



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Desarrollo de un software para realizar evaluaciones educativas a niños con parálisis cerebral entre 5 a 7 años de edad con el uso de sistemas eye-tracking.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingenieros Electrónicos**

Autores:

Belén Carolina Jara Guillén.

Boris Paúl Barzallo Vallejo.

Director:

Msg. Omar Alvarado Cando.

Cuenca-Ecuador

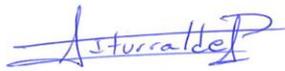
2018

Desarrollo de un software para realizar evaluaciones educativas a niños con parálisis cerebral entre 5 a 7 años de edad con el uso de sistemas eye-tracking.

Resumen

Este artículo describe el desarrollo de un software para que los docentes puedan realizar evaluaciones educativas a niños con parálisis cerebral (PC) entre 5 a 7 años de edad con el uso de sistemas eye-tracking. Para ellos es un reto, debido a que, los niños con PC tienen problemas de habla, discapacidad intelectual y también poseen problemas motrices; por lo que, al momento de evaluarlos resulta complicado. Al ejecutar las pruebas, nos percatamos que la mayoría de los niños se demoran al momento de realizar la calibración, debido a que, no tienen control cefálico. Al final, observamos que el software funciona de manera correcta y ayuda a que los profesores valoren las áreas como: colores, números, tamaños, etc.

Palabras claves: parálisis cerebral (PC), eye-tracking, sistemas aumentativos y alternativos de comunicación (SAAC), evaluación, inclusión educativa.



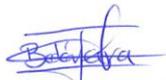
Ing. Daniel Iturralde Ph.D.

Coordinador de la Escuela de Ingeniería Electrónica



Ing. Omar Alvarado.

Director del Trabajo de Titulación.



Belén Carolina Jara Guillén.



Boris Paúl Barzallo Vallejo.

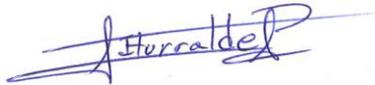
Autores del Trabajo de Titulación.

Development of a software to perform educational evaluations on children between 5 to 7 years of age with cerebral palsy through eye-tracking systems.

Abstract

This article described the development of a software to help teachers to perform educational evaluations on children between 5 to 7 years of age with cerebral palsy (CP) with the use of eye-tracking systems. This represented a challenge because children with CP have speech problems, intellectual disabilities and motor problems, which made their evaluation difficult. A delay in the execution of tests could be noted when performing the calibration because most children did not have cephalic control. In the end, it was observed that the software worked correctly and helped teachers to evaluate areas such as colors, numbers, sizes, etc.

Keywords: cerebral palsy (CP), eye-tracking, augmentative and alternative communication systems (AAC), evaluation, educational inclusion.



Ing. Daniel Iturralde Ph.D.

Electronic Engineering Faculty Coordinator



Ing. Omar Alvarado.

Thesis Director



Belén Carolina Jara Guillén.



Boris Paúl Barzallo Vallejo.

Authors



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by
Ing. Paul Arpi

Desarrollo de un software para realizar evaluaciones educativas a niños con parálisis cerebral entre 5 a 7 años de edad con el uso de sistemas eye-tracking.

Belén Jara G.
Escuela de Ingeniería Electrónica.
Universidad del Azuay, UDA.
Cuenca, Ecuador.
jarabelen56@gmail.com

Paúl Barzallo.
Escuela de Ingeniería Electrónica.
Universidad del Azuay, UDA.
Cuenca, Ecuador.
pbarzallo@outlook.com

Abstract—This article described the development of a software to help teachers to perform educational evaluations on children between 5 to 7 years of age with cerebral palsy (CP) with the use of eye-tracking systems. This represent a challenge because children with CP have speech problems, intellectual disabilities and motor problems, which made their evaluation difficult. A delay in the execution of test could be noted when performing the calibration because most children did not have cephalic control. In the end, it was observed that the software worked correctly and helped teachers to evaluate areas such as colors, numbers, sizes, etc.

Keywords—cerebral palsy (CP), eye-tracking, augmentative and alternative communication (AACs), evaluation, educational inclusion.

I. INTRODUCCIÓN

La Parálisis cerebral (PC), es un grupo de condiciones caracterizadas por la disfunción motora a causa de un daño cerebral no progresivo ocasionado en una fase temprana de la vida. La parálisis cerebral se considera como una serie de disfunciones que van desde la más severa o profunda alteración del aprendizaje hasta la disfunción cerebral mínima. El trastorno motor de la PC con frecuencia se acompaña de trastornos sensoriales, cognitivos, de la comunicación, perceptivos y de conducta [1].

En cuanto a los diversos tipos de parálisis cerebral, no existen como tal, sino que se manifiestan de diferente manera, dependiendo de varios factores como son: el sitio donde ocurrió la lesión cerebral y el tamaño de esta, muchos niños con PC pueden tener una combinación de dos o más tipos. Según la parte del cerebro afectada se tiene: la parálisis cerebral espástica, atetoide y atáxica.

El tipo más frecuente es la parálisis cerebral espástica donde se observan los músculos tensos y rígidos, con dificultad para realizar movimientos y pueden presentar convulsiones [2]. En cuanto a la parálisis cerebral espástica se tiene: tetraplejía espástica, que es la forma más grave debido a que los niños presentan afectación de las cuatro extremidades; diplejía espástica, las personas presentan

afectación en las extremidades inferiores, es la más frecuente y hemiplejía espástica, en esta tienen paralizado un lado del cuerpo [3]. Con relación a la parálisis cerebral discinética, esta se caracteriza porque existen movimientos involuntarios y persistencia de los reflejos arcaicos [1]. Con respecto a la parálisis cerebral atáxica, el síntoma principal es la hipotonía. La parálisis cerebral hipotónica, es poco frecuente, se caracteriza por una hipotonía muscular, que persiste más allá de los 2-3 años [1]. Por último, la parálisis cerebral mixta, es relativamente frecuente con el trastorno motor [3].

Las dificultades de las personas con PC puede ser el retraso motor, que puede ser simple o complejo, en el simple es un retraso cronológico en la aparición de las pautas motoras, pero su tomografía es normal y el complejo añade alteraciones en el tono, reflejos y postura; trastornos del tono, se manifiesta por la hipotonía en los primeros meses y años de vida, la cual puede ser distónica, atáxica o espástica que es la más común y trastornos de los reflejos y posturas, depende de la evaluación del funcionamiento del tronco encefálico, en donde se ve el déficit motor que ocasiona la PC [4]. Todos estos factores generan que las personas con PC no puedan moverse con la misma libertad que tiene el resto de personas, en algunos casos pueden presentar discapacidad intelectual, pero por lo general, va acompañada de una discapacidad intelectual y también causa problemas de habla, lo que ocasiona que muchas de las veces no se les entienda.

En el Ecuador existe un total de 449169 personas con discapacidad, dentro de las cuales se encuentran las personas con PC, en este grupo 10990 son de la provincia del Guayas, 69819 de la provincia de Pichincha, 46380 de la provincia de Manabí y en la provincia del Azuay 29208. El mayor tipo de discapacidad en el país es: física con un 46,66%, relacionada con problemas motrices de las personas que les impiden desenvolverse con normalidad en diversas actividades. El 22,42% pertenece a la discapacidad intelectual, en donde las personas pueden tener deficiencias sensoriales cognitivas provocando lento aprendizaje. El 14,13% con discapacidad auditiva, el 11,87% con discapacidad visual y 4,92% psicossocial [5].

