

## Potencialidades del uso de las herramientas informáticas para la optimización del acceso a la oferta educativa de personas adultas con trastornos neuromusculares que habitan en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá

**Autores:** Sánchez-Álvarez, Jhon Fernando; Cardona-Rodas, Hilderman; Jiménez-Builes, Jovani Alberto\*

**Contacto:** \*[jajimen1@unal.edu.co](mailto:jajimen1@unal.edu.co)

**País:** Colombia

### Resumen

A nivel mundial, alrededor de 790 millones de personas padecen al menos un tipo de discapacidad, lo que equivale aproximadamente al 10% de la población del planeta. De la anterior cifra, 79 millones de personas sufren una discapacidad de tipo muscular-motriz (10% de la población total en situación de discapacidad) (Stucki et al., 2007).

Según el Ministerio de Educación Nacional (2012) “119.060 estudiantes diagnosticados con necesidades educativas especiales fueron matriculados en educación básica. Aun así, los datos del censo de 2005 indican que había 426.425 menores de 17 años con alguna forma de discapacidad, lo que sugiere que muchas y muchos de ellos no están estudiando” (OCDE, 2016).

Las enfermedades neurodegenerativas son una clase de trastornos neurológicos donde las neuronas del sistema nervioso central fallecen y/o se dañan provocando graves discapacidades, y produciendo finalmente la muerte (Tăuțan et al., 2021).

Desde la perspectiva de acceso a la oferta educativa a personas con condiciones neuromusculares diversas, se tiene poca información. Sin embargo, la posibilidad de adquirir algunas herramientas presenta algunas dificultades, como: escasas de oferta, altos costos, complejidad de uso y alta demanda de mantenimiento (Koester; 2003). Algunos investigadores justifican que las limitaciones de físicas de estos equipos deben ser resueltas por medio de las aplicaciones de software (algoritmos), posibilitando una mejor usabilidad (Sánchez, 2015). En algunos casos, utilizan los algoritmos de inteligencia artificial denominados eye tracking.

El valor agregado del presente trabajo desde la perspectiva de la relevancia social, es la de analizar las potencialidades de ofrecer una herramienta informática que permita mejorar el acceso a la oferta educativa de las personas adultas que padezcan condiciones neuromusculares diversas. Desde el enfoque didáctico representa un reto trascendental que vale la pena abordar y explorar. Desde el punto de vista técnico-científico se espera aportar a la problemática de esta población haciendo uso de la informática.

**Palabras clave:** Educación inclusiva, oportunidades de aprendizaje, discapacidad, condiciones neuromusculares diversas, seguimiento ocular.

### 1. Introducción

Con relación a las personas en situación de discapacidad, el Departamento Nacional de Estadísticas de Colombia (DANE, 2022) indica que

durante el trimestre de abril - junio 2022, la tasa global de participación (TGP) de la población con discapacidad fue de 24,4%, en comparación con la TGP de la población sin discapacidad de 66,0%, lo que significa una diferencia negativa de 41,6 puntos porcentuales entre ambas pobla-

ciones. En cuanto a la tasa de ocupación, se evidencia que hay una diferencia negativa de 37,3 puntos porcentuales (p.p.) entre la población con discapacidad y sin discapacidad, pues para la primera, esta tasa fue de 21,4% y para la segunda de 58,8%. Por otro lado, al observar la tasa de desempleo se evidencia que hay una diferencia de 1,1 p.p. dada por una tasa de 12,1% para la población con discapacidad y 11,0% para las personas sin discapacidad.

Es imperioso contar que, si bien estas cifras recientes son alarmantes, ya al menos, este tipo de datos asociados a la población con discapacidad que antes había sido discriminada y no visible en la información estadística oficial, ahora es priorizada.

Cada día aumenta el número de casos de discapacidad en nuestro país y en el mundo. Algunas discapacidades, especialmente aquellas que son consecuencia de enfermedades neurodegenerativas que afectan los músculos, el cuerpo de las personas afectadas se convierte en un nudo. Algunas personas nacen con este padecimiento, pero en otras le surge a medida que va avanzando sus vidas o a causa de accidentes.

Investigaciones han demostrado la posibilidad de usar aplicaciones informáticas (también conocidas como herramientas virtuales, digitales, tecnológicas, transformación digital, entre otras) de una manera tal, que se puedan disponer como herramientas asistivas para el acompañamiento a personas en situación de discapacidad en sus rutinas diarias, incluso logrando incluirlos de manera educativa y laboral (Vincent, 1986). No obstante, poseen tres grandes defectos, a saber: su costo, complejidad de uso y la alta demanda de mantenimiento, los cuales los vuelven inviables, por lo que se abandonan poco tiempo después de su adquisición y uso (Phillips y Zhao, 1993; Scherer, 2002; Koester; 2003). Algunos investigadores justifican que las limitaciones de hardware deben ser solventadas por medio de software, posibilitando una mejor usabilidad de los periféricos de entrada (Law et al., 2005; Sánchez, 2015), como es el caso de los algoritmos de seguimiento ocular.

