécnico de Bragança/UNIAG
Isabel Sofia Brito, ESTIG/Instituto Politécnico de Beja
Isidro Calvo, Faculty of Engineering of Vitoria-Gasteiz (UPV/EHU)sp
Isidro Navarro Delgado, UPC-ETSAB
Ismael Etxeberria-Agiriano, University of the Basque Country (UPV/EHU)
Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco - UPE
Ivan Armuelles Voinov, Universidad de Panamá
Javier Medina, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Jean Carlos Teixeira de Araujo, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
Jeimy Cano, Uniandes
Jesualdo Fernandes, ISEG Lisbon School of Economics & Management
Jimmy Aurelio Rosales Huamani, National University of Engineering
Joana Leite, Coimbra Business School | ISCAC - Polytechnic Institute of Coimbra
João Carlos Silva, Polytechnic Institute of Cávado and Ave

João Fabro, UTFPR-Federal University of Technology - Parana
João Gondim, Universidade de Brasília
Joao Luis de Miranda, Polytechnic University of Portalegre
João Pascoal Faria, Faculty of Engineering of the University of Porto
João Paulo Costa, Faculty of Economics of the University of Coimbra
João Paulo Ferreira, ISEC, Polytechnic of Coimbra
João Reis, GOVCOPP/Aveiro University
João Reis, Lusofona University
João Roberto de T Quadros, CEFET/RJ
João Sousa, IDMEC, Instituto Superior Tecnico, Universidade de Lisboa
João Tavares, FEUP, University of Porto
Joaquim Leite, Instituto Politécnico de Bragança
Joaquim P. Silva, Politécnico do Cávado e do Ave
Joaquim Reis, ISCTE-IUL
Joe Carrión-Jumbo, Universidad Internacional SEK
Jorge Barreiros, Polytechnic of Coimbra - ISEC
Jorge Buele, Universidad Indoamérica
Jorge Eduardo Ibarra-Esquer, Universidad Autónoma de Baja California
Jorge González Domínguez, Universidade da Coruña
Jorge Vareda Gomes, CSG/ADVANCE/ISEG
José Álvarez-García, Universidad de Extremadura
José Augusto Fabri, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
José Borbinha, INESC-ID, IST, Universidade de Lisboa
José Braga de Vasconcelos, Universidade Lusófona
Jose Carlos Metrôlho, Polytechnic Institute of Castelo Branco
José Lousado, Estgl/IPV
José Luís Pastrana Brincones, Universidad de Málaga
Jose M. Molina, Universidad Carlos III de Madrid
Jose Machado, Universidade do Minho
José Manuel Villegas Izaguirre, Universidad Autonoma de Baja California
José Rosado, ISEC-IPC
José Salgado, Instituto Politecnico Guarda
Jose Silva, CINAMIL
Jose Torres, Universidade Fernando Pessoa
Juan Ángel Contreras Vas, Universidad de Extremadura
Juan Jesus Ojeda Castelo, Universidad de Almería
Juan M. Santos-Gago, atlanTTic - University of Vigo
Juan Pablo DAmato, CONICET
Kadna Camboim, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)
Karina Caro, Autonomous University of Baja California (UABC)
Leila Weitzel, Fluminense Federal University
Leonardo Bermon Angarita, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
Leonel Santos, Polytechnic University of Leiria

Leonilde Reis, Politécnico de Setúbal
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá
Liliana Enciso, Universidad Técnica Particular de Loja
Lucila Ishitani, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral
Luis Bernardo, FCT, Universidade Nova de Lisboa
Luís Bruno, Politécnico de Beja
Luis Camarinha-Matos, NOVA University Lisbon
Luís Filipe Barbosa, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Luis Frazao, CIIC - Politécnico de Leiria
Luís Mendes Gomes, Universidade dos Açores
Luísa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança
Luz María Hernández Cruz, Universidad Autónoma de Campeche
Luz Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Mahdieh Zakizadeh, MOP & IAU
Maicon Herverton Barros, Universidade de Pernambuco
Malheiro Benedita, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Politécnico do Porto & INESC TEC
Manuel Cebrián de la Serna, Universidad de Málaga
Manuel Fernández-Veiga, University of Vigo
Manuel Sousa Pereira, IPVC
Manuela Aparicio, NOVA Information Management School (NOVA IMS), Universidade Nova de Lisboa
Marcelo de Paiva Guimarães, Federal University of São Paulo (UNIFESP)
Marcelo Lopez, Universidad de Caldas
Marcelo Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba
Marcelo Mendonça Teixeira, Universidade de Pernambuco
Marcelo Zambrano, Instituto Universitario Rumiñahui
Marcio Victorino, University of Brasilia
Marco Javier Suarez Baron, UPTC
Marco Painho, Nova Information Management School
Maria Beatriz Piedade, Instituto Politécnico de Leiria
Maria Bernardo, Universidade Aberta e INESCTEC
Maria Cecília Santos Rosa,
María Clara Gomez, Universidad Nacional de Colombia
Maria Cristina Marcelino Bento, UNIFATEA
María de la Cruz del Río-Rama, Universidad de Vigo
María Dolores De Acuña Garrido, University of Seville
Maria Elisabete Neves, Coimbra Business School | ISCAC
Maria Isabel Ribeiro, Instituto Politécnico de Bragança - CIMO/SuSTEC
María J Lado, University of Vigo
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense
Maria João Gomes, University of Minho
Maria José Angélico Gonçalves,
Maria Sousa, ISCTE - Instituto Universitário de LIsboa

