

# SOLUCIONES MULTIDISCIPLINARIAS PARA EL DESARROLLO REGIONAL DEL NORESTE DE CHIHUAHUA

Coordinadoras  
Aida Yarira Reyes Escalante  
Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE CIUDAD JUÁREZ

SOLUCIONES MULTIDISCIPLINARIAS  
PARA EL DESARROLLO REGIONAL DEL NOROESTE  
DE CHIHUAHUA

# SOLUCIONES MULTIDISCIPLINARIAS PARA EL DESARROLLO REGIONAL DEL NOROESTE DE CHIHUAHUA

Coordinadoras  
Aida Yarira Reyes Escalante  
Margarita Sayuri Sáenz

Nuevo Casas Grandes, Chihuahua, 2023



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

***Soluciones multidisciplinarias para el desarrollo regional del noroeste de Chihuahua***

Primera edición: junio de 2023

Ciudad de México, México

D.R. © 2023 Ediciones del Lirio, SA de CV

Azucenas 10, Col. San Juan Xalpa, Del. Iztapalapa,

C.P. 09850, Ciudad de México

[www.edicionesdellirio.com.mx](http://www.edicionesdellirio.com.mx)

ISBN Ediciones del Lirio: 978-607-8930-05-0

ISBN EPUB: 978-607-8930-08-1

Diseño de la cubierta: Oliver Rosales

Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía, el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la autorización por escrito de los editores. Impreso en México / *Printed in Mexico*

# CONTENIDO

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

## SECCIÓN I: DESARROLLO SOCIAL

ANÁLISIS DE LA ADAPTACIÓN DEL ADULTO MAYOR A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN  
LA REGIÓN NOROESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Lilia Margarita Mena Castillo, Luis Alberto Grijalva  
Romero, ida Yarira Reyes Escalante, Víctor Mauricio  
Estrada Ruiz

IMPACTO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA COMERCIALIZACIÓN  
INTERNACIONAL DE CERÁMICAS DE MATA ORTIZ

Aida Yarira Reyes Escalante, Carmen Lorena Posada  
Martínez, Edith Vera Bustillos, Víctor Mauricio Estrada  
Ruiz

LOS QUESOS TRADICIONALES Y GENUINOS DESDE EL NOROESTE DE CHIHUAHUA: LA  
APORTACIÓN A LA GASTRONOMÍA MEXICANA

Elizabeth Bautista Flores, Javier Hernández Santiago,  
Ricardo López Salazar

VALIDEZ DE CONTENIDO POR EXPERTOS. UNA VISIÓN DE LAS METODOLOGÍAS EN  
EL ÁREA DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y SOCIALES

Paulina Calderón Márquez

## SECCIÓN 2: DESARROLLO SUSTENTABLE

EL IMPACTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA HUELLA DE CARBONO DE LAS VIVIENDAS DE LA REGIÓN NOROESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

Félix Arnoldo Durán NúñezI, Aida Yarira Reyes Escalante, Germán Espino Olivas

INVENTARIO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL NOROESTE DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

José Ángel Pendones Fernández, Aida Yarira Reyes Escalante, Yolanda Flores Ramírez

ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL Y LA CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA

LUZ LAIZA ELIZABETH ZAVALA JIMÉNEZ, MAYTE ARÁMBULA MAGALLANES, MAYRA PÉREZ AGUIRRE, DANIEL GERARDO BENCOMO TREJO

### **SECCIÓN 3: DESARROLLO TECNOLÓGICO E INDUSTRIAL**

6 SIGMA Y METODO DMAIC: ENSEÑANZA BÁSICA DE LAS HERRAMIENTAS Y APLICACIÓN PARA ALUMNOS DE NIVEL SUPERIOR

Manuel Baro-Tijerina, Aida Yarira Reyes-Escalante, Diego Adiel Sandoval Chávez

APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL EN LA FORMACIÓN CULTURAL E HISTÓRICA EN EL MUSEO DE LAS CULTURAS DEL NORTE

Isaac Neftali Molina Cepeda, Marlene Luna García, Luis Raúl Robles Ramos, Margarita Sayuri Sáenz Rodríguez

METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE SEÑALES SEMG BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PERSONAS CON DIFERENTE GRADO DE PARÁLISIS CEREBRAL

Daniel Tena Frutos, Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro, Mayte Arámbula Magallanes, Luz Laiza Elizabeth Zavala Jiménez

## SECCIÓN 4: DESARROLLO EMPRESARIAL

REDISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN MEDIANTE EL QFD EN ÁREA DE INVENTARIOS

CASO DE MIPYME FERRETERA

Yolanda Flores Ramírez, Aida Yarira Reyes, Germán Espino,  
José Ángel Pendones Fernández

MOTIVACIÓN Y HOME OFFICE: ESTUDIO FENOMENOLÓGICO DE LAS ESTRATEGIAS

EMPRESARIALES EN CIUDAD JUÁREZ, MEXICO

Fany Thelma Solís Rodríguez, Jesús Alberto Urrutia de la  
Garza, Rita Ileana Olivás Lara

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EMPRENDIMIENTO SOCIAL, MEDIANTE EL

ANÁLISIS FACTORIAL Y DE CLÚSTER

Virginia Ibarvo Urista, Alberto Escobedo Portillo Mirna  
Portillo Prieto

FACTORES DE RESILIENCIA EMPRESARIAL Y LAS ESTRATEGIAS ANTE EL EVENTO

DISRUPTIVO DE LA COVID-19, CASO FLORISTERÍA

Mayra Pérez Aguirre, Luz Laiza Elizabeth Zavala Jiménez,  
Martín González Moncada

REVISIÓN DEL BRANDING PERSONAL PARA LAS ORGANIZACIONES

Patricia Ramos Rubio, Néstor Daniel Medina Varela, Josefa  
Melgar Bayardo

## PRÓLOGO

El noroeste del estado de Chihuahua ha sido una de las regiones de mayor desarrollo en el estado desde su incorporación a los procesos de modernización capitalista durante el porfiriato, bajo la batuta de Luis Terrazas, tal como documenta fehacientemente el análisis histórico de Jane Dale Lloyd en su libro *El proceso de modernización capitalista en el noroeste de Chihuahua, 1880-1910* (1987), a lo cual contribuyó la llegada de poblaciones de mormones migrantes procedentes de Estados Unidos a fines del siglo XIX, como lo mencionan Caraveo (2013) y Dormady y Tamez (2015) .

Conformada por asentamientos de diversa jerarquía, la región está articulada al centro urbano de Nuevo Casas Grandes (1879) como el principal articulador de las actividades económicas, aunque el pueblo de mayor antigüedad es Casas Grandes («Casas Viejo», circa 1566). El surgimiento de Nuevo Casas Grandes está vinculado al trazo del ferrocarril del noroeste en el siglo XIX, uno de los factores fundamentales en el desarrollo inicial de la región, como señala Lloyd, y que daría lugar al proceso de expansión económica en esta época, generando una zona de gran dinamismo económico, social, cultural y político.

Hago este pequeño recuento histórico para introducir la obra actual, una de cuyas principales aportaciones reside en que rescata esta tradición decimonónica de construir esquemas de crecimiento económico y desarrollo social y cultural desde los propios territorios, desde lo local. Los autores y autoras que participan, exploran diversas



temáticas desde miradas multidisciplinares, para dar cuenta de los esfuerzos locales realizados por actores individuales, colectivos e institucionales, en lo que hoy ha sido trasladado hacia una visión de participación ciudadana, lo que se denomina como procesos de desarrollo regional con gobernanza, más allá de la tradicional postura privilegiadamente gubernamentalista, que contemplaba al estado como un actor guía y, por ende, imprescindible e insustituible.

Las diversas contribuciones a esta obra colectiva se posicionan desde la mirada de los actores individuales y colectivos, de sus saberes y haceres, de su construcción cotidiana de posibilidades en entornos a menudo hostiles, desde donde gestionan el desarrollo territorial-regional-local desde una perspectiva ciudadana, participativa, intersectorial, interinstitucional.

A lo largo de los trabajos de investigación que integran esta obra, es factible ubicar algunos de los elementos que los actuales teóricos del desarrollo (o crecimiento) regional consideran que deben incluirse en la tríada, base de la nueva agenda desde una visión de gobernanza: la perspectiva de integración urbano-rural, la creación de infraestructura y prevención de riesgos, y un largo listado de trabajos encaminados a mostrar los rasgos de competitividad propios de la región, que le posicionan estratégicamente en el entorno más amplio.

