

VOLI

Ramon González Calvet
(Organizador)

PESQUISA
E DOCENCIA
EM
CIENCIAS
EXATAS
E NATURAIS



EDITORA
ARTEMIS

2026

VOLI

Ramon González Calvet
(Organizador)

PESQUISA
E DOCENCIA
EM
CIENCIAS
EXATAS
E NATURAIS



EDITORA
ARTEMIS

2026

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 Não-Derivativos 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	Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Ramon González Calvet
Imagem da Capa	sharuzzaman/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 Guanajuato, 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
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 Politécnico 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 Lara 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
Prof. Dr. Leiníg Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia 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 Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), 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

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)**

P475 Pesquisa e docência em ciências exatas e naturais [livro eletrônico] / Organizador Ramon González Calvet. – 1. ed. – Curitiba, PR: Editora Artemis, 2026.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-82858-10-9

DOI 10.37572/EdArt_270626109

1. Ciências exatas. 2. Ciências naturais. 3. Pesquisa científica. 4. Docência. I. González Calvet, Ramon.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PRÓLOGO

La producción del conocimiento científico y educativo en el campo de las ciencias exactas y naturales se caracteriza, cada vez más, por su capacidad de articular fundamentos teóricos, desarrollos tecnológicos, prácticas formativas y compromisos sociales. En este contexto, el primer volumen de ***Pesquisa e Docência em Ciências Exatas e Naturais*** reúne un conjunto plural de trabajos que evidencian la vitalidad de la investigación contemporánea y la importancia de repensar la docencia como espacio de construcción, mediación y circulación del saber.

Los capítulos que integran esta obra permiten percibir la amplitud de un campo que no se limita a la transmisión de contenidos de disciplinas científicas, sino que se abre a problemas complejos, metodologías diversas y experiencias docentes. La investigación matemática, físico-química y computacional convive aquí con la ingeniería aplicada, la inteligencia artificial, la ética profesional, la educación matemática, la enseñanza de las ciencias, la formación superior y la preservación del conocimiento paleontológico. Esta diversidad temática refleja una visión amplia de las ciencias exactas y naturales, entendidas no solo como áreas de formulación abstracta y experimentación técnica, sino también como prácticas humanas, educativas e institucionales.

El volumen se inicia con trabajos dedicados a la modelización matemática, físico-química y al estudio de sistemas complejos. En este primer conjunto, se abordan problemas relacionados con operadores diferenciales, semigrupos de contracciones, isothermas de adsorción, gases reales, potenciales de Lennard-Jones y Morse, nanoestructuras y configuraciones de mínimo potencial. Estos capítulos destacan la importancia de la modelización, la abstracción y la simulación en la comprensión de fenómenos naturales y materiales.

En un segundo momento, la obra se orienta hacia las tecnologías aplicadas, la ingeniería y los medios digitales en la formación científica. Los trabajos reunidos en esta parte muestran cómo el desarrollo tecnológico puede contribuir tanto a la creación de dispositivos y soluciones aplicadas como a la transformación de los procesos formativos. La presencia de estudios sobre electroestimulación, generación de gráficos vectoriales mediante reconocimiento de voz, aprendizaje profundo e inteligencia artificial en contextos universitarios evidencia la necesidad de repensar la innovación técnica junto con sus implicaciones educativas, epistemológicas y profesionales.

La tercera parte concentra investigaciones orientadas a la docencia, el aprendizaje y la equidad en contextos educativos diversos. Los capítulos analizan cuestiones vinculadas a la ética en ingeniería, a la inclusión en educación matemática,

al liderazgo y desempeño docente, a las actitudes hacia la estadística, al aprendizaje basado en proyectos, a la relación entre sueño y aprendizaje, y a la calidad educativa en la formación superior en odontología. En conjunto, estos trabajos subrayan que enseñar ciencias y matemáticas exige mucho más que dominio de la disciplina: requiere sensibilidad pedagógica, reflexión institucional, innovación metodológica y atención a las condiciones reales de aprendizaje de los estudiantes.

Finalmente, el volumen se cierra con una contribución singular dedicada a las ciencias naturales, los acervos fósiles y la preservación del conocimiento paleontológico. A partir de una trayectoria de décadas en la prospección, colección y exhibición de fósiles, este capítulo invita a reflexionar sobre la colaboración entre iniciativas privadas, museos, universidades e instituciones científicas. Su presencia al final de la obra ofrece un cierre significativo, al recordar que la ciencia también depende de la conservación, documentación y accesibilidad de los materiales que permiten reconstruir la historia natural.

De este modo, ***Pesquisa e Docência em Ciências Exatas e Naturais*** propone una lectura que avanza desde los fundamentos científicos y matemáticos hacia las aplicaciones tecnológicas, los medios digitales, los desafíos de la enseñanza y la preservación del patrimonio natural. La obra evidencia que investigar y enseñar están profundamente interrelacionadas: toda investigación produce nuevas preguntas para la formación, y toda práctica docente comprometida puede convertirse en espacio de investigación, innovación y transformación. De hecho, solo se puede enseñar bien a los estudiantes aquel conocimiento que los investigadores antes comprendieron bien.

Esperamos que este volumen contribuya al diálogo entre investigadores, docentes, estudiantes y profesionales interesados en las ciencias exactas y naturales, fortaleciendo una perspectiva integradora, crítica y colaborativa del conocimiento. Que los trabajos aquí reunidos sirvan como punto de partida para nuevas investigaciones, nuevas prácticas pedagógicas y nuevas formas de aproximarse a los desafíos científicos y educativos de nuestro tiempo.

Ramon González Calvet

SUMARIO

MODELACIÓN MATEMÁTICA, FÍSICO-QUÍMICA Y ESTRUCTURAS EN SISTEMAS COMPLEJOS

CAPÍTULO 1.....1

CONTRAST WITH THE HILLE-YOSIDA'S THEOREM AND THE CONTRACTION SEMIGROUP FOR AN ODD-ORDER DIFFERENTIAL OPERATOR

Yolanda Silvia Santiago Ayala

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261091

CAPÍTULO 2.....17

ISOTERMA DE ADSORCIÓN DEDUCIDA DEL MODELO DEL BILLAR Y ECUACIÓN DE ESTADO APLICADA A LOS GASES REALES

Ramon González Calvet

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261092

CAPÍTULO 3.....32

VERDADERAS NANOESTRUCTURAS DE MÍNIMO POTENCIAL GLOBAL DE LENNARD JONES Y MORSE

Carlos Barrón Romero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261093

CAPÍTULO 4..... 48

NUEVAS PEQUEÑAS NANOESTRUCTURAS DE MÍNIMO POTENCIAL DE LENNARD JONES Y MORSE

Carlos Barrón Romero

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261094

TECNOLOGÍAS APLICADAS, INGENIERÍA Y MEDIOS DIGITALES EN LA FORMACIÓN CIENTÍFICA

CAPÍTULO 5..... 66

DISEÑO Y GENERACIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR TENS CON DIFERENTES TIPOS DE PULSOS

Eduardo García Sánchez

Luis Eduardo Bañuelos García

Mario Molina Almaraz
Osbaldo Vite Chávez
José Manuel Cervantes Viramontes
María del Rosario Martínez Blanco
Luis Octavio Solís Sánchez
Irerí Aydee Sustaita Torres
Pilar Cecilia Godina González
Francisco Javier Martínez Ruíz
Sahara Araceli Pereyra López
Ana Lourdes Aracely Borrego Elías

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261095

CAPÍTULO 6..... 84

GRÁFICOS VECTORIALES SVG GENERADOS A PARTIR DE INSTRUCCIONES POR VOZ MEDIANTE LA LIBRERÍA *SPEECH RECOGNITION*

Moisés García Villanueva
Salvador Ramírez Zavala

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261096

CAPÍTULO 7 99

DE LAS REDES NEURONALES RECURRENTES A LOS TRANSFORMADORES: EVOLUCIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS PARADIGMAS FUNDAMENTALES DEL APRENDIZAJE PROFUNDO

