

TECNOLOGÍAS NEURODIGITALES NO INVASIVAS EN EL PROCESO COMO HERRAMIENTAS DE APOYO JUDICIAL. EL CASO DE ERIKA MORALES Y SU DERECHO A UNA MUERTE DIGNA

*Samuel Josué Guerrero Dorado, Michael Fabian Zambrano Moreno,
Liliana Estefania Erazo Jojoa, Daniela Alejandra toro Mosby,
Mayerly Gabriela Ordóñez Gómez, Juan Diego Lopez Bolaños,
Darlin Maryuri Lopez Vasquez, Edith Lorena Barco Cadena y
Miguel Esteban Ipiates Benavide*

Tutor: *Duvan Esteban Chaves Rivas*
Universidad de Nariño

Resumen

Este artículo analiza cómo neurotecnologías no invasivas, incluyendo las interfaces cerebro, computador (BCI) y el eye tracking, pueden garantizar el acceso efectivo a la justicia para personas con limitaciones severas. Se aplica una metodología mixta que incluye análisis documentales, revisión normativa, estadísticas emitidas por entidades como el DANE y el estudio del caso de Érika Morales; quien solicitó la eutanasia tras quedar en estado de discapacidad por una agresión física. Los resultados evidencian barreras estructurales en el sistema judicial colombiano que afectan a personas con profundas limitaciones en la comunicación. También se demuestra la viabilidad técnica y jurídica de incorporar estas herramientas en audiencias, prácticas probatorias y manifestaciones de voluntad. Se concluye que su implementación no solo es posible, sino necesaria para garantizar una justicia inclusiva, basada en la dignidad humana y la protección efectiva de los derechos fundamentales de las personas con discapacidad.

Palabras clave: Tecnología neurodigital, neurodatos, neuroderechos, interfaces cerebro-computadora (BCI), seguimiento ocular (eye tracking).

Abstract

This article explores how non-invasive neurotechnologies, including brain-computer interfaces (BCIs) and eye tracking, can facilitate effective access to justice for individuals with severe physical and communicative impairments. A mixed methodology is employed, which includes document analysis, a review of the legal framework, statistical data from entities such as the National Administrative Department of Statistics (DANE), and a case study of Érika Morales, who requested euthanasia after acquiring a disability as a result of an assault. The findings reveal structural barriers within the Colombian judicial system that affect individuals with profound communication limitations. Moreover, it is demonstrated that these tools can be technically and legally incorporated into hearings, evidentiary procedures, and the expression of individual will. Finally, the article concludes that implementing such technologies is not only feasible but also essential to ensuring inclusive justice, grounded in human dignity and the effective protection of the fundamental rights of persons with disabilities.

Keywords: Neurodigital technology, neurodata, neurorights, brain-computer interfaces (BCIs), eye tracking.

Introducción

Actualmente la humanidad se encuentra inmersa en la Quinta Revolución Industrial; la cual se caracteriza por la convergencia de avances tecnológicos disruptivos que transforman radicalmente la vida cotidiana y la interacción social, teniendo entre sus innovaciones sistemas como la neurotecnología¹, las interfaces cerebro-computadora² y eye tracking³.

¹ AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN DE DATOS. “*Neurodatos y neurotecnología: privacidad y protección de datos personales* [en línea]. Madrid: AEPD, 2022. Disponible en: <https://www.aepd.es/prensa-y-comunicacion/blog/neurodatos-y-neurotecnologia-privacidad-y-proteccion-de-datos-personales>. Consulta: 16 de marzo de 2025.

² VALERDI Alonso; VILLARRUEL Arreola & GARCIA Argüello, “Interfaces Cerebro-Computadora: Conceptualización, Retos de Rediseño e Impacto Social”. *SCIELO*. Vol.40 no.3. 2019, Ciudad de Mexico. P.1. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-95322019000300008&script=sci_arttext

³ CONKLIN Kathryn; PELLICER Ana & CARROL Garreth. *Eye Tracking A Guide for Applied Linguistics Research*. 1 ed. Cambrige United Kingdome.: Cambridge

Sin embargo, el avance tecnológico no se traduce automáticamente en progreso social o jurídico, pues en un país como Colombia, las barreras para acceder a estas tecnologías son múltiples y complejas; incluyendo factores estructurales, limitaciones económicas, y vacíos normativos que dificultan el reconocimiento y la garantía efectiva de los derechos tecnológicos como derechos humanos fundamentales. De la existencia de estos desafíos éticos, jurídicos y tecnológicos, es de resaltar que en la actualidad colombiana existe un proyecto de ley impulsado por el senador Carlos Julio González Villa⁴, orientado a regular las neurociencias y neurotecnologías con el fin de proteger derechos fundamentales tales como la privacidad mental y la autonomía cognitiva; y en este sentido, cuando la muerte se vuelve una decisión fundamental que se ejerce desde la autonomía frente al sufrimiento extremo, el silencio no puede convertirse en la última palabra, pues si bien el derecho a morir dignamente a través de la eutanasia ha sido reconocido y reglamentado; siendo el pilar esencial el consentimiento libre, voluntario y consciente, dicho requisito se torna inaccesible para personas con discapacidades severas de comunicación, siendo entonces el Estado quien tiene el deber de garantizar apoyos razonables para su ejercicio efectivo. Lo anterior se vio reflejado en la desgarradora realidad de Erika Morales, una joven oriunda de Los Andes, Sotomayo (Nariño), cuya voluntad de acceder al procedimiento de eutanasia se vio obstaculizada por las limitaciones para expresar su consentimiento, y es que el hecho de que falleciera antes de poder ejercer su derecho a pesar de haberlo solicitado de manera clara y reiterada, subraya la urgencia de repensar las formas válidas de manifestar la voluntad en contextos de extrema vulnerabilidad y severa limitación comunicativa⁵.

Frente a este panorama, es imprescindible cuestionar; ¿de qué manera el derecho procesal colombiano puede evolucionar para incorporar, garantizar y

University Press, 2018. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=eye+tracking&oq=eye#d=gs_cit&t=1750042128837&u=%2Fscholar%3F-q%3Dinfo%3ALTe8VoB4_QMJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des Consulta 5 de junio de 2025.

⁴ COLOMBIA. Senado de la República. *Senador Carlos Julio González Villa radica proyecto de ley para regular neurociencias y neurotecnologías*. Bogotá: Senado de la República, 11 mar. 2025. Disponible en: <https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/13-senadores/6281-senador-carlos-julio-gonzalez-villa-radica-proyecto-de-ley-para-regular-neurociencias-y-neurotecnologias>. Consulta: 17 de abril de 2025.

⁵ SANTANILLA AYALA, Felipe. “Joven quedó cuádruple tras recibir un botellazo y pide eutanasia: ‘Para mí no es vida’”. *EL TIEMPO*. últimas noticias, Bogotá D.C. 18 de febrero de 2025. P.1. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/ellas-erika-yanira-morales-la-joven-de-20-anos-que-espera-eutanasia-3428263>. Consulta: 5 de junio de 2025. p. 1.

facilitar el acceso a tecnologías innovadoras de la Quinta Revolución Industrial, como las anteriormente mencionadas, y así asegurar una protección efectiva y oportuna de los derechos de las personas con dificultades para comunicarse? Esta pregunta no solo invita a realizar un análisis jurídico profundo, sino que también demanda un diálogo interdisciplinario que articule ciencia, tecnología, medicina y derecho, con el propósito de construir un sistema inclusivo, justo y humano. Un sistema que no solo reconozca, sino que efectivamente materialice la dignidad y autonomía de las personas con limitaciones severas en Colombia.

2. Acercamiento a la historia de la quinta revolución industrial y los diferentes sistemas tecnológicos como parte de esta

De conformidad con Travez y Villafuerte⁶ La quinta revolución industrial se alza en la era en la cual la relación entre máquinas y seres humanos se articula en términos de contribución y complementariedad, en contraposición a la simple sustitución de funciones productivas. Por otra parte Echeverry⁷, subraya que el exponencial cambio tecnológico impone retos en la capacidad de adaptación de las sociedades, configurando escenarios de incertidumbre en el futuro laboral y social que obligan a repensar constantemente los marcos normativos y éticos que rigen la interacción entre humanos y máquinas. Estos avances tecnológicos no sólo transformaron la producción y la eficiencia, sino que también prepararon el terreno para una siguiente etapa en la que la tecnología se orienta a potenciar las capacidades humanas. En este contexto, según un artículo publicado por *El País*⁸, se proyecta que el número de dispositivos conectados alcance los 25.000 millones en 2026 y los 40.000 millones antes de 2030.

⁶ TRAVEZ TIPAN, Andrea Valeria; VILLAFUERTE GARZON, Cristian Moisés. “Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria.” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 7, n.º 1, 2023, Ciudad de Mexico, pp. 1059–1070. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4457. Consulta: 16 de marzo de 2025.