La compilación contenida en este libro está dividida en cuatro grandes apartados: desarrollo regional, desarrollo sustentable, desarrollo tecnológico y desarrollo empresarial; aportan los elementos de análisis para una primera aproximación al diseño de una estrategia interinstitucional e intersectorial que otorgue igual prioridad al fortalecimiento de las capacidades de gobernanza a nivel local recuperando las fortalezas de los entramados ya creados entre

instituciones, actores y organizaciones (proyectos exitosos, prácticas fructíferas), para lo cual es indispensable que se favorezca la construcción colectiva de entornos estimulantes al desarrollo y al crecimiento económico desde el fortalecimiento de capacidades efectivas a nivel local, que tengan incidencia en propuestas claras de desarrollo regional, así como de estrategias de protección al medio ambiente, teniendo siempre presente como uno de los objetivos a lograr el incremento de niveles de bienestar para la población, en particular para los grupos sociales más desfavorecidos.

Esta obra constituye un gran esfuerzo desde lo local para hacer escuchar las voces de los actores que participan directamente dentro de los territorios, y también de comprender que hay un largo camino recorrido en el que eventualmente han intervenido actores institucionales, pero donde la fuerza radica en los actores locales y sus emprendimientos.

DRA. SANDRA BUSTILLOS DURAN

Docente Investigadora (SIN I)

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

## Referencias

Caraveo, Bertha (2013). Multiculturalidad en la zona noroeste del estado de Chihuahua. *Cuadernos Fronterizos*, 27(9). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

<<https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/cuadffont/article/view/1888>>.

Dormady, Jason H. and Tamez, Jared M. (2015). *Just South of Zion: The Mormons in Mexico and Its Borderlands*. Albuquerque: University of New Mexico Press.

## INTRODUCCIÓN

La perspectiva de los estudios regionales son la base de las estrategias a nivel estado y, por ello, los esfuerzos por dejar plasmadas aquellos abordajes que ofrecen diversas perspectivas a problemáticas complejas. Los resultados de investigación presentan alternativas que pueden ser de utilidad para las dependencias gubernamentales, privadas y para sectores de la sociedad. El interés por los estudios regionales en el estado de Chihuahua se basa principalmente en sus grandes extensiones territoriales, pues se involucra una variedad de espacios geográficos, climas y pobladores, donde coexisten diversas realidades, debido a sus características de desarrollo tan heterogéneas. En este contexto, se identifican problemáticas sociales, políticas económicas, productivas, educativas, tecnológicas y ambientales diferentes en una misma entidad federativa.

El libro que lleva como título *SOLUCIONES MULTIDISCIPLINARIAS PARA EL DESARROLLO REGIONAL DEL NOROESTE DE CHIHUAHUA* es el resultado del análisis de un grupo de docentes del Instituto Tecnológico Superior de Nuevo Casas Grandes, de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, y del Instituto Tecnológico de Chihuahua. En él se estudian sucesos y comportamientos actuales de interés para diversos sectores de la sociedad, como artesanos, empresarios, trabajadores públicos, cuidadores del medio ambiente, trabajadores del sector educativo e incluso problemas que surgen de la brecha generacional y la tecnología. Se proponen soluciones y alternativas para la industria, las mipymes y el turismo. Se abordan temáticas como el

liderazgo, el emprendimiento social, la resiliencia, el branding y la realidad aumentada. Todos los trabajos de investigación son abordados con la intención de resolver problemáticas locales y regionales que, a su vez, tienen un impacto estatal y nacional.

El proceso de conformación del libro tuvo diversos momentos: inicialmente, se trabajó en un taller de redacción, seguido de un Diplomado de Metodología de Investigación y se terminó con la presentación de resultados en el *Seminario de Proyectos de Investigación para el Desarrollo Regional*, en el marco del *Congreso de Actividades Científicas, Tecnológicas y Académicas CACTA 2da. Edición 2022*. El libro se presenta mediante la iniciativa de publicar los resultados de investigación relacionados con el desarrollo regional del noroeste de Chihuahua. Se consideraron cuatro municipios: Ascensión, Casas Grandes, Janos y Nuevo Casas Grandes.

El libro se estructura con cuatro de visiones multidisciplinarias: desarrollo social, desarrollo sustentable, desarrollo tecnológico e industrial y gestión empresarial, esperando, sobre todo, que sea un ejemplo para los estudiantes en su labor de transformar su realidad en su quehacer profesional.

La obra se gesta en forma colaborativa desde la Subdirección de Investigación y Posgrado del Instituto Tecnológico Nacional Campus Nuevo Casas Grandes, junto al Departamento de Ciencias Administrativas y la Academia de Seminarios de Investigación de las Ciencias Administrativas del Instituto de Ciencias Sociales y Administración (ICSA) en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; todos los trabajos se realizaron y compilaron mediante convocatoria e invitación en las diversas instituciones.

DRA. AIDA YARIRA REYES ESCALANTE

Docente Investigadora de UACJ (SIN I)  
Coordinadora general de la obra

MTRA. MARGARITA SAYURI SÁENZ RODRÍGUEZ  
Subdirectora de Investigación y Posgrado  
Coordinadora general de la obra

**SECCIÓN 3:**

**DESARROLLO TECNOLÓGICO E  
INDUSTRIAL**

# METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE SEÑALES SEMG BASADA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PERSONAS CON DIFERENTE GRADO DE PARÁLISIS CEREBRAL

**Daniel Tena Frutos**

[dtena@itsncg.edu](mailto:dtena@itsncg.edu)

<https://orcid.org/0000-0002-9959-7614>

**Manuel de Jesús Nandayapa Alfaro**

[mnandaya@uacj.mx](mailto:mnandaya@uacj.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-5928-9561>

**Mayte Arámbula Magallanes**

[marambula@itsncg.edu.mx](mailto:marambula@itsncg.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-7123-5526>

**Luz Laiza Elizabeth Zavala Jiménez**

[lzavala@itsncg.edu.mx](mailto:lzavala@itsncg.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-7625-1151>

## **Resumen**

La discapacidad por Parálisis Cerebral (pc) excede los 17 millones de personas y en México alrededor del 10% de los pacientes con discapacidad tienen el diagnóstico de pc. Actualmente, en Nuevo Casas Grandes Chihuahua se encuentra la Asociación de Padres de Niños Mentalmente inhabilitados, A.C (APNMI), la cual tiene como objetivo proveer educación y capacitación a personas con discapacidad. En La Gaviota utilizan los Sistemas de Comunicación Aumentativa y

Alternativa (SAAC, por sus siglas en inglés), los cuales tienen por objetivo mejorar las habilidades de comunicación de las personas con pc. Sin embargo, y debido a los distintos tipos de PC que existen, las interfaces de acceso a los tableros de comunicación con los que se cuenta deben ser adaptados a cada tipo de discapacidad. En este sentido, es relevante la participación de las instancias educativas de nivel superior a través de la generación de proyectos tecnológicos de vanguardia que brinden soluciones para mejorar las interfaces de los sistemas de comunicación que tienen este tipo de asociaciones. En este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología de clasificación de señales Electromiográficas (SEMG, por sus siglas en inglés) del rostro basada en inteligencia artificial para personas con diferente grado de parálisis cerebral con el fin de contribuir posteriormente en las interfaces de los SAAC y con ello incrementar la comunicación entre el personal docente y los pacientes. La metodología general del proyecto tiene por objetivo clasificar gestos del rostro, atendiendo el problema de los tipos de discapacidad donde los usuarios no tienen control motor de sus extremidades. La metodología está compuesta de 5 etapas principales; análisis de contracción, adquisición, acondicionamiento, extracción de características de la señal y diseño del modelo de clasificación basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA). Como resultados de la investigación, el modelo de RNA propuesto es capaz de clasificar 4 distintos gestos del rostro utilizando señales SEMG con un porcentaje de precisión 98.57% en los datos de entrenamiento y un 97.62% de precisión en el conjunto de datos de validación, así como un 0.0187 MSE en los datos de entrenamiento y un 0.0670 MSE en los datos de validación. Con lo cual se concluye que el modelo de clasificación propuesto puede ser utilizado



como ayuda a los SAAC e incrementar la capacidad de comunicación de personas que padecen pc.

## **Introducción**

En el INEGI (2021) se muestra que el índice de discapacidad va en aumento, debido al envejecimiento de la población y al aumento de enfermedades crónicas. En el Censo de Población y Vivienda 2020 en México, hay 6 179 890 personas con algún tipo de discapacidad, representando el 4.9% de la población total del país, de las cuales el 53% son mujeres y 47% hombres. En el mundo, la discapacidad por parálisis cerebral (PC) excede los 17 millones de personas y en México alrededor del 10% de los pacientes con discapacidad tienen el diagnóstico de pc y de éstos un 60% se categoriza como parálisis cerebral espástico (García et al., 2017). Además, se tiene que la PC es una de las principales causas de discapacidad en la infancia y es la causa más común de los trastornos espásticos del movimiento en niños; su incidencia es de 1.5 a 2 personas por cada 1000 nacimientos (Raya et al., 2012).