TABLA I. RECURSOS Y DISPOSITIVOS DE ACCESO

Recursos y dispositivos de acceso	
Recursos: Tablero o libro de comunicación	Consisten de diversos materiales los cuales se componen de símbolos gráficos como: fotografías, letras, frases, etc. [8]
Comunicador portátil	Es un dispositivo que utiliza una síntesis de voz o voz grabada, que reproduce el mensaje en voz alta; programa informático, permite comunicarse por medio de pictogramas, palabras o enunciados. [8].
Dispositivos de acceso: Pulsadores	Se conecta al comunicador, computador o ratón y activa programas con el uso de cualquier parte del cuerpo [7].
Teclados virtuales	Muestran un teclado en la pantalla del computador para acceder a cualquier aplicación [7].
Ratones: Ratón virtual	Programas cuyo movimiento y función de click aparece en la pantalla [7].
Ratones de cabeza	Los movimientos de la cabeza realizados por el usuario se convierten en el movimiento del puntero, usando una cámara web [7].
Control del ratón por el iris	Controla el puntero con la mirada, permitiendo que se comunique sin ningún problema [7].

Ecuador fue uno de los primeros países latinoamericanos en trabajar con la inclusión de las personas con discapacidad tanto en lo social, laboral y educativo, mejorando de manera significativa su calidad de vida, brindándoles la oportunidad de tener una vida normal, obteniendo así 78000 personas insertadas en el ámbito laboral, 544000 recibiendo ayuda técnica, 19000 soluciones habitacionales y 50000 donaciones de prótesis y órtesis [6].

Para una correcta inclusión de las personas con discapacidad, algunas veces es necesario el uso de sistemas aumentativos de comunicación para complementar el lenguaje cuando, por sí solo, no es suficiente para obtener una comunicación clara con el resto de personas o con el entorno. En cambio, los sistemas alternativos de comunicación, sustituyen al lenguaje cuando este no es comprensible o está ausente. Ambos sistemas permiten que personas que tienen alguna discapacidad o dificultad de comunicación pueda relacionarse e interactuar con los demás, manifestando sus pensamientos, sentimientos y decisiones, para así mejorar su comunicación, interacción y aprendizaje [7].

Los sistemas de comunicación aumentativo y alternativo utilizan sistemas de símbolos, tanto gráficos como gestuales, en el caso del primero, requieren uso de productos de apoyo. Los productos de apoyo incluyen recursos tecnológicos como son: comunicadores de habla artificial, computadoras y tablets con programas especiales, que permiten una forma diferente de comunicación adaptada para personas con movilidad reducida, también existen recursos no tecnológicos como tableros o libros de comunicación.

En la tabla I, se describen algunos de estos recursos y dispositivos de acceso.

El ratón controlado por el iris se conoce como los Sistemas Eye-tracking, que fueron creados para brindar una oportunidad a las personas que poseen ciertas limitaciones como aquellos que no pueden comunicarse o desarrollar alguna actividad por su falta de movilidad. El objetivo principal de este sistema, es que la persona solo con el movimiento de su mirada pueda comunicarse y desenvolverse de manera autónoma, puesto que, funciona como reemplazo del ratón de la computadora, cumpliendo la misma función, facilitando así a la persona con limitaciones comunicarse sin ninguna complicación [9].

En la tabla II se describe que los dispositivos eye-tracking registran 5 variables.

TABLA II. VARIABLES DE EYE-TRACKING.

Variables	
<i>Fijación ocular</i>	Los ojos se quedan en una posición fija para adquirir la información, existen dos interpretaciones como: la fijación larga, que demuestra interés y comprensión y la fijación corta, desinterés o incomprensión [9].
<i>Saccades</i>	Movimiento ocular rápido que ocurre entre fijaciones, existen 3 interpretaciones las cuales son: Saccades regresivos, demuestra confusión e incomprensión; Saccades repentinas, cambio de objeto; Saccades largas, cambio del centro de atención [9].
<i>Rutas visuales</i>	Es la suma de fijaciones y Saccades, existen 2 interpretaciones como son: rutas rápidas y directas, fluctuación cognitiva; rutas lentas y erráticas, confusión e incomprensión [9].
<i>Parpadeo</i>	Cierre y apertura rápida de los párpados, tiene 2 interpretaciones como: baja frecuencia de parpadeo, mayor exigencia de atención; alta frecuencia de parpadeo, menor exigencia de atención [9].
<i>Dilatación de pupila</i>	Cambios en el tamaño de la pupila, su interpretación es la activación emocional [9].

La tecnología eye-tracking utiliza un dispositivo Eye-Tracker, que consta de un sensor infrarrojo y cámaras, el sensor ilumina a los ojos con la luz infrarroja y al entrar en contacto con la córnea y la pupila genera un reflejo que le sirve al dispositivo como marco de referencia del ojo, delimitando así el espacio a monitorizar. Las cámaras por su lado se encargan de captar la imagen en vivo de lo que ocurre en el espacio delimitado de la mirada, luego de obtener esta información se calcula el vector, cuya dirección sirve para controlar la posición de los ojos y calcular la dirección de la mirada sobre el estímulo durante el estudio.

Cada par de ojos es diferente por lo que, es necesario realizar la calibración antes de comenzar con el uso, mirando a diversos lugares de la pantalla para poder

obtener una referencia. La información obtenida se decodifica y se representa gráficamente para el análisis [10]. Para complementar los Sistemas Eye-tracking, se tienen los hardware que se han desarrollado con el paso del tiempo pensando en el bienestar de estas personas. Unos de los más destacados son: Tobii e Irisbond. Dentro de este artículo el hardware a utilizar es Irisbond debido a que, según pruebas realizadas en España, es uno de los mejores y más utilizados, para la comunicación de una persona con parálisis cerebral y menos costosa que el Tobii.

También se tiene diversos softwares desarrollados en su mayoría para que las personas con PC se puedan comunicar, se describen algunos a continuación: Sistema de terapia basado en Kinect para niños con parálisis cerebral (SONRÍE), este software consiste de cuatro juegos pensados para detectar distintos gestos faciales de niños con PC como: soplido, subida de cejas, beso y sonrisa, de manera que logre una mayor precisión en la detección y una mejora terapéutica en los movimientos del rostro y expresión facial [11]. Recursos Educativos Adaptados (REEDAD), es un software pensado y diseñado para personas adultas con PC, usando gráficos sencillos y herramientas configurables para adaptar a cada una de sus capacidades; de esta manera, los botones o la velocidad de movimientos pueden ser editados. El objetivo es responder a las exigencias educativas de los adultos con PC [12]. EMO, es una aplicación desarrollada para ayudar a niños con PC a que mejoren la expresión facial y las emociones, utilizando el método de enseñanza conocido como espejo, el cual permite al profesor controlar al niño sin interrumpirlo, con el uso de una cámara web, haciendo el efecto de un espejo virtual. El niño está frente al computador que contiene a una figura animada con apariencia humana con la capacidad de comunicarse con la persona, este realiza una expresión facial y el niño debe imitarlo [13]. EyeSpeaker, es una aplicación creada para ayudar a niños con PC, consiste de cuatro formularios, que sirven para que el niño pueda comunicarse a través del computador, con el uso de un programa llamado HeadMouse, que sirve como el mouse de la computadora manejado por el movimiento de la cabeza. Los cuatro formularios son: bienvenida, pictograma, respuestas rápidas y escritura [14]. Ojitos de Gema, es un software creado para que una niña llamada Gema Canales de 7 años de edad, pueda comunicarse, aprender y jugar, tanto en el salón de clases como en su casa sin ningún problema, brindándole autonomía completa. Todo esto es posible con el uso del Irisbond, que funciona como el mouse de la computadora manipulado solo con la mirada [15].