⁷ CATEDRA DE INNOVACIÓN EMPRESARIAL JOSÉ GUTIERREZ GOMEZ. (marzo, 2019: Medellín, Colombia). “¿Estamos preparados para la quinta revolución industrial?”. Medellín: Universidad EAFIT, 2019. 11 P. [en línea]. Disponible en: https://campus-virtual.icap.ac.cr/pluginfile.php/230427/mod_resource/content/7/IV%20Rev.%20Industrial.pdf [Consulta: 15 junio 2025].

⁸ ECHARRI, Miquel, “Los nuevos caminos de la digitalización” *EL PAÍS* [en línea]. Negocios. Madrid. 10 de mayo de 2025. P.1 Disponible en: <https://elpais.com/economia/negocios/2025-05-11/los-nuevos-caminos-de-la-digitalizacion.html>. Consulta: 15 de marzo de 2025.

Simultáneamente, en el marco del debate sobre neuroderechos en la última década y la confluencia entre la neurociencia y la tecnología ha dado origen a un campo emergente que desafía las nociones tradicionales de intimidad, identidad y comunicación; el de los neurodatos. De acuerdo con la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD),⁹ los neurodatos hacen referencia a la información derivada de la actividad cerebral, obtenida a través de tecnologías avanzadas como las interfaces cerebro-computadora (BCI) y otros dispositivos relacionados indirectamente como por ejemplo el eye tracking. Respecto a este, un artículo publicado por FREY¹⁰, muestra cómo la combinación de *eye tracking* y fMRI (Resonancia Magnética Funcional) permite mapear la actividad cerebral vinculada a la atención visual, pues el *eye tracking* ayudaba a identificar el punto exacto donde una persona se enfocaba, mientras que la fMRI mostraba qué áreas cerebrales se activaban en esos momentos. Esto proporciona una visión integral de la relación entre comportamiento visual y función cerebral. A nivel internacional, en el año 2019 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)¹¹, definió los neurodatos como “datos relacionados con el funcionamiento o la estructura del cerebro humano de un individuo identificado o identificable que incluye información única sobre su fisiología, salud o estados mentales”, lo cual evidencia la naturaleza intrínsecamente sensible y única de esta información. Así mismo, la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD)¹² complementa esta perspectiva al señalar que, en el marco del “Internet de los Cuerpos” (IoB), el cuerpo humano se configura como una fuente incesante de datos biométricos, generando un flujo de información que se integra en redes digitales y que puede ser objeto de diversas aplicaciones desde el ámbito clínico hasta el entretenimiento y el neuromarketing. Los neurodatos al revelar emociones, patrones de pensamiento y rasgos de personalidad; son considerados datos de alta sensibilidad, lo que demanda la implementación de rigurosos mecanismos de protección y consentimiento informado. En el mismo sentido, autores pioneros en el

⁹ AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN DE DATOS – AEPD. Op. Cit. Disponible en: <https://www.aepd.es/guias/neurodatos-aepd-edps.pdf>. Consulta: 16 de marzo de 2025.

¹⁰ Kragel, P. A., et al. (2021). “High-dimensional representations of visual attention in human brain revealed by concurrent eye tracking and fMRI.” *Nature Neuroscience*, 24, 1410–1420. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41593-021-00947-w>. Consulta: 16 de marzo de 2025.

¹¹ AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN DE DATOS – AEPD. Op. Cit. Disponible en: <https://www.aepd.es/guias/neurodatos-aepd-edps.pdf>. Consulta: 16 de marzo de 2025.

¹² *Ibíd*

campo de la neuroética; como Lenca y Andorno¹³, advirtieron en 2017 que las aplicaciones emergentes en neurotecnología plantean desafíos inéditos para los derechos humanos, especialmente en cuanto a la protección de la intimidad, la autonomía y la integridad mental. En el año 2024, Cornejo-Plaza y Cippitani¹⁴, profundizaron en la naturaleza jurídica de los neurodatos, argumentando la necesidad de encuadrarlos en categorías especiales de datos personales sensibles que exijan normativas específicas y actualizadas. Además, de reportajes como el publicado por MALDITA.ES¹⁵ advierten que, aunque el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) brinda ciertos mecanismos de salvaguarda, el vertiginoso avance de la inteligencia artificial y de las neurotecnologías podría desbordar la capacidad normativa vigente para proteger de manera efectiva la privacidad y la identidad mental.

Como colofón, en Colombia la relevancia de estos avances se hace tangible con la reciente radicación de un proyecto de ley¹⁶ en marzo de 2025, orientado a regular las neurociencias y neurotecnologías. Este proyecto de ley evidencia la necesidad de establecer un marco jurídico robusto que garantice la protección de la privacidad mental, la autonomía cognitiva y la identidad cerebral, al mismo tiempo que fomenta la innovación responsable y el acceso equitativo a las nuevas tecnologías. Empero, es de puntualizar que el reto no radica únicamente en regular la tecnología y sus nuevos conceptos, sino en saber responder a las transformaciones que esta impone, mediante marcos normativos capaces de atender tanto las necesidades del ámbito jurídico procesal como las del

¹³ IENCA, Marcello & ANDORNO, Roberto. "Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology." [en línea]. *Life Sciences, Society and Policy*. vol. 13, art. 5. 2017. Londres, Reino Unido. Disponible en: <https://lssjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40504-017-0050-1>. Consulta: 17 de abril de 2025.

¹⁴ CORNEJO-PLAZA, Isabel; CIPPITANI, Roberto. "Los neurodatos y su protección frente a la inteligencia artificial y las neurotecnologías." *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*, vol. 13, n.º 4, 2024, p. 110-123. Disponible en: <https://www.cadernos.prodisa.fiocruz.br/index.php/cadernos/article/download/1289/1580/9072>. Carlos Julio González Villa Consulta: 17 de abril de 2025.

¹⁵ ARMUNIA BERGES, Cristina. *Qué son los neurodatos y qué protección legal tienen*. [en línea]. Maldita Tecnología, 26 de junio de 2024. Disponible en: <https://maldita.es/malditatecnologia/20240626/que-son-neurodatos-y-proteccion-legal/>. Consulta: 17 de abril de 2025.

¹⁶ COLOMBIA. Senado de la República. *Senador Carlos Julio González Villa radica proyecto de ley para regular neurociencias y neurotecnologías*. Bogotá: Senado de la República, 11 mar. 2025. Disponible en: <https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/13-senadores/6281-senador-carlos-julio-gonzalez-villa-radica-proyecto-de-ley-para-regular-neurociencias-y-neurotecnologias>. Consulta: 17 de abril de 2025.

entorno sociológico. En este nuevo paradigma, el derecho no puede limitarse a reaccionar; sino que, también debe asumir un rol propositivo y convertirse en garante del equilibrio entre el progreso tecnológico y la dignidad humana.

3. Acercamiento a la eutanasia como derecho fundamental; sus aspectos procesales y sustanciales

La muerte, entendida como el umbral inevitable que marca el fin de la existencia, es un destino inalterable y ajeno a la voluntad humana. No obstante, cuando el sufrimiento se convierte en una condena y la vida deja de ser sinónimo de dignidad, surge una pregunta que desafía los límites del derecho y la moral: ¿puede la muerte ser un acto de libertad?

Según Arango y Agón¹⁷, en países como Estados Unidos y Reino Unido se diferencia entre el tratamiento del suicidio asistido y la eutanasia activa; en algunos estados norteamericanos, como Oregón y California, se permite el suicidio asistido; sin embargo, la eutanasia activa continua considerandose homicidio. En contraste, en el Reino Unido se sanciona penalmente cualquier acto que acelere la muerte, y así lo señala la precitada autora Mariah Johnson en *Is death a constitutional right?* (2021),¹⁸ cuando examina las diversas aproximaciones jurídicas en contextos donde la regulación no se establece de manera uniforme; si no en cierto modo casi antagonico; por su parte, en Bélgica y Países Bajos la mención al marco normativo es más amplia, por ejemplo, Bélgica reconoce la eutanasia para pacientes con sufrimiento insoportable sin limitarlo exclusivamente a casos terminales, esto se enmarca dentro del consenso doctrinario y de estudios comparados sobre derechos a la muerte digna. Esta perspectiva se enmarca dentro del consenso doctrinario y de estudios comparados sobre el derecho a una muerte digna, como se refleja en el análisis de Quintero-Cusguen¹⁹, quienes, si bien centran su discusión en Colombia, permiten contrastar estos modelos con otros sistemas jurídicos.

Ahora bien, el consentimiento informado se constituye como uno de los pilares esenciales del ejercicio del derecho a morir dignamente en Colombia

¹⁷ ARANGO, Esteban & AGÓN, Juan. “Eutanasia y suicidio asistido: un análisis de derecho comparado.” *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, vol. 58, núm. 172, 14 de junio de 2025. Ciudad de México. Disponible en: <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/derecho-comparado/article/view/18088> Consulta: 17 de abril de 2025.