Adolfo Melendez Ramirez
Francisco Jacob Avila Camacho
Juan Manuel Stein Carrillo
Leonardo Miguel Moreno Villalba

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261097

CAPÍTULO 8..... 116

DISRUPCIÓN ALGORÍTMICA Y CONFIGURACIÓN DEL SABER INVESTIGATIVO: LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO DISPOSITIVO EPISTEMOLÓGICO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS DE ICA, PERÚ

José Ángel Meneses Jiménez
Pedro Julián Ormeño Carmona
Manuel Rocha Gonzales
Beny Pasquel Flores
Jorge Luis Arrué Flores

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261098

DOCENCIA, APRENDIZAJE Y EQUIDAD EN MATEMÁTICAS, CIENCIAS Y FORMACIÓN SUPERIOR

CAPÍTULO 9.....129

INCLUSIÓN Y EQUIDAD EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA: PERSPECTIVAS TEÓRICAS Y DEBATES ACTUALES

Carmen Cecilia Espinoza Melo

Erich Leighton Vallejos

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2706261099

CAPÍTULO 10.....138

PERCEPCIÓN ESTUDIANTIL SOBRE EL LIDERAZGO Y DESEMPEÑO DOCENTE DE PROFESORES DE MATEMÁTICAS Y SU RELACIÓN CON LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Francisco Javier Saavedra Álvarez

Raúl Arnaldo Fuentes Fuentes

Paola Ramírez González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610910

CAPÍTULO 11.....165

ELIMINANDO ACTITUDES NEGATIVAS HACIA LA ESTADÍSTICA EN PSICOLOGÍA: EFECTOS DEL APRENDIZAJE DEL ANÁLISIS DE TEXTOS

Luis Fernando González Beltrán

Olga Rivas García

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610911

CAPÍTULO 12.....175

¿QUÉ FUNCIONA (Y QUÉ NO) PARA INCORPORAR LA ÉTICA COMO COMPETENCIA TRANSVERSAL EN ESTUDIOS DE INGENIERÍA?

Ester Gimenez-Carbo

Lourdes Soriano Martínez

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610912

CAPÍTULO 13.....183

DEL AULA AL ENTORNO: EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS COMO ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA AMBIENTAL

Elizabeth Gonzalez Sepúlveda

Victor Neira

Felipe Neira

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610913

CAPÍTULO 14..... 194

CORRELACIÓN ENTRE EL SUEÑO Y EL APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE MEDICINA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Juan Camilo González Torres

Orlando Miguel González Torres

Irina Tirado Ballestas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610914

CAPÍTULO 15.....206

HABLANDO DE CALIDAD EDUCATIVA EN LA FORMACIÓN SUPERIOR EN ODONTOLOGÍA: DESAFÍOS EN LA DOCENCIA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD

Martha Patricia de la Rosa-Basurto

Jesús Rivas-Gutiérrez

Nelly Alejandra Rodríguez Guajardo

Christian Starlight Franco-Trejo

Luz Patricia Falcón-Reyes

Alejandra Estefania Esquivel-Lozano

Zitzingore Janitzi López-Aguilar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610915

CIENCIAS NATURALES, ACERVOS Y PRESERVACIÓN DEL CONOCIMIENTO PALEONTOLÓGICO

CAPÍTULO 16.....220

40 YEARS AS A FOSSIL PROSPECTOR, COLLECTOR, AND EXHIBITION MAKER

H.J. "Kirby" Siber

 https://doi.org/10.37572/EdArt_27062610916

ACERCA DEL ORGANIZADOR.....231

ÍNDICE ALFABÉTICO..... 232

CAPÍTULO 5

DISEÑO Y GENERACIÓN DE UN ELECTROESTIMULADOR TENS CON DIFERENTES TIPOS DE PULSOS

Data de submissão: 13/05/2026

Data de aceite: 28/05/2026

Eduardo García Sánchez

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada
Zacatecas, México

<http://orcid.org/0000-0002-5219-4623>

Luis Eduardo Bañuelos García

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada
Zacatecas, México

<http://orcid.org/0000-0002-6304-5383>

Mario Molina Almaraz

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada
Zacatecas, México

<http://orcid.org/0000-0002-4779-6312>

Osbaldo Vite Chávez

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0003-0438-8105>

José Manuel Cervantes Viramontes

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0009-0009-8379-6713>

María del Rosario Martínez Blanco

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0001-9278-2094>

Luis Octavio Solís Sánchez

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0003-2545-4116>

Ileri Aydee Sustaita Torres

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0002-6381-6387>

Pilar Cecilia Godina González

Universidad Autónoma de Zacatecas
"Francisco García Salinas"

Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México

<https://orcid.org/0000-0001-6310-9693>

Francisco Javier Martínez Ruíz
Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”
Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0002-8842-7556>

Sahara Araceli Pereyra López
Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”
Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0001-7659-6697>

Ana Lourdes Aracely Borrego Elías
Universidad Autónoma de Zacatecas
“Francisco García Salinas”
Ingeniería en Electrónica Industrial
Zacatecas, México
<https://orcid.org/0000-0003-3890-5027>

RESUMEN: En este trabajo se presenta el diseño, generación, validación y verificación de un prototipo de electroestimulador TENS, el prototipo tiene la característica de poder seleccionar los 5 diferentes tipos de pulsos que son: Pulsos aislados positivos, Pulsos aislados negativos, Pulsos monofásicos positivos, Tren de pulsos y Pulsos bifásicos, manteniendo fijo el tiempo con pulsos y el tiempo sin pulsos que se requiere para llevar a cabo una determinada terapia. Además, el prototipo permite visualizar cada configuración o selección del tipo de pulsos por medio de una pantalla led.

PALABRAS CLAVE: electro-estimulador; TENS; electroterapia.

DESIGN AND GENERATION OF A TENS ELECTROSTIMULATOR WITH DIFFERENT TYPES OF PULSES

ABSTRACT: This paper presents the design, generation, validation, and verification of a prototype TENS electrostimulator. The prototype allows the selection of five different pulse types: isolated positive pulses, isolated negative pulses, monophasic positive pulses, pulse train, and biphasic pulses, while maintaining a fixed pulse duration and pulse-free interval required for a given therapy. Furthermore, the prototype displays each pulse type configuration or selection on an LED screen.

KEYWORDS: electrostimulator; TENS; electrotherapy.

1. INTRODUCCION

La sensación de dolor (componente sensorial), se puede definir, por un lado, como una experiencia definida por la sensación provocada (percepción de un estímulo

potencialmente lesivo) por el daño tisular (real o potencial), pero, por otro lado, por experiencias afectivas no placenteras (percepciones sensoriales, emocionales y cognitivas) que transforman el mensaje de dolor, en una sensación de sufrimiento, que es lo que le confiere el carácter de alarma.

Para entender lo anterior, es importante comentar que el término Tisular, se refiere a un adjetivo que se emplea en el ámbito de la biología para hacer referencia a aquello vinculado a un tejido de un determinado organismo, el cual está constituido por un conjunto de células que actúan de forma coordinada para desarrollar una cierta función. Por tanto, al hablar de daño tisular, se refiere a que determinado tejido sufre un corte, una contusión o una quemadura.

Otra definición que se puede tener, es que el dolor es una señal de alarma que le avisa al organismo sobre la existencia de alguna causa externa que amenaza con la integridad de este, y permite que el organismo active los mecanismos de defensa y protección. Los cuales, son mecanismos neurofisiológicos que permiten la generación, codificación, transmisión y decodificación del estímulo doloroso.