Todos los softwares descritos anteriormente permiten a las personas o niños con PC realizar diversas actividades como: SONRÍE, que es un software terapéutico para mejorar los gestos faciales de los niños con PC; REEDAD, es un software que permite el aprendizaje para

adultos con PC, haciendo que se desenvuelvan en este entorno; EMO, es una aplicación terapéutica que busca mejorar su expresión facial y ayudar a que expresen sus emociones; EyeSpeaker, permite que los niños con PC se comuniquen y expresen sus ideas; Ojitos de Gema, permite que se comunique, aprenda y juegue sin ninguna limitación; pero ninguno de estos software ayuda al docente a evaluar a los niños con PC en el ambiente educativo, ni obtener datos reales del avance académico de ellos, es por esta razón que se va a crear un software que ayude a los docentes a obtener datos reales del avance académico de sus alumnos utilizando eye-tracking.

II. ESTADO DEL ARTE

Existen diversos softwares creados con el apoyo de SAAC y sistemas eye-tracking, pero hay que tomar en cuenta que la mayoría de ellos sirven para que los niños con PC se comuniquen o aprendan y ninguno para realizar evaluaciones educativas. A continuación, se describen algunos como: Sistema IRISCOM, creado para personas que por su discapacidad u otro motivo no pueden utilizar el teclado, el mouse de la computadora o ambos. Con el movimiento del ojo pueden colocar el puntero en la pantalla y con ayuda de programas incluidos en el sistema, tienen la posibilidad de comunicarse, controlar el entorno, entretenerse y formarse [16]. LEXIA, es un software que permite ejercitar y desarrollar la lectura, entrenar la comprensión de palabras y frases como se observa en la figura 1, así como aspectos semánticos y sintácticos del lenguaje, mejorando de esta manera su aprendizaje y brindando una rehabilitación mejorada [16].



Fig 1. Software LEXIA obtenido de [16].

EyeLearn y Azkede, son softwares que vienen incluidos con la licencia del Irisbond, estos softwares permiten a los niños o cualquier persona con PC comunicarse, jugar, abrir diversas aplicaciones como: YouTube, WhatsApp, Facebook, Word, Excel, teclados virtuales, etc. Haciendo posible que ellos realicen cualquier acción sin ningún conflicto, con ayuda del Irisbond, que funciona como el mouse de la computadora, manipulado con la mirada.

Grid 3, es un programa que permite la comunicación cara a cara y el acceso remoto mediante el computador, teléfono, etc., como se observa en la figura 2. Tienen múltiples opciones de edición para acoplarse a cada usuario, se puede utilizar el mouse de la computadora, pantalla táctil, o ratones que funcionen con la mirada, solo es cuestión de elegir las diversas opciones, también es compatible con el Irisbond. Tienen pictogramas para comunicar lo que el niño con PC quiere decir, respuestas fáciles, un sintetizador de voz y permite acceder a diversas aplicaciones como: YouTube, juegos, Word, entre otros.

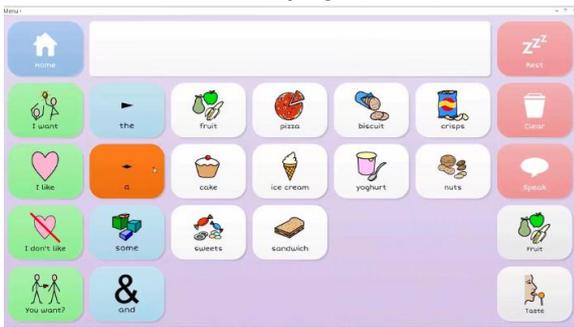


Fig 2. Software Grid 3 obtenido de [17].

Pizarras interactivas para el aprendizaje de niños con PC, estas son pizarras que constan de: introducción, al comenzar las clases se entregan las indicaciones de lo que incluye cada actividad con reforzadores gráficos y auditivos; desarrollo, las clases se basan en las actividades diseñadas de acuerdo a los contenidos propuestos, se finaliza con apoyo de reforzadores gráficos y auditivos para cerrar el contenido y felicitar a los estudiantes [17]. Existe también un sistema que fue desarrollado en España para una niña de 7 años llamada Gema Canales, el cual se realiza con el apoyo de ingenieros, porque es un software que le permite sumar, responder preguntas que le haga la profesora con el uso de un teclado virtual, dibujar, jugar, explorar y muchas más opciones. Esto permite saber si es que ella está aprendiendo o se le dificulta entender las cosas. Como se mencionó antes la mayoría de estos softwares solo permite comunicarse, manipular el computador y aprender, sin embargo, ninguno deja ejecutar evaluaciones educativas a los niños con PC.

También existen otros trabajos como “*Computer vision for Detection of body expressions of children with cerebral palsy*”, este software busca mejorar la comunicación de personas que presentan parálisis cerebral a través del uso de Visión por Computadora. Se desarrolló un prototipo que detecta las expresiones corporales utilizando OpenCV y el lenguaje de programación Python, este sistema de visión por computadora detecta con alta precisión los síntomas como son: dolor de cabeza en un 77%, felicidad en un 75%, hambre un 82%, miedo un 88% y recreación en un 77%, si se detecta un dolor corporal se le comunica al cuidador por medio de una aplicación móvil [18].

“*An approach to modeling adaptive hypermedia for children with disabilities*”, es un software que los docentes pueden utilizar como una instrucción interactiva diseñada en multimedia para complementar los métodos de enseñanza de la educación tradicional. Está diseñado como un sistema hipermedia educativo adaptativo, que es más útil para las personas con discapacidad, debido a que, se adapta al usuario [19].

“*Changing a life with technology from classroom*”, este sistema consta de un mouse especial con un joystick grande y una interfaz de software para comunicar las necesidades básicas de los niños que tienen parálisis cerebral y también un dispositivo de entrenamiento de golpes para niños con problemas de lenguaje [20].

“Sistema de control para Smartphone con uso de tecnología Eye-tracking”, el objetivo de este sistema es permitir que una persona interaccione con el Smartphone a través de los ojos, dándole la posibilidad de ejecutar comandos con los ojos en un Smartphone, de forma parecida a lo que se hace con una pantalla táctil, es una opción útil para personas con movilidad reducida. También se ha construido un soporte que sirva para sujetar el teléfono, debido a que, a estas personas les cuesta sostenerlo, con la detección de los gestos oculares se puede saber si la persona realizó o no un gesto para manejar el Smartphone [21].