¹⁸ *Ibíd*

¹⁹ QUINTERO-CUSGUEN, Patricia. *El derecho a una muerte digna en Colombia nos concierne a todos*. Acta Neurológica Colombiana, vol. 37, núm. 4, 2021, pp. 219-223. Disponible en: https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87482021000500219. Consulta: 15 de mayo de 2025.

cuando de procedimientos de eutanasia se trata. Su desarrollo normativo y jurisprudencial refleja el reconocimiento progresivo de la autonomía, la dignidad humana y el libre desarrollo de la personalidad, esto conforme a la Constitución de 1991.

Una de las decisiones más trascendentales en esta materia es la Sentencia C-239 de 1997²⁰, la cual rompió con el paradigma tradicional sobre la vida y la muerte, al reconocer la eutanasia como un derecho fundamental en determinadas circunstancias. La Corte constitucional,²¹ también reivindicó la autonomía individual como principio rector de la dignidad humana, al afirmar que “el derecho fundamental a vivir en forma digna implica entonces el derecho a morir dignamente, pues, condenar a una persona a prolongar por un tiempo escaso su existencia, cuando no lo desea y padece profundas aflicciones, [...] equivale no sólo a un trato cruel e inhumano [...] sino a una anulación de su dignidad y de su autonomía como sujeto moral”. Con ello, el derecho a morir dignamente dejó de ser un tabú para convertirse en una manifestación legítima de la autodeterminación, integrándose al núcleo esencial de la dignidad humana.

Posteriormente, mediante la Resolución 1216 de 2015, el Ministerio de Salud y Protección Social²² reglamentó por primera vez los procedimientos para la eutanasia activa y voluntaria, estableciendo que el consentimiento debía ser expreso, libre, informado, y reiterado por el solicitante antes del procedimiento. La jurisprudencia ha ido ampliando el alcance de este derecho, pues con la emisión de la Sentencia T-970 de 2014²³, la Corte reconoció que incluso en casos donde el paciente no puede expresar su voluntad por sí mismo, es posible que su representante legal actúe en su nombre, siempre que sea en función de su interés superior. Este enfoque fue reafirmado y ampliado en la Sentencia C-233 de 2021²⁴, donde la Corte concluyó que limitar el derecho a morir dignamente a

²⁰ COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL. *Sentencia C-239. 20 de mayo de 1997*. M.P. Carlos Gaviria Díaz. Bogotá D.C. Expediente D-1490. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1997/c-239-97.htm> Consulta: 15 de mayo de 2025.

²¹ *ibídem*, p. 41

²² COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *Resolución 1216 de 2015*. Bogotá, D.C., 20 de abril de 2015. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%201216%20de%202015.pdf Consulta: 15 de mayo de 2025.

²³ COLOMBIA, CORTE CONSTITUCIONAL. *Sentencia T-970*. 15 de diciembre de 2014. M.P. Luis Ernesto Vargas Silva. Bogotá, D.C.. Expediente T-4.067.849 16 de diciembre de 2014. P. 19 Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2014/T-970-14.htm> Consulta: 15 de mayo de 2025.

²⁴ COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL DE. *Sentencia C-233. 22 de julio 2021*. M.P. Gloria Stella Ortiz Delgado. Bogotá, D.C. Expediente D-14043. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2021/C-233-21.htm> Consulta: 15 de mayo de 2025.

personas con enfermedades terminales excluía injustamente a quienes padecen enfermedades graves e incurables con sufrimientos intolerables. Por ello en dicha sentencia se subraya que el consentimiento es el núcleo de este derecho: “el consentimiento debe ser inequívoco y constante en el tiempo, razón por la cual deben arbitrarse mecanismos para que este sea confirmado”.

En armonía con lo anterior, la Resolución 971 de 2021,²⁵ reiteró que el consentimiento del paciente debe ser informado, consciente, libre, voluntario y reiterado, permitiendo la presentación de un documento de voluntad anticipada en conformidad a su vez con lo previsto en la Resolución 2665 de 2018. Además la Resolución 971 de 2021²⁶, introduce directrices específicamente en su artículo 6º, donde nos habla del consentimiento anticipado, previendo que, “La solicitud de eutanasia debe ser voluntaria, informada, inequívoca y persistente. Puede ser expresada de manera directa por el paciente por medio de una declaración verbal o escrita, y de manera indirecta a través de un Documento de Voluntad Anticipada (DVA), en los términos de la normativa vigente al momento de su suscripción”²⁷.

En síntesis, la regulación colombiana reconoce el consentimiento como la expresión más legítima de la autodeterminación individual frente al sufrimiento extremo. La legislación y la jurisprudencia han evolucionado hacia una mayor protección a dicho derecho, garantizando que toda persona, incluso quien no se encuentre en estado terminal, pueda ejercer su derecho a morir dignamente mediante un consentimiento válido. La consolidación del consentimiento informado como eje estructural de la eutanasia en Colombia representa un avance en la humanización del derecho a la salud y el respeto por la dignidad humana.

4. Caso Erika Morales, “morir no era su deseo, vivir sin dignidad tampoco”

“Yo no quiero ser un muerto viviente”, delectó con su cabeza Erika Morales, con la fuerza de quien no puede mover sus brazos, pero sí mover

www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2021/C-233-21.htm 12 de mayo de 2025.

²⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. *Resolución 971 de 2021*. Bogotá, D.C., 12 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-971-de-2021.pdf> Consulta: 15 de mayo de 2025

²⁶ *Ibidem*, p.6

²⁷ *Ibidem*, p.6

el mundo con su voluntad. Así se expresó en Noticias caracol²⁸, su hermana Tatiana, en la carta que dictó durante tres días, letra por letra, con la ayuda de una auxiliar de enfermería, y un tablero de abecedario, cuando ya el dolor y la dependencia habían invadido su cuerpo, pero no su conciencia ni su dignidad.

Desde niña, Erika Morales tenía la mirada despierta; en Tumaco aprendió a caminar descalza, a reír con fuerza y a leer con rapidez; vivía entre libros escolares, tardes con su hermana Tatiana, y los sueños de cualquier adolescente; terminar el colegio, estudiar, y vivir con dignidad. Pero como a tantos, la violencia le cambió el rumbo de su vida, pues con tan solo 17 años después de mudarse con su madre, el esposo de ella y su hermana a Sotomayor- Nariño, buscando un poco de seguridad, Erika terminó convirtiéndose en el rostro joven de una tragedia que aún clama justicia, atrapada en el eco de un dolor que no ha encontrado reparación.

Era un 2 de agosto de 2021, Erika asistió con algunos amigos a una fiesta. Momentos después, todos llegaron a un “amanecedero” como se conoce comúnmente. Según su hermana; no bebió, solo acompañaba. Los sucesos transcurrieron en el momento en el que Erika se dirigió al baño del lugar, al abrir la puerta por accidente, encontró a una mujer adentro. El cruce de miradas duró sólo segundos, pero bastó para detonar un frenesí de violencia inexplicable.

“Esa mujer la insultó, la amenazó, y poco después regresó con su prima. Mientras una la sujetaba del cabello, la otra le propinó dos golpes con una botella de whisky Buchanans en la parte superior de la cabeza, dicho impacto fue directo al cerebelo, la parte del cerebro que controla el equilibrio y los movimientos”²⁹. En un pueblo donde curiosamente cada pelea se graba, ese hecho no quedó registrado. En lugar de evidencias, hubo silencio absoluto, y lo más extraño aún es que el establecimiento fue demolido en solo cuatro días y posteriormente reconstruido con otro nombre. Tatiana, su hermana, nunca dudó de que había una relación entre las agresoras y los dueños del lugar. Ese día, Erika no perdió el conocimiento, pero algo dentro de ella se rompió. Vomitó durante horas, no pudo dormir, su respiración se volvió pesada. La llevaron al puesto de salud de Los Andes, en Sotomayor, pueblo recóndito del

²⁸ MERCADO, Laura Valentina. “Habla hermana de joven cuadrapléjica que pide la eutanasia “Nos dijo que era una prueba de amor” “. *NOTICIAS CARACOL*. Principales noticias de Colombia y sus ciudadanos. Bogotá D.C. Consulta: 18 de mayo de 2025. 18 de febrero de 2025. P.1. Disponible en: <https://www.noticiascaracol.com/colombia/habla-hermana-de-joven-cuadriplejica-que-pide-la-eutanasia-no-queremos-verla-sufrir-mas-rg10>

²⁹ *Ibíd*

departamento de Nariño, según su hermana Tatiana, Erika ya estaba débil, finalmente los médicos emitieron el diagnóstico, el cual fue claro, sucinto y traumatizante para la familia: traumatismo craneoencefálico con posible hemorragia interna³⁰.