El dolor se puede clasificar de dos maneras, dolor agudo y crónico. La diferencia que existe entre ellos puede definirse erróneamente en función del tiempo de duración del dolor, sin embargo, el factor por el cual se puede diferenciar es a partir de los mecanismos fisiopatológicos que los originan y puede ser clasificado como Dolor agudo, crónico, nociceptivo, somático y visceral (CENETEC, 2020).

En el mundo, entre el 10 y 55 % de los adultos padecen o van a padecer dolor crónico, en México el porcentaje es de 27 %, afirmó Argelia Lara, jefa de la Clínica del Dolor del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (SEGOB, 2020), al destacar que este tipo de dolor, es un problema de salud pública tan importante, que a partir de la Declaración de Montreal se estableció que es un derecho humano la atención al dolor.

En 2009, se desarrollaron estudios sobre el impacto que puede tener este problema en México, ya que, en este año en particular, México destinaba el 6.6 % de su Producto Interno Bruto (PIB) a la salud (Rozalen, 2020; CSG, 2020), sin embargo, se estima que el costo que se requiere para atender a las personas que presentan dolor corresponde al 3% del PIB (SEGOB, 2020), lo cual, sería mayor que el costo por enfermedades cardiovasculares y cáncer juntas. Por otro lado, los pacientes sufren al ser etiquetados como hipocondríacos, conflictivos o simuladores.

Se ha sugerido que este problema de salud afecta del 25 al 29 % de la población general a nivel Internacional (Diniz, 2020), por lo que, si en el 2009 había 105 millones de habitantes, aproximadamente 28 millones de habitantes padecían este tipo de dolor (González-Muñoz, 2020; Diferentes tipos de electroestimulación, 2020).

El dolor también tiene un componente biopsicosocial que impacta negativamente en varios ámbitos de la vida del paciente tales como: social, familiar y laboral. Para abordar el problema de manera integral, es necesario considerar todos estos aspectos y ofrecer alternativas terapéuticas eficaces a los pacientes.

A pesar de que el dolor crónico afecta a más pacientes que otras enfermedades crónico-degenerativas como la diabetes, y las enfermedades coronarias, millones de pacientes no tienen un acceso eficiente a los medicamentos que ayudan a controlar la enfermedad, ya sea por regulaciones, restricciones o acceso limitado, o por conceptos erróneos relacionados con el uso de analgésicos opioides. Siendo los pacientes, los principales afectados al no tener disponibles los recursos necesarios para el control de su enfermedad.

Entre los factores médicos que afectan el control efectivo del dolor en los pacientes mexicanos, destaca la necesidad de tener programas de educación en el tema de dolor, tanto para los profesionales de la salud, así como también para los pacientes, ya que una mala evaluación del dolor puede tener consecuencias en un enfoque terapéutico erróneo; esto a su vez, propicia la falta de apego al tratamiento por parte del paciente, y constituye un círculo vicioso que facilita que el dolor crónico se agudice (SEGOB, 2020; Diferentes tipos de electroestimulación, 2020).

En este trabajo, nos enfocaremos exclusivamente en los dolores de tipo muscular, esto, basados en el área de interés y de investigación.

La actividad física conlleva a que las personas presenten dolores musculares los cuales, normalmente son tratados con Antiinflamatorios, analgésicos, pomadas, masajes, crioterapia, termoterapia y en muy pocos casos con Electroterapia (Bazan, 2014). En este trabajo nos enfocaremos en diseñar y generar un Electro-estimulador TENS, que está orientado a la estimulación eléctrica transcutánea nerviosa analgésica, para tratar dolores musculares generados por hacer ejercicio o esfuerzo físico, que es un dispositivo utilizado en la electroterapia. El Electro-estimulador es un dispositivo electrónico que permite efectuar tratamientos utilizando electricidad, a través de la aplicación de energía electromagnética al organismo, con el fin de producir sobre él reacciones biológicas y fisiológicas, que permitan mejorar el organismo de diferentes patologías (Alfaro et. Al. 2019).

El electroestimulador TENS requiere en muchos casos bajas frecuencias (0-1000Hz) para el tratamiento del dolor muscular, esto requiere que los rangos en los cuales se desea que trabaje el electro-estimulador y el efecto deseado (Analgésico) están descritos en la Tabla 1 (Marco-Francisco, 2019).

2. METODOLOGIA

La metodología para el diseño y generación del prototipo de un electroestimulador consta de las etapas que se describen a continuación.

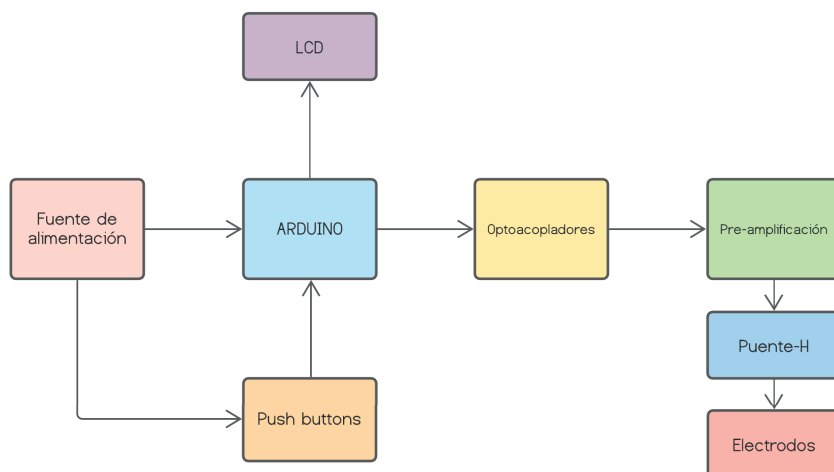
- En la primera etapa, se genera el código de programación, el cual llevará a cabo el funcionamiento digital y analógico del electro-estimulador.
- En la segunda etapa, se genera la simulación digital del circuito del electro-estimulador, la cual valida el funcionamiento correcto del circuito del electroestimulador y su código de programación.
- Por último, se realiza el armado del circuito electrónico del electroestimulador.

En este trabajo, se realizó un electro-estimulador de acuerdo al diagrama de bloques de la figura 1.

Tabla 1. Rango de bajas frecuencias de un electro-estimulador y el efecto que produce.

Rango de Frecuencia	Efecto
1-10 Hz cada 15 s	Actúa sobre atrofia por inmovilización, o por degeneración parcial del sistema neuromuscular.
10 – 25 Hz cada 15 s	Estimulación del sistema venoso periférico. Actúa sobre el edema. Actúa en la reeducación en caso de atrofia por inmovilización
25 – 50 Hz cada 15 s	Estimula la actividad músculo esquelética activando la contracción muscular (tetania).
50 – 100 Hz cada 15 s	Analgesia con largo tiempo de duración.
80 – 100 Hz cada 15 s	Analgesia corto tiempo de duración
1 – 100 Hz cada 15 s	Produce un paso rítmico de frecuencia tonificante, hipotonía y excitación - sedación, eritema activo superficial y profundo, estimula circulación linfática, activa el metabolismo, actúa sobre el edema y hematomas

Figura 1. Diagrama de bloques del electroestimulador.



Las etapas para la generación del prototipo fueron las siguientes:

- **Fuente de alimentación**

Para poder tener un funcionamiento del prototipo, se debe de tener una entrada de energía, que en este caso necesita alimentar al circuito electrónico del prototipo con 5V.

- **Arduino**

Arduino es el circuito integrado que contiene el software de control de todo el sistema, es el que leerá los push buttons y enviará la información a la LCD como a los optoacopladores para activar el sistema.

- **LCD**

El Display (pantalla) permite al usuario visualizar el tipo de pulso, el tiempo con pulsos y sin pulsos seleccionado, y controlar las características del electro-estimulador.