VADET, por sus siglas en inglés “*Visual Attention Diagnosis Eye-Tracking*”, es un software que ha sido diseñado específicamente para diagnosticar el déficit de atención utilizando un dispositivo de seguimiento ocular. Esto facilita el seguimiento de la mirada en la pantalla permitiendo saber que le llama la atención y porque razón se distrae, facilitando la detección de cual es déficit de atención [22].

“Eye-tracking con vídeos interactivos para neurorrehabilitación cognitiva”, es un sistema de monitorización en tiempo real de la atención visual del usuario durante el proceso de neurorrehabilitación, esto permite no solo reproducir la ejecución de la actividad junto con la posición de la mirada, sino también detectar la falta de atención por parte del usuario, que deja al video interactivo reaccionar y adaptar la presentación de estímulos para ayudar a centrar su atención y así completar la actividad de manera correcta [23].

III. MODELO DE ANÁLISIS DEL SOFTWARE SESA

Sistema de Evaluación con uso de Sistemas Asistivos (SESA), este software fue creado con el objetivo de ayudar a los profesores al momento de evaluar a los niños con PC que tienen un funcionamiento intelectual de niños de 5 a 7 años.

Para el modelo de análisis se utiliza las especificaciones Unified Modeling Lenguaje (UML) para desarrollo de software, que consta de la siguiente estructura:

A. Requisitos funcionales

TABLA III. REQUISITO FUNDAMENTAL 1.

Identificación del requerimiento:	RF1
Nombre del requerimiento:	Ingreso/registro de alumnos y profesores.
Características:	Registra al alumno o profesor e inicia sesión.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • Cada alumno y profesor tendrá un usuario único. • Cada alumno y profesor tendrá una contraseña única. • El profesor tendrá privilegios diferentes que el alumno dentro del software.
Proceso alternativo:	Inicia sesión correctamente. No inicia sesión correctamente.

TABLA IV. REQUISITO FUNDAMENTAL 2.

Identificación del requerimiento:	RF2
Nombre del requerimiento:	Ingreso del alumno.
Características:	Al momento de iniciar sesión puede acceder a todas las actividades propuestas para el alumno.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • El alumno puede ingresar a las pruebas. • Puede elegir cualquier categoría existente que desee realizar.

TABLA V. REQUISITO FUNDAMENTAL 3.

Identificación del requerimiento:	RF3
Nombre del requerimiento:	Actividades que pueden desarrollar los alumnos.
Características:	Pueden desarrollar diversas actividades que les permiten interactuar con el software, ver resultados, entre otros.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • Los alumnos pueden realizar cualquier prueba y en cualquier categoría. • Al terminar la prueba puede observar su resultado y el tiempo que se demoró desarrollándolo.

TABLA VI. REQUISITO FUNDAMENTAL 4.

Identificación del requerimiento:	RF4
Nombre del requerimiento:	Ejecución de las pruebas.
Características:	Como se realiza la prueba, como responder y la cantidad de intentos.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • El alumno debe seleccionar entre tres respuestas posibles. • Posee tres intentos para acertar, sino acierta al tercer intento pasa a la siguiente pregunta.

TABLA VII. REQUISITO FUNDAMENTAL 5.

Identificación del requerimiento:	RF5
Nombre del requerimiento:	Ingreso del profesor.
Características:	Al momento de iniciar sesión puede acceder a todas las actividades propuestas para el profesor.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • El profesor puede elegir entre diversas opciones: editar, agregar y eliminar categorías. • El profesor puede elegir entre: editar, agregar y eliminar preguntas. • También puede editar, agregar y eliminar respuestas. • Puede eliminar alumnos. • De igual manera, puede observar los resultados de sus alumnos obtenidos en las pruebas.

TABLA VIII. REQUISITO FUNDAMENTAL 6.

Identificación del requerimiento:	RF6
Nombre del requerimiento:	Actividades que puede desarrollar el profesor.
Características:	Pueden desarrollar diversas actividades que le permiten interactuar con el software, ver resultados, editar, crear, entre otros.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • El profesor puede agregar, eliminar y editar categorías, preguntas, respuestas. • Puede observar los resultados de sus alumnos. • También puede eliminar alumnos, resultados, etc.

TABLA IX. REQUISITO FUNDAMENTAL 7.

Identificación del requerimiento:	RF7
Nombre del requerimiento:	Almacenamiento de datos.
Características:	Se tiene una base de datos dentro del software para guardar: usuarios, pruebas, audios y resultados.
Descripción del requerimiento:	Este consta de: <ul style="list-style-type: none"> • Los datos que se almacenan dentro de la base de datos son: preguntas, respuestas, categorías, resultados, audios y usuarios, ya sea, profesores y alumnos. • Los datos siempre deben estar disponibles, a menos que un profesor elimine el informe de la prueba. • Esto permite al profesor poder visualizar todos los resultados obtenidos por sus alumnos.

TABLA X. REQUISITO FUNDAMENTAL 8.

Identificación del requerimiento:	RF8
Nombre del requerimiento:	Como se visualiza el software.
Características:	Como se puede acceder al software.
Descripción del requerimiento:	<p>Este consta de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El software al ser una página web es accesible para cualquier dispositivo que tenga un navegador Firefox. • Todos los dispositivos deben estar conectados a la misma red de área local que el servidor.

B. Requisitos no funcionales

Usabilidad. - El software es fácil de usar, debido a que al tener la misma estructura que una página web, su manejo es sencillo para el público al momento de utilizarla, se desarrolló con menús muy simples para cada función del software.

Funcionalidad. - El software ha pasado por varias pruebas en su desarrollo, siendo actualizado constantemente con mejoras que han sido solicitadas por los profesores que van a hacer uso del mismo.

Simplicidad. - El software es sencillo, una vez implementado el servidor cualquier usuario a través de un enlace será capaz de ingresar al software, sin necesidad de instalación, solo necesita estar en la misma red LAN.

Flexibilidad. - El software es escalable, además se pueden crear muchas categorías, preguntas y respuestas, sin que esto afecte el funcionamiento de las pruebas tomadas o al funcionamiento del software.

Portabilidad. - El software al ser una página web es capaz de ejecutarse en cualquier plataforma con navegador web. Visualizándose sin errores en un computador o cualquier dispositivo móvil independientemente del tamaño de pantalla.

Confiabilidad. - El software almacena todos los datos en el servidor, entonces independientemente si existe un fallo en el dispositivo en uso, todos los datos se guardan automáticamente.

C. Referencias

Las referencias son las funciones que se utilizan para desarrollar el software.

Función de ingreso

TABLA XI. FUNCIONES DE INGRESO.

Requerimiento	Tipo
Ingresar nombre de usuario y contraseña del profesor.	Evidente
Ingresar nombre de usuario y contraseña del alumno a ser evaluado.	Evidente
El almacenamiento se realiza de forma instantánea.	Oculto

Función de toma de prueba

TABLA XII. FUNCIONES DE TOMA DE PRUEBAS.

Requerimiento	Tipo
El profesor o el alumno seleccionan la categoría de la prueba que el alumno va a desarrollar.	Evidente
La prueba se muestra al alumno, el cual la debe desarrollar con el fin de medir sus destrezas cognitivas en la categoría.	Evidente
Los resultados del examen se muestran al final al alumno.	Evidente
Los resultados se almacenan en la base de datos, a la cual el profesor puede acceder posteriormente.	Oculto
En la interfaz se muestra claramente la evaluación que se está desarrollando, el tiempo que le toma al alumno y si es o no correcta su decisión al momento de contestar una pregunta.	Evidente
Calcula el resultado de la prueba y de los errores cometidos.	Oculto

Función de resultados

TABLA XIII. FUNCIONES DE RESULTADOS.