En este artículo se presenta una experiencia asociada a una experimentación usando un algoritmo de la inteligencia artificial denominado “eye-tracking” diseñado para que una persona con distrofia muscular generalizada comenzara a hacer uso de dispositivos móviles de uso genérico para acceder al servicio educativo. Lo novedoso del prototipo diseñado, desde la perspectiva técnica, es que no se requieren dispositivos especiales de hardware y/o software. Además, después del entrenamiento inicial, la persona en situación de discapacidad no requiere de otra persona que la apoye en el uso del computador, tableta o teléfono celular, logrando así, un nivel autonomía requerido (Adefila, 2020); aunque también se mejoraron las variables de flexibilidad y adaptabilidad. A futuro se espera tratar de incluir, al menos de manera educativa, a algunas personas con enfermedades neurodegenerativas. El Estado colombiano apenas está comenzando a incluir sus datos en las estadísticas oficiales para generar y medir la eficiencia de los diferentes planes, programas y proyectos, especialmente en la ocupación laboral de estas personas; aunque para algunos autores, el paradigma de la inclusión es solo un discurso del neoliberalismo (Betancur, 2021). Además de este capítulo, el artículo incluye una descripción de la metodología utilizada, se continúa con un apartado de análisis de los resultados y al final se presentan las conclusiones.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Discapacidad**

La discapacidad es también conocida como diversidad funcional, necesidades especiales y capacidades diferentes. El (DANE, 2022) define a una persona en situación de discapacidad como “un problema a la vez

social y personal, que requiere no solo de atención médica y rehabilitadora, sino también de apoyo para la integración social, y cuya superación exige cambios tanto personales como en el entorno. En este sentido, la discapacidad se constituye como la interacción entre características de las personas (tener una limitación funcional) y características de su entorno (barreras físicas o sociales que evitan la participación efectiva en igualdad de oportunidades que los demás). Como se indicó anteriormente, si bien es interesante que la población en situación de discapacidad ya aparezca en las cifras estadísticas oficiales, es preocupante que se tenga pocos datos, información y conocimiento acerca de la escolaridad de dicha población. Para otros autores (UPIAS 1976; Oliver, 1998; Oliver y Barnes, 2012; Moya, 2022) la discapacidad es un fenómeno biológico, pero a la vez social en donde en esta segunda categoría es evidente el resultado de la imposición de barreras y/o restricciones sociales, a las personas que portan un impedimento físico y/o mental.

Según el Ministerio de Salud y Protección Social (2020) “las afectaciones en estructuras o funciones corporales, así como las limitaciones para realizar una tarea, junto con restricciones en la participación dan lugar a la condición de discapacidad”. El porcentaje de la población con discapacidad es del 76,8%. Las personas con discapacidad registradas en Colombia, se concentran principalmente en Bogotá (18,3%), Antioquia (13,8%), y Huila (5,1%) Santander (4,7%), y Cali (4,2%). La mayoría de las personas con discapacidad son adultos mayores (39%). El 15% de las personas con discapacidad manifestó ser víctima del conflicto armado, el 72,6% son indígenas, el 26,8% se reconoce como Negro, Afrodescendiente, raizal o Palenquero y el 0,52% como Rrom. Los porcentajes de hombres con alguna discapacidad es de 50,1% y el de mujeres 48,9%.

## 2.2. Padecimientos neuromusculares

Las condiciones neuromusculares diversas o trastornos del aparato muscular presentan como característica común la pérdida de fuerza, que con frecuencia es progresiva.

**TABLA 1. Principales enfermedades neuromusculares en función de su localización**

	Hereditarias Adquiridas	
Enfermedades de motoneurona	Neuropatía con susceptibilidad a las parálisis por presión	Poliomielitis
Enfermedades de nervio periférico	Neuropatías hereditarias sensitivas y autonómicas Neuropatías hereditarias motoras distales	Síndrome de Guillain-Barré Polirradiculoneuropatía crónica inflamatoria desmielinizante Neuropatías metabólicas Neuropatías tóxicas/por fármacos Neuropatías carenciales Neuropatías paraneoplásicas
Enfermedades de la unión neuromuscular	Síndromes miasteniformes congénitos	Miastenia gravis Síndrome de Eaton-Lambert Botulismo
Enfermedades musculares	Distrofias musculares	Miopatías inflamatorias
Atrofia muscular espinal	- Distrofia miotónica	Miositis víricas
Paraparesia espástica familiar	- Distrofia facio-escápulo humeral	Miopatías tóxicas/por fármacos
Enfermedad de Charcot-Marie-Tooth	- Distrofinopatías (DMD, DMB)	Miopatías secundarias a trastornos endocrinológicos
	- Distrofias de cinturas	
	- Distrofias musculares congénitas	
	Miopatías congénitas	
	Miopatías distales	
	Miopatías mitocondriales	
	Miopatías metabólicas	
	Esclerosis lateral amiotrófica	