María Teresa García-Álvarez, University of A Coruna
María Visitación Hurtado Torres, University of Granada
Mariana Carvalho, Polytechnic Institute of Porto, School of Technology and Management
Mario Chacón-Rivas, Instituto Tecnológico de Costa Rica
Marisol B. Correia, ESGHT-Universidade do Algarve & CiTUR
Maristela Holanda, Universidade de Brasilia
Maria Teresinha Barbosa Geller
Marta Lopez Fernandez, Universidad Complutense de Madrid
Martin Llamas Nistal, atlanTTic-Universidade de Vigo
Mazyar Zand, MOP & Sharif University of Technology
Mercedes Ruiz, University of Cádiz
Miguel A. Brito, University of Minho
Miguel Á. Conde, Universidad de León
Miguel Casquilho, University of Lisbon
Miguel Negrao, IPLeiria
Miguel Ramón González Castro, Centro Tecnológico Aimen
Mirna Muñoz, Centro de Investigación en Matemátcias A.C.
Mónica da Costa, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Natalia Gomes, Polytechnic University of Guarda
Nídia Salomé Morais, Instituto Politécnico de Viseu - Escola Superior de Educação
Nilton Canto, Faculdade Impacta de Tecnologia
Norma Velasquez, Universidad Católica Sedes Sapientiae
Nuno Costa, IPLeiria
Nuno Escudeiro, Instituto Politécnico do Porto
Nuno Geada, ISCTE Lisbon
Nuno Magalhães Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa
Nuno Martins, School of Design, Polytechnic of Cávado and Ave
Nuno Melão, Instituto Politécnico de Viseu
Nuno Rodrigues, CIIC, ESTG, Politécnico de Leiria
Olger Gutierrez Aguilar, Universidad Nacional de San Agustín
Orlando Belo, University of Minho
Óscar Mealha, Universidade de Aveiro
Patrícia Dias, Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG
Patrícia Leite, Instituto Politécnico Cavado e Ave - Escola Superior de Tecnologia
Patricia Takako Endo, Universidade de Pernambuco
Patricio Domingues, Polytechnic of Leiria
Paula Escudeiro, ISEP/GILT (Games Interaction & Learning Technologies)
Paula Peres, Polytechnic of Porto / ISCAP
Paula Prata, Universidade da Beira Interior
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro & INESC TEC
Paulo Pinto, Universidade Nova de Lisboa
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior

Pedro Cabral, Nanjing University of Information Science & Technology
Pedro Castro, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Pedro J. Clemente, Universidad de Extremadura
Pedro Manuel do Espírito Santo, Polytechnic University of Leiria, Portugal
Pedro Martins, Coimbra Business School, Polytechnic Institute of Coimbra
Pedro Martins, Polytechnic of Viseu
Pedro Ribeiro, University of Minho
Pedro Sanz Angulo, University of Valladolid
Pedro Sobral, Universidade Fernando Pessoa
Pedro Sousa, University of Minho
Radhakrishna Bhat, Manipal Adademy of Higher Education
Ramadile Moletsane, Vaal Universuty of Technology
Ramón Alcarria, Universidad Politécnica de Madrid
Renata Spolon Lobato, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Renato Mauricio Toasa Guachi, Universidad Tecnológica Israel
René Garzozi-Pincay, Universidad Estatal Península de Santa Elena
Ricardo Linden, CEPEL
Ricardo Simoes, Polytechnic Institute of Cavado and Ave
Rita M. T. Ascenso,
Rita Oliveira, University of Aveiro
Roberta Spolon, UNESP
Roberto Henriques, NOVA IMS
Roberto Marichal, Universidad de La Laguna
Rocío González-Sánchez, Rey Juan Carlos University
Rodrigo Rocha, UFAPE
Rogéria Cristiane Gratão de Souza, São Paulo State University - UNESP
Rogerio Eduardo Garcia, São Paulo State University - UNESP
Rosa Reis, ISEP
Rui Araújo, University of Coimbra
Rui Cruz, INESC-ID
Rui Humberto Pereira, ISCAP/CEOS.IPP
Rui Jose, University of Minho
Rui Pedro Marques, University of Aveiro
Rui Pitarma, Polythecnic Institute of Guarda
Rui Quaresma, Universidade de Évora
Rui Rodrigues, ESMAD - Escola Superior de Media Artes e Design
Rui Silva Moreira, UFP
Rute Abreu, Instituto Politécnico da Guarda
Samuel Silva, IEETA / DETI - University of Aveiro
Sandro Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e Ave - IPCA
Santiago Raul Gonzales Sánchez, Universidad César Vallejo
Sara Balderas-Díaz, University of Cádiz
Sara Dias-Trindade, University of Porto

Sara Paiva, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Sergio Araya Guzmán, Universidad del Bío-Bío
Sérgio Correia, Portalegre Polytechnic University
Sergio F. Lopes, University of Minho
Sergio Nunes, ISEG, Universidade de Lisboa
Shashi Kant Gupta, Eudoxia Research University
Silvia García Méndez, University of Vigo
Sónia Nogueira, Polytechnic University of Bragança
Sónia Rolland Sobral, Universidade Portucalense
Supriya Lamba Sahdev, ISBR Business School
Tânia Rocha, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Telmo Silva, University of Aveiro
Thiago Dias, CEFET-MG
Tiago Trancoso, IPVC
Valderi Leithardt, ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Valeria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie
Valério Rosset, Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA
Veronica Segarra-Faggioni, Universidad Internacional SEK
Verónica Vasconcelos,  Coimbra Institute of Engineering, Polytechnic University of Coimbra
Vicente Morales, Universidad Tecnica de Ambato
Víctor Mondelo, Universidade de Vigo
Virginia Araujo, Atlantica University
Vitor Gonçalves, Instituto Politécnico de Bragança
Vitor Mendonça, Instituto Politécnico de Bragança
Vitor Santos, Universidade Nova de Lisboa - NOVA IMS
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC
Willian Zamora, ULEAM
Zenaide Silva, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

# Aprendizaje por simulación con inteligencia artificial en educación

# *Simulation learning with artifical intelligence in education*

Ángel Ramón Sabando García [1], Mikel Ugando Peñate [1],
Departamento de Ciencias Administrativas y Contables [1],
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador
arsabando@pucesd.edu.ec, mugandop@pucesd.edu.ec