En Rothstein & Beltrame (2013) definen *la* PC como el síndrome del desarrollo motor secundario y no progresivo, así como trastornos del desarrollo del sistema nervioso y de la postura. Las personas que padecen este síndrome presentan alteraciones en la musculatura, la postura, el movimiento, visuales, auditivos, cognitivos, emocionales y de lenguaje que limitan considerablemente su capacidad de comunicación (Serrano & Santos del Riego, 2001). Asimismo, el 15% de las *personas con* PC tienen inteligencia normal, pero no pueden hablar o expresarse debido a la falta del control motor (Blogging, 2015). En este sentido, las personas que padecen PC tienen escasa o nula vinculación con la sociedad, por lo que los profesionales deben ayudar a que el

lenguaje del paciente se aproxime lo más posible a patrones normales de expresión y comprensión (Serrano Martín & Santos del Riego, 2001).

## **Antecedentes**

La necesidad del ser humano por relacionarse socialmente se ve encarecida por la discapacidad del lenguaje, por lo cual se han desarrollado diversas investigaciones enfocadas en contribuir a este problema que va en aumento. Enireb-García & Patiño-Zambrano (2017) muestran la importancia de la estimulación temprana del lenguaje en el paciente con pc y describen que es necesario facilitar desde el nacimiento las condiciones educativas, sociales y recreativas que estimulen los procesos de maduración y aprendizaje para el desarrollo lingüístico. Las repercusiones lingüísticas dependen del grado de trastorno asociado, por lo que un niño afectado por una limitación se desarrolla de forma especial y hace necesaria la clasificación del trastorno asociado (Parra Reyes, 2014).

Los pacientes con PC reciben servicios de terapia de lenguaje comunicativa, donde se determina la estrategia de intervención más conveniente y se identifican dos principales grupos de terapia según Villalobos et al. (2016): *Terapia de Lenguaje Oral (TLO)* y *Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (SAAC)*, por sus siglas en inglés). En la TLO se utilizan estrategias con enfoque fonético-fonológico, que consisten en la enseñanza de punto y modo de articulación y conciencia fonológica de los fonemas alterados, así como la inclusión de estos en sílabas, palabras, frases y lenguaje espontáneos por medio de actividades basadas en la imitación y repetición. Por otro lado, las terapias con SAAC utilizan tableros de comunicación con el propósito de enseñar un conjunto estructurado de códigos diferentes del habla, los cuales poseen significados específicos que combinados o solos sirven como

herramienta para construir diferentes expresiones que satisfacen las necesidades del paciente.

Los SAAC tienen por objetivo mejorar las habilidades de comunicación de las personas con problemas de comunicación (Pereira et al., 2019), así como contribuir a que personas con pc puedan ampliar las capacidades de comunicación, favoreciendo a que se incorporen con mayor facilidad en el ámbito laboral (Montero González & Moreno Manso, 2004). En Villalobos et al. (2016) exponen el estudio de la correlación del habla en personas con pc, comparando pacientes tratados con TLO y pacientes tratados con TLO y SAAC. Con lo anterior, resultó que los pacientes tratados con TLO y SAAC mejoraron la articulación del lenguaje en comparación de utilizar sólo las TLO.

Las personas diagnosticadas con pc, para utilizar los SAAC, requieren tener un nivel cognitivo aceptable (Montero González & Moreno Manso, 2004). Actualmente, con el desarrollo tecnológico, se han incorporado dispositivos móviles que han sido utilizados como herramientas que contribuyen a los SAAC con el objetivo de incrementar la capacidad de comunicación de las personas con pc (McNaughton & Light, 2013). Las personas con pc tienen limitación para utilizar las interfaces estándar de los SAAC (Raya et al., 2009). Por tanto, debido a que existen distintos tipos de trastornos de movimiento y postura en las personas que padecen pc, se requiere de una serie de adaptaciones especiales para el acceso a los tableros de comunicación (Peláez Cantero et al., 2021).

Para atender esta problemática, se han desarrollado diversas investigaciones enfocadas en mejorar los mecanismos de Interacción Humano Computadora (HCI, por sus siglas en inglés) y con ello mejorar la capacidad de comunicación de pacientes con pc. En Davies et al. (2010) identifican aplicaciones de HCI para personas con pc tales como

dispositivos señaladores, teclados modificados, opciones de interfaz de pantalla, algoritmos de filtrado y software de reconocimiento de voz y gestos.

Para establecer la HCI se requiere de algún tipo de bioseñal que pueda ser caracterizada para identificar la intención del usuario. Las bioseñales que más se han utilizado son señales Electromiográficas de Superficie (SEMG), señales Electrooculograma (EOG) y señales Electroencefalograma (EEG) (Santana Vargas et al., 2004). Las señales SEMG son un tipo de bioseñales que miden las corrientes eléctricas generadas por la actividad muscular (Huang et al., 2021). Las señales EOG son aquellas que se generan por el movimiento de los ojos, y las señales EEG son señales eléctricas producidas por la actividad del cerebro (Fatourehchi et al., 2007).

En Flores (2015) expuso la implementación de un software que utiliza como entrada las señales SEMG de 3 movimientos básicos de la mano, con el fin de controlar el puntero de navegación de un ordenador. En este caso, resultó una herramienta de comunicación accesible para los pacientes, reforzando las terapias de lenguaje y aumento del índice de Barthel, que indica el grado de independencia. En Williams & Kirsch (2015) desarrollaron una HCI utilizando señales SEMG de los músculos de la cara y el cuello; la interfaz tenía por objetivo controlar el cursor de una computadora. Los resultados describieron que el movimiento del cursor tenía similitud del cursor ordenado por el ratón.

Los intentos por incrementar la capacidad de comunicación también muestran que una interfaz cerebro-computadora (BCI) puede permitir que personas con PC operen directamente un dispositivo móvil con sólo pensar en hacer movimientos y clics con el cursor (Blogging, 2015). Este

tipo de interfaz utilizan señales EEG, las cuales han permitido diseñar interfaces de conexión y control (Santana Vargas et al., 2004).

En la Universidad Brown (2018) se habla de un estudio con tres participantes con tetraplejia (parálisis total o parcial de las extremidades superiores e inferiores); cada uno usaba el BCI que registra una actividad neural de un pequeño sensor colocado en la corteza motor. Navegaron a través de los programas de tabletas y aplicaciones de correo electrónico, chat, música y video compartido. Los participantes enviaron mensajes a familiares, amigos, miembros del equipo de investigación y compañeros, verificaron el clima y uno de ellos tocó un fragmento de «ODE TO JOY» de Beethoven en una interfaz de piano digital. El dispositivo puede permitir mover brazos robóticos o recuperar el control de sus extremidades, a pesar de haber perdido la capacidad motora por enfermedad o lesión. Los sujetos tuvieron la capacidad de escribir hasta 30 caracteres por minuto utilizando las interfaces estándar de correo electrónico y texto. Adicionalmente, utilizaron la interfaz de un dispositivo móvil para explorar sus aficiones e intereses de manera muy rápida.

Por otra parte, en la agencia *informativa* CONACyT se encuentra el desarrollo de un prototipo que utiliza señales EEG del ingeniero en Mecatrónica Juan Manuel Hernández, del Instituto Politécnico Nacional campus Zacatecas (CienciaMX, 2015). El proyecto se basa en tecnología que decodifica señales EEG al emplear la interfaz Emotiv EPOC. Se realizaron pruebas con un paciente de 18 años con PC severa y se determinó que el usuario podía operar sin problemas un SAAC, por ser capaz de emitir patrones de señales de EEG a voluntad y de forma perceptible. Adicionalmente, García Ramírez et al. (2018) utilizaron un sensor Emotiv para el desarrollo de una HCI en personas con pc; como

resultados, reportaron evidencias que muestran que la interfaz tiene usabilidad aceptable. Sin embargo, la motivación, la fatiga y la concentración podrían influir en el rendimiento.

Algunas otras investigaciones han utilizado sensores inerciales que miden el desplazamiento de movimiento. En Raya et al. (2012) desarrollaron una HCI por medio de una Unidad de Medición Inercial (IMU, por sus siglas en inglés); la interfaz permitía controlar el puntero con el movimiento de la cabeza potenciando la actividad funcional que motiva la actuación del cuerpo y promoviendo las técnicas de retroalimentación para la rehabilitación cognitivo-motora de los usuarios.

## **Planteamiento del problema**

Para atender el problema de la discapacidad, el DIF en Chihuahua ofrece atención a personas con discapacidad o en riesgo potencial de presentarla, así como la entrega de equipos que les sirven para desplazarse y realizar sus actividades cotidianas como parte del programa de inclusión social con base en los principios de la *Convención Internacional de los Derechos Humanos de las Personas con Discapacidad* (SEDIF, 2021). Se menciona que Chihuahua cuenta con una red de 81 centros y unidades de rehabilitación física ubicados en los 67 municipios, en los que se han otorgado 58 mil 460 consultas médicas de especialistas y 2 millones 843 mil 452 terapias de rehabilitación física.