Requerimiento	Tipo
Mostrar un historial de las pruebas realizadas por el alumno.	Evidente
Mostrar los resultados independientes en cada prueba: calificación y tiempo que se demoró.	Evidente

Función de manejo de base de datos de pruebas

TABLA XIV. FUNCIONES DE MANEJO.

Requerimiento	Tipo
El profesor puede crear, modificar o eliminar categorías o preguntas de la prueba.	Evidente
El profesor puede agregar o eliminar alumnos, al igual que los resultados de sus exámenes almacenados en la base de datos.	Evidente
Guardar los resultados de los exámenes en la base de datos de cada alumno.	Oculto

D. Diagrama de actores

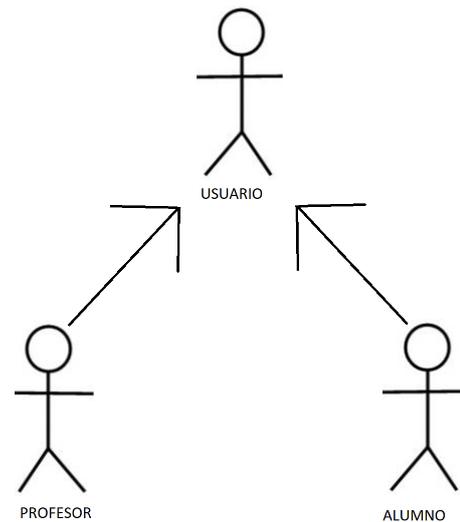


Fig 3. Diagrama de actores.

E. Diagrama de casos de uso

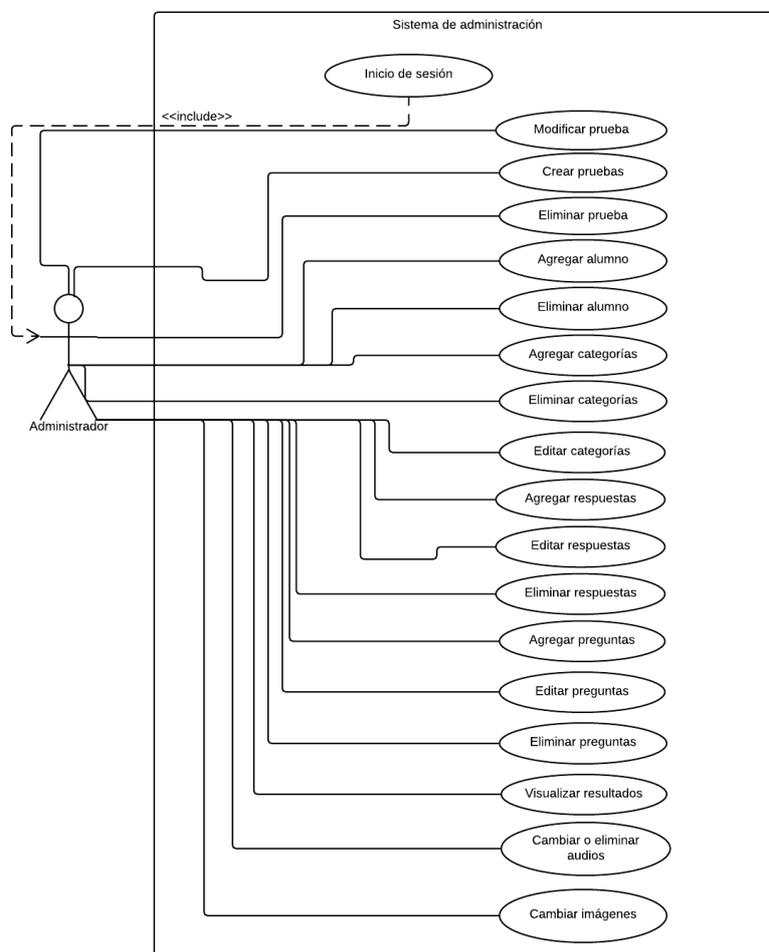


Fig 4. Diagrama de casos de uso del administrador.

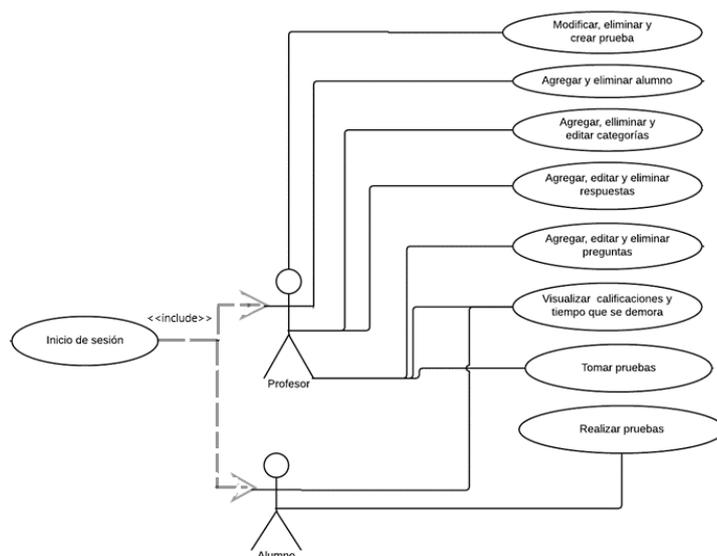


Fig 5. Diagrama de casos de uso profesor y alumno.

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE SESA

Con respecto a la implementación es importante conocer el lenguaje de programación que se utiliza para el desarrollo del software, el cual es HTML con PHP que tienen los siguientes beneficios: fácil de programar, interfaz más amigable, software libre y se puede acceder desde cualquier computador, debido a que es una página web y solo se necesita un navegador, el mayor problema es que necesita un servidor para que se pueda acceder a la página, pero es solucionable, HTML sirve para la programación de la interfaz gráfica y PHP programación lógica. Las herramientas utilizadas dentro de HTML son:

- PHP. - Lenguaje de programación adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.
- JavaScript. - Es un lenguaje de programación que permite crear acciones en sus páginas web.
- JQuery. - JQuery es una librería de JavaScript, permite agregar interactividad a un sitio web sin tener conocimientos avanzados del lenguaje Java.
- MySQL. - Es un sistema de administración de bases de datos, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamando a las bases de datos.
- CSS. - El CSS o llamado hojas de estilo en cascada, define la apariencia de un documento escrito en un lenguaje de marcado, por ejemplo, HTML permite que sólo cambiando los CSS se modifique completamente el aspecto de una página web.
- Ajax. - Básicamente AJAX permite que una página web que ya ha sido cargada solicite nueva información al servidor.

El desarrollo del software SESA, se realizó en NetBeans como se observa en la figura 7, IDE que es un entorno de desarrollo gratuito y sin restricciones de uso que fue principalmente desarrollado para el lenguaje de programación en Java, pero existen muchos módulos además en los cuales puede desarrollar software en este caso PHP donde SESA es desarrollado, también crea archivos HTML, PHP y vincula con la base de datos, todo es importante, porque estos tipos de archivos se van a utilizar para completar el software SESA siendo HTML la parte gráfica y PHP la parte lógica.