Omar Enrique Ajila Pinzón [2],
U.E.F. Santa Juana de Arco La Salle, Cariamanga, Ecuador [2]
jace.omar.ajila@lasalle-cariamanga.edu.ec

Reinaldo Armas Herrera [3], Ángel Alexander Higuerey Gómez [3], Pierina D'Elia DiMichelle[4]
Departamento de Ciencias Empresariales[3]. Departamento de Filosofía y Educación[4].
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador.
ahreinaldo@utpl.edu.ec, aahiguerey@utpl.edu.ec, pdelia@utpl.edu.ec

*Resumen* — **Este trabajo estudia el uso de la inteligencia artificial con SPSS y RStudio para el fortalecimiento del rendimiento académico en matemática y estadística, con la metodología activa por simulación. Se sigue un enfoque cuantitativo, comparativo y correlacional, identificando un grupo control y uno experimental. Se evidencian diferencias significativas para los tratamientos en estudio, la mayor puntuación se obtuvo en estudiantes que recibieron la innovación educativa de aprendizaje por simulación. El grupo sexo mujer muestra el mayor promedio con la técnica de aprendizaje por simulación en estadística y matemática en la carrera de contabilidad y auditoría. En conclusión, la técnica innovación educativa por simulación permite mejorar el rendimiento académico para estudiantes universitarios de ciencias administrativas y contables, con un incremento significativo y una valoración del impacto del 2,29%.**

***Palabras Clave – Aprendizaje por simulación, estadística, matemática, inteligencia artificial.***

*Abstract* — **This article studies the use of artificial intelligence with SPSS and RStudio to strengthen academic performance in mathematics and statistics, with the active simulation methodology. A quantitative, comparative and correlational approach is followed, identifying a control group and an experimental group. Significant differences are evident for the treatments under study, the highest score was obtained in students who received the educational innovation of simulation learning. The female sex group shows the highest average with the simulation learning technique in statistics and mathematics in the accounting and auditing career. In conclusion, the educational innovation technique through simulation allows improving academic performance for university students of administrative and accounting sciences, causing a significant increase and impact assessment of 2.29%.**

***Keywords – Simulation learning; mathematical; statistics; artificial intelligence.***

## I. Introducción

Actualmente, la simulación matemática y estadística en la universidad ofrece las ventajas del aprendizaje activo y de las técnicas de aprendizaje basadas en la investigación [1]. El rendimiento académico ha mejorado significativamente al utilizar técnicas de innovación de aprendizaje por simulación en matemática [2]. En el contexto actual, la innovación pedagógica es un debate constante que afronta el profesorado de los diferentes subsistemas educativos y de las diferentes áreas del conocimiento [3], de lo cual no están exentas las instituciones educativas de nivel superior de Ecuador.

Siendo el aprendizaje por simulación de gran relevancia en el sector universitario, la presente investigación tiene como objetivo, mejorar el uso de la inteligencia artificial con SPSS y RStudio para el fortalecimiento del rendimiento académico en estadística y matemática, a través de la metodología activa por simulación. El análisis de las metodologías docentes analizadas en este estudio evidencia que la implementación ha tenido éxito a la hora de favorecer el aprendizaje activo de los estudiantes, su uso aún no está generalizado [4].

Se plantean 3 objetivos específicos. **Objetivo 1:** El análisis exploratorio determina que la técnica de aprendizaje por simulación provocará un incremento en el promedio del rendimiento académico en la asignatura de matemática y estadística en los universitarios con el uso de los softwares RStudio y SPSS. **Objetivo 2:** La técnica de aprendizaje por simulación aplicada en la asignatura de matemática y estadística repercute con mayor incidencia en los estudiantes de contabilidad y auditoría y del sexo mujer. **Objetivo 3:** El grupo experimental evidenciará un crecimiento significativo en el rendimiento académico de matemática y estadística en función del grupo control, notán-

Identify applicable sponsor/s here. If no sponsors, delete this text box. (sponsors)



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7

dose en la técnica de evaluación de impacto una tasa de crecimiento significativa para el aprendizaje por simulación.

El resto del artículo tiene la estructura siguiente: en la sección dos está la revisión de la literatura, se destaca los criterios de la enseñanza basada en simulación, su eficacia y los diversos objetos de aprendizaje en matemática y estadística, los desafíos y oportunidades de la inteligencia artificial en torno a los procesos de enseñanza aprendizaje en estudiantes universitarios. En la sección tres se encuentra, la metodología, unidad de análisis y análisis estadístico con IAS SPSS y RStudio, mientras que en la sección cuatro están los resultados y discusión de estos. Finalmente, se encuentran las conclusiones del artículo.

## II. Revisión de la literatura

### *A. Educación y aprendizaje basada en simulación*

La simulación es una experimentación con la imitación o modelo del sistema observado, y la observación de su comportamiento en el tiempo. Estas herramientas, que permiten la investigación de fenómenos y sistemas naturales, sociales y técnicos complejos, se denominan herramientas de simulación y modelado [5].

La educación basada en simulación se refiere al uso de software, herramientas y juegos serios de simulación para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje [6]. El uso de simuladores fomenta la evolución de las afirmaciones científicas del estudiante hacia un bosquejo más colindante al pensamiento científico [2]. Asimismo, el análisis estadístico, mediante la prueba de T Student, demostró que las medias son significativamente diferentes y con mayor puntuación en el grupo experimental con el uso del aprendizaje por simulación. Del mismo modo, el profesorado debe incorporar este elemento innovador en sus prácticas docentes y propicie la mejora de la calidad de los aprendizajes del estudiantado [3].

El aprendizaje basado en simulación tiene la ventaja de otorgar a los estudiantes un cierto grado de autonomía, que puede, en cierta medida, compensar la ausencia de la presencia física del instructor [1]. Además, la globalización de las prácticas de aprendizaje virtual de simulación relacionada con experiencias educativas puede ponerse a disposición de estudiantes de diferentes regiones geográficas y universidades [6]. Mediante la simulación matemáticas los resultados indican que las experiencias fueron muy enriquecedoras para los estudiantes en las diferentes materias [7].