Actualmente, en Nuevo Casas Grandes Chihuahua se encuentra la Asociación de Padres de Niños Mentalmente Inhabilitados, A. C. (APNMI), la cual se constituyó legalmente el 27 de julio de 1994; ésta tiene como objetivo proveer educación y capacitación, ambiente de respeto, dignidad y amistad a las personas con discapacidad, mediante programas de intervención temprana, preescolar, educación especial y

áreas educativas adecuadas. Fue en 1999 cuando una escuela privada de educación especial, La Gaviota, se registró en el departamento de educación bajo el patrocinio de la APNMI (La Gaviota, 2023). La atención médica, dental, educación, equipo adaptado, apoyo emocional, capacitación laboral y de empleo, sólo es posible a través de donaciones de equipos y aportes que permiten pagar servicio al personal asalariado de 4 docentes, un director y una secretaria. Por tanto, los recursos económicos, materiales y de equipo, serán una necesidad constante.

En este sentido, es relevante la participación de las instancias educativas de nivel superior, a través de la generación de proyectos tecnológicos que brinden diferentes opciones para facilitar y mejorar las condiciones de servicio que tienen este tipo de asociaciones. Actualmente, La Gaviota no cuenta con dispositivos tecnológicos de vanguardia que permitan incrementar la comunicación efectiva a través de los SAAC entre el personal docente y los pacientes, lo que complica el aprendizaje. De esta forma, se abre la oportunidad de apoyar a las necesidades de las personas con pc a través de esta investigación que tiene por objetivo de desarrollar una metodología de clasificación de señales SEMG del rostro basada en inteligencia artificial para personas con diferente grado de parálisis cerebral.

Con la metodología de clasificación de señales SEMG basada en Inteligencia Artificial para personas con diferente grado de parálisis cerebral, se espera obtener un 95% de precisión en la clasificación de 4 gestos. Asimismo, hace posibles algunos beneficios, entre los que se destacan el incremento de la comunicación efectiva entre el personal docente y los pacientes, motivación para el aprendizaje de los pacientes, mejorar la calidad de vida de los pacientes y desarrollo tecnológico.

## **Señales *EMG***

Cuando se habla de ciencia y de ingeniería se puede apreciar que cada vez realizan más avances en el área de procesamiento digital de señales biomédicas, como en el caso de las señales SEMG, las cuales se consideran esencialmente un patrón unidimensional y cualquier técnica de procesamiento de señales de características y reconocimiento de patrones es aplicable en éstas (Romo et al., 2007).

Las señales SEMG son señales que se involucran en los movimientos del cuerpo y representan la medición del campo eléctrico creado cuando se contrae el músculo (Raez et al., 2006; Rosli et al., 2014). Se plantea que la diferencia entre la ECG y la SEMG consiste en que la primera puede ser una señal medible de la contracción de los músculos del corazón, mientras que la segunda es una señal eléctrica (medible) de la contracción muscular (Tapia et al., 2017). Aquí mismo, se refiere que las señales SEMG se utilizan para diferentes aplicaciones, tales como rehabilitación física (medición de activación muscular), identificación de patologías por medio de dispositivos para aplicaciones médicas y para el control de sistemas mecatrónicas.

Cuando se habla del campo de estudio sobre el reconocimiento de gestos, se mencionan los sistemas que permitan detectar gestos humanos que puedan ser utilizados para comunicar información o controlar dispositivos de alguna manera. Hoy día, se conocen sensores que permiten registrar datos de gestos conocidos como la electromiografía (EMG) y de una manera particular la electromiografía superficial (SEMG), con la cual se puede registrar la actividad eléctrica de un músculo desde la superficie de la piel, demostrar su exactitud sobre gestos estáticos por lo que son utilizados para controlar prótesis, sillas de ruedas y exoesqueletos (Muñoz, 2022).

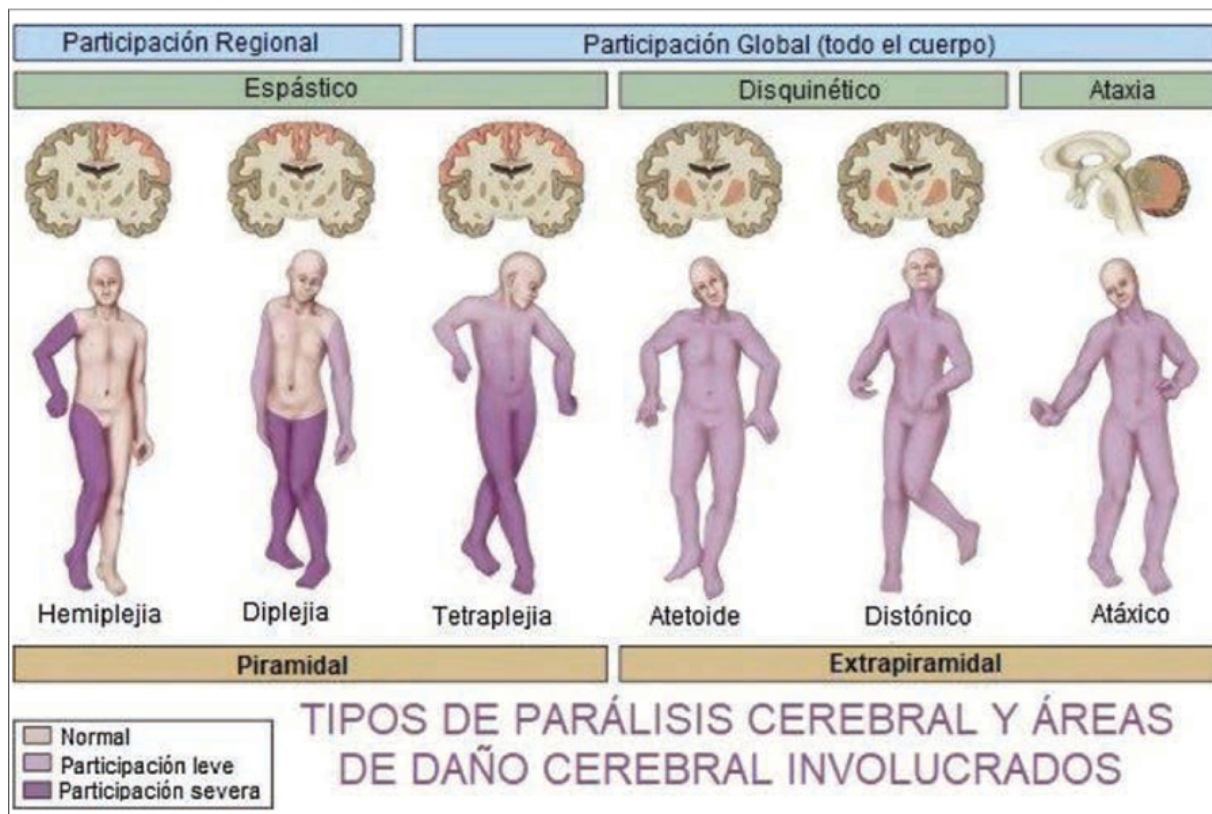
## **Parálisis Cerebral**



La parálisis cerebral (PC) es considerada la causa más frecuente de discapacidad infantil y una de las enfermedades pediátricas más prevalentes, la cual engloba diferentes trastornos permanentes del movimiento y la postura; éstas provocan la limitación de las actividades causados por anomalías o lesiones cerebrales no progresivas que ocurren en el cerebro inmaduro o en el desarrollo. Su diagnóstico es clínico, la cual suele realizarse a partir de los 2 años; sin embargo, mayormente los registros incluyen un diagnóstico a los 4-5 años (Peláez Cantero et al., 2021).

En Peláez Cantero et al. (2021) clasifican la parálisis cerebral infantil según la alteración motora que predomina y el área del cerebro afectada (figura 1).

**Figura 1.** Tipos de PC y áreas de daño cerebral involucrados



Fuente: Tomado de Peláez Cantero et al. (2021).

En este sentido, se muestra una escala de valoración de grado de dependencia y funcionalidad para la pc, que plantea el Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (Children's Minnesota, 2007). Esta escala se encarga de examinar movimientos como sentarse, caminar o el uso de dispositivos de movilidad de acuerdo con la clasificación en sus cinco niveles, además de brindar la idea sobre el equipo y de los dispositivos de ayuda que el niño pueda necesitar a un futuro como muletas, andador, silla de ruedas. Así como explica el Sistema de Clasificación de la Habilidad Manual (MACS) y el Sistema de Comunicación Funcional (CFCS), (tabla 1).