Erika fue remitida al Hospital Infantil de la ciudad de Pasto, y con posterioridad fue inducida al coma, debido a la complejidad de su salud. A partir de ese momento, comenzó otro tipo de violencia; la negligencia, pues contrajo una bacteria en la sangre, la sonda de alimentación se enredó en su garganta, y durante una gastrostomía un médico perforó su intestino, causándole una peritonitis que casi acaba con su vida. Tras este suceso, fue necesario someterla a una cirugía de emergencia, donde abrieron su abdomen, lavaron sus órganos y drenaron su sangre³¹. A pesar de estar consciente tras salir del coma, Erika nunca recibió terapias físicas ni fonoaudiológicas, nadie intentó ayudarla a moverse. Terapeutas posteriormente afirmaron que, de haber intervenido de forma oportuna Erika podría haber caminado, pero lamentablemente ya era demasiado tarde para ella.

Confinada a una cama, Erika no podía hablar, pero sí decidir, se comunicaba moviendo la cabeza o señalando letras en un tablero. Decía cuándo tenía hambre, cuándo tenía miedo, e incluso cuándo ya no podía más. Un día, cansada del dolor, de la falta de aire, de una vida colgada de un tubo, pidió morir; redactó una carta dirigida al médico Héctor Fabio Sánchez, a quien le solicitó no ser egoísta, que la dejara ir. “No quiero vivir como un muerto viviente”³², escribió, letra por letra, durante tres días. Su familia pensó que era una crisis, pero una psicóloga evaluó esta situación, la profesional confirmó que su decisión era firme y reflexiva. Después de esto comenzó el trámite para la eutanasia, sin embargo surgieron obstáculos como el Cambio de IPS, y las respuestas negativas; Erika entonces, agotada de la situación, rogó a Tatiana que contara su historia.

Fue así, que el 17 de febrero de 2025, a las 10:00 a.m., Tatiana hizo una transmisión en vivo a través de su perfil personal de Facebook, allí habló de su hermana, del golpe, de la indiferencia médica, de las úlceras, de la desnutrición, y de la falta de justicia, este video se viralizó y Erika se volvió símbolo de resiliencia, pero lamentablemente sus emociones ya estaban al límite³³. Como respuesta a la conmoción pública que generó esta transmisión, la EPS

³⁰ *Ibíd*

³¹ *Ibíd*

³² *Ibid*

³³ *Ibid*

Emssanar³⁴, misma a la que estaba afiliada Erika, emitió un comunicado oficial el 21 de febrero de 2025; documento en el que la institución manifestó su “solidaridad con la familia” e indicó que iniciaría una “revisión interna” del caso. No obstante, en ningún momento asumió una responsabilidad directa ni anunció medidas de reparación concretas. A pesar de ello, también se comprometió a colaborar con los entes de control y señaló que, desde su perspectiva, habían actuado conforme a los protocolos existentes.

Sin embargo, el comunicado fue percibido por la familia y por sectores de la opinión pública como tardío, vago y evasivo. Tatiana expresó que esa respuesta institucional llegó solo cuando la presión mediática fue inevitable, no como un acto genuino de responsabilidad. Aún más doloroso fue el hecho de que la eutanasia solicitada con tanto esfuerzo por Erika, fue finalmente aprobada el 22 de febrero de 2025, pero no alcanzó a realizarse, pues Erika falleció el 1 de marzo de ese mismo año, con 19 años de edad para ese momento. Antes de partir, dejó claro que su muerte no era natural, que fue un homicidio disfrazado, además pidió un ataúd blanco con cinta morada, esta era su manera de dejar constancia de que no fue solo víctima del daño cerebral, sino también de un sistema que le negó, hasta el final, la posibilidad de morir con dignidad³⁵.

Es menester resaltar, que la eutanasia en Colombia está despenalizada bajo ciertos criterios establecidos en la Sentencia C-239 de 1997³⁶. Erika cumplía con ellos: sufrimiento físico intenso, enfermedad irreversible, voluntad clara y reiterada. Sin embargo, los múltiples obstáculos administrativos implicaron una limitación de su derecho a morir dignamente, so pena de que estuviese consagrado por la Corte Constitucional como una expresión del principio de autonomía personal esto según lo mencionado por la Corte Constitucional, en la Sentencia T-970 de 2014³⁷.

³⁴ SANCHEZ, Camila Paola. “Fallece Erika Morales, la joven que solicitó la eutanasia tras quedar cuadripléjica por un ataque en una discoteca”. *EL TIEMPO*. Temas del día. Bogotá D.C. 11 de marzo de 2025. P.1. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/fallece-erika-morales-la-joven-que-solicito-la-eutanasia-tras-que-dar-cuadriplejica-por-un-ataque-en-una-discoteca-3431627>

³⁵ MERCADO. Op cit. <https://www.noticiascaracol.com/colombia/habla-hermana-de-joven-cuadriplejica-que-pide-la-eutanasia-no-queremos-verla-sufrir-mas-rg10>

³⁶ COLOMBIA. CORTE CONSTITUCIONAL. Op cit. <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/1997/c-239-97.htm>

³⁷ COLOMBIA CORTE CONSTITUCIONAL. *Sentencia T-970. 15 de diciembre de 2014*. M.P. Luis Ernesto Vargas Silva. Bogotá, D.C. Expediente T-45.067.849. P. 19 Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2014/T-970-14.htm> Consulta: 15 de mayo de 2025.

La familia confiando en la justicia interpuso una denuncia, la cual, fue radicada en el año 2021, sin embargo, a la actualidad aún no hay condenas, ni para las agresoras, ni para los dueños del local, ni mucho menos por la atención médica negligente. Tatiana Morales, con la voz quebrada pero firme, repite lo mismo: “No queríamos que muriera. Solo queríamos que viviera con dignidad”. Si Erika hubiese contado con tecnologías asistidas avanzadas, como interfaces cerebro-computadora, exoesqueletos o asistentes de IA empática, su rehabilitación y forma de comunicarse habría tenido mayores resultados positivos, incluso en condiciones críticas, por eso es menester recordar al autor Klaus Schwab³⁸, quien nos menciona que la Quinta Revolución no solo busca eficiencia, sino humanizar la tecnología, proponiendo un sistema de salud donde la personalización del tratamiento, la dignidad del paciente y la anticipación a complicaciones médicas sean prioridad. En este sentido, su historia revela la brecha entre el potencial actual de la tecnología y su aplicación efectiva en contextos rurales o de baja cobertura, como el caso de Erika en Sotomayor (N). Finalmente, en Memoria de Erika, debemos recordar que ella no se rindió, luchó hasta el final, y por eso su historia quedó escrita, no en una sentencia, sino en la memoria de quienes aún esperan justicia.

5. Herramientas de la quinta revolución industrial

¿Llegará a ser la tecnología del pensamiento la nueva voz de aquellos que no pueden comunicarse? En el marco de La Quinta Revolución Industrial se conciben tecnologías capaces de transformar la forma en cómo las personas se comunican. Estos avances dan a los individuos la capacidad de intervenir especialmente en escenarios complejos como lo es el judicial, en donde la manifestación de la voluntad se reviste de una necesidad y un carácter fundamental.

En este camino entre la relación de cooperación hombre-máquina, que presenta la Quinta Revolución sobresale el BCI. Esta innovación faculta la conexión entre dispositivos tecnológicos y el cerebro. De acuerdo con Medina³⁹,

³⁸ SCHWAB, Klaus. “Nos llevó casi 4 años conectar a mil millones de personas a servicios digitales vitales. Debemos redoblar nuestros esfuerzos a medida que el mundo entra en la era de la IA.” Foro Económico Mundial. Ginebra, Suiza. 7 de octubre de 2024. Disponible en: <https://es.weforum.org/stories/2024/10/nos-llevo-casi-4-anos-conectar-a-mil-millones-de-personas-a-servicios-digitales-vitales-debemos-redoblar-nuestros-esfuerzos-a-medida-que-el-mundo-entra-en-la-era-de-la-ia/> Consulta: 18 de mayo de 2025.

³⁹ TERESA MEDINA, Julia, et al. *P300-Based Brain-Computer Interface Speller: Usability Evaluation of Three Speller Sizes by Severely Motor-Disabled Patients*. Frontiers in human neuroscience, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.583358>

los BCI exteriorizan una alternativa imprescindible para individuos con limitaciones, en especial en aquellas que han perdido plenamente la habilidad de hablar o escribir, permitiéndoles interactuar con su entorno. A ello se suma la exactitud de los sistemas y la satisfacción de los usuarios también como elementos fundamentales.

Una de las innovaciones más significativas es el “*speller*” equivalente a una interfaz digital que forma parte de los (BCI), que permite a los usuarios elegir letras, símbolos o palabras por medio de señales cerebrales. En el estudio *Frontiers in human neuroscience*⁴⁰, el *speller* se desarrolla en el potencial evocado P300, una respuesta neurológica que se aviva cuando el usuario descubre el impulso deseado entre una serie de alternativas presentadas visualmente. Al percibir esta respuesta cerebral, el sistema descifra cuál fue la pieza elegida, lo que autoriza al usuario a “escribir” sin obligación a realizar un movimiento físico⁴¹.