Fuente: Adaptada de Camacho et al., 2018.

La debilidad conlleva problemas ortopédicos secundarios como: rigidez, sueño y/o deformidades articulares (Amayra et al., 2014; Garcés et al., 2016). Afecta al sistema nervioso periférico, músculo esquelético, unión neuromuscular y médula espinal. El conjunto de este trastorno es muy numeroso y viene marcado por la heterogeneidad (ver Tabla 1).

En algunos casos, el padecimiento inicia en la edad pediátrica (Camacho et al., 2014), perturbando las células nerviosas (neuronas motoras) que controlan los músculos que le permiten moverse, hablar, respirar, tragar y controlar esfínteres (Talbot, 2002); que en la evolución del padecimiento, constituyen la principal causa de mortalidad. Otros síntomas frecuentes son la fatiga, contracturas y/o dificultad para la relajación muscular. Las principales manifestaciones no motoras son la alteración de la sensibilidad, dolor y disautonomía (Garcés et al., 2016). Dentro del espectro de la neurología, este trastorno abarca patologías como: médula espinal, radiculopatías, lesiones plexuales, lesiones de los nervios periféricos, trastornos de la transmisión neuromuscular y miopatías (Álvarez y Medina, 2004).

### 2.3. Problemáticas asociadas al acceso a la educación

Entre muchas causas, a continuación se describen cinco de los factores asociados a las problemáticas de acceso a la educación para la población adulta que padecen condiciones neuromusculares diversas (Tarabini, 2017; OPS, 2023; ONU, 2023):

- Poca o nula formación de los docentes, familias, cuidadores e instituciones para ofrecer el servicio educativo a estudiantes que padecen condiciones neuromusculares diversas. Estos estudiantes representan un mayor esfuerzo a nivel de trabajo docente. Ausencia de relaciones cercanas y valoraciones positivas entre los alumnos y docentes. Son altos los costos asociados a contratar acompañantes, asistentes humanos y/o profesores capacitados para asistir a estudiantes con condiciones neuromusculares diversas.
- Falta de personalización del proceso de aprendizaje. Rigidez en la organización del currículo y en las prácticas pedagógicas. Los modelos curriculares y pedagógicos son altamente jerarquizados y homogenizados para todos los estudiantes. Poco avance en el desarrollo de modelos simplificados de atención a la diversidad. Elevado academicismo que no siempre reconoce los cambios del entorno.
- Pocas oportunidades de ampliación de la cobertura escolar con base a un mérito; es decir, se permiten el ingreso a las instituciones educativas por medio del puntaje de admisión y/o prueba estandarizada, sin tener en cuenta el derecho universal a la educación. Prácticas de fomento activo al abandono. Segregación y exclusión en la inclusión. Autoexclusión y marginamiento. Deshumanización de los pacientes con condiciones neuromusculares diversas. Falta de reconocimiento de los aspectos sociales y emocionales. Desafecto.
- Dificultades de los acompañantes en el cuidado de estudiantes con condiciones neuromusculares diversas, debido a limitaciones físicas, edad avanzada y otras enfermedades. Debilidad en el vínculo entre profesores y familias. Culpabilizar de los estudiantes y familias por sus dificultades educativas.
- Altos costos para las instituciones relacionados con la adecuación en infraestructura (física y tecnológica). Baja apertura de los centros educativos a su entorno inmediato. De acuerdo a la información reportada por la Fundación Saldarriaga Concha (2018) “el Sistema de Matrícula Estudiantil de Educación Básica y Media, SIMAT del Ministerio de Educación Nacional, se tenían registrados 180.743 estudiantes con discapacidad en todo el país, de los cuales sólo el 5.4% alcanza el nivel de educación superior. De las personas con discapacidad, mayores de 24 años al momento de la inscripción en el Registro de Localización y

Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD), 42% sólo habían aprobado primaria, 20% secundaria y 31% no habían alcanzado ningún nivel educativo y 32% no sabían leer ni escribir. De las personas con discapacidad que al momento del registro tenían entre 5 y 24 años, 56% asistía a alguna institución educativa, 41% se encontraba desescolarizada. El 64% de la población con discapacidad sabe leer y escribir mientras que un 34% no sabe hacerlo”. Continuando, afirman que: “conforme las personas con discapacidad avanzan en los niveles educativos el porcentaje de matrícula disminuye de manera significativa. Según las cifras de la investigación “Situación de la Educación en Colombia” del año 2010, se estimó que el 90% de los niños y las niñas con discapacidad no asistía a una institución educativa regular. Los mayores porcentajes de matrícula se encuentran en la educación primaria, con un 2.12%”. Finalmente indican que: “el comité de las Naciones Unidas recomendó diseñar y adoptar un plan nacional para garantizar la educación inclusiva, redoblar los esfuerzos para garantizar un sistema educativo inclusivo e incorporar en la legislación educativa una cláusula de no rechazo en las escuelas públicas y privadas que evite la discriminación hacia las personas con discapacidad”.

#### **2.4. Herramientas informáticas asistivas para personas con condiciones neuromusculares diversas**

No existen herramientas específicas para personas con condiciones neuromusculares diversas, sino que éstas abarcan un espectro más amplio de uso, dentro de las discapacidades. En el mercado existen unas ayudas técnicas complementarias que permiten facilitar el acceso al uso de recursos electrónicos como, por ejemplo: computadores, tabletas, o celulares. Estas ayudas técnicas, principalmente son aparatos (hardware) contruidos de manera artesanal, como, por ejemplo: lectores de pantalla, magnificador de pantalla, sistemas de reconocimiento de voz, línea de Braille, navegador sólo texto, emulador de teclado, pantalla táctil, filtros de teclado, dispositivos de entrada alternativos y herramientas de validación y reparación (CNDUPD, 2018). Desde la perspectiva del software de los aplicativos informáticos, se tiene en cuenta principalmente, los criterios necesarios de usabilidad y accesibilidad durante la etapa de creación de las páginas o servicios a través de la Internet (CNDUPD, 2018).

Las herramientas de seguimiento ocular (también conocidas como Eye tracking, rastreador ocular o rastreador del seguimiento ocular) son aplicativos de software que emplean algoritmos de inteligencia artificial y permiten la recopilación de datos de la mirada. Estos datos pueden incluir “puntos de mirada que son coordenadas cartesianas bidimensionales (“x” y “y”) que representan generalmente un punto en una pantalla o puntos en un entorno natural del mundo real (por ejemplo: en casa, escuela o supermercado, entre otros” (Uribe et al., 2023). La fijación es importante para identificar objetivos (Wedel y Pieters, 2008). Se pueden utilizar algunas medidas de seguimiento ocular, como dilatación de la pupila, movimiento sacádico y frecuencia de parpadeo que se relacionan con los procesos cognitivos durante la atención y elección (Motoki et al., 2021). Estas herramientas informáticas que se fundamentan en el software, son una alternativa para que las personas con condiciones neuromusculares diversas utilicen dispositivos electrónicos; aunque se aclara que se requiere de paciencia durante la etapa de entrenamiento, para comenzar a usarlas en un computador común, y sin ningún tipo de aparato y/o dispositivo adicional.