- **Push Buttons**

Los pulsadores (push buttons) al ser presionados, enviarán la información al circuito lógico (Arduino) para así proceder a la selección de la configuración. Esta etapa consta de los respectivos pulsadores y resistencias en su configuración.

- **Optoacopladores**

Los optoacopladores son los encargados de aislar el sistema del Arduino con el circuito de potencia. Esta etapa consta de optoacopladores MOC 3021, los cuales, están constituidos de un diodo, que al ser encendido por la señal del Arduino excita un Foto TRIAC, que es capaz de conducir corrientes de alta tensión por sus terminales sin interferir en la etapa de control.

- **Pre-Amplificación**

En esta etapa, se utiliza un montaje de transistores bipolares tipo N (2N2222) con configuración Darlington (en serie), lo cual permite que el sistema pueda obtener una ganancia de corriente, que permite activar la etapa de potencia puente –H. Esta etapa está alimentada con 12V.

- **Puente-H**

La etapa de potencia requiere un Puente-H. En esta etapa se utilizan MOSFET IRF510 y es necesaria para que la salida del sistema sea con alta potencia y que solo sea en un solo sentido. Los puentes-H son muy utilizados para obtener un control en el sistema de acuerdo al flujo de la corriente. En caso de los prototipos, los puentes están configurados para que mientras una etapa o salida está en alto, el otro lado esté en modo apagado.

- **Electrodos**

Por último, en esta etapa se encuentran las salidas del circuito para poder así colocar los electrodos en la zona anatómica requerida para así aplicar la electroterapia.

El código que se generó fue con lenguaje de programación C++ con el microcontrolador de Arduino y su software. Para su realización se consideraron las variables, las entradas y salidas de la información que se emitirá y se mostrará por medio de la visualización de una LCD para su mejor manipulación. Se utilizaron diferentes comandos de programación para así llegar a su objetivo de funcionamiento. El diagrama del circuito propuesto se puede apreciar en la figura 2.

Una vez diseñado y compilado el código o algoritmo que requiere la tarjeta Arduino Uno para su buen funcionamiento, este, se incorpora en la ventana del software PROTEUS, específicamente, en donde se agregó el componente Arduino UNO, esto, colocando la ubicación del archivo con el código fuente, después, se procede a colocar todos los componentes electrónicos que conforman cada prototipo del electro-estimulador.

3. RESULTADOS

El prototipo del electro-estimulador se presenta en la figura 3, para así proceder a la verificación en el software Proteus (figura 4), con el diseño del circuito y la lógica de programación, todo de acuerdo a su funcionamiento expuesto en el Diagrama de bloques de la figura 2.

Con base al circuito propuesto (figura 3) se elaboró el prototipo con base a las etapas de la figura 2. Del Diagrama de bloques, las cuales se describen más adelante.

Figura 2. Diagrama del electroestimulador.

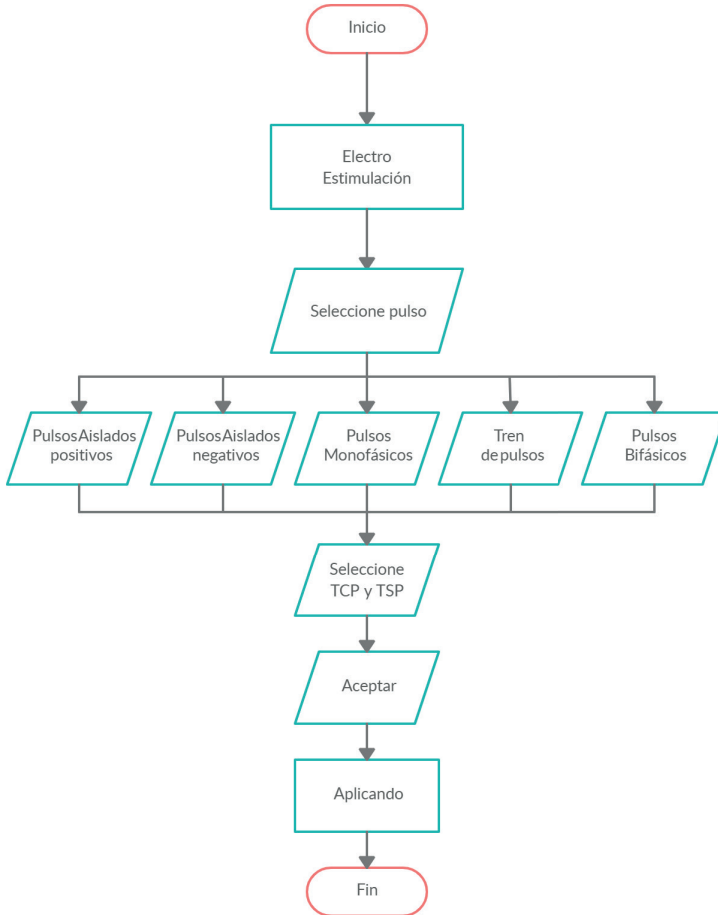


Figura 3. Salida del sistema para electrodos.

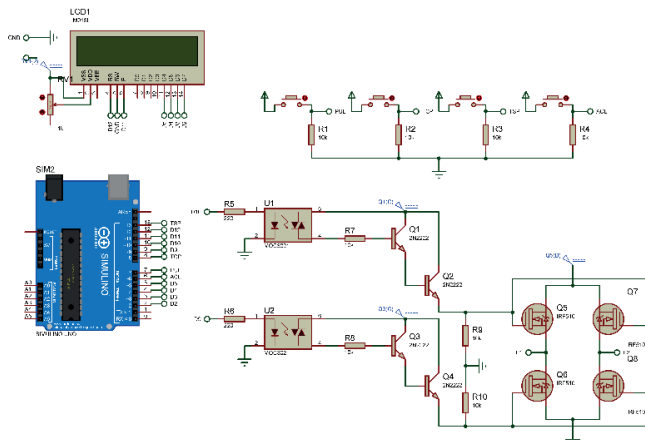
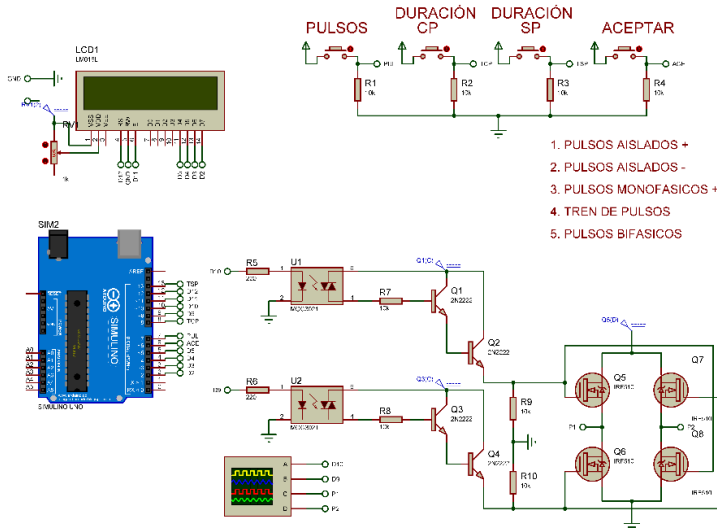


Figura 4. Simulación Electro-estimulador.



El prototipo consta de 4 grupos de componentes importantes, los cuales se describen a continuación.

a) Pulsadores de selección.

Con el pulsador de “Pulsos” se puede seleccionar el tipo de pulso que se desea aplicar, en cada presionado se cambia la selección del pulso. Con los pulsadores CP y SP se configura el tiempo con pulsos y sin pulsos necesarios para obtener la frecuencia deseada de acuerdo a las fórmulas matemáticas, las cuales, el especialista tendrá que diseñar, en este prototipo, solo se puede incrementar el tiempo en la selección y no disminuir la selección, en caso de necesitar un tiempo bajo, se necesita reiniciar el electro-estimulador. Por último, con el pulsador aceptar se confirma las selecciones deseadas (figura 5).

b) LCD.