**Tabla 1.** Escala de valoración de grado de dependencia y funcionalidad en la PC

	GMFCS	MACS	CFCS
	Marcha sin restricciones, pero limitada para las actividades motoras más demandantes	Utiliza objetos con facilidad y con éxito	Envía y recibe información eficaz y eficientemente con personas conocidas y desconocidas
II	Marcha con restricciones	Utiliza la mayoría de los objetos, pero con una calidad del movimiento reducida o con menor velocidad en la realización	Envía y recibe información de forma eficaz, pero de forma más lenta con conocidos y desconocidos
III	Marcha con asistencia técnica que utiliza con las manos	Utiliza los objetos con dificultad necesitando ayuda en la preparación o realización de actividades	Envía y recibe información de manera eficaz sólo con personas conocidas
IV	Limitaciones para la automovilidad; puede utilizar una asistencia técnica controlada por el paciente	Manipulación limitada a una selección de objetos en un entorno adoptado	Envía o recibe información de manera inconsistente con personas conocidas

v	El paciente necesita ser transportado por otra persona en una silla de ruedas	No maneja objetos o tiene limitaciones muy importantes para realizar actividades simples	Casi nunca envía o recibe información
---	---	--	---------------------------------------

Fuente: Peláez Cantero et al. (2021).

Por otro lado, Malagon (2007) menciona que se han propuesto varias clasificaciones, como la etiología, la clínica, la neuropatología. En éstas, no se incluyen subtipos y diferencias que sean de fácil comprensión y aplicación sin complicaciones para el diagnóstico y seguimiento. El autor refiere la clasificación de las manifestaciones clínicas en relación con el número de afectación de las extremidades, refiriendo también los siguientes 6 tipos:

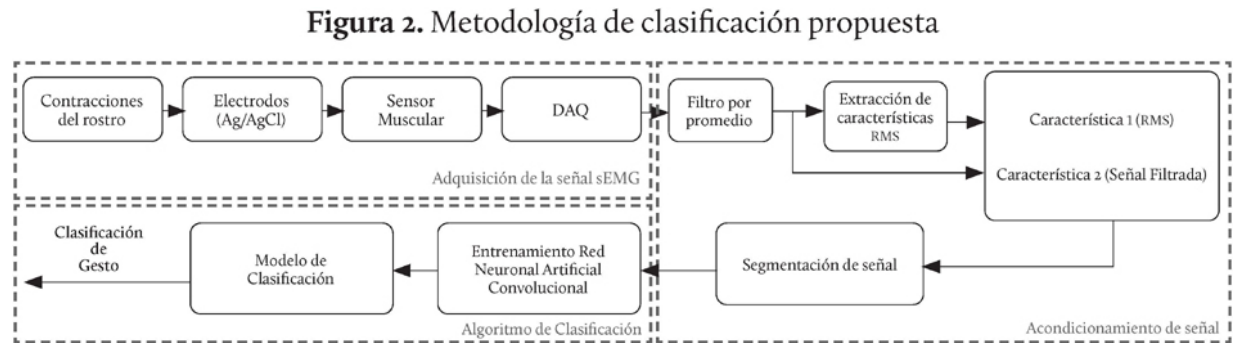
1. La hemiparesia espástica es considerada una alteración motora unilateral, la cual puede ser congénita o adquirida. En casos congénitos, se presenta en varones cuando la lesión causal es producida en el nacimiento y ésta representa entre el 23 a 40% de todos los casos de pc, considerándose la forma más frecuente. Cuando es adquirida, suele presentarse en el primer trimestre del embarazo.
2. La cuadriparesia espástica es considerada la más grave; ésta se presenta por lo regular en recién nacidos de término con bajo peso para su edad gestacional; representa entre un 10 a 40% de las pc. En la mayoría de los casos son por problemas prenatales.
3. La diparesia espástica se ha asociado a los recién nacidos prematuros y a complicaciones perinatales. Se presenta del 10 al 33% de los pacientes con pc. Las manifestaciones se presentan de manera principal en las extremidades inferiores en mayor grado

- que en las superiores, las cuales no son afectadas en la mayoría de los casos.
4. En la parálisis cerebral extrapiramidal se presentan posturas anormales y trastornos del movimiento; de los 8 a los 20 meses aparecen «movimientos coreicos y distónicos» que a los 2-3 años ya están presentes de manera definitiva. Se identifican dos formas de PC extrapiramidal: la forma hiperquinética se presenta en recién nacidos prematuros con antecedentes de asfixia en útero, con hiperbilirrubinemia. Por otro lado, la forma distónica, que es más grave y presenta posturas anormales, se presenta en niños recién nacidos con bajo peso al nacer y retardo en el crecimiento que sufren hipoxia perinatal.
  5. La parálisis cerebral atónica es aquella que en la mayoría de los casos se considera por alteraciones prenatales. La manifestación de manera principal está identificada con una marcada debilidad de los miembros inferiores y mejor fuerza en los superiores.
  6. La parálisis cerebral atáxica es considerada congénita, aunque las manifestaciones clínicas aparecen aproximadamente al año, cuando el niño inicia a caminar. Las causas más frecuentes son prenatales, pero se pueden dar casos esporádicos y familiares.

## **Metodología**

La metodología general del proyecto tiene por objetivo clasificar 4 gestos del rostro utilizando señales SEMG. Primero, se realizó un análisis para determinar la capacidad de movimiento de 2 personas con PC. En seguida, se implementó un circuito para la adquisición de la señal SEMG. Posteriormente, se realizó el acondicionamiento y la extracción de características de la señal. Luego, se diseñó un modelo de clasificación

basado en RNA y por último se validó el modelo de clasificación basado en las métricas de porcentaje de precisión en la clasificación y en el Error Cuadrático Medio (MSE, por sus siglas en inglés). En la figura 2 se muestra el diagrama de la metodología de clasificación propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

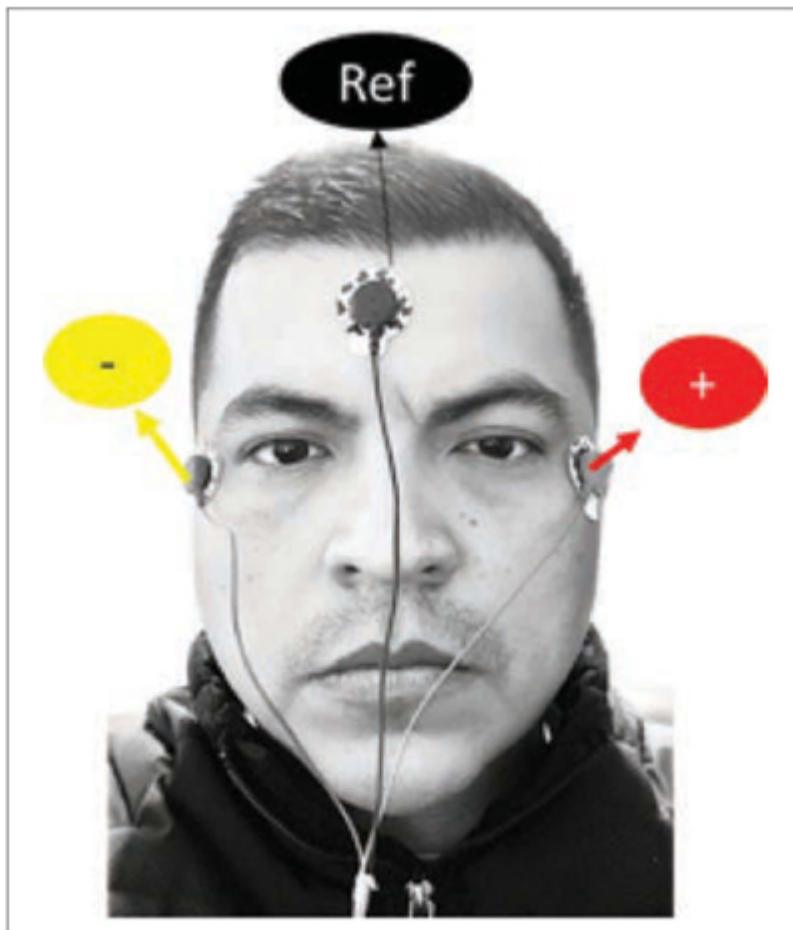
La metodología de clasificación propuesta está dividida en tres principales etapas, las cuales inician con la adquisición de la señal sEMG donde se realiza el sensado y la adquisición digital de la señal; posteriormente, en la etapa de acondicionamiento de señal se aplica un filtro digital por promedio y una extracción de característica en el dominio del tiempo, así como la segmentación de la señal que será utilizada como entrada para el entrenamiento de la RNA. La última etapa tiene por objetivo la creación del modelo de clasificación, la cual consiste en el entrenamiento de la RNA y la creación del modelo de clasificación.