La realidad ya supera la ficción, ejemplo de ello, es un caso reciente documentado por el *El País* y redactado por Miguel Criado⁴² en el cual, expone los avances emblemáticos de los (BCI) en el espacio de la comunicación, donde narra la historia de una mujer identificada como Ann, quien permaneció 20 años en total silencio tras padecer un derrame, y gracias a una herramienta consistente en una malla no invasiva de 253 electrodos insertados en la corteza motora del habla, los cuales descifran los estímulos cerebrales emitidos durante el intento de hablar. Una vez descifrados, estos estímulos fueron procesados y traducidos en lenguaje verbal a través de una voz. La comercialización de esta herramienta ya es un hecho y se encuentra disponible en la tienda de amazon por un total de 89.69 USD anuales⁴³.

Por otra parte; el *Apple Vision Pro*⁴⁴, con un costo inicial de 3.499 USD, es un visor de realidad extendida (XR) que trae innovaciones a nivel visual, y

⁴⁰ ibíd.

⁴¹ ibíd.

⁴² CRIADO, Miguel Ángel. “Una mujer consigue ‘hablar’ en tiempo real, tras 20 años de silencio, al conectar su cerebro a una máquina” *El País*. Ciencia Materia. Madrid, España. 31 de marzo de 2025. P.1. Disponible en: <https://elpais.com/ciencia/2025-03-31/una-mujer-consigue-hablar-en-tiempo-real-tras-20-anos-de-silencio-al-conectar-su-cerebro-a-una-maquina.html>

⁴³ ANALYSIS OF EEG SIGNALS ON OVERT AND COVERT USING P300 SPELLER: Amazon, 2017. Consultado el 6 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.amazon.com.mx/Analysis-Signals-Overt-Covert-Speller/dp/6202078154>

⁴⁴ APPLE INC. *Buy Apple Vision Pro*. Estados Unidos: Apple Inc., 2025 citado 5 jun. 2025. Disponible en: <https://www.apple.com/shop/buy-vision/apple-vision-pro>

también incorpora una capacidad de seguimiento ocular avanzada mediante un conjunto de cámaras internas. El seguimiento ocular en esta herramienta tiene como finalidad principal facilitar la conexión natural con los componentes de la interfaz. Por medio de esta característica, el usuario puede escoger y manejar objetos virtuales, Conforme a un estudio realizado por Zijian Cao y sus colaboradores⁴⁵, concluye que a pesar de que este sistema brinda niveles tolerables de precisión en el método de accesibilidad, todavía se encuentra en un puesto inferior al del estándar técnico constituido. A pesar de estas barreras, el estudio culmina con que la precisión que logra obtener por la herramienta no impide el uso del dispositivo, lo que legitima su empleo en diversos contextos. Sin embargo, un elemento destacable de la estructura del dispositivo es la inviabilidad de que los desarrolladores tengan acceso directo a los datos que genere el seguimiento ocular. Esta determinación puede entenderse como una vía hacia la seguridad de la privacidad cognitiva, un aspecto que ha tomado relevancia con el auge del concepto de las neurotecnologías. Al respecto, *Magee, Ienca y Farahany*⁴⁶ previenen sobre los riesgos que estos dispositivos tienen con respecto a la privacidad mental, pues aunque los desarrolladores limitaron el análisis del seguimiento ocular exclusivamente a lo que se elige y no a todo lo que se observa, esto no suprime en su totalidad la amenaza de que, por medio del compendio de patrones, puedan concluirse inferencias sobre inclinaciones, sentimientos o necesidades.

Complementando lo anterior, Conkin, Pellicer y Carrol⁴⁷ afirman, que el *eye tracking* o seguimiento ocular, es una tecnología que permite registrar y analizar los movimientos de los ojos, identificando hacia dónde, cuánto tiempo y en qué orden una persona dirige su mirada. En la actualidad, la mayoría de los *eye trackers* no son invasivos y se sirven de la grabación por vídeo, no son los únicos ni tampoco son, estrictamente hablando, los más precisos. Tenemos como por ejemplo los de sensado invasivo, que utilizan algo que esté adjunto al ojo, como una lente de contacto con un espejo incorporado; sin embargo, se extrae del mismo autor⁴⁸, que las personas suelen rechazar estos dispositivos por lo molesto de su uso, aunque cabe resaltar, permiten registrar el movimiento con

⁴⁵ Cao, Zijian; Suárez, Teo; Ramesh, Akshar; et al. "Quantifying Eye-Tracking Accuracy of the Apple Vision Pro." *arXiv*. 2024. Ithaca. Cornell University. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2406.00255>.

⁴⁶ MAGEE, Patrick; IENCA, Marcello; FARAHANY, Nita. "Beyond neural data: Cognitive biometrics and mental privacy." *Neuron*, vol. 112, n.º 18, 2024. Cambridge, MA: Cell Press. Disponible en: [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(24\)00652-4](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(24)00652-4)

⁴⁷ CONKIN Kathy; PELLICER Ana & CARROL Garreth. Op cit p. 1

⁴⁸ Ibid.,p, 3

gran precisión. Como último tipo de técnica de *eye tracking*⁴⁹ se encuentran los que utilizan potenciales eléctricos, medidos con electrodos colocados alrededor de los ojos, el cual puede medirse incluso con los ojos cerrados; siendo esta su principal ventaja, dado que se está registrando el campo magnético del ojo.

Un ejemplo de una herramienta *eye tracking* no invasiva es WebGazer desarrollada en JavaScript por un equipo de expertos de la universidad de Brown; ya que su diseño novedoso y gratuito permite que cualquier usuario con una cámara de mediana-alta calidad y un navegador compatible pueda hacer uso de esta por medio del seguimiento ocular. Papoutsaki⁵⁰, asegura que, WebGazer opera por medio de un sistema que se ajusta automáticamente en tiempo real, y se instruye a partir de lo que comúnmente realiza el usuario, particularmente de la relación que tiene entre el cursor y la mirada. Esta característica permite que haya una facilidad de uso, pues no es necesario que la persona tenga conocimientos técnicos acerca del dispositivo, y cuenta con una gran adaptabilidad a entornos donde las condiciones son totalmente variables. La herramienta detecta los patrones de seguimiento ocular y los proyecta justo en el punto de la pantalla donde el usuario esté observando.

Conforme con la plataforma WebGazer⁵¹, Los costos de la herramienta son variables y se dividen en cuatro escalones: el plan aficionado en el cual no hay un pago; pero el uso es limitado. Ahora, con un pago de 19 USD mensuales el plan se amplía reduciendo el tiempo que se toma en la verificación, y finalmente el tercer escalón denominado plan pro con un pago mensual de 69 USD incluye las mismas características del plan básico pero su cobertura aumenta a 300 monitores; y el plan negocio por un costo de 179 USD mensuales incluye 500 monitores y una verificación de 30 segundos.

En la práctica, advierte Papoutsaki⁵², la herramienta tiene disponibilidad para integrarse en sitios web con pocas líneas de código, lo que posibilita tener un sinfín de posibilidades dentro de aplicaciones ya sea para entretenimiento, marketing, aprendizaje interactivo-cognitivo, dado a su capacidad de entendimiento inmediato hacia aquellos elementos a los que el usuario dirige su atención y en especial su visión. Al igual puede ser usada por personas que

⁴⁹ Ibid., p. 3

⁵⁰ PAPOUTSAKI, Alexandra; SANGKLOY, Patsorn; LASKEY, James; DASKALOVA, Nediya; HUANG, Jeff; HAYS James. *WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions*, 2016 (Consulta: 4 de junio de 2025). Disponible en: https://jeffhuang.com/papers/WebGazer_IJCAI16.pdf

⁵¹ WebGazer. *Planes y precios: WebGazer*, 2025. Consultado: 6 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.webgazer.io/pricingstudylib.es+4>

⁵² PAPOUTSAKI, *Op. cit.*, p 6

poseen algún tipo de discapacidad que imposibilita su movilidad consciente. Por otra parte, Kaduk y otros⁵³, afirman que La exactitud de dicha herramienta está sujeta a condiciones como la nitidez y calidad de la cámara, los movimientos acelerados que tenga el sujeto fuera del rango permitido así este esté haciendo uso de la mentonera, además la velocidad de captura de los datos aún no es tan potente como se requeriría para investigaciones que requieren un nivel de alta precisión. A pesar de que es muy probable enmendar estas limitaciones, el trabajo de optimización de la herramienta es fundamental para que los datos que esta proporciona tengan un rango más extenso de fiabilidad.