La simulación es una técnica creada con el fin de aumentar la eficacia docente y mejorar la enseñanza aprendizaje en los estudiantes [8]. Esta requiere el uso de laboratorios y equipos virtuales para facilitar el aprendizaje [9]. Esto cumple con los hábitos de los estudiantes de hoy que siempre están en línea y sirve para involucrarlos plenamente en el aprendizaje de asignaturas que se derivan de las matemáticas.

### *B. Software de simulación e inteligencia artificial en matemáticas y estadistica*

[10] destacan el uso intensivo de software de simulación por computadora, prácticas colaborativas de aprendizaje electrónico y enfoques orientados al profesional, los cuales se proponen como políticas metodológicas para aumentar la motivación de los estudiantes hacia los temas de simulación. En los cursos de matemática y estadística se emplean diferentes herramientas de simulación, que van desde software de optimización y simulación fácil de usar hasta algoritmos basados en simulación desarrollados desde cero utilizando un lenguaje de programación [11].

En este mismo escenario, [12] indica que los softwares Matlab, Python y RStudio se han utilizado con éxito para enseñar a estudiantes universitarios los fundamentos de matemáticas y estadística. Una herramienta informática estadística moderna debe ser accesible, proporcionar una entrada fácil, privilegiar los datos como un objeto de primer orden, respaldar el análisis exploratorio y confirmatorio [13]. La utilidad de las simulaciones basadas en la web es desarrollar habilidades de pensamiento crítico y poder analizar la relación entre el pensamiento crítico y el desempeño de la simulación en los estudiantes universitarios [14].

En esta misma línea, los resultados iluminan a las partes interesadas para priorizar la satisfacción del usuario para mejorar la eficacia del software colaborativo para los proyectos de los estudiantes, siempre que sea posible, promover el uso de software matemático y estadístico en sus cursos para resaltar aplicaciones reales de conceptos, métodos y resultados y un aprendizaje colaborativo eficaz, lo que permite a los estudiantes desempeñar un papel más proactivo [15]. Estos aspectos contribuyen a incrementar la motivación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, lo que es un factor fundamental de éxito en entornos virtuales [16]. Al presentar un paquete educativo de simulación para el software estadístico RStudio y desde la perspectiva de los estudiantes, se prefiere la educación basada en simulación [17] y [18].

La educación superior en ciencias matemáticas ofrece desafíos y oportunidades únicas para desarrollar una práctica de enseñanza aprendizaje combinada eficaz [18]. En tal sentido, facilitar las competencias diagnósticas en matemática en los estudiantes es un objetivo importante de la educación superior para muchas profesiones [19]. A su vez, la simulación es una herramienta invaluable para el aprendizaje y la enseñanza experiencial mediante la realización de experimentos computarizados y la adquisición de experiencia [20].

Para preparar a los estudiantes para el lugar de trabajo globalizado de ciencias matemáticas, los maestros deben utilizar pedagogías para mejorar las habilidades de los estudiantes; en tal sentido, los tipos de aprendizaje ha demostrado tener éxito en mejorar las habilidades de comunicación de los estudiantes [21]. El modelado de matemática y estadística mejora el aprendizaje y la satisfacción; los hallazgos respaldan la de propuesta de [22] y [23], que las simulaciones en el área de las ciencias administrativa y contables y conduce a implicaciones prácticas para los educadores que utilizan pedagogías basadas en simulación.

## III. METODOLOGÍA, unidad de análisis y estadística

### *A. Metodología*

La metodología sigue un enfoque cuantitativo, precisamente porque consiste en un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación, que implican la recolección y el análisis de datos numéricos. Además, posee un corte cuasiexperimental debido a que se hubo dos grupos en la vari-



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7

able rendimiento académico; el grupo control, será aquel grupo de estudiantes que realizará las tareas de estadística de forma manual, y el grupo experimental [24], estuvo conformado por los estudiantes que realizaron las tareas con las IAS; SPSS y Rstudio [25].

Se procedió a realizar cinco actividades, que comprenden cuatro tareas y una prueba escrita tanto para los grupos control y experimental, con la finalidad de dar seguimiento a todo el proceso de aprendizaje y para evidenciar las competencias desarrolladas por el estudiantado.

La figura 1 muestra el procedimiento por simulación e inteligencia artificial que se llevó a cabo.

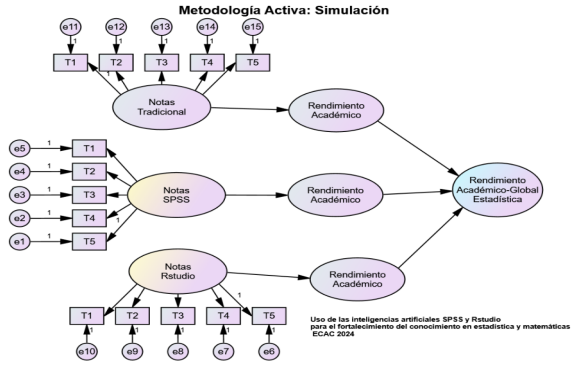



Figure 1. Metodología por simulación

En esta investigación se utilizaron dos softwares estadísticos SPSS y RStudio, siendo eficientes en análisis estadístico y matemático [12], además que son parte de la inteligencia artificial [26]. Inicialmente, se realizó un análisis exploratorio cuantitativo en función de variables categóricas socioeducativas, simultáneamente se validaron los supuestos de normalidad mediante el test de Kolmogorov Smirnov y Shapiro-Wilk, del mismo modo, se validó el supuesto de los homogeneidad de las varianzas mediante al test de Levene al 5% de confianza, con el objetivo de emplear el análisis de comparación de medias (pruebas paramétricas) del rendimiento académico en función de variables categóricas; sexo y carreras universitarias. Adicionalmente, se empleó la correlación de Pearson y regresión lineal para los tratamientos en estudio.