### **Adquisición de la señal sEMG**

Inicialmente, en esta etapa se realizó el análisis de capacidad de movimientos de contracción del rostro de los pacientes con PC. En esta actividad se hizo una entrevista a 2 pacientes con PC. La entrevista consistió en solicitar a los estudiantes que realizaran movimientos del

rostro a voluntad, como por ejemplo guiños, parpadeos y movimientos de la boca, con la finalidad de determinar las áreas del rostro donde se podrían tomar las señales SEMG para el control de la interfaz. En esta actividad se tomaron de referencia metodologías previas en el control de HCI (García Ramírez et al., 2018; Raya et al., 2012; Williams & Kirsch, 2015). Para el sensado y la adquisición de datos de la *señal* SEMG se utilizó un par de electrodos SPARKFUN modelo SEN-12969 de plata posicionados en el rostro como se muestra en la figura 3.

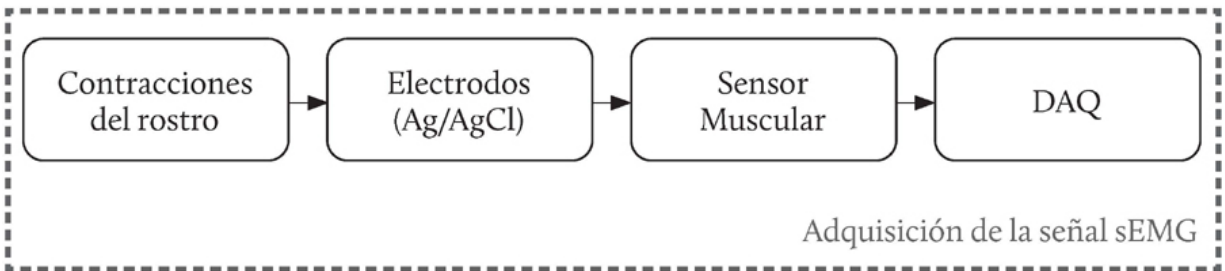
**Figura 3.** Ubicación de electrodos



Fuente: Elaboración propia.

Las señales SEMG en su estado natural se presentan en un rango de voltaje que ronda en los Microvolts (Daud et al., 2013) y rangos aleatorios de frecuencia (Ahmed et al., 2009) de entre 0 y 500Hz (Jin et al., 2017). Por esta razón, es necesario aplicar un preprocesamiento de señal y tener información prefiltrada útil de la señal SEMG, para lo cual se utilizó un sensor muscular SPARKFUN V3 modelo SEN-II776, que tiene entre sus funciones amplificar, rectificar y filtrar la señal. El sensor está basado en un amplificador operacional AD822I, el cual ofrece un rechazo de 80db a 10KHz. Posteriormente, se utilizó una tarjeta de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en inglés) basada en Raspberry Pi 4 y un convertidor ADC MCP3008 para la digitalización de la señal. En la figura 4 se muestra el flujo de las etapas aquí mencionadas.

**Figura 4.** Flujo del proceso de la etapa de adquisición de señal SEMG

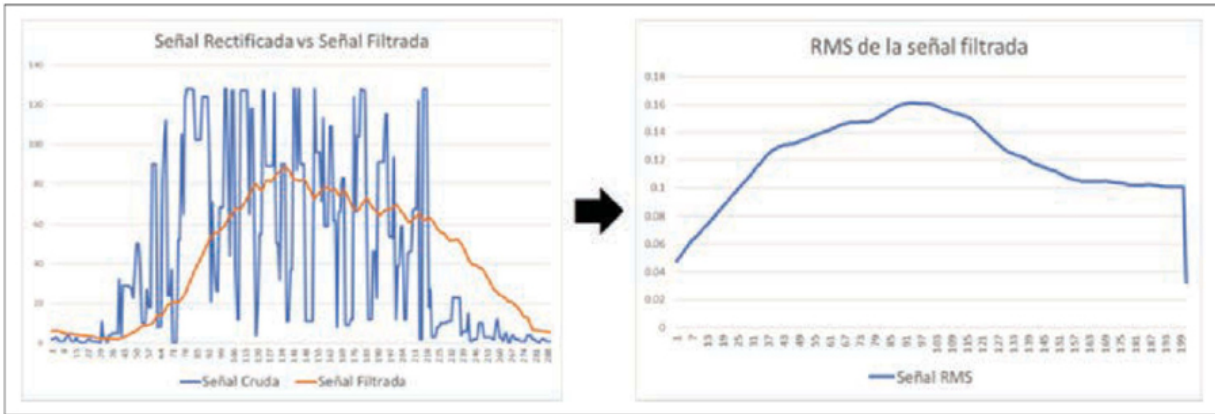


Fuente: Elaboración propia.

## Acondicionamiento de señal

En esta etapa se realizó el procesamiento y acondicionamiento de la señal para poder ser utilizada como dato de entrada en el modelo de clasificación. Como primer paso se implementó un filtro digital por promedio para luego extraer la característica en el dominio del tiempo del valor cuadrático medio (RMS, por sus siglas en inglés), en la figura 5 se muestra la señal SEMG procesada.

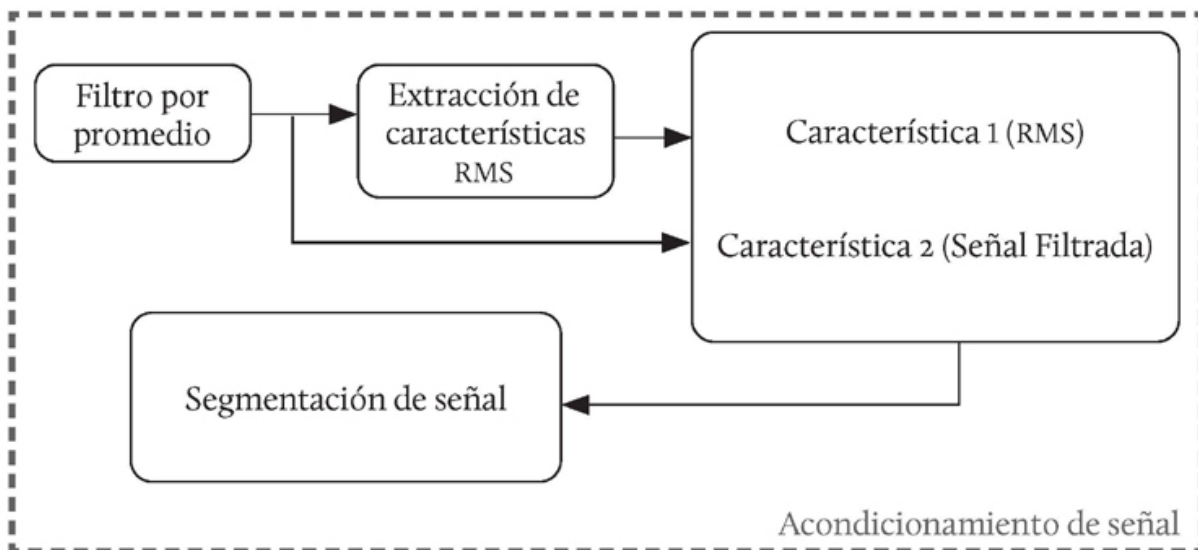
**Figura 5.** Procesamiento digital de la señal SEMG



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se realizó una base de datos con dos características; una de ellas es el valor RMS de la señal y la otra es la señal filtrada. Por último, las señales fueron segmentadas en una ventana de zooms. En la figura 6 se muestra el flujo de las etapas del acondicionamiento de la señal.

**Figura 6.** Flujo de las etapas de acondicionamiento de la señal



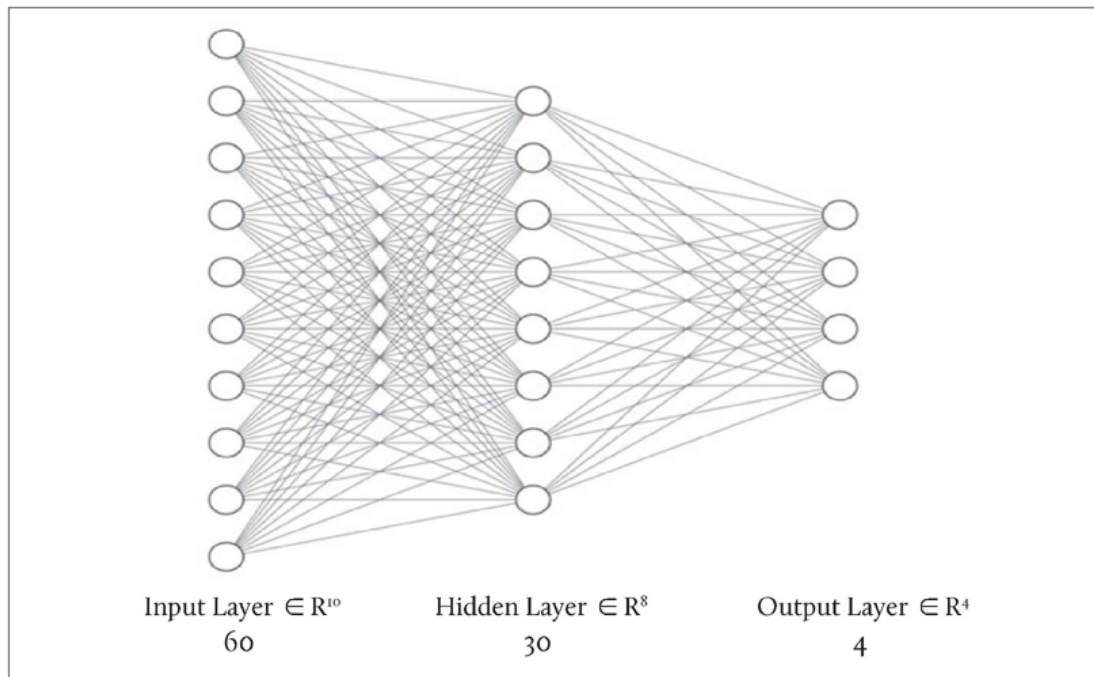
Fuente: Elaboración propia.