### **3. Resultados y discusión**

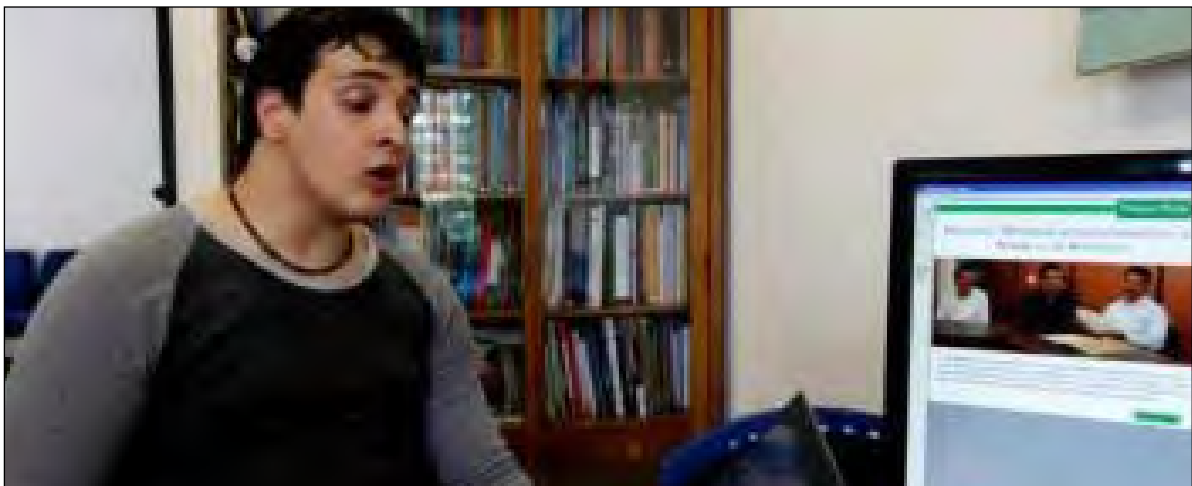
#### **3.1. Descripción de la muestra**

Para el caso específico de la investigación el tipo de muestra se delimitó por estudiar personas adultas con condiciones neuromusculares diversas que habitan el Valle de Aburrá. Estas y estos individuos son casos extremos que presentan características excepcionales y/o inusuales, y son poco numerosos teniendo en

cuenta el número de habitantes del territorio seleccionado es de aproximadamente 4.055.296 (Alianza Interinstitucional Privada, 2023). Adicional a que en muchas oportunidades, se desconoce un registro oficial de cuantas personas con esta enfermedad existen y si están vinculadas o no, al servicio educativo formal en alguno de sus niveles: básica, media o superior; o han realizado cursos de educación informal y/o no-formal. El Valle de Aburrá está conformado por diez municipios, a saber: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín,

Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas. Específicamente se analizó el caso único de un sujeto objeto de estudio, al lograr finalizar y graduarse de manera exitosa de un programa académico de pregrado y dos de posgrado: maestría y doctorado. El sujeto de la investigación padece distrofia muscular generalizada (Figura 1). Se puede afirmar que en nuestro país es un caso único, lo cual lo amerita digno de investigación y de superación.

**FIGURA 1.** Persona condiciones musculares diversas (distrofia muscular generalizada) que logra vencer las barreras biológicas y sociales y obtiene el grado académico de Doctor en Ingeniería

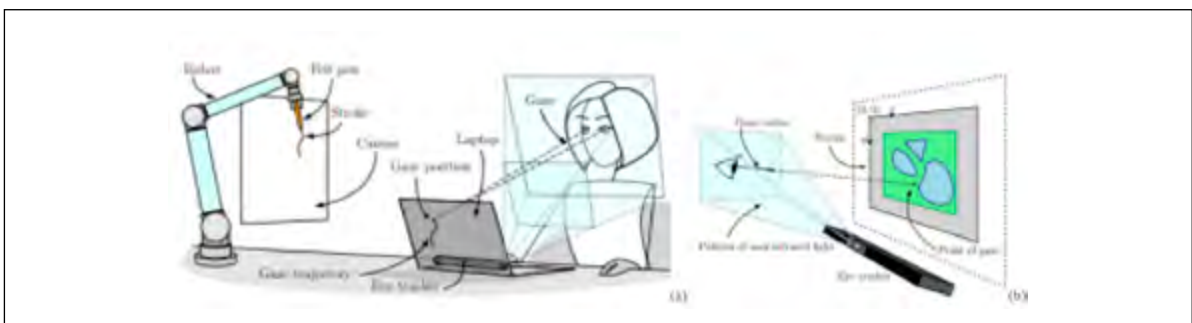


Fuente: El Colombiano, 2017.

### 3.2. Algoritmo de seguimiento ocular

En el mundo de la informática, se han diseñado un conjunto de algoritmos de seguimiento ocular (Eye tracking) basados en técnicas de la inteligencia artificial (Figura 2).

**FIGURA 2.** (a) Esquema del sistema robótico para pintar utilizando los ojos. Lo anterior se logra gracias a la implementación de algoritmos de Eye tracking. (b) Principios del funcionamiento del seguimiento ocular



Fuentes: Scalera et al., 2021.

Estos algoritmos, al ser implementados en aplicativos informáticos móviles o de escritorio, permiten “captar el movimiento ocular, para traducirlos en movimientos precisos dentro de una pantalla. De esta manera, cualquier persona puede acceder a toda la información de forma natural, intuitiva y sin el uso de las manos” (García, 2019).

Se pueden utilizar algunas medidas de seguimiento ocular, como dilatación de la pupila, movimiento sacádico y frecuencia de parpadeo que se relacionan con los procesos cognitivos durante la atención y elección (Motoki et al., 2021). Los factores externos tales como características del entorno, afectan de manera considerable el desarrollo de las pruebas, para lo cual se requiere de mucha paciencia durante la fase de entrenamiento.