### *B. Unidad de análisis*

La unidad de análisis está constituida por los 128 estudiantes, repartidos 64 estudiantes en el grupo control y 64 participaron en el grupo experimental, 64,1% del sexo mujer y 35,9% correspondiente a hombre. Casi el 70% corresponden a la carrera de administración de empresas y la diferencia a contabilidad y auditoría, matriculados en la asignatura de Estadística Inferencial, correspondiente al tercer semestre. La muestra se obtuvo a través de muestreo no probabilístico por conveniencia, siendo la muestra una pequeña parte de la población de estudio y sobre la cual va a recaer la investigación.

Los criterios de selección para los estudiantes, es que debían haber aprobado las asignaturas de matemática y estadística descriptiva de la escuela de Ciencias Administrativas y Contables de la Pontificia universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo para el periodo académico 202301 y 202302. Esto garantizó que el estudiantado al momento de la intervención didáctica dominara los conocimientos básicos sobre la enseñanza de las matemáticas y estadística, y que potenciaran tales conocimientos en el desarrollo teórico de la asignatura, y finalmente, que los aplicaran al realizar la simulación en el aula de clase con el uso de la inteligencia artificial.

## IV. Resultados

En la tabla I se visualizan los resultados obtenidos del estudio. Se identifica el rendimiento académico para el grupo control y el grupo experimental; en este último se aplicó la técnica de aprendizaje por simulación reportando un promedio más alto (46,44) y una desviación estándar inferior (3,59). A diferencia del grupo control que presentó una media menor de (44,36) con desviación estándar superior. Con estos datos se puede afirmar que el objetivo 1 se ha cumplido; es decir, hay diferencias entre los dos grupos.

TABLE I. Rendimiento académico de estudiantes antes y despúes de intervención de aprendizaje por simulación

| No | Grupo Control | | | Grupo Experimental | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 49,50 | 33 | 47,00 | 44,95 | 33 | 50,00 |
| 2 | 40,25 | 34 | 38,88 | 36,05 | 34 | 43,00 |
| 3 | 38,25 | 35 | 37,00 | 46,10 | 35 | 44,58 |
| 4 | 46,75 | 36 | 43,75 | 47,65 | 36 | 41,67 |
| 5 | 32,25 | 37 | 43,63 | 35,35 | 37 | 50,00 |
| 6 | 44,25 | 38 | 41,63 | 46,10 | 38 | 44,83 |
| 7 | 47,50 | 39 | 42,13 | 48,80 | 39 | 49,75 |
| 8 | 44,25 | 40 | 49,75 | 48,55 | 40 | 44,00 |
| 9 | 49,25 | 41 | 38,83 | 46,25 | 41 | 48,00 |
| 10 | 49,25 | 42 | 50,00 | 47,20 | 42 | 50,00 |
| 11 | 46,50 | 43 | 46,08 | 49,75 | 43 | 45,50 |
| 12 | 50,00 | 44 | 47,33 | 50,00 | 44 | 48,50 |
| 13 | 42,00 | 45 | 37,50 | 44,20 | 45 | 42,50 |
| 14 | 47,00 | 46 | 50,00 | 43,00 | 46 | 45,25 |
| 15 | 48,25 | 47 | 44,00 | 49,25 | 47 | 45,50 |
| 16 | 45,50 | 48 | 47,33 | 48,55 | 48 | 48,50 |
| 17 | 41,00 | 49 | 45,00 | 46,80 | 49 | 48,50 |
| 18 | 43,00 | 50 | 40,50 | 50,00 | 50 | 38,63 |
| 19 | 50,00 | 51 | 48,00 | 48,32 | 51 | 44,00 |
| 20 | 47,25 | 52 | 47,75 | 50,00 | 52 | 49,75 |
| 21 | 49,25 | 53 | 41,08 | 46,25 | 53 | 37,63 |
| 22 | 45,13 | 54 | 40,00 | 50,00 | 54 | 43,75 |
| 23 | 44,00 | 55 | 39,58 | 50,00 | 55 | 43,38 |
| 24 | 42,13 | 56 | 46,00 | 50,00 | 56 | 45,00 |
| 25 | 44,00 | 57 | 47,33 | 50,00 | 57 | 50,00 |
| 26 | 39,25 | 58 | 47,92 | 44,25 | 58 | 50,00 |
| 27 | 45,50 | 59 | 41,33 | 45,33 | 59 | 50,00 |
| 28 | 41,00 | 60 | 47,33 | 39,67 | 60 | 50,00 |



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7

| No | Grupo Control | | | Grupo Experimental | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | 41,00 | 61 | 47,08 | 45,50 | 61 | 48,25 |
| 30 | 40,13 | 62 | 48,25 | 45,75 | 62 | 48,50 |
| 31 | 42,13 | 63 | 42,00 | 47,00 | 63 | 44,75 |
| 32 | 39,88 | 64 | 49,33 | 50,00 | 64 | 47,75 |
| Promedio | 44,36 | | | 46,44 | | |
| D.T | 4.01 | | | 3.59 | | |

La tabla II recoge evidencia concisa del supuesto de normalidad para el rendimiento académico; a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov se evidenció normalidad para el rendimiento académico en contabilidad en el grupo experimental, de la misma manera lo determinó Shapiro-Wilk para el grupo control (p>0,05). En este sentido, se valida parcialmente, la distribución normal para el rendimiento académico y con esto el uso de métodos paramétricos.