Fig 6. Programa NetBeans obtenido de [25].

A. Arquitectura de la Aplicación

La aplicación se basa en la arquitectura cliente – servidor como se observa en la figura 7, en la que separa dos capas para el procesamiento de la información, las transacciones son basadas en las peticiones del cliente que comúnmente son http, el requerimiento se basa principalmente en la que uno o varios clientes manejan hilos de información, pero la información siempre resultará transparente al cliente, la capa del servidor como se observa en la figura 8, se encarga de responder todas las peticiones de los clientes, además en esta aplicación la Capa de Servidor se divide en tres servidores: servidor web, servidor de base de datos, servidor de aplicaciones. Además, se planea sacar la información al internet mediante una ip pública que es transparente al usuario mediante los dns.

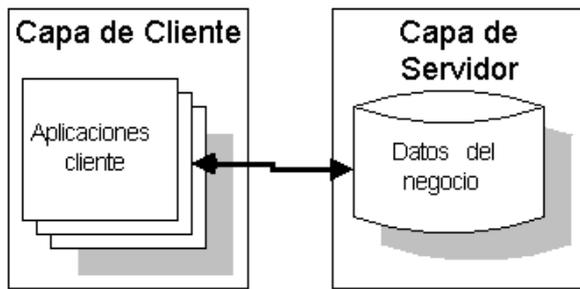


Fig 7. Capas de la Arquitectura Cliente Servidor obtenido de [26]

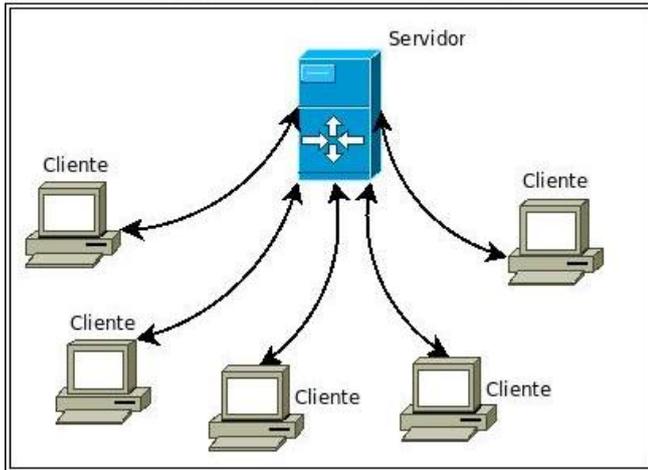


Fig 8. Modelado de la arquitectura Cliente Servidor obtenido de [26]

B. Metodología de Programación

La metodología usada para esta aplicación es la Programación Orientada a Objetos que se describe en la figura 9, básicamente se trata a cada elemento de la aplicación como un elemento único que posee métodos y propiedades únicas, se define el concepto de clases en la que dentro de una clase se define los objetos necesarios, se hace uso de las propiedades como la herencia, el encapsulamiento y el polimorfismo.

Se ha escogido esta metodología ya que permite la reutilización de código, el uso de clases en varias partes del sistema, el mantenimiento del sistema se hace más liviano ya que al reutilizar código se evita tener código basura y facilita la escalabilidad de la aplicación, y por último la programación orientada a objetos permite dividir cada proceso del sistema en subprocesos y poder reutilizarlos en cualquier parte del sistema.

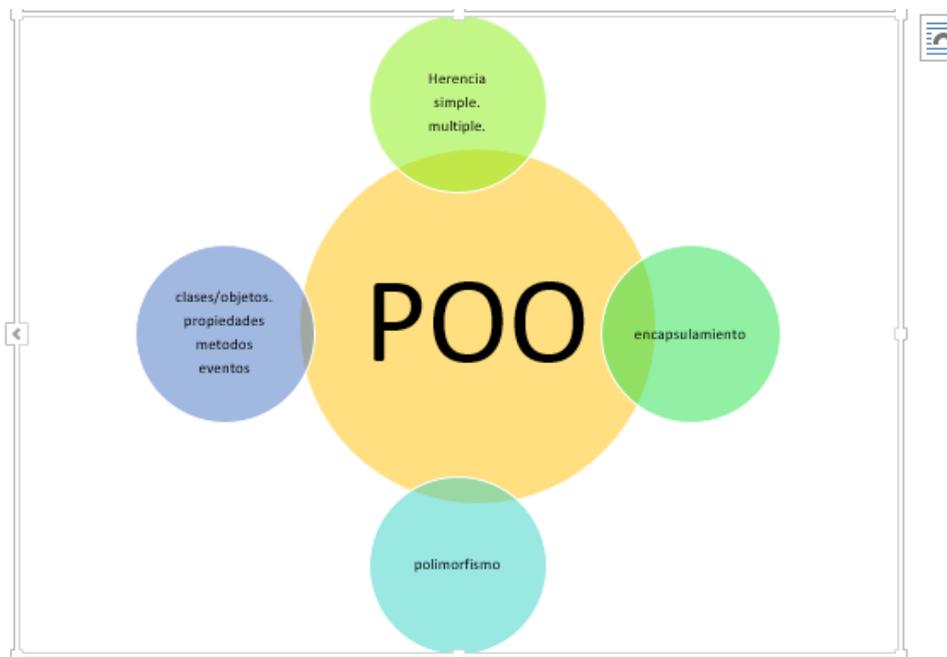


Fig 9. Estructura programación orientada a objetos.

C. Modelado de la Aplicación

Inicio de la aplicación

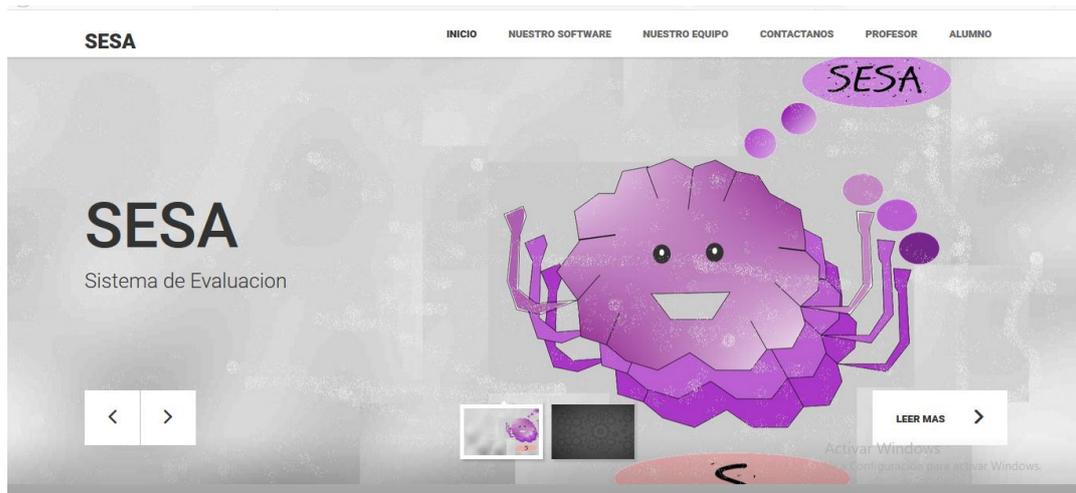


Fig 10. Inicio de la aplicación.