Por otro lado, según Kim, Lee, Jeon y Kim⁵⁴ GazePointer es una herramienta avanzada de eye tracking que permite analizar de forma más precisa el comportamiento visual de los usuarios frente a diferentes estímulos digitales producidos por el computador. Esta tecnología es diseñada bajo interfaces (BCI), y la investigación de experiencia de usuario (UX), ya que ofrece datos en tiempo real indicando hacia dónde y por cuánto tiempo una persona dirige su mirada. GazePointer se destaca por su portabilidad y facilidad de uso, ya que no requiere calibraciones complejas ni equipos costosos; puede descargarse libremente a través de plataformas como GitHub y su código abierto permite ser modificado conforme a las necesidades específicas del usuario, lo que representa una ventaja significativa en términos de personalización e innovación.

Otro ejemplo que se encuentra dentro del sistema eye tracking no invasivo es OpenViBE, el cual conforme a Lécuyer & Renard⁵⁵, es un software gratuito y de código abierto que ha sido creado con el objeto de facilitar la creación de aplicaciones que recopilan, interpreten y den uso a la actividad cerebral como un camino para permitir la comunicación por medio de dispositivos electrónicos. OpenViBE es compatible en sistemas como Linux y Windows, y ofrece una afinidad bastante grande con diversos tipos de hardware. Aunque el software es gratuito, el uso de este depende de elementos externos como los auriculares *Emotiv*, cuyo precio puede elevarse incluso hasta los 800 euros. Con

⁵³ KADUK, Tobiasz; GOEKE, Caspar; FINGER, Holger; KÖNIG, Peter. *Webcam eye tracking close to laboratory standards: Comparing a new webcam-based system and the EyeLink 1000* [en línea]. *Behavior Research Methods*. 2024, vol. 56, pp. 5002–5022. [Consultado: 6 de junio de 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.3758/s13428-023-02237-8>

⁵⁴ Kim, M.; Lee, J.; Jeon, C. & Kim, J. "A Study on Interaction of Gaze Pointer-Based User Interface in Mobile Virtual Reality Environment". *Symmetry*. 2017. 9, 189. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-8994/9/9/189>

⁵⁵ LÉCUYER, Anatole; RENARD, Yann. "OpenViBE: software de código abierto para interfaces cerebro-computadora". *ERCIM News*. . Disponible en: <https://ercim-news.ercim.eu/en78/rd/openvibe-open-source-software-for-brain-computer-interfaces>

este sistema, es posible que personas con movilidad reducida accedan a medios digitales, se comuniquen o incluso controlen sus aparatos de movilidad u otros dispositivos solo con el uso de su actividad cerebral. OpenVIBE ha sido un punto clave en la investigación en herramientas de la neuro tecnología y la cognición humana. Al ser esta una herramienta de un nivel alto de personalización, permitiendo así a los investigadores probar con diferentes prototipos mentales, y técnicas de entrenamiento del usuario hacia las diferentes herramientas.

Según los autores, Maryam Sohail, M. Nafees Geelani, M. Usman Ghani y Sarah Chaudhry⁵⁶; GazePointer ocupa una cámara tradicional junto con una iluminación infrarroja para localizar los movimientos oculares, permitiendo manejar una computadora solo con la visión. Tiene una estructura de código abierto y su costo es relativamente bajo permitiendo ser una alternativa viable en contextos de escasos recursos económicos. Esta hace uso de algoritmos específicos competentes de seguir el movimiento ocular en diferentes formas: monocular y binocular, además de permitir precisar con alta definición la pupila y los reflejos corneales. El sistema primario de la herramienta tiene un costo menor a los 40 USD y es compatible con el sistema operativo de Windows, lo que facilita una extensa divulgación. Por otro lado, el GazePointer permite una emisión exacta de datos de la mirada en tiempo real, con una precisión bastante alta.

De manera complementaria, en una noticia de Cadena Ser⁵⁷ encontramos que, en España se está desarrollando la iniciativa *IASpeak*, la cual utiliza redes neuronales artificiales para convertir vocalizaciones distorsionadas, propias de personas con daño cerebral adquirido, en mensajes claros y comprensibles. Esta herramienta, basada en aprendizaje automático, refuerza el potencial de la IA para devolver autonomía comunicativa a quienes han perdido sus capacidades verbales. Expertos como Manoli Muro, presidenta de CERMI La Rioja (Comité Español de Representantes de Personas con Discapacidad de La Rioja), insisten en que la IA accesible debe desarrollarse de forma ética, garantizando el respeto de los derechos de las personas con discapacidad. Este no cuenta aún con una posible comercialización pues se encuentra en fase investigativa y por ende no contiene un precio fijo.

⁵⁶ SOHAIL, Maryam; GEELANI, M. Nafees; GHANI, M. Usman; CHAUDHRY, Sarah. "GazePointer: A Real-Time Mouse Pointer Control Implementation Based on Eye Gaze Tracking". *International Multitopic Conference*. 2012. Lahore (Pakistán), COMSATS Institute of Information Technology, pp.11

⁵⁷ CADENA SER. Inteligencia artificial al servicio de las personas con trastornos del habla. 27 may. 2025 consultado el 31 mayo 2025. Disponible en: <https://cadenaser.com/navarra/2025/05/27/inteligencia-artificial-al-servicio-de-las-personas-con-trastornos-del-habla-radio-pamplona/>

6. La integración de tecnologías neurodigitales no invasivas en el proceso judicial

En Colombia, la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV) realizada por el y requería cuidados permanentes, los cuales son asumidos en un 75 % por algún miembro del hogar⁵⁸. Cabe resaltar que Colombia, según los datos macro más recientes, cuenta con una población aproximada de 52.216.000 habitantes. Por tanto, es plausible que el número de personas con discapacidades severas esté en aumento, fenómeno que plantea desafíos sustanciales en términos de inclusión y acceso efectivo a la justicia, pues muchas de estas personas carecen de medios adecuados para expresar su voluntad, aportar pruebas, interactuar con sus defensores o en general a poder ser escuchadas y comprendidas durante los procesos judiciales; incluso, en situaciones tan trascendentales como la manifestación del consentimiento para procedimientos como la eutanasia, su participación puede verse completamente obstaculizada, como ya se observó en el caso de Érika Morales.

Ante este panorama, resulta imperativo preguntar, ¿cómo puede hablarse de debido proceso o de igualdad de armas cuando una persona ni siquiera puede comunicarse con su defensor o mucho menos su voluntad pueda ser atendida ante un juez?, esta situación constituye una forma de discriminación procesal estructural, ante esta situación resulta necesario el Integrar tecnologías como el Speller P300, GazePointer, OpenViDE, las gafas Apple Vision Pro y WebGazer. js en el sistema judicial, como oportunidad para garantizar el acceso efectivo a la justicia de personas con limitaciones severas.

Conforme a Bonilla Carreño⁵⁹, El *Speller P300* permite que una persona pueda seleccionar letras y construir palabras únicamente con su pensamiento y puede ser aplicado para la redacción de documentos en este caso con carácter jurídico, la emisión de respuestas durante una audiencia o la firma digital de consentimientos procesales. Su integración en el proceso judicial puede hacerse

⁵⁸ COLOMBIA. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). "Panorama general de la discapacidad en Colombia" [en línea]. Bogotá D.C. DANE, 30 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/discapacidad/Panorama-general-de-la-discapacidad-en-Colombia.pdf> [Consultado el 15 junio 2025]

⁵⁹ BONILLA Carreño, F. M., PEÑA Martin, J. J., Quiñones Quiñones, A., Arias, O. M., & Parra Rodríguez, A. (2024). *Diseño e implementación de una BCI Speller con P300 en estudiantes universitarios*. Revista Iberoamericana de Neuropsicología, 7(2), jul-dic. Recuperado de <https://neurolplataforma.com/contenido/disenio-e-implementacion-de-una-bci-speller-con-p300-en-estudiantes-universitarios/> Consultado 6 de junio de 2025.

a través de estaciones de trabajo con software especializado, con ayuda de especialistas como, por ejemplo, neurólogos, ingenieros en sistemas e ingenieros eléctricos. Cabe resaltar que el precio de esta herramienta es de aproximadamente 353.000 pesos colombianos⁶⁰, con acceso por el término de 12 meses, brindando facilidad de instalación en los despachos judiciales o incluso usarla en las casas de los usuarios, especialmente en audiencias virtuales donde se desarrolle la práctica de interrogatorios, asegurando la intervención directa del titular del derecho sin necesidad de un tercero que interprete o medie su voluntad, lo cual se ajusta al principio de inmediación consagrado en el artículo 6 del Código General del Proceso (*de aquí en adelante CGP*). Permitiendo así garantizar la contradicción y la defensa técnica en las actuaciones judiciales, pues en ese caso la persona con discapacidad podrá ser oída y participará activamente en el proceso.