TABLE II. Supuestos de normalidad de rendimiento académico de estudiantes según carrera de estudio

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Carrera Universitaria Estad. | | Kolmogorov-Smirnov[a] | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | gl | Sig. | Estad. | gl | Sig. | |
| Grupo Control | Administración de Empresas | 0,161 | 43 | 0,007 | 0,904 | 43 | 0,002 |
| | Contabilidad y Auditoría | 0,117 | 21 | 0,200* | 0,950 | 21 | 0,334 |
| Grupo Experimental | Administración de Empresas | 0,153 | 43 | 0,013 | 0,866 | 43 | 0,000 |
| | Contabilidad y Auditoría | 0,186 | 21 | 0,056 | 0,856 | 21 | 0,005 |

La tabla III muestra el supuesto de igualdad de varianzas para el rendimiento académico en los estudiantes universitarios con relación al grupo control y experimental; se corrobora la igualdad de varianzas al superar puntuaciones superiores al 5% de significancia. Permitiendo determinar que se valida este supuesto y en los posterior el uso de prueba paramétrico para corroborar la incidencia del aprendizaje por simulación en el rendimiento académico de los estudiantes universitarios.

TABLE III. Supuestos de igualdad de varianzas del rendimiento académico para el grupo control y experimental

| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Grupos | Indicadores | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
| Grupo Control | Se basa en la media | 1,257 | 1 | 62 | 0,266 |
| | Se basa en la mediana | 0,452 | 1 | 62 | 0,504 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 0,452 | 1 | 61,283 | 0,504 |
| | Se basa en la media recortada | 1,092 | 1 | 62 | 0,300 |
| Prueba de homogeneidad de varianza | | | | | |
| Grupos | Indicadores | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
| Grupo Experimental | Se basa en la media | 0,684 | 1 | 62 | 0,411 |
| | Se basa en la mediana | 0,623 | 1 | 62 | 0,433 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 0,623 | 1 | 61,994 | 0,433 |
| | Se basa en la media recortada | 0,662 | 1 | 62 | 0,419 |

En el contexto del objetivo 2, el rendimiento académico de los estudiantes en la asignatura de matemática y estadística en contraste con la variable categórica sexo, la tabla IV no presentó diferencia de medias para ninguna de las carreras de ciencias administrativas y contables. Sin embargo, el grupo mujer se destacó con mayores puntuaciones en el rendimiento académico en el grupo que se implementó la técnica de aprendizaje por simulación (experimental), los hombres registraron puntuaciones inferiores de medias para las diferentes carreras de grado, se deja en evidencia que las mujeres se adaptan más al uso de la técnica de innovación de aprendizaje por simulación.

TABLE IV. Diferencias de medias del rendimiento académico de acuerdo al sexo en los tratamientos de estudio

| Carreras | Grupos | Sexo | N | Media | D.T | T | p |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Administración | Grupo Control | Mujer | 25 | 46,24 | 3,78 | 1,39 | 0,171 |
| | | Hombre | 18 | 44,66 | 3,52 | | |
| | Grupo Experimental | Mujer | 25 | 46,65 | 2,95 | 0,31 | 0,755 |
| | | Hombre | 18 | 46,31 | 4,05 | | |
| Contabilidad | Grupo Control | Mujer | 16 | 41,78 | 3,84 | -0,16 | 0,873 |
| | | Hombre | 5 | 42,07 | 2,05 | | |
| | Grupo Experimental | Mujer | 16 | 46,49 | 4,59 | 0,38 | 0,704 |
| | | Hombre | 5 | 45,68 | 0,81 | | |

Seguidamente, en la tabla V para dar alcance la objetivo 2, se analizan las diferencias de medias del rendimiento académico de acuerdo con las carreras de administración de empresas y contabilidad. Los resultados permiten evidenciar que el grupo experimental, aquel donde se aplicó el aprendizaje por simulación obtuvo la mejor puntuación de medias (46,30) a diferencia del grupo control que tuvo puntuaciones inferiores en los estudiantes de contabilidad y auditoría. Se deja evidencia que el aprendizaje por simulación es una técnica significativa (t=-6,63; p<0,001) para mejorar el rendimiento académico en los estudiantes. Esto implica que se cumplió el objetivo 2. En el marco de las diferencias de medias, el grupo experimental en administración de empresas no presentó diferencias significativas (p>0,05), sin embargo, si presentó una mayor puntuación de medias (46,51) en contraste del grupo control (45,58).



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7

TABLE V. COMPORTAMIENTO DE MEDIAS DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO PARA EL GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL SEGÚN CARRERAS

| Carreras | Grupos | N | Media | D.T | T | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Contabilidad | Grupo Control | 21 | 41,85 | 3,46 | -6,63 | 0,000 |
| | Grupo Experimental | 21 | 46,30 | 4,01 | | |
| Administración | Grupo Control | 43 | 45,58 | 3,72 | -1,67 | 0,103 |
| | Grupo Experimental | 43 | 46,51 | 3,41 | | |

La tabla VI arroja evidencia positiva y significativa del uso del aprendizaje por simulación sobre el rendimiento académico al demostrar una correlación estrecha (0,497) entre los estudiantes del grupo control, que no recibieron aprendizaje por simulación matemática y estadística.

TABLE VI. CORRELACIÓN DE PEARSON DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO PARA LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

| Correlaciones de muestras emparejadas | | | |
|---|---|---|---|
| **Grupos** | **N** | **Correlación** | **Sig.** |
| Grupo Control & Grupo Experimental | 64 | 0,497 | 0,000 |

En la tabla VII se muestra el comportamiento de medias a través de la prueba T de student, se evidenció que el grupo experimental registra un mayor promedio (46,44) en la asignatura de estadística y matemática a diferencia del grupo control. Se demuestra diferencias significativas (t=4,25; p<0,001) entre los grupos de estudio. Además, la técnica de evaluación de impacto aportó con una tasa de crecimiento de 2,29% del rendimiento académico con el uso de la técnica de aprendizaje por simulación. Con estos resultados, se puede afirmar que se cumplió el objetivo 3.