## Algoritmo de clasificación

El algoritmo de clasificación está basado en RNA; para el entrenamiento de la RNA se utilizaron como entradas 2 características en el dominio del tiempo: el valor RMS de la señal y la señal filtrada. Estas características se segmentaron en una ventana de 200 ms, utilizada como entrada en la RNA. El entrenamiento de la RNA se realizó con 160 gestos de los cuales se clasificaron en 4 clases distintas; en la figura 7 se muestra la topología de la RNA utilizada.

**Figura 7.** Topología de la RNA utilizada para la clasificación de los 4 gestos

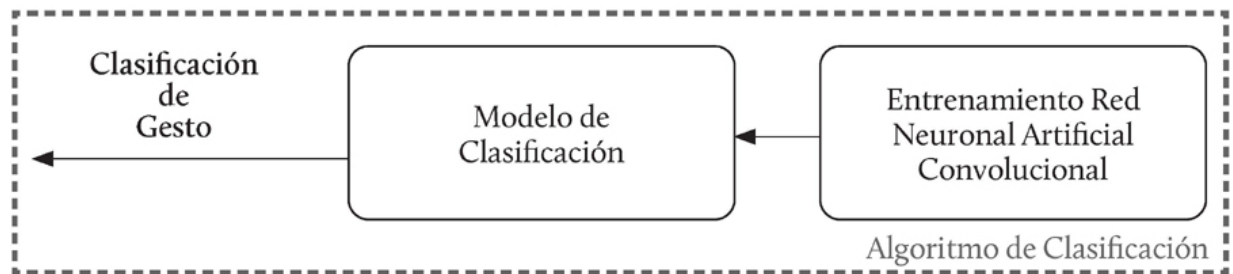


Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de capas ocultas, así como la cantidad de neuronas, se ajustaron experimentalmente hasta obtener el mejor rendimiento en la métrica de Error Cuadrático Medio (MSE, por sus siglas en inglés). El modelo resultante fue de 60 neuronas en la capa de entrada, 30 neuronas en la capa oculta y 4 neuronas en la capa de salida. Se utilizó la

función Relu en las capas ocultas y la función Softmax en la capa de salida. En la figura 8 se muestra el flujo de las etapas del algoritmo de clasificación.

**Figura 8.** Flujo de las etapas del algoritmo de clasificación

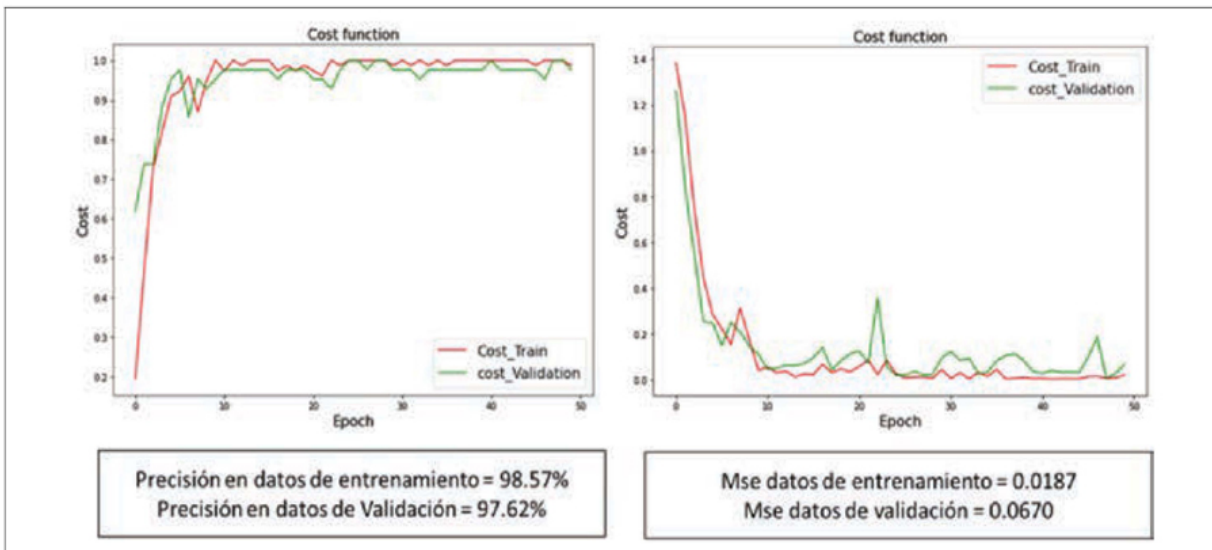


Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

Con la metodología de clasificación de señales SEMG basada en RNA se logró obtener un algoritmo con un 98.57% de precisión en los datos de entrenamiento en la clasificación de 4 gestos y un 97.62% de precisión en el conjunto de datos de validación, así como un 0.0187 MSE en los datos de entrenamiento y un 0.0670 MSE en los datos de validación. En la figura 9 se muestran los gráficos del resultado del entrenamiento del modelo de clasificación propuesto.

**Figura 9.** Resultado de las métricas de validación del entrenamiento de la Red Neuronal Artificial propuesta



Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

La PC es un síndrome que viene en aumento y afecta en gran medida a la población mundial. Las personas que padecen esta enfermedad, dentro de sus discapacidades, tienen problemas de comunicación. Para atender esta problemática, diversas investigaciones se han realizado. Sin embargo, debido a la complejidad del problema aún existen áreas a mejorar.

Los SAAC han sido de gran ayuda en el incremento de la comunicación para personas con PC y con el desarrollo tecnológico diversos dispositivos móviles se han implementado. Sin embargo, y debido a los distintos tipos de PC que existen, los dispositivos periféricos de acceso a los tableros de comunicación deben ser adaptados a cada tipo de discapacidad, para lo cual se han desarrollado una serie de dispositivos de ayuda para mejorar la HCI.

La HCI tiene como objetivo identificar la intención del usuario y ejecutar con ello la tarea deseada; para esto, diversos tipos de bioseñales se han utilizado, siendo entre las principales: señales SEMG, señales EOG y señales EEG. Este tipo de señales requieren de un proceso complejo de adquisición, procesamiento y clasificación para su correcta interpretación, por lo cual diversas metodologías se han investigado y con el avance tecnológico de las computadoras cada vez más metodologías emplean algoritmos basados en inteligencia artificial.

El modelo de RNA propuesto es capaz de clasificar 4 distintos gestos del rostro utilizando señales SEMG, lo que permite que los usuarios con PC puedan expresar a voluntad cuatro distintas clases. Se utilizaron señales del rostro atendiendo al problema de los tipos de discapacidad donde los usuarios; no tienen control motor de sus extremidades, tienen un nivel aceptable cognitivo y pueden realizar movimientos de gestos del rostro a voluntad.

Este modelo puede ser utilizado como ayuda a los SAAC y con ello incrementar la capacidad de comunicación de personas que padecen PC y que sean capaces de realizar gestos distintos a voluntad. Adicionalmente, se utilizó un sistema embebido basado en Raspberry pi 4, el cual puede ser portable, permitiendo con ello que el dispositivo pueda ser utilizado en diversos ambientes.

## **Trabajos a futuro**

Como trabajos a futuro, se tiene como propósito desarrollar un SAAC, el cual sea utilizado por medio de gestos a voluntad aplicando la metodología de clasificación propuesta para personas con pc y utilizando sistemas embebidos para su portabilidad.