La implementación de GazePointer, herramienta ya estudiada en capítulos anteriores, acorde con la ley 2213 de 2022, permitirá que se mejore la comparecencia y participación activa de los actores procesales, pues en consonancia con las sentencias C-420 de 2020⁶¹ y C-361 de 2023⁶², las cuales permiten el uso de pruebas virtuales y a su vez se recomienda la implementación de medidas de protección para los actores procesales preservando así su derecho de defensa; GazePointer se presenta como una herramienta complementaria alineada con la evolución tecnológica al aportar datos objetivos sobre la atención ocular de jueces y testigos, permitiendo afianzar la valoración de pruebas y fortalecer la objetividad del juzgamiento virtual. No obstante, su admisibilidad dependerá de su uso conforme a estándares técnicos adecuados, con peritajes que garanticen su validez, y del resguardo del derecho a la intimidad y la protección de datos sensibles, según lo exige el debido proceso.

Por otro lado, la herramienta GazePointer⁶³, ofrece una mayor precisión en el rastreo ocular y permite calibraciones personalizadas para mejorar la

⁶⁰ ANALYSIS OF EEG SIGNALS ON OVERT AND COVERT USING P300 SPELLER: Amazon, 2017. [Consultado el 6 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.amazon.com.mx/Analysis-Signals-Overt-Covert-Speller/dp/6202078154>

⁶¹ CORTE CONSTITUCIONAL. *Sentencia C420 de 2020*. Bogotá: Corte Constitucional, 24 de septiembre de 2020. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=155787>

⁶² CORTE CONSTITUCIONAL. *Sentencia C361 de 2023*. Bogotá: Corte Constitucional, 2023. Disponible en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2023/c-361-23.htm>

⁶³ SOHAIL, Maryam; GEELANI, M. Nafees; GHANI, M. Usman; CHAUDHRY, Sarah. "GazePointer: A Real-Time Mouse Pointer Control Implementation Based on Eye Gaze

experiencia de usuarios con diversos grados de movilidad o capacidad visual. A diferencia de WebGazer.js⁶⁴, que funciona directamente con cámaras web, el GazePointer puede complementarse con hardware adicional para mejorar la fiabilidad en entornos judiciales exigentes, como salas de audiencia; sin embargo al igual que Speller P300, herramienta que requiere para que su uso efectivo la supervisión de especialistas profesionales, como licenciados en informática o ingenieros en sistemas; esta herramienta conforme a las reglas de comisión reguladas en los artículos 37 y 171 del CGP, podría especialmente ser útil para implementar estaciones de testimonio asistido en juzgados físicos o virtuales, donde una persona con cualquier tipo de limitación pueda rendir declaración o responder preguntas con un margen mínimo de error.

Iterando lo referido por Lécuyer & Renard⁶⁵, OpenVibe, permite incorporar subtítulos automáticos, interpretación en lengua de señas y herramientas de accesibilidad como lectores de pantalla y comandos visuales. En combinación con herramientas como WebGazer.js o el Speller P300; OpenVibe facilitará la comparecencia efectiva de personas con discapacidad durante todo el proceso judicial, ya que puede emplearse para expresar consentimiento, rendir testimonio o presentar escritos legales. Este tipo de comunicación puede ser especialmente útil en casos como el de Erika Morales, quien conservaba sus capacidades cognitivas, pero carecía de medios físicos para expresarse plenamente. Los archivos generados mediante OpenVibe cumplen con las condiciones de validez para ser considerados como prueba documental dentro del proceso judicial, como lo establecen los artículos 244 y 247 del CGP. Además, la Ley 527 de 1999⁶⁶ reconoce expresamente el valor probatorio de los mensajes de datos siempre que sean accesibles y verificables, lo cual es plenamente posible con los

Tracking". *International Multitopic Conference*. 2012. Lahore (Pakistán), COMSATS Institute of Information Technology, pp.11

⁶⁴ PAPOUTSAKI, Alexandra; GOKASLAN, Aaron; DE SMET, Ida; KOO, Xander; TOMPKIN, James; HUANG, Jeff. "WebGazer.js: Democratizing Webcam Eye Tracking on the Browser". *Brown University*; 2016, Providence. Disponible en: <https://webgazer.cs.brown.edu/>

⁶⁵ LÉCUYER, Anatole; RENARD, Yann. OpenViBE: software de código abierto para interfaces cerebro-computadora. En: ERCIM News. No. 78, enero 2009. Consultado: 5 de junio de 2025. Disponible en: <https://ercim-news.ercim.eu/en78/rd/openvibe-open-source-software-for-brain-computer-interfaces>

⁶⁶ Congreso de Colombia. (1999). *Ley 527 de 1999: Por medio de la cual se define y reglamenta el acceso y uso de los mensajes de datos, del comercio electrónico y de las firmas digitales, y se establecen las entidades de certificación y se dictan otras disposiciones*. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4276f> consultado 7 de junio de 2025.

registros generados por OpenVibe. Además, según Luna Salas⁶⁷, estos archivos pueden ser acompañados por dictámenes periciales neurotecnológicos que garanticen la autenticidad, voluntariedad y confiabilidad del contenido generado. Asimismo, Las gafas Apple Vision Pro, tienen un enorme potencial en el ámbito judicial, pues permitirán recrear entornos inmersivos accesibles en los que una persona con discapacidad pueda interactuar con los elementos de una audiencia virtual mediante el movimiento ocular o comandos de voz

Por último, Papoutsaki⁶⁸ sobre WebGazer.js, una tecnología desarrollada por la Universidad de Brown, manifiesta que ofrece un enfoque accesible para el seguimiento ocular, al funcionar directamente con la cámara web de un computador convencional, sin requerir dispositivos externos especializados, siendo la herramienta más avanzada y fácil de acceder, pues encontramos su código con tan solo navegar en la web y a un clic para acceder a ella además de que como lo hemos mencionado en el acápite anterior es completamente gratuita, permitiendo deducir que su implementación en los portales web de la Rama Judicial dará acceso a personas con movilidad reducida para navegar por las plataformas digitales del sistema judicial como el Sistema de Información Judicial (SIJ) o LEX⁶⁹, utilizando únicamente el movimiento ocular. Además, WebGazer.js puede integrarse con teclados virtuales para que los usuarios redacten documentos jurídicos o contesten interrogatorios durante las audiencias. De esta forma se garantiza el derecho a ser oído consagrado en el artículo 29 de la Constitución Política y en el artículo 8.1 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos⁷⁰. De haber contado con estas herramientas, Erika pudo rendir testimonio directamente ante un juez, participar en una audiencia o expresar su voluntad médica o jurídica sin intermediarios, cumpliendo así con el mandato de accesibilidad y ajustes razonables previsto en el artículo 13 de la

⁶⁷ Luna Salas, F. (2019). Técnicas neurocientíficas como medio de prueba pericial. *Prolegómenos*, Recuperado de https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-182X2019000200143 consultado 7 de junio de 2025.

⁶⁸ PAPOUTSAKI, Alexandra; SANGKLOY, Patsorn; LASKEY, James; DASKALOVA, Nediya; HUANG, Jeff; HAYS James. *WebGazer: Scalable Webcam Eye Tracking Using User Interactions*, 2016 (Consulta: 4 de junio de 2025). Disponible en: https://jeffhuang.com/papers/WebGazer_IJCAI16.pdf

⁶⁹ Rama Judicial. *Sistemas de Información – Transparencia y Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional*. Bogotá, D.C.: Rama Judicial, Consultado: 6 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.ramajudicial.gov.co/web/ley-de-transparencia-y-del-derecho-de-acceso-a-la-informacion-publica-nacional/sistemas-de-informacion>

⁷⁰ Organización de los Estados Americanos (OEA). *Convención Americana sobre Derechos Humanos (Pacto de San José de Costa Rica)*. Consultado: 6 de junio de 2025. Disponible en: https://www.oas.org/dil/esp/1969_Convenci%C3%B3n_Americana_sobre_Derechos_Humanos.pdf

Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad⁷¹, ratificada por Colombia mediante la Ley 1346 de 2009, y desarrollado internamente por la Ley 1996 de 2019. Desde el punto de vista normativo, todas estas tecnologías encuentran respaldo en el artículo 103 del Código General del Proceso, que promueve el uso de TIC en la administración de justicia, así como en la Ley 1618 de 2013 y la ya referida Ley 1996 de 2019, que exigen garantizar apoyos razonables y accesibles para las personas con discapacidad.

¿Pero cómo se financian los costos de estas herramientas?, si bien no son tan altos, es menester reconocer que los juzgados en Colombia pueden implementar herramientas tecnológicas mediante diversas fuentes de financiación, por ejemplo, usando el presupuesto de la rama judicial, administrado por el consejo superior de la judicatura, implementado en la resolución No. 3795 24 de enero del 2025, por la cual se desagrega y se asigna el presupuesto de inversión de la rama judicial, dentro del rubro transformación digital de la justicia de mediano y largo plazo, con código de producto 2701057-022, por valor de 458.503.000 pesos⁷², además, el plan nacional de desarrollo 2022-2026, aprobado por la ley 2294 de 2023⁷³, incluye programas destinados a la transformación digital de la justicia, facilitando recursos para proyectos de modernización tecnológica. Existen también fondos especiales, como los del ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones (MinTic) y el fondo nacional de discapacidad, que pueden ser utilizados para garantizar la accesibilidad de personas con discapacidad, en cumplimiento de la ley 1618 de 2013⁷⁴.