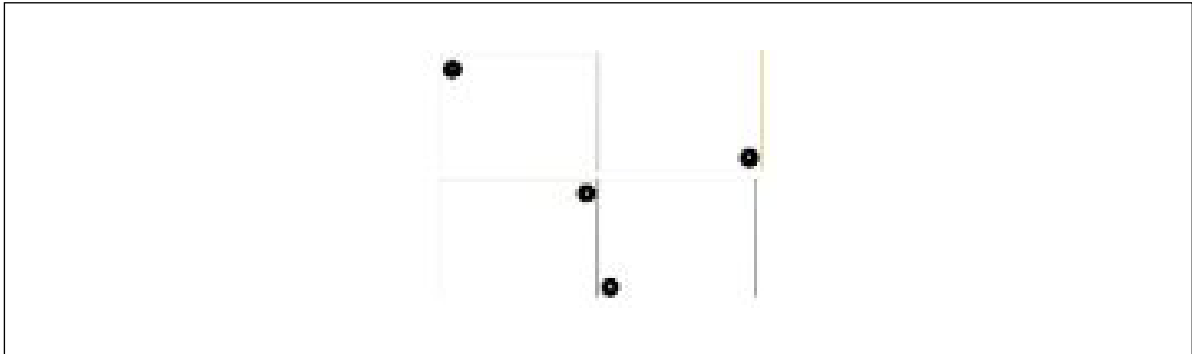
Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrolló una aplicación en el lenguaje C++ con el uso de la librería OPENCV (Uribe et al., 2023). Se utilizó la metodología de desarrollo ágil denominada Espiral o Mobile Development Process Spiral, dado que tiene en cuenta los usuarios en todas las etapas del ciclo de vida del diseño, e incorporando métricas de evaluación de la usabilidad. La metodología consta de las siguientes cinco iteraciones o etapas (Canul et al., 2015):

- **Determinación de requisitos.** Se identificó los usuarios, tareas y el contexto médico donde se utilizaría la aplicación. Luego se definió y dio prioridad los atributos de facilidad de uso y se identificaron las métricas para cada atributo. El siguiente paso fue dibujar un ejemplo de la interfaz gráfica y se realizaron diferentes pruebas teniendo en cuenta diferentes técnicas de usabilidad.
- **Recolección de datos.** Se recogieron más datos y requisitos, se consideró si existían más usuarios potenciales, tareas y contextos. Luego se redefinieron y priorizaron los atributos de usabilidad. Se realizó un prototipo más elaborado de la interfaz y se realizaron las pruebas respectivas, utilizando técnicas de usabilidad para cada atributo.
- **Priorización de los atributos de usabilidad.** Se identificaron y priorizaron los atributos de usabilidad con mayor claridad utilizando los resultados de la iteración anterior. Se desarrolló el diseño de todo el aplicativo y se formalizó una versión previa con sus respectivas pruebas.
- **Atributos de la facilidad de uso.** Se tomaron los resultados de la etapa anterior y se usaron para identificar y dar prioridad a los atributos de facilidad de uso; se desarrolló otra versión previa y se dispuso del usuario para su respectiva evaluación.
- **Producto final.** En esta etapa se desarrolló el producto final en donde se realizaron diferentes pruebas de facilidad de uso. La calificación de cada uno de los atributos se calculó y se comparó con la calificación de la etapa anterior. Se hicieron ajustes y se liberó el aplicativo móvil.

### 3.3. Intervención

Teniendo en cuenta el desarrollo del aplicativo, el cual utiliza el algoritmo de la inteligencia artificial denominado Eye tracking, se comenzó el proceso de intervención analizando las imágenes de prueba que conllevan a que una persona fije su mirada en puntos críticos bien determinados. Lo anterior con el fin de iniciar un diagnóstico en la aplicación, de tal forma que, al momento de aparecer estos puntos, la persona fije su mirada en ellos. De esta manera, el programa extrae los datos para luego arrojar una información como resultados con base a estos datos. Luego, se realizó la respectiva calibración del algoritmo de seguimiento ocular, e implementación en el aplicativo, para finalmente comenzar a hacer pruebas con el sujeto objeto de estudio (Figura 3).

**FIGURA 3. Calibración del aplicativo que utiliza el algoritmo de Eye tracking**



Fuente: Adaptación de Uribe et al., 2023.

Después de realizadas las respectivas pruebas, se comenzó a utilizar el aplicativo por parte del sujeto objeto de estudio. Éste utilizó una tableta para empoderarse de los contenidos educativos de cursos de posgrado, los cuales estaban dispuestos en una plataforma de gerenciamiento del aprendizaje (Figura 4).

**Figura 4. Nueva aplicación facilitará la comunicación a personas en situación de discapacidad**



Fuente: Facultad de Minas, 2018.