Fig 11. Menú de profesores y alumnos.

Registro de Profesor

Ingresar tus Datos

* Nombre:

* Apellido:

* Usuario:

* Password:

* Fecha de Nacimiento:

* Email:

* Genero: Masculino Femenino

Todos los campos con un asterisco (*) son requeridos

Fig 12. Registro o ingreso de profesores.

D. Crud para Opciones del Menú

NUEVA PREGUNTA

Mostrar registros

Buscar:

Codigo	Descripcion	Imagen	Categoria	Acciones
0001	¿De qué color es el perro?		Colores	 
0002	¿Cuál es el resultado de?		Sumas	 
0003	¿Cuántos perros ves en la imagen?		Numeros	 
0004	¿Qué vocal es la que ves?		Vocales	 
0005	¿De qué color es el gorro de Papa Noel?		Colores	 

Fig 13. Menú para agregar preguntas.

SESA

EVALUACION 00:00:13

¿Cuál es el resultado de?



Elige la respuesta Correcta:





Fig 14. Interfaz de las preguntas.

SESA **SALIR**

¡FELICITACIONES!!

Haz terminado con el Examen!

Tu calificación: 8 /9 Tiempo: 00:01:19

[Escoger otro Examen](#)

Fig 15. Resultados y tiempos.

EXAMENES

Mostrar registros

Buscar:

Código	Examen	Alumno	Calificación	Tiempo	Acciones
0000000066	Sumas	Geovanny Cordova	7 /9	00:02:30	
0000000067	Sumas	Geovanny Cordova	8 /9	00:01:19	

Mostrando registros del 1 al 2 de un total de 2 registros

Anterior | Siguiente

Fig 16. Resultados para profesores.

V. RESULTADOS

Para realizar las pruebas de SESA se inicia con la calibración respectiva del dispositivo a usar, el cual es Irisbond que es un sistema diseñado para personas que presentan dificultades motoras, es decir, que tienen ciertas limitaciones, por lo que no pueden realizar algunas actividades como: utilizar el teclado o manipular el mouse de la computadora. Este sistema busca mejorar su calidad de vida, permitiéndoles acceder de manera ilimitada a todas las opciones como: internet, juegos o diversas aplicaciones que les ayuda a comunicarse con el resto de personas; porque, cumple la función del mouse, con la diferencia de que es manejado solo con el uso de la mirada y el puntero se mueve alrededor de todo el computador, realizando las actividades que el usuario desee. Irisbond consiste de dos sensores infrarrojos y una cámara, como se observa en la figura 17.



Fig 17. Irisbond obtenido de [27]

Irisbond viene con un programa llamado Primma, cuyo objetivo es calibrar el dispositivo, tiene un menú de opciones dentro del cual se tiene distintas opciones como: usuarios, opciones de click, configuración, como se observa en la figura 18; cada una de estas opciones tiene diversas funcionalidades como se describe a continuación:

- Usuarios, permite crear un nuevo usuario o cargar uno existente como se ve en la figura 19.
- Opciones de click, deja elegir el tipo de click con el que se desea trabajar dentro del ordenador; hay tres tipos: por guiño, por fijación y conectar un dispositivo externo, como se observa en la figura 20.
- Configuración, es la parte en donde se realiza el posicionamiento y la calibración principal del dispositivo, como se ve en la figura 21.

Esta calibración se realiza de la siguiente manera:

- El usuario se debe posicionar a una distancia adecuada, se recomienda que sea entre 60 a 90cm del computador; en la opción posicionamiento, aparece una pantalla en la cual muestra dos las líneas de color azul y morado, que corresponde a la distancia del computador y la altura de la vista hacia el computador respectivamente, si la distancia es correcta el círculo se pondrá de color verde como se ve en la figura 22, caso contrario se hará rojo.
- En la opción de calibración, se puede elegir 5, 9 y 16 puntos, también se puede cambiar la imagen de calibración a seguir y de paso activar el sonido, aparece una pantalla de color azul, en donde se muestra un círculo o una imagen según se le configure, como se ve en la figura 23, al círculo o a la imagen se le sigue alrededor de la pantalla, para obtener la calibración respectiva del Irisbond, al final saldrá una pantalla en la que si el valor es mayor de 20 se debe repetir la calibración, caso contrario la calibración es correcta, como se ve en la figura 24.

- En la opción de click, deja elegir el tipo de click que se quiere utilizar, ya sea por fijación, el cual consta en quedar viendo a un punto fijo en la pantalla para hacer click por un lapso de tiempo corto; guiño, el que con hacer el guiño hace click y por un elemento externo. Al finalizar con estas opciones se puede usar el Irisbond para manejar el puntero dentro del computador.



Fig 18. Menú para calibración del Irisbond obtenido de: Irisbond.



Fig 21. Opción de configuración obtenido de: Irisbond.

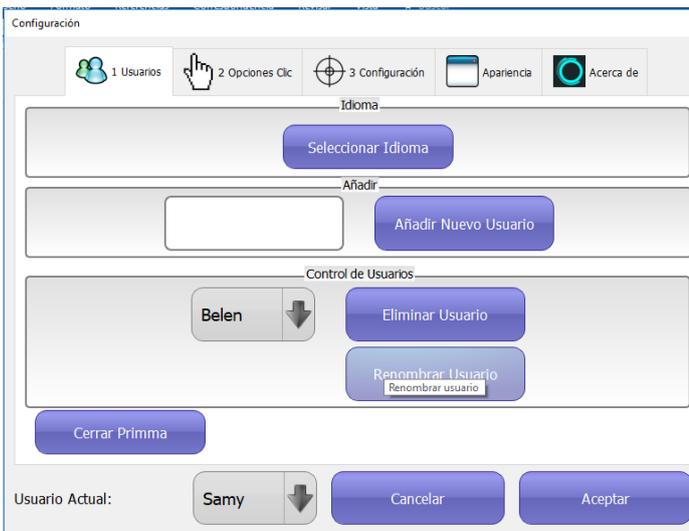


Fig 19. Opción usuarios obtenido de: Irisbond.

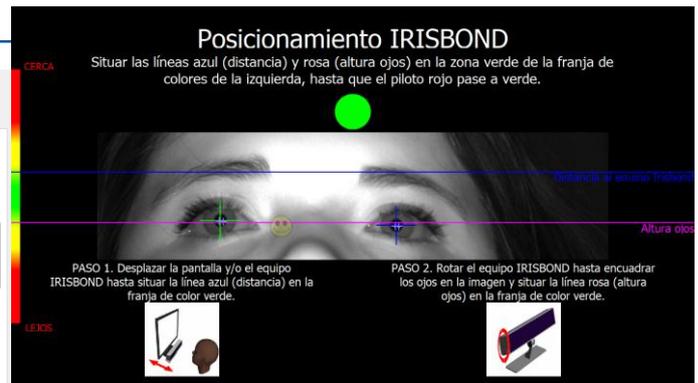


Fig 22. Calibración posición Irisbond obtenido de: Irisbond.



Fig 20. Opción de click obtenido de: Irisbond.