Para una mejor interacción del usuario con el electroestimulador se utiliza una pantalla LCD para poder visualizar los pulsos y tiempos seleccionados (figura 6).

c) Arduino

La placa Arduino con la utilización del circuito integrado (microcontrolador), es la que contiene el software de control de todo el sistema, el encargado del funcionamiento de la programación del electroestimulador que enviará y recibirá la información a la LCD, así como a los pulsadores y los optoacopladores para la activación del sistema (figura 7).

Figura 5. Pulsadores de selección.

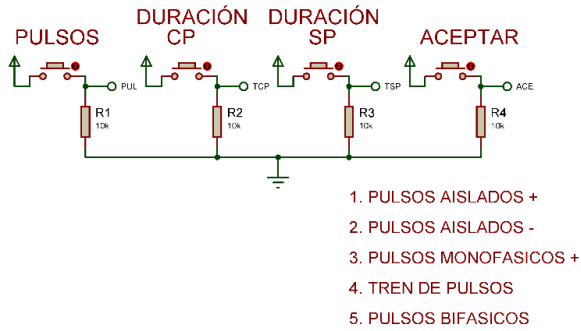


Figura 6. LCD.

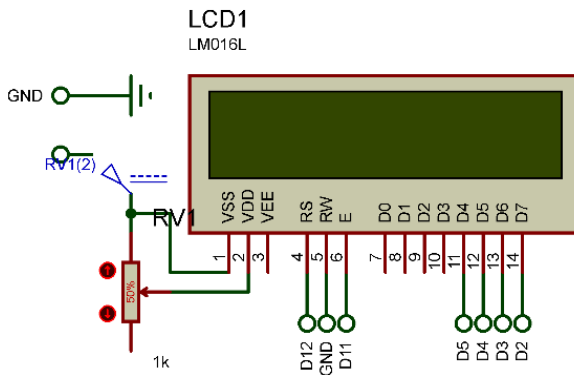
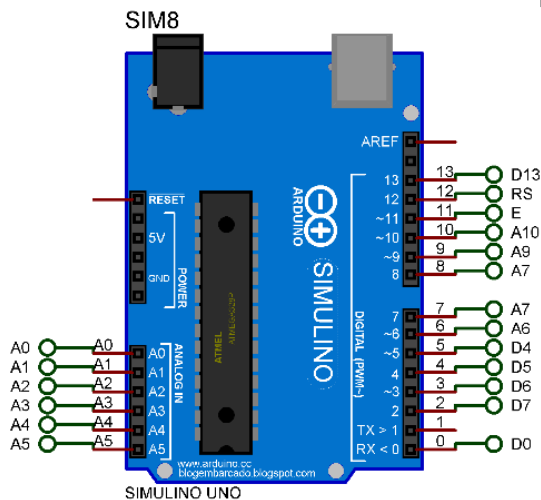


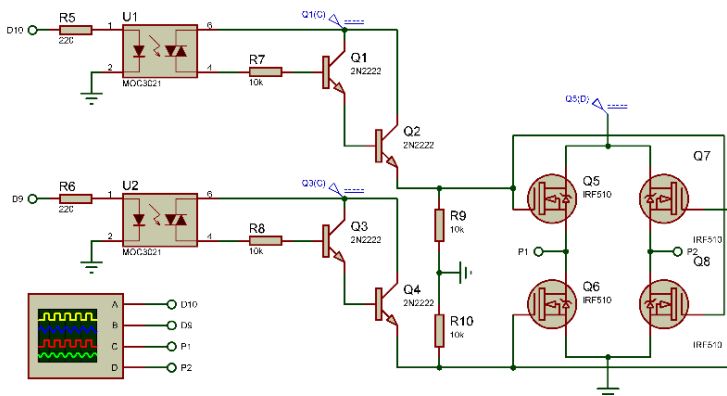
Figura 7. Arduino.



d) Componentes electrónicos

En esta etapa se encuentran los optoacopladores, los cuales aíslan la parte de control con la etapa de potencia y así, tener la seguridad en el electroestimulador y el usuario. También se encuentra la etapa de pre amplificación y puente H (figura 8).

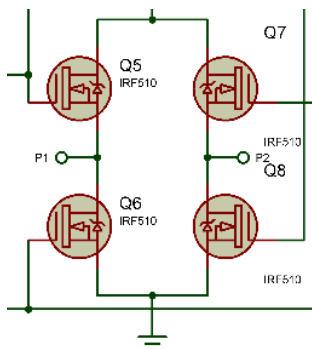
Figura 8. Componentes electrónicos.



e) Electrodo

Dentro de la etapa del puente H se encuentra las salidas del sistema, en las cuales se hacen la conexión a los electrodos que son colocados en la parte anatómica que se desea aplicar la electroterapia (figura 9).

Figura 9. Salida del sistema para electrodos.

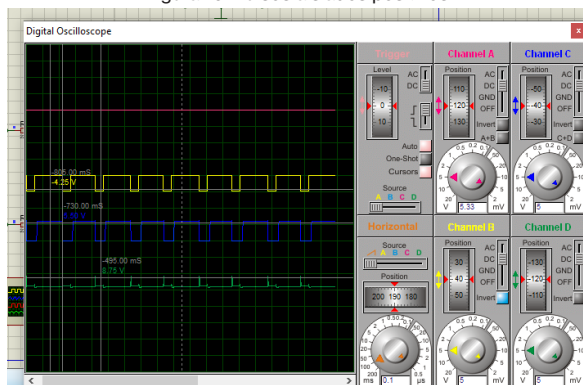


A continuación, se procedió a verificar cada uno de los pulsos generados del electro-estimulador.

Pulsos aislados positivos

Después de haber realizado la configuración de la electroterapia con un tiempo con pulsos de 50 ms y tiempo sin pulsos de 150 ms, los resultados de la simulación por medio del osciloscopio se muestran en la figura 10.

Figura 10. Pulsos aislados positivos.

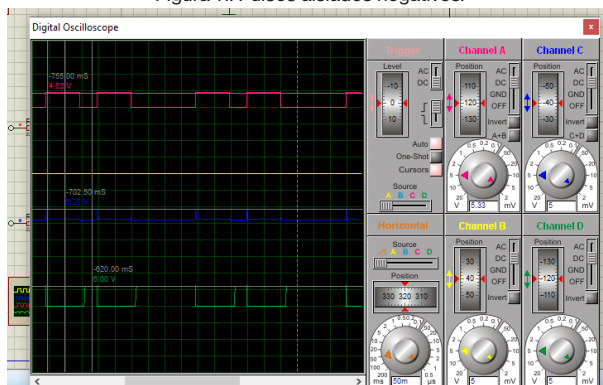


Para este tipo de configuración de pulsos, el circuito lógico genera una señal con 5 voltios, los cuales se pueden observar por medio del osciloscopio en la figura 10. Los pulsos de polaridad positiva son aislados, por lo tanto, son eliminados y solo muestran los pulsos negativos, como se muestra en el canal B. En el canal C y D que se visualiza en el osciloscopio de la figura 10, representan las señales de salida del sistema de electroestimulación de la etapa de puente H para direccionar la señal a un solo sentido.

Pulsos aislados negativos

Después de haber realizado la configuración de la electroterapia, con un tiempo con pulsos de 50 ms y tiempo sin pulsos de 150 ms, los resultados obtenidos por medio del osciloscopio se muestran en la figura siguiente.

Figura 11. Pulsos aislados negativos.