TABLE VII. COMPORTAMIENTO DE MEDIAS DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO PARA EL GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL

| Estadísticas de muestras emparejadas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Grupos** | **N** | **Media** | **D.t** | **T** | **P** |
| Grupo Control | 64 | 44,36 | 4,01 | 4,35 | 0,000 |
| Grupo Experimental | 64 | 46,44 | 3,59 | | |

En figura 2, se muestra el comportamiento del rendimiento académico en el grupo de los estudiantes con aprendizaje tradicional y con aprendizaje por simulación, en la cual, se visualiza un crecimiento del rendimiento académico significativo para ambas carreras cuando utilizan la técnica de aprendizaje por simulación. La incidencia es más notoria en los estudiantes de contabilidad ($R^2$=0,671; P=0,001) y menor proporción en el rendimiento de los estudiantes en administración de empresas ($R^2$=0,477; P=0,001).

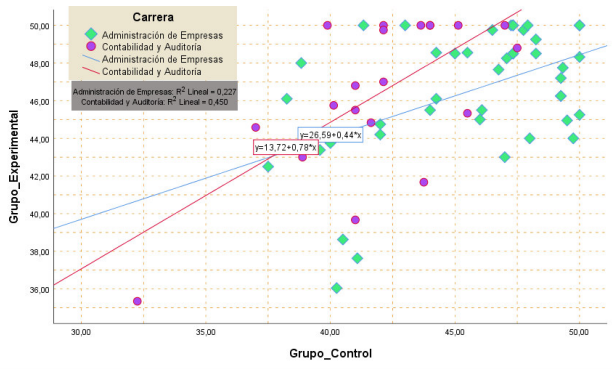



Figure 2. Comportamiento del rendimiento académico por carreras a través de la técnica activa de simulación

Los coeficientes de las ecuaciones lineales para ambos grupos de estudiantes son significativos al ser diferente de cero (0), la intercesión en ambos modelos del rendimiento académico se presenta cuando los estudiantes del grupo control obtienen alrededor de 38 puntos en relación cuando los estudiantes del grupo experimental reflejan una puntuación por encima de 43 puntos en el rendimiento académico.

El análisis realizado en este artículo difiere de otros artículos de simulación como estrategia de enseñanza en contextos de la salud, donde el análisis es por cortes de periodo académico anual [27], mientras que otros artículos hacen un análisis de pruebas estandarizadas para evaluar las matemáticas y progreso académico con comparaciones semestrales [28] o [29] entre otros autores. El enfoque semestral permite hacer comparaciones, determinar si existen diferencias significativas en el rendimiento académico o en el comportamiento de alguna variable en los programas de estudio y saber con certeza si la técnica de aprendizaje por simulación es eficaz en la valoración de impacto del rendimiento en los grupos de estudio en el mediano plazo.

## V. CONCLUSIONES

En este artículo se ha estudiado el uso de la inteligencia artificial con SPSS y RStudio para el fortalecimiento del rendimiento académico en las especialidades de matemática y estadística, con la metodología activa por simulación en instituciones de educación superior.

El análisis exploratorio confirma que los estudiantes que recibieron el tratamiento de aprendizaje por simulación en ambas asignaturas recibieron una mayor puntuación de medias (se cumple el objetivo 1) y un menor grado de dispersión en el rendimiento académico, con probabilidades normales y homocedásticos.

La categoría de sexo no mostró diferencias significativas, sin embargo, las mujeres obtuvieron mayores puntuaciones en el rendimiento académico a través de la técnica de aprendizaje



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7

por simulación. En este contexto, los estudiantes de la carrera de contabilidad incrementaron sus puntuaciones, las diferencias de medias en el rendimiento académico fue por causa de la aplicación del aprendizaje por simulación (se cumple el objetivo 2).

Se destaca del estudio, que la técnica de aprendizaje por simulación aplicada tiene una valoración de impacto de 2,29% al incremento del rendimiento académico en estudiantes de ciencias administrativas y contables en el sistema de educación universitario (se cumple el objetivo 3).

Como futuras líneas de investigación, se propone ampliar el estudio con otros tipos de datos, se estudiará el aprendizaje por simulación en estudiantes universitarios con respecto a las asignaturas de cálculo matemático complejo como; investigación operativa y finanzas internacionales a través de la utilización de diferentes tipos de softwares de acuerdo con las estructuras de cada programa de estudio de asignatura.

## Agradecimientos

Se agradecen acciones del Grupo de Investigación "Planning, Innovation and Financial Modeling Applied" aprobado por la Comisión de Investigación e Innovación y Comisión de Vinculación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Santo Domingo con código GI-SANTODOMINGO-11-2019, ratificado el 10 de febrero de 2023, insertado dentro del PI-03-CP-PUCESD-2023 aprobado 10 de noviembre de 2023.

## Referencias Bibliográficas

[1] N. Campos, C.G. Corlu, M. Nogal, A.A. Juan, and C. Cáliz. "Simulation-based mathematical learning for higher education students from heterogeneous backgrounds". *Journal of Simulation*, 2024.

[2] J.E. Díaz-Pinzón. "Aprendizaje de las Matemáticas con el uso de Simulación". Sophia, 14(1), pp. 22-30, 2018.

[3] J.C. Orozco Alvarado, and A.A. Díaz-Pérez. "Un reto de innovación pedagógica: Las guías de aprendizajes". Revista Electrónica De Conocimientos, Saberes Y Prácticas, 1(1), pp. 54–71, 2018.

[4] R. De la Torre, B.S. Onggo, C.G. Corlu, M. Nogal, and A.A. Juan. "The role of simulation and serious games in teaching concepts on circular economy and sustainable energy". *Energies, 14*(4), 1138, 2021

[5] K. Rakić, M. Rosić, and I. Boljat. "A survey of agent-based modelling and simulation tools for educational purpose". *Tehnički vjesnik*, *27*(3), pp. 1014–1020, 2020.

[6] N. Campos, M. Nogal, C. Cáliz, C., and A.A. Juan. "Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities". *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *17*(1), pp. 1–15, 2020.