⁷¹ Organización de las Naciones Unidas. *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*. Nueva York: ONU, 2006. Artículo 13. Consultado: 6 de junio de 2025. Disponible en: <https://www.un.org/esa/socdev/enable/documents/tccconvs.pdf>

⁷² Rama Judicial – Consejo Superior de la Judicatura. Dirección Ejecutiva de Administración Judicial. (2025). *Resolución No. 3795 de 24 de enero de 2025: Por la cual se desagrega y asigna el presupuesto de inversión de la Rama Judicial, en los rubros definidos en el catálogo de clasificación presupuestal*. disponible en: <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/3275845/175846352/RES.+3795+-+2025+-+UPLA-016+%281%29.pdf/d8cb1da7-d130-7c4c-7503-adbaac33a97f?t=1740762245402> Consulta: 6 de junio de 2025.

⁷³ Congreso de Colombia. (2023, 19 de mayo). *Ley 2294 de 2023: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”*. Diario Oficial. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510> Consulta: 6 de junio de 2025.

⁷⁴ Congreso de la República de Colombia. (2013, 27 de febrero). *Ley Estatutaria 1618 de 2013: Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad*. Diario Oficial No. 48.717. Disponible en <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1685302> Consulta: 6 de junio de 2025.

En definitiva, la implementación de estas tecnologías representa mucho más que una innovación técnica, pues es la clave para materializar una justicia digital inclusiva, basada en la dignidad humana, la autonomía y el principio de no discriminación. Tal como lo afirma el gran autor Ferrajoli⁷⁵: “Los derechos fundamentales se afirman como ‘leyes del más débil’ en alternativa a la ley del más fuerte que regirá en su ausencia.” Garantizar que una persona con discapacidad pueda comunicarse por medio de la mirada, el pensamiento o entornos virtuales inmersivos no es un privilegio, sino un derecho inalienable.

7. Conclusiones

La integración de tecnologías neurodigitales no invasivas en el sistema judicial colombiano no es una visión desde una perspectiva del futuro, por el contrario, es una exigencia ética, jurídica y constitucional impostergable, pues frente a un panorama en el que personas con discapacidades severas son invisibilizadas y excluidas del ejercicio efectivo de sus derechos, herramientas como el Speller P300, GazePointer, ITU Gaze Tracker, OpenViDE, Apple Vision Pro y WebGazer.js, se convierten en canales hacia la dignidad, la autonomía y la participación. Su aplicación en audiencias, rendición de pruebas y manifestaciones de voluntad permite quebrantar las barreras estructurales del sistema judicial, garantizando el debido proceso, la inmediación y la contradicción desde una perspectiva de justicia inclusiva, respaldadas por marcos normativos nacionales e internacionales, además de ser viables financieramente a través de recursos ya contemplados por el Estado, estas tecnologías deben ser asumidas como ajustes razonables obligatorios y no como prestamos excepcionales. Garantizar que las personas con discapacidades severas puedan ser escuchadas a través de la mirada o el pensamiento representa un avance esencial hacia una justicia incluyente, reconocer su voz, incluso cuando no puede expresarse con palabras, es reafirmar que el acceso a la verdad y a la igualdad no puede depender de las capacidades físicas ni cognitivas.

Bibliografía

- AGENCIA ESPAÑOLA DE PROTECCIÓN DE DATOS. *Neurodatos y neurotecnología: privacidad y protección de datos personales*. Madrid: AEPD, 2021.
- APPLE INC. *Buy Apple Vision Pro*. Estados Unidos.

⁷⁵ Ferrajoli, L. (1999). *Derechos y garantías: La ley del más débil*. Madrid: Editorial Trotta. Disponible en <https://www.te.gob.mx/formulario/media/files/4cd91799f6a2a69.pdf>
Consulta: 6 de junio de 2025.

Tecnologías neurodigitales no invasivas en el proceso como herramientas de apoyo judicial

ARMUNIA BERGES, Cristina. *Qué son los neurodatos y qué protección legal tienen*. Maldita Tecnología.

BITBRAIN. *Interfaces cerebro-computador (BCI): qué son y para qué se utilizan*. España: Bitbrain, 2024

BROWN UNIVERSITY. WebGazer.js. Versión 3.3.0. Providence: Brown University.

CADENA SER. *Inteligencia artificial al servicio de las personas con trastornos del habla*. Cadena SER, 27 may. 2025.

CANCINO MERENTES, Martha Edith; CLIMENT GALLARD, Jorge Antonio; GONZÁLEZ DE LA VEGA, Geraldina. *Eutanasia y suicidio asistido: un análisis de derecho comparado*. Boletín Mexicano de Derecho Comp. vol. 58.

CAO, Zijian; SUAREZ, Teo; RAMESH, Akshar; et al. *Quantifying Eye-Tracking Accuracy of the Apple Vision Pro*.

CHE, Z., Wan, X., Xu, J. *Hablar sin cuerdas vocales mediante un sistema portátil de detección y actuación asistido por aprendizaje automático*.

COLIN. *Disabled people in Britain and discrimination: a case for anti-discrimination legislation*. Londres: Hurst & Company, 1991. p. 55.

CORNEJO-PLAZA, Isabel; CIPPITANI, Roberto. *Los neurodatos y su protección frente a la inteligencia artificial y las neurotecnologías*. *Cadernos Ibero-Americanos de Direito Sanitário*.

Datosmacro.com. *Colombia: Economía y demografía*: Datosmacro, 2025.

DANE. (2020). *Panorama general de la discapacidad en Colombia*.

DANE. *Discapacidad y cuidadores: una mirada desde la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH)*. Bogotá, D.C.: DANE, 2023. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas-casen/abril-2023-DiscapCuidadores.pdf>

ECHEVERRI, Elkin. *¿Estamos preparados para la quinta revolución industrial?* Instituto Centroamericano de Administración Pública.

EL PAÍS. *Los nuevos caminos de la digitalización*. 11 de mayo de 2025.

EL TIEMPO. *Ella es Erika Yanira Morales, la joven de 20 años que espera eutanasia*. 30 de abril de 2025.

EMSSANAR. (2025). *Comunicado oficial sobre el caso de Erika Morales*. Pasto.

FERRAJOLI, L. (1999). *Derechos y garantías: La ley del más débil*. Madrid: Editorial Trotta.

- IENCA, Marcello; ANDORNO, Roberto. *Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology*. *Life Sciences, Society and Policy*.
- KADUK, Tobiasz; GOEKE, Caspar; FINGER, Holger; KÖNIG, Peter. *Webcam eye tracking close to laboratory standards: Comparing a new webcam-based system and the EyeLink 1000*.
- LÉCUYER, Anatole; RENARD, Yann. *OpenViBE: software de código abierto para interfaces cerebro-computadora*. En: ERCIM News. No. 78, enero 2009.
- MADGWICK, S. *OpenGazer Eye Tracker Demo*. YouTube, 2012.
- MAGEE, Patrick; IENCA, Marcello; FARAHANY, Nita. *Beyond neural data: Cognitive biometrics and mental privacy*. En: Neuron. 2024. [https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273\(24\)00652-4](https://www.cell.com/neuron/fulltext/S0896-6273(24)00652-4)
- NEW YORK POST. *NY neurotech company's brain implant allows ALS patient to control Amazon's Alexa with thought*.
- NOTICIAS CARACOL. Carta de Erika Morales: dolor, dignidad y eutanasia. YouTube, 11 de abril de 2025.
- PARRA, A. ¿Qué es el eye tracking? España: QuestionPro, 2020.
- PROTECCION DE DATOS LOPD. ¿Qué son los neurodatos y cómo se protegen?. España: Protección Datos LOPD, 2024.
- PROINTER. *Wedgaze: Herramienta de eye tracking accesible y precisa*. Colombia: Prointer, 2023 citado 14 de junio de 2025.
- QUINTERO-CUSGUEN, Patricia. *El derecho a una muerte digna en Colombia nos concierne a todos*. Acta Neurológica Colombiana, vol. 37, núm. 4, 2021, pp. 219-223.
- RAMA JUDICIAL. *Sistemas de Información – Transparencia y Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional*. Bog. D.C.
- SCHWAB, Klaus. *Nos llevó casi 4 años conectar a mil millones de personas a servicios digitales vitales. Debemos redoblar nuestros esfuerzos a medida que el mundo entra en la era de la IA*. Foro Económico Mundial, 7 de octubre de 2024.
- UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA (UPB). *Primera audiencia en el Metaverso en Colombia*.
- VARJO TECHNOLOGIES OY. *Varjo*. Helsinki: Varjo Technologies Oy.
- WEBGAZER. *Planes y precios*.
- YOUTUBE. *OpenGazer Eye Tracker Demo*.