Los resultados arrojados indican que el sujeto objeto de estudio no tuvo dificultades para atender el servicio educativo que le ofrecían, así como tampoco tenía problemas asociados a establecer comunicación con los demás actores de los cursos. Lo anterior se logró después de una ardua laborar de entrenamiento en la cual se lograba que el estudiante escribiera por ejemplo, las tres palabras más usuales (mamá, papá, agua) en un tiempo máximo de siete minutos. Con el entrenamiento, este lapso de tiempo se fue reduciendo.

#### **4. Conclusiones**

Para las personas en situación de discapacidad, en especial a las y los sujetas(os) con condiciones neuromusculares diversas, su cuerpo puede ser un nudo. A lo anterior surgen las siguientes preguntas: ¿estas personas en que invierten su tiempo?, esta población ¿está condenada a no educarse, entretenerse y/o a

realizar actividades laborales? Es en este contexto, donde la pedagogía y la tecnología, toman un papel significativo. El panorama es difuso toda vez que estas personas tienen serios problemas para comunicarse.

El modelo presentado en este artículo es una esperanza que surge para tratar de mejorar el acceso a la oferta educativa a aquellas personas que presentan condiciones neuromusculares diversas. Se puede finalizar afirmando que aún falta mucho camino por recorrer y mucho por hacer con relación a crear, innovar y ofrecer ayudas asistenciales de tipo herramientas informáticas, a las personas adultas con condiciones neuromusculares diversas. Lo anterior permitiría lograr algún grado de mucha autonomía en la población beneficiada. Algunas de estas herramientas pueden ser diseñadas, parametrizadas y validadas desde una perspectiva didáctica (pedagógica) para determinar un papel escénico en la oferta educativa de esta población.

### Referencias bibliográficas

- Adefila, A., Broughan, C., Phimister, D. y Opie, J. (2020). Developing an autonomous-support culture in higher education for disabled students. *Disability and Health Journal*, 13(3), DOI: 10.1016/j.dhjo.2020.100890.
- Alianza Interinstitucional Privada (2023). *Medellín como vamos*. <https://www.medellincomovamos.org/node/18687>
- Álvarez, R. y Medina, E. (2004). La neurofisiología en el estudio de las enfermedades neuromusculares, desarrollo y limitaciones actuales. *Rev Cub Med Mil*, 33(3).
- Amayra, I., López, J. y Lázaro, E. (2014). *Enfermedades neuromusculares: bases para la intervención*. Editorial Bilbao.
- Betancur, L. (2021). ¿Demagogia de la democracia liberal o inclusión educativa? un sofisma de la modernidad pedagógica o una posibilidad para reinventar la escuela. *Ciencia Nueva, Revista de Historia y Política*, 5(2), 62-78. DOI: 10.22517/25392662.24622.
- Camacho, A., Esteban, J., y Paradas, C. (2014). *Impacto social ELA y enfermedades neuromusculares. Informe técnico*. Fundación Española de Enfermedades Neurológicas, FEEN.
- Camacho, A., Esteban, J. y Paradas, C. (2018). Report by the Spanish Foundation for the Brain on the social impact of amyotrophic lateral sclerosis and other neuromuscular disorders. *Neurología*, 33(1), 35-46.
- CNDUPD (2018). *El mundo de las TIC's y la discapacidad*. Documento técnico. Consejo Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad. Gobierno de México.
- Canul, L., López, J. y Narváez, L. (2015). Fast algorithm of the Hough transform for straight-line detection in an image. *Programación Matemática y Software*, 7(2), 8-13.
- DANE (2022). *Mercado laboral discapacidad: trimestre abril - junio 2022*. Boletín Técnico de la Gran Encuesta Integrada de Hogares.
- El Colombiano (2017). *Con chasquidos, Jhon F. vence barreras del lenguaje*. Periódico El Colombiano. [https://www.elcolombiano.com/historico/con\\_chasquidos\\_jhon\\_f\\_vence\\_barreras\\_del\\_lenguaje-LYEC\\_264816](https://www.elcolombiano.com/historico/con_chasquidos_jhon_f_vence_barreras_del_lenguaje-LYEC_264816)
- Facultad de Minas. (2018). *Nueva aplicación facilitará la comunicación a personas en situación de discapacidad*. <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/187-nuevaaplicacion-facilitara-la-comunicacion-a-personas-en-situacion-de-discapacidad>
- Fundación Saldarriaga Concha (2018). *Cuál es el panorama de la educación para personas con discapacidad en Colombia*. Educación y Formación, Noticias, Personas con Discapacidad. <https://www.saldarriagaconcha.org/cual-es-el-panorama-de-la-educacionpara-personas-con-discapacidad-en-colombia/>
- Garcés, M., Crespo, M., Finkel, M. y Arroyo, M. (2016). *Estudio sobre las enfermedades neurodegenerativas en España y su impacto económico y social. Informe técnico*. Alianza Española de Enfermedades Neurodegenerativas.