[7] C.M. Caridade, A.H. Encinas, J. Martín-Vaquero, and A. Queiruga-Dios. "Cas and real-life problems to learn basic concepts in linear algebra course". *Computer Applications in Engineering Education*, *23*(4), pp. 567–577, 2015.

[8] Y.-C. Chang, W.-C. Chen, Y.-N. Yang, and H.-C. Chao. "A flexible web-based simulation game for production and logistics management courses". *Simulation Modelling Practice and Theory*, *17*(7) pp. 1241–1253, 2009.

[9] Y. E. Cherner, J. Uhomoibhi, G. Mullett, M.M. Kuklja, C. Mkude, L. Fweja, and H. Wang. "Implementation of interactive and adjustable cloud-based e-learning tools for 21st century engineering education": Challenges and prospects. *In 2019 IEEE World Conference on Engineering Education* (EDUNINE), Lima, Peru. pp. 1–6. IEEE, 2019.

[10] P. Fonseca, A.A. Juan, L.M. Pla, S.V. Rodríguez, and J. Faulin. "Simulation education in the internet age: some experiences on the use of pure online and blended learning models". In *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)* (pp. 299-309). IEEE, 2009.

[11] A. Grasas, H. Ramalhinho, and A.A. Juan. "Operations research and simulation in master's degrees: a case study regarding different universities in Spain". In *2013 Winter, Simulations Conference (WSC)* (pp. 3609-3619). IEEE, 2013.

[12] C. Ozgur, T. Colliau, G. Rogers, Z. Hughes, and B. Myer-Tyson. "Matlab vs. python vs. r." *Journal of Data Science*,15(3), pp. 355–372, 2017.

[13] A. McNamara. "Key attributes of a modern statistical computing tool". *American Statistician*, *73*(4), pp. 375–384, 2018.

[14] K.J. Lovelace, F. Eggers, and L.R. Dyck. "I do and i understand: Assessing the utility of web-based management simulations to develop critical thinking skills". *Academy of Management Learning & Education*, *15*(1), pp. 100–121, 2016.

[15] F.N. Koranteng, F.K. Sarsah, E. Kuada, and S.A. Gyamfi. "An empirical investigation into the perceived effectiveness of collaborative software for students' projects". *Education and Information Technologies*, *25*(2), pp.1085–1108, 2020.

[16] B. Lawson, and L. Leemis. "An R package for simulation education". *Winter Simulation Conference (WSC)*, Las Vegas, NV, USA, 2017, 4175-4186, 2017.

[17] J. Sheen, W. Sutherland□Smith, E. Thompson, G. Youssef, A. Dudley, R. King, K.H. Dowling, C. Gurtman, and J. McGillivray. "Evaluating the impact of simulation-based education on clinical psychology students' confidence and clinical competence". *Clinical Psychologist, 25*(3), pp. 271-282, 2021.

[18] K. Spooner. "Uso de modelos matemáticos para brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje contextual de ecuaciones diferenciales". *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *55*(2), pp. 565-573, 2024.

[19] O. Chernikova, N. Heitzmann, M. Fink, V. Timothy, T. Seidel, and F. Fischer. "Facilitating diagnostic competences in higher education—a meta-analysis in medical and teacher education". *Educational Psychology Review*, *32*(1), pp. 157–196, 2020.

[20] T. Ören, C. Turnitsa, S. Mittal, and S.Y. Diallo. "Simulation-based learning and education". *Guide to Simulation-Based Disciplines: Advancing Our Computational Future*, pp. 293-314, 2017.

[21] A. Owens, and R. Hite. "Enhancing student communication competencies in STEM using virtual global collaboration project-based learning". *Research in Science & Technological Education*, *40*(1), pp.76–102, 2020.

[22] G. Lohmann, M.A. Pratt, P. Benckendorff, P., Strickland, P. Reynolds, and P.A. Whitelaw. "Online business simulations: Authentic teamwork, learning outcomes, and satisfaction". *Higher Education*, *73*(3), pp. 455–472, 2019.

[23] K. Markulin, M. Bosch, and I. Florensa. "Dinámica de la investigación en la encrucijada de la estadística descriptiva e inferencial", Revista Internacional de Educación Matemática en Ciencia y Tecnología, 2024.

[24] E. Dellatola, T. Daradoumis, and Y. Dimitriadis. "Exploring students' engagement within a collaborative inquiry-based language learning activity in a blended environment". *Emerging technologies and pedagogies in the curriculum*, pp. 355-375, 2020.

[25] J.A. García-Vicente, C. Vedia-Urgell, R. Vallès-Fernández, D. Reina-Rodríguez, S. Rodoreda-Noguerola, and D. Samper-Bernal. "Estudio cuasi experimental de una intervención sobre el manejo farmacológico del dolor crónico no oncológico en atención primaria". *Atención primaria*, *52*(6), pp. 423–431, 2020.

[26] J.C. Orozco-Alvarado, and A.A. Díaz- Pérez. "La simulación como estrategia didáctica para desarrollar comprensión en la asignatura Historia. Intervención didáctica realizada en Educación Secundaria". *Revista Científica De FAREM-Estelí*, *21*, pp. 4–13, 2017

[27] E. Urra-Medina, S. Sandoval-Barrientos, and F. Irribarren-Navarro. "El desafío y futuro de la simulación como estrategia de enseñanza en enfermería". Investigación en educación médica, *6*(22), pp. 119-125, 2017.

[28] A. Gambini, M. Desimoni, and F. Ferretti. "Herramientas predictivas para el rendimiento universitario: un estudio exploratorio". *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *55*(3), pp.691-717, 2024

[29] L. Al Labadi, M. Saleh-Bataineh, and N. Siddiqui. "Educación matemática en instituciones de educación superior durante la pandemia de COVID-19". *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, *55*(3), pp. 718-729, 2024.



2024 19th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI) – Iberian Proceedings of CISTI 2024
25th – 28th June 2024, University of Salamanca, Salamanca, Spain
ISBN: 978-989-36481-1-7