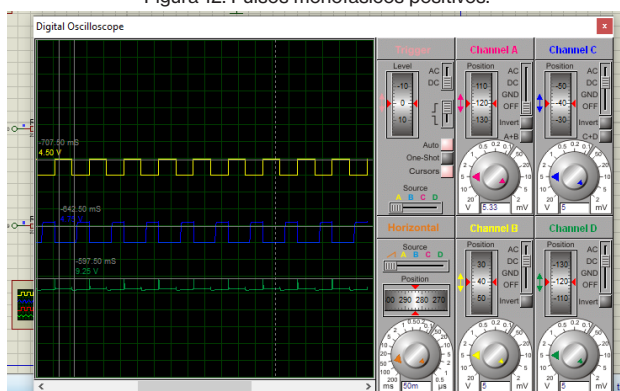
Esta configuración de pulsos, es el caso contrario a la de pulsos aislados positivos, ya que, por medio de esta, los pulsos ubicados en la polaridad negativa son aislados, por lo tanto, solo se muestran los positivos como se observan en el canal A del osciloscopio

de la figura 11. Las señales de salida del sistema de electroestimulación se muestran a través de los canales C y D, las señales ya han sido previamente amplificadas y pasaron la etapa de potencia y puente H, para que sean ambas señales direccionadas en un solo sentido. Por medio de los cursores se mide el voltaje correcto de 12 voltios con respecto a la alimentación del sistema de potencia.

Pulsos monofásicos positivos

Después de haber realizado la configuración de la electroterapia con un tiempo con pulsos de 50 ms y tiempo sin pulsos de 50 ms, los resultados obtenidos por medio del osciloscopio se muestran en la siguiente figura.

Figura 12. Pulsos monofásicos positivos.

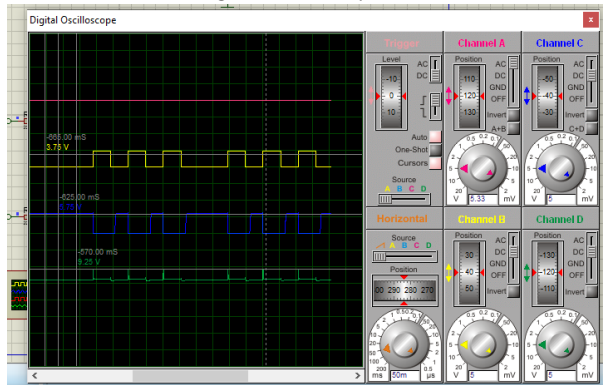


En esta configuración, se observa en el canal A la salida de la señal monofásica en un solo sentido y con polaridad positiva, la cual, es emitida por el circuito lógico. El canal B es inhabilitado debido a que es monofásico positivo. La salida 1 del puente-H está en alto, por lo que podemos observar en el osciloscopio la señal de salida, con el respectivo cursor, el voltaje de 12 voltios que alimenta al sistema. Como se esperaba, el objetivo de la configuración del puente-H es que la salida del sistema sea de alta potencia y en un solo sentido, así como, que una etapa este encendida mientras la otra este apagada.

Tren de pulsos

Después de haber realizado la configuración de la electroterapia con un tiempo con pulsos de 50 ms y tiempo sin pulsos de 500 ms, los resultados obtenidos por medio del osciloscopio se muestran en la Figura 13.

Figura 13. Tren de pulsos.



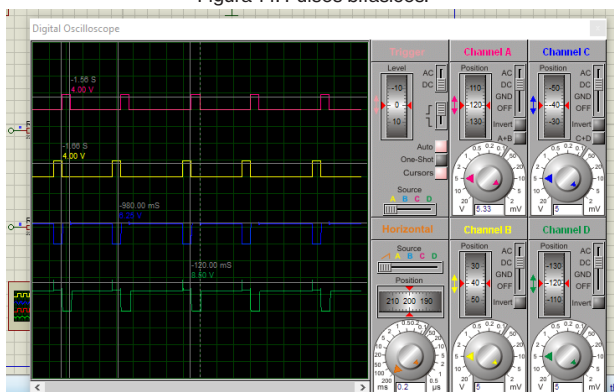
En la configuración de tren de pulsos, se genera una señal con una sola polaridad y con un tiempo determinado de pulsos y un tiempo de descanso. En la Figura 13 se puede mostrar el osciloscopio y sus canales que representan las salidas de las señales, el canal B representa el tren de pulsos generado por el circuito lógico con el correcto voltaje de 5 voltios que es emitido por el Arduino. El canal C y D son las salidas de la etapa de potencia, en el cual, por medio del cursor se puede comprobar que el voltaje de salida es de 12 voltios.

Pulsos bifásicos

Después de haber realizado la configuración de la electroterapia con un tiempo con pulsos de 50 ms y tiempo sin pulsos de 500 ms, los resultados obtenidos por medio del osciloscopio se muestran en la siguiente figura.

Finalmente, en la última configuración de pulsos bifásicos, en la cual, ambas polaridades de encuentran en la señal cuadrada. En el Canal A se muestra la polaridad positiva de la señal, y en el canal B se muestra la polaridad negativa de la señal cuadrada, las cuales, son generadas por el microcontrolador integrado de Arduino. Ambas señales muestran con el cursor el voltaje de 5 voltios del circuito lógico. Debido a que esta configuración tiene la presencia de ambas polaridades en el puente-H, sus salidas tienen ambas señales en alto, por lo que, en el canal C Y D del osciloscopio se pueden observar. Como se esperaba, el objetivo de la configuración del puente-H es que la salida del sistema sea de alta potencia y en un solo sentido, así como, que una etapa este encendida, mientras otra este apagada.

Figura 14. Pulsos bifásicos.

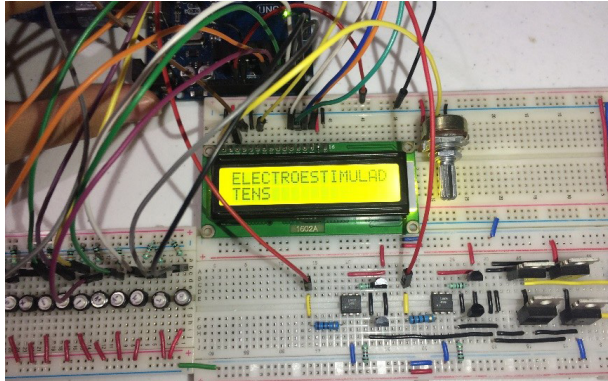


El prototipo del electro-estimulador se propone que esté constituido de los siguientes componentes:

- Placa Arduino Uno
- Display LCD 16x2
- PC
- Placa protoboard
- Software Arduino 1.8
- Optoacopladores MOC 3021
- Resistencias de 200 Ω
- Resistencias de 100 Ω
- Cable de conexión
- MOSFET TRP7N20
- Transistor 2n2222
- Pulsadores 2 terminales
- Resistencia variable de 1k Ω
- Fuente de alimentación de 12 V

El diagrama del circuito del electroestimulador que se propuso en este trabajo, se puede apreciar en la figura 2, así como en la figura 3, y en base a él diagrama propuesto, se muestra físicamente, el prototipo de electroestimulador en la figura 15.

Figura 15. Electroestimulador.



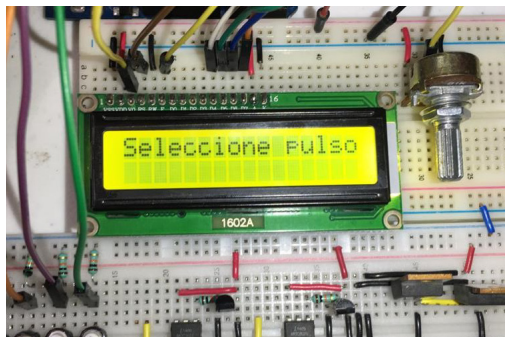
Para validar el funcionamiento del electroestimulador, inicialmente se procede a encenderlo, como se puede observar en la figura 16, en la pantalla LCD se puede leer el mensaje de “Electro Estimulacion”.

Figura 16. Mensaje de inicio del prototipo.



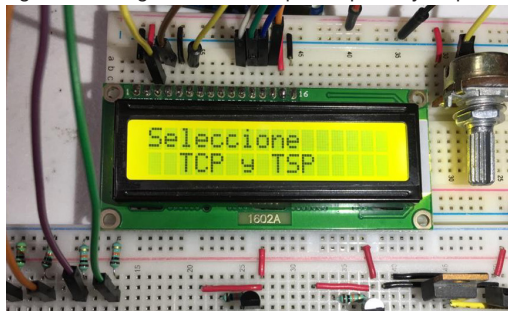
A continuación, en el electroestimulador se puede seleccionar el tipo de pulso que se desea aplicar, esto se muestra en la pantalla LCD de la figura 17. Por medio de los 5 pulsadores con los que cuenta el prototipo, se puede seleccionar el tipo de pulso con el que se desea trabajar.

Figura 17. Selección del tipo de pulso.



A continuación, se muestra el mensaje de selección de un Tiempo Con Pulsos (TCP) y un Tiempo Sin Pulsos (TSP) que se pueden apreciar en la figura 18 por medio de los botones CP y SP. En el prototipo se puede aumentar el tiempo CP y SP necesario. En seguida se pulsa el botón aceptar para confirmar la configuración.

Figura 18. Configuración del tiempo con pulsos y sin pulsos.



Finalmente, después de aceptar la configuración se visualiza en la pantalla LCD un mensaje, en el cual, se muestra que la electroterapia se está aplicando (figura 19). En la figura 20 se puede ver la medición realizada por medio de un multímetro digital, el cual muestra el voltaje de los dos sistemas, el cual fue de 5 V.

Figura 19. Aplicando la electroterapia.



Figura 20. Aplicando la electroterapia.



4. CONCLUSIONES

En trabajo se diseñó y genero el electroestimulador TENS, que permite generar los siguientes tipos de pulso: Pulsos aislados positivos, Pulsos aislados negativos, Pulsos monofásicos positivos, Tren de pulsos y Pulsos Bifásicos, con una frecuencia de entre 1Hz a 200Hz, esto, acorde a la terapia que se requiera, de acuerdo a el tiempo SP (sin pulsos) y CP (con pulsos) que se necesite aplicar. Además, este dispositivo cuenta con un voltaje generado de salida de entre 9-12V, de acuerdo a la alimentación del sistema. Dichos parámetros son utilizados en el tratamiento de electroterapia para tratar dolores musculares a nivel nervio-analgésia. Este prototipo cumple con una configuración de elección de pulsos y la visualización por medio de una pantalla LCD. Sin embargo, este prototipo puede ser mejorado al considerar la posibilidad de aumentar o disminuir los TCP (tiempo con pulsos) y TSP (tiempo sin pulsos), con sus propios botones, para poder configurar mejor los tiempos para una adecuada frecuencia.

REFERENCIAS

Alfaro, P.L., Balan, A., Matú. N.G., Hernández, A. "Manual de fisioterapia clínica instrumental", *Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de enfermería*, [consultado en 2019].

Bazan, N. E. Bases Fisiológicas del Ejercicio, Editorial Paidotribo, Barcelona, España, 2014.

CENETEC, Guías Tecnológicas, [Disponible en: <http://www.cenetec.salud.gob.mx/contenidos/biomedica/gtecnologias.html>]. Fecha de consulta: 11 de septiembre del 2020.

CSG, CONSEJO DE SALUBRIDAD, [Disponible en: http://www.csg.salud.gob.mx/descargas/pdfs/cuadro_basico/instrumental/EDICION_2011_TOMO_II_EQUIPO_MEDICO_-_link.pdf] Fecha de consulta: septiembre de 2020.

Diferentes tipos de electroestimulación, [Disponible en: <https://www.trainfes.com/tipos-de-electroestimulacion/>]. Fecha de consulta: 10 de septiembre del 2020.

Diniz, Gabriela Placoná. "Sistema muscular." (2003), [Disponible en: http://www.sabinamora.es/files/Teora_2_evaluacin_4_ESO.pdf] Fecha de consulta: septiembre de 2020.

González-Muñoz, J. En torno a la Salud. TENS en Manejo del Dolor, [Disponible en: https://www.academia.edu/8607716/TENS_en_manejo_del_Dolor]. Fecha de consulta: 08 de octubre de 2020.

Marco-Francisco, F.B. "Electroestimulación muscular. Tipos de frecuencia y efectos", Medical Division, Disponible en http://www.itechmedicaldivision.com/es/electroestimulacion_muscular_tipos_de_frecuencia_y_efectos-t-7.html [consultado en Julio 2019].

Rozalén, CENTRO MEDICO Y DE REHABILITACIÓN, [Disponible en: <https://www.clinicarozalen.com/como-usar-el-tens-en-casa/>] Fecha de consulta: septiembre de 2020

SEGOB; DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, [Disponible en: <http://dof.gob.mx/>]. Fecha de consulta: septiembre del 2020.

ACERCA DEL ORGANIZADOR



Ramon González Calvet (1964) es licenciado (1986) y doctor en Química Fundamental por la Universitat de Barcelona (1993). También obtuvo el máster en Matemáticas para profesores por la Universitat Autònoma de Barcelona (1995). Ganó las oposiciones a profesor de matemáticas de secundaria (1987) y fue catedrático de secundaria (2008). Actualmente está jubilado. Ha enseñado álgebra geométrica (de Clifford) a profesores en diversas escuelas de verano, de donde surgió el *Treatise of Plane Geometry through Geometric Algebra* (2007). Durante muchos años hasta el confinamiento, también formó a graduados y

profesores interinos que querían ganar las oposiciones a profesor de matemáticas de secundaria. Sus investigaciones se centran principalmente en interfaces electrificadas, álgebra geométrica, el problema de los n cuerpos, la geometría diferencial, la mecánica celeste y los relojes de sol. Su aterrizaje en el problema de los n cuerpos fue accidental. En su etapa de estudiante en la facultad de química, se dio cuenta de que el hamiltoniano electrónico del átomo de helio no podía ser deducido de ninguna manera lógica, puesto que el problema de los tres cuerpos no tenía solución general conocida. En consecuencia, se planteó y resolvió cómo expresar la energía cinética en términos de las velocidades relativas, lo que le permitió obtener las ecuaciones del movimiento clásico de los tres y n cuerpos en términos de coordenadas y aceleraciones relativas. Después, también dedujo los hamiltonianos de los correspondientes problemas cuánticos, que era su objetivo inicial. Aplicó su hamiltoniano de los tres cuerpos al estudio de los niveles de energía vibracional del dióxido de carbono, y de la energía electrónica del átomo de helio, corrigiendo los hamiltonianos dados previamente por otros autores. Después de describir analíticamente el movimiento del sistema Sol-Tierra-Luna en una serie de tres artículos, y de estudiar la dinámica y evolución del sistema solar en una serie de cinco artículos resumidos en el primer capítulo del libro *Planets, Moons, and Beyond: Unveiling the Mysteries of the Solar System* (2026), sus últimos artículos tratan sobre el billar como modelo de la adsorción de moléculas sobre una superficie, y sobre la forma de los glóbulos rojos. Su tesis doctoral sobre termodinámica de interfases electrificadas todavía permanece inédita, aunque su contenido fue parcialmente explicado en algunos artículos.

ÍNDICE ALFABÉTICO

A

Análisis Comparativo 100, 111, 157

Aprendizaje 84, 85, 86, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 105, 109, 110, 112, 113, 114, 117, 118, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 149, 153, 156, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 172, 173, 177, 178, 180, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 202, 203, 205, 206, 208, 209, 212, 215, 216, 217, 219

Aprendizaje Basado en Proyectos 178, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 192, 193

Aprendizaje profundo 99, 100, 101, 102, 103

C

Calidad educativa 159, 206, 207, 208, 209, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219

Ciencias de la salud 206, 207

Coeficientes del virial 17, 23, 24, 27

Competencias 116, 118, 119, 121, 124, 128, 134, 136, 166, 176, 177, 178, 181, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 191, 192, 206, 209, 210, 211, 212, 218

Competencias digitales 116

Competencia transversal 175, 177, 182

Contraction semigroups 1

Correlación estadística 116, 119, 121

D

Desempeño docente percibido 138, 144, 146, 149, 155, 157, 158, 160, 161

Didáctica de la matemática 129, 134

Dinámica molecular 32, 48

Dissipative operators 1

Diversidad 129, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 143, 162

Docencia universitaria 174, 207

DUA 129, 134

E

Educación ambiental 184, 185, 186

Educación matemática inclusiva 129, 131, 132, 134, 135, 136

Educación superior 116, 117, 165, 175, 176, 183, 184, 185, 186, 191, 192, 206, 207, 210, 211, 213, 214, 215, 217, 218, 219

Electro-estimulador 67, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 80
Electroterapia 67, 69, 72, 76, 77, 78, 79, 82, 83
Equidade educativa 129, 131
Estatística 17, 116, 119, 121, 151, 154, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 171, 173, 174
Estudantes 116, 117, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 171, 173, 174, 175, 181, 183, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 218
Estudantes de medicina 194, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205
Estudios de ingeniería 175, 181
Ética 127, 142, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182

F

Formação profissional 186, 207
Fossil collecting 220
Foundation Models 99, 100, 101
Fourier analysis 1, 16

G

Gas de esferas blandas 17, 28
Gas de esferas duras 17, 23, 25, 26, 30
Gráficos Vectoriais 84, 86, 87, 88, 89, 90, 95
Green River Formation 220, 221, 222

H

Habilidades investigativas 116, 119, 121, 122, 123, 124, 127
Hille-Yosida theorem 1

I

Inteligencia artificial 99, 100, 101, 102, 116, 117, 118, 119, 122, 124, 125, 127
Inteligência Artificial Generativa 99, 100
Interacción Humano Máquina 84
Isoterma del billar 17

J

Justicia social 129, 131, 133, 134, 135, 136

L

Liderazgo 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 149, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 177, 183, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 192

M

Matemáticas 16, 44, 74, 90, 91, 129, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 149, 151, 152, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 173, 174

Metodologías activas 184, 185, 186, 187, 189, 192

Modelos Multimodales 100

Morrison Formation 220, 228

N

Nanoquímica 32, 48

O

Odd-order differential operators 1, 16

Odontología 206, 207, 208

P

Percepción 67, 138, 140, 143, 144, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 176, 188, 189

Periodic Sobolev spaces 1, 16

Potencial de Lennard-Jones 17, 18, 28, 29

Private collections 220

Procesamiento de Lenguaje Natural 84, 88, 107, 112

Psicología 127, 165, 166, 167, 169, 173, 174

Python 84, 85, 87, 88, 89, 91, 97

Q

Química Ambiental 183, 184, 185, 187, 188, 189, 192

Química de materiales 32, 48

R

Reconocimiento de voz 84, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 108, 110

Redes Neuronales Convolucionales 99, 100, 101, 102, 104, 106, 113

Redes Neuronales Recurrentes 99, 100, 101, 102, 103, 106, 113

Región Ica 116, 119, 122

Responsabilidad profesional 175

Revisión sistemática 163, 194, 196, 197, 218

S

Sauriermuseum Aathal 220, 221, 225, 229, 230

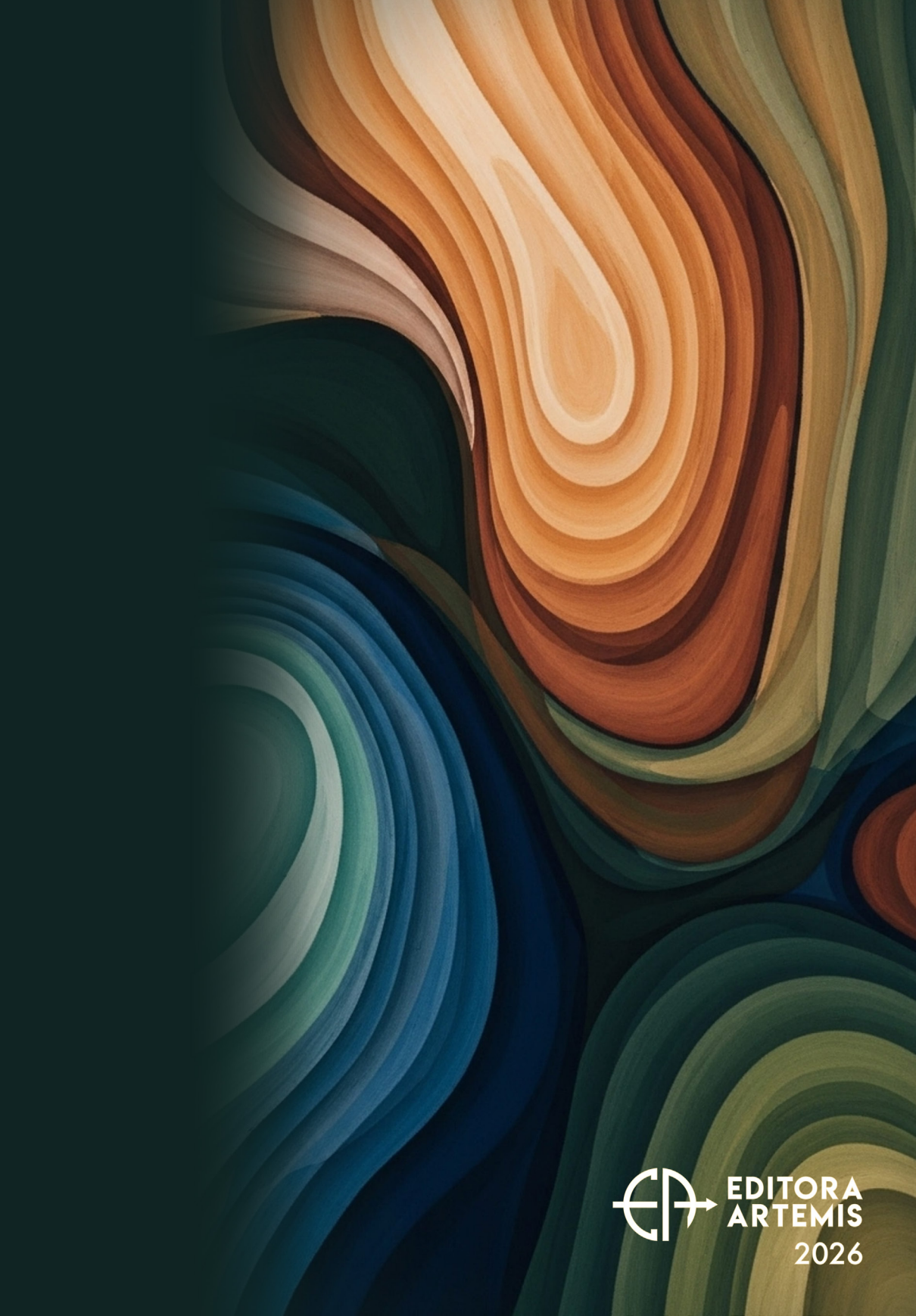
Science–policy collaboration 220

Sueño 194, 195, 196, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

T

TENS 66, 67, 69, 83

Transformadores 99, 100, 101, 109, 111



**EDITORA
ARTEMIS**

2026