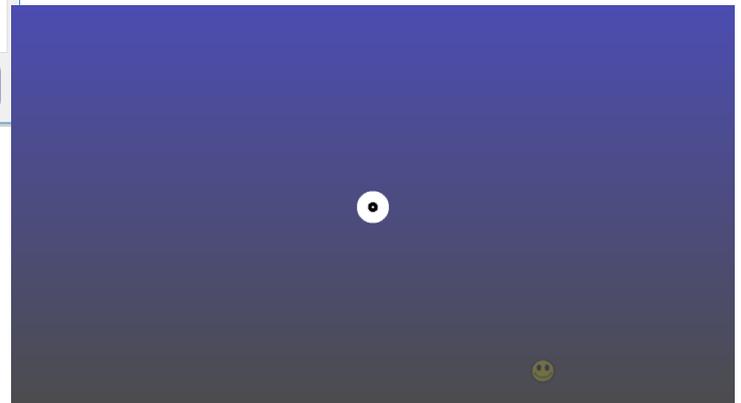


Fig 23. Calibración Irisbond obtenido de: Irisbond.

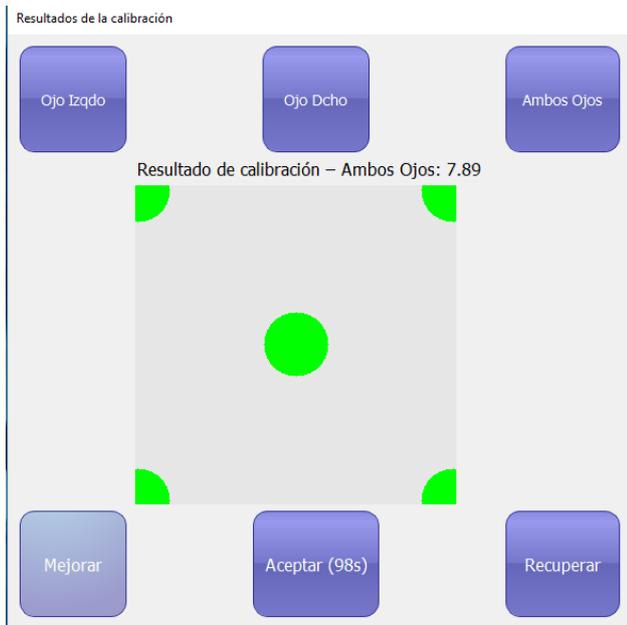


Fig 24. Calibración correcta del Irisbond obtenido de: Irisbond.

Una vez explicado cómo se realiza la calibración, con la colaboración del Instituto de Parálisis Cerebral del Azuay (IPCA) y la escuela la Asunción, se comenzó la ejecución de las pruebas tomando el tiempo de calibración de cada niño o niña como se observa en la tabla XV y en la figura 25.

TABLA XV. TIEMPOS DE CALIBRACIÓN

	Tiempo de Calibración
Nina 1 (Asunción)	25 min.
Niño 2 (IPCA)	30 min.
Niña 3 (IPCA)	20 min.
Niña 4 (IPCA)	25 min.
Niño 5 (IPCA)	40 min.
Niño 6 (IPCA)	15 min.
Niño 7 (IPCA)	10 min.
Niño 8 (IPCA)	15 min.
Niño 9 (IPCA)	20 min.
Niña 10 (IPCA)	25 min.

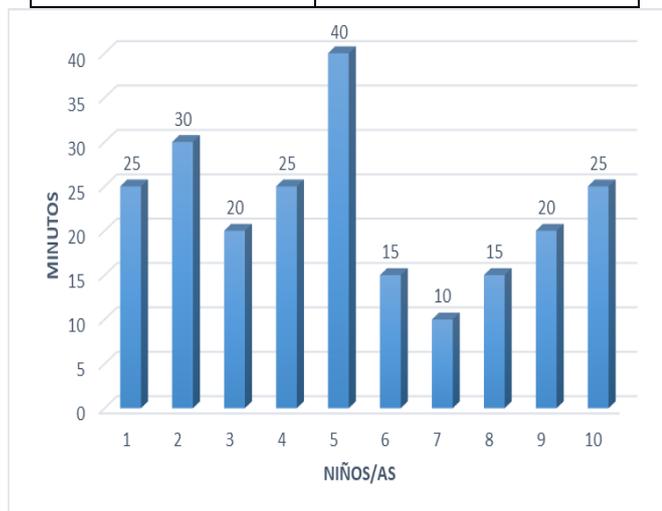


Fig 25. Gráfico de los tiempos de calibración.

TABLA XVI. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN.

	Resultado de calibración
Nina 1 (Asunción)	80
Niño 2 (IPCA)	202
Niña 3 (IPCA)	56
Niña 4 (IPCA)	104
Niña 5 (IPCA)	384
Niño 6 (IPCA)	404
Niño 7 (IPCA)	90
Niño 8 (IPCA)	19,5
Niño 9 (IPCA)	30
Niña 10 (IPCA)	46

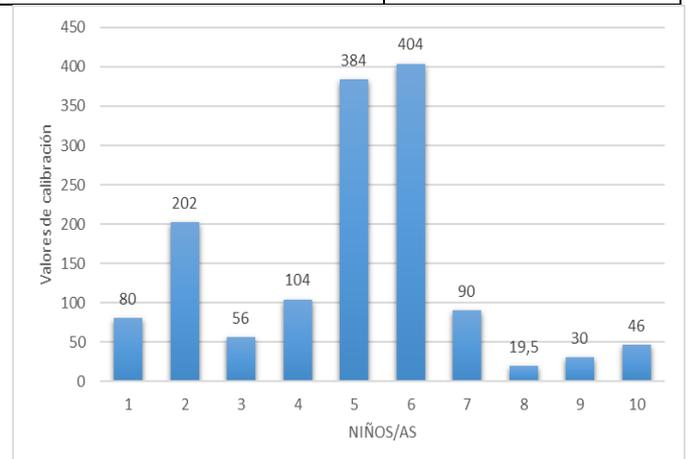


Fig 26. . Gráfico de los valores de calibración.

Con la calibración de 5 puntos, se obtienen mejores resultados como se observa en la tabla XVI y en la figura 26, con la calibración de 9 y 16 puntos, los resultados no fueron buenos debido a que, los niños se aburren y se distraen mucho. Después se procedía a poner un juego de globos, los cuales se revientan con el movimiento del puntero, el cual es realizado por el movimiento del ojo como se observa en la figura 27, se realizó este juego para que entiendan el funcionamiento del Irisbond, que con el uso de su mirada pueden reventar los globos y moverse alrededor de la pantalla, otro de los juegos que se utilizó es Mr. Blow como se ve en la figura 28, con este juego se pretendía que entiendan el funcionamiento del click, debido a que, cada vez que se hace click sobre el muñeco se va inflando, es decir, para que practiquen el guiño para hacer click o solo mantener fija la mirada en algunos casos.



Fig 27. Juego de globos obtenido de: EyeLearn.



Fig 28. Mr Blow obtenido de: EyeLearn.

Por último, se analiza el software SESA para conocer si este resultaba útil o no para ayudar a los profesores a evaluar a los niños como y conocer si están obteniendo un avance académico de acuerdo a lo que les enseñan. Con la ayuda de las profesoras se agregaron más actividades como: las partes del cuerpo, figuras geométricas, tamaños, vocales, números, medios de transporte, etc. Debido a que, ellos tienen un aprendizaje diferente al de los otros niños y asociar se les hace fácil. De los 