- García, V. (2019). *La inteligencia artificial ya permite controlar los dispositivos con la mirada*. Byte, MKM publicaciones.
- Koester, H. (2003). Abandonment of speech recognition by new users. En *Proceedings RESNA Technology and Disability: Research, Design, Practice y Policy*.
- Law, C., Sears, A. y Price, K. (2005). Issues in the categorization of disabilities for user testing. En *Proceedings of HCII*.
- Ministerio de Educación Nacional (2012). *Orientaciones generales para la atención educativa de las poblaciones con discapacidad -PcD- en el marco del derecho a la educación*. Ministerio de Educación Nacional, Colombia.
- Ministerio de Salud y la Protección Social (2017). *Balance proceso reglamentario Ley Estatutaria 1618 de 2013*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/documentobalance-1618-2013-240517.pdf>
- Motoki, K., Saito, T. y Onuma, T. (2021). Eye-tracking research on sensory and consumer science: A review, pitfalls and future directions. *Food Research International*, 145. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110389.
- Moya, L. (2022). Teoría Tullida. Un recorrido crítico desde los estudios de la discapacidad o diversidad funcional hasta la teoría Crip. *Revista Internacional de Sociología*, 80(1), e199. DOI: 10.3989/ris.2022.80.1.20.63.
- OCDE (2016). *Education in Colombia*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).
- Oliver, M. (1998). Una sociología de la discapacidad o una sociología discapacitada. En *Discapacidad y Sociedad* (pp. 26-58). Ed. L. Barton; Ediciones Morata.
- Oliver, M. y Barnes, C. (2012). *The new politic of disablement*. Palgrave Macmillan. DOI: 10.1007/978-0-230-39244-1.
- ONU (2023). *Objetivo de desarrollo sostenible Nro. 4 educación de calidad*. Organización de las Naciones Unidas para Colombia. <https://colombia.un.org/es/sdgs/4> Fecha de acceso: mayo de 2023.
- OPS (2023). *Discapacidad*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/discapacidad>
- Phillips, B. y Zhao, H. (1993). Predictors of assistive technology abandonment. *Assistive Technology*, 5(1), 36–45. DOI: 10.1080/10400435.1993.10132205.
- Scalera, L., Seriani, S., Gallina, P., Lentini, M. y Gasparetto, A. (2021). Human–robot interaction through eye tracking for artistic drawing. *Robotics*, 10(54). DOI: 10.3390/robotics10020054.
- Sánchez, J. (2015). *Método de evaluación de usabilidad aplicada a productos de software que facilitan el acceso a herramientas informáticas de personas con enfermedades que afectan la motricidad*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.]
- Scherer, M. (2002). The change in emphasis from people to person: introduction to the special issue on assistive technology. *Disability and Rehabilitation*, 24(1–3), 1–4. DOI: 10.1080/09638280110066262
- Stucki, G., Cieza, A. y Melvin, J. (2007). The international classification of functioning, disability and health (ICF): A unifying model for the conceptual description of the rehabilitation strategy. *Journal Rehabilitation Medical*, 39(4), 279–85. DOI: 10.2340/16501977-0041.
- Talbot, K. (2002). Motor neurone disease. *Postgraduate Medical Journal*, 78(923), 513– 519. DOI: 10.1136/pmj.78.923.513.
- Tarabini, A. (2017). *Los factores de la exclusión educativa en España: mecanismos, perfiles y espacios de intervención*. UNICEF.
- Tăuțan, A., Ionescu, B. y Santarnecchi, E. (2021). Artificial intelligence in neurodegenerative diseases: A review of available tools with a focus on machine learning techniques. *Artificial Intelligence in Medicine*, 117. DOI: 10.1016/j.artmed.2021.102081.

UPIAS (1976). *Fundamental principles of disability*. Union of Physically Impaired Against Segregation.

Uribe, A. Cadavid, J. y Jiménez, J. (2023). *Mobile application using Eye-tracking data for the analysis of ocular fixation in Parkinson's disease*. *Software Engineering Method, Modeling and Teaching*. Ed. Tecnológico de Antioquia.

Vincent, A. (1986) Computing and disabled people: Some experiences with new technology in education and in the home. *Education and Computing*, 2(1-2), 95-99. DOI: 10.1016/S0167-9287(86)91109-X