## **Referencias**

- Ahmed, S., Ahmad, S., Faruqe, M. O., & Islam, M. R. (2009). EMG signal Decomposition Using Wavelet Transformation with Respect to Different Wavelet and a Comparative Study. *ACM International Conference Proceeding Series*, 403, 730735.  
<<https://doi.org/10.1145/1655925.1656058>>.
- Children's Minnesota (2007). *\_ApplicationFrame*. Children's Minnesota.  
<<https://www.childrensmn.org/educationmaterials/childrensmn/article/17457/sistema-de-clasificacion-de-la-funcion-motora-gruesa-/>>.
- CienciaMX (2015). *Diseño de sistema de comunicación para personas con parálisis cerebral*.  
<<http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/salud/3871-implementan-sistema-de-comunicacion-elemental-para-personas-con-paralisis-cerebral-severa>>.
- Daud, W. M. B. W., Yahya, A. B., Horng, C. S., Sulaima, M. F., & Sudirman, R. (2013). Features Extraction of Electromyography Signals in Time Domain on Biceps Brachii Muscle. *International Journal of Modeling and Optimization*, 3(6), 515519.  
<<https://doi.org/10.7763/ijmo.2013.v3.332>>.
- Davies, T. C., Mudge, S., Ameratunga, S., & Stott, N. S. (2010). Enabling Self-directed Computer use for Individuals with Cerebral Palsy: A Systematic Review of Assistive Devices and Technologies. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 52(6), 510-516.  
<<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2009.03564.x>>.
- Enireb-García, M. D. & Patiño-Zambrano, V. P. (2017). Parálisis cerebral infantil: estimulación temprana del lenguaje método de Bobath Parálisis cerebral infantil: estimulación temprana del lenguaje método de Bobath Child brain paralysis: Early language stimulation Bobath Method Cerebrais Crianças com Parali. *Dominio de las Ciencias*, vol. 3, núm. 4, 1, 2017, 627-706, 3(4), ISSN-e 2477-8818, 627-706.
- Fatourechi, M., Bashashati, A., Ward, R. K., & Birch, G. E. (2007). EMG and EOG Artifacts in Brain Computer Interface Systems: A Survey. *Clinical Neurophysiology*, 118(3), 480-494.  
<<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2006.10.019>>.
- Flores, D. K. (2015). Software interactivo controlado por un sistema electromiográfico para mejorar la comunicación en pacientes con parálisis cerebral infantil en el Hogar Clínica San Juan de Dios. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/541>
- García Ramírez, A., da Silva, J., Savall, A., Catecati, T., & Ferreira, M. (2018). User's Emotions and Usability Study of a Brain-Computer Interface Applied to People with Cerebral Palsy. *Technologies*, 6(1), 28. <<https://doi.org/10.3390/technologies6010028>>.
- Huang, Y., Chen, K., Zhang, X., Wang, K., & Ota, J. (2021). Motion Estimation of Elbow Joint from SEMG Using Continuous Wavelet Transform and Back Propagation Neural Networks. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68(March), 102657.  
<<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102657>>.
- Jin, X., Zhu, S., Zhu, X., Chen, Q., & Zhang, X. (2017). Single-input Adaptive Fuzzy Sliding Mode Control of the Lower Extremity Exoskeleton Based on Human-Robot Interaction. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(2), 1-9. <<https://doi.org/10.1177/1687814016686665>>.

- La Gaviota. (2023). APNMI/La Gaviota Recuperado 29 de marzo de 2023, de <https://www.gaviotacharity.org/>
- Malagon, J. (2007). *Paralisis Cerebral*. STUDOCU. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-autonoma-de-chile/neurologia/paralisis-cerebral-malagon-articulo/24735288>.
- McNaughton, D., & Light, J. (2013). The iPad and mobile Technology Revolution: Benefits and Challenges for Individuals who Require Augmentative and Alternative Communication. *AAC: Augmentative and Alternative Communication*, 29(2), 107-116. <https://doi.org/10.3109/07434618.2013.784930>.
- Montero González, P. J., & Moreno Manso, J. M. (2004). Tecnologías de Ayuda y SAAC en parálisis cerebral (2a parte). Servicio de Información sobre Discapacidad. <https://sid-inico.usal.es/documentacion/tecnologias-de-ayuda-y-saac-en-paralisis-cerebral-2a-parte-comunicacion/>
- Muñoz, J. M. (2022). *Diseño y aplicación de un modelo de reconocimiento de once gestos de la mano usando señales EMG y Deep Learning*. Escuela Politecnica Nacional.
- Parra Reyes, D. (2014). El lenguaje en los niños con parálisis cerebral. *Educación*, 20(1999), 90-98. <https://doi.org/10.33539/educacion.2014.n20.1039>.
- Peláez Cantero, M. J., Moreno Medinilla, E. E., Córdón Martínez, A., & Gallego Gutiérrez, S. (2021). Comprehensive Approach to Children with Cerebral Palsy. *Anales de Pediatría*, 95(4), 276.e1-276.e11. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.07.011>.
- Pereira, M. del M. B., Pérez-Izaguirre, E., & Apaolaza-Llorente, D. (2019). Systems of Augmentative and Alternative Communication (SAACS) in Spain: A systematic Review of the Educational Practices Conducted in the Last Decade. *Social Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/socsci8010015>.
- Raez, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG Signal Analysis: Detection, Processing, Classification and Applications. *Biological Procedures Online*, 8, 11-35. <https://doi.org/10.1251/bpo115>.
- Raya, R., Ceres, R., Rocon, E., González, T. & Ruiz, A. (2009). Desarrollo de un interfaz inercial orientado a terapias *alternativas en la parálisis cerebral*. IV Jornadas Iberoamericanas de Tecnologías de Apoyo a la Discapacidad.
- Raya, R., Rocon, E., Gallego, J. A., Ceres, R., & Pons, J. L. (2012). A Robust Kalman Algorithm to facilitate Human-computer Interaction for People with Cerebral Palsy, Using a New Interface Based on Inertial Sensors. *Sensors*, 12(3), 3049-3067. <https://doi.org/10.3390/s120303049>.
- Romo, H., Realpe, J. & Jojoa, P. (2007). Análisis de señales EMG superficiales y su aplicación en control de prótesis de mano. *RASI*, 4, 127-136.
- Rosli, N. A. I. M., Rahman, M. A. A., Mazlan, S. A., & Zamzuri, H. (2014). Electrocardiographic (ECG) and *Electromyographic* (EMG) Signals Fusion for Physiological Device in Rehab Application. 2014 *IEEE Student Conference on Research and Development*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/SCORED.2014.7072965>.

- Rothstein, J. R., & Beltrame, T. S. (2013). Características motoras e biopsicossociais de crianças com paralisia cerebral. *Revista Brasileira de Ciencia & Movimento*, 21, 118-126.
- S. Blogging (2015). *Braincomputer Interface Makes Communication for Kids with Cerebral Palsy Easier*. Scientific Blogging Science 2.0. <[https://www.science20.com/news\\_articles/braincomputer\\_interface\\_makes\\_communication\\_for\\_kids\\_with\\_cerebral\\_palsy\\_easier-155804](https://www.science20.com/news_articles/braincomputer_interface_makes_communication_for_kids_with_cerebral_palsy_easier-155804)>.
- Santana Vargas, Á. D., Ramírez Flores, M. J. & Ostrosky Solís, F. (2004). Novedades en tecnología de rehabilitación: una revisión acerca de la interfaz cerebro-computadora. *Revista de Neurología*, 39(05), 447. <<https://neurologia.com/articulo/2004117>>.
- SEDIF (2021). Atiende DIF Chihuahua a través de 81 centros y unidades de rehabilitación a más de 45 mil personas con discapacidad. <<https://sitios1.dif.gob.mx/FamiliaDIF/index.php/chihuahua/182>>.
- Serrano Martín, C. & Santos del Riego, S. (2001). Comunicación vocal y no vocal en la parálisis cerebral infantil. *Rehabilitación*, 35(2), 114-120. <[https://doi.org/10.1016/S0048-7120\(01\)73150-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7120(01)73150-7)>.
- Tapia, B., Soto, I., Torres, V. & Candolfi, N. (2017). *Métodos de adquisición de bioseñales con sensores SEMG: revisión de sistemas actuales*, 1, 1-9.
- Universidad Brown (2018). Una interfaz cerebro-computadora permite a las personas con parálisis controlar sus dispositivos móviles. <<https://unamglobal.unam.mx/una-interfaz-cerebro-computadora-permite-a-las-personas-con-paralisis-controlar-sus-dispositivos-moviles/>>.
- Villalobos, J. I.-L., Ruiz-Allec, L. D., Arrieta-Díaz, H. & Leos-Ostoa, Y. (2016). Terapia de lenguaje oral y comunicación aumentativa y alternativa en pacientes con parálisis cerebral espástica. *Revista Mexicana de Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatría*, 5(2), 47-52.
- Williams, M. R., & Kirsch, R. F. (2015). Evaluation of Head Orientation and Neck Muscle EMG Signals as Three-dimensional Command Sources. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12(1), 485496. <<https://doi.org/10.1186/s12984-015-0016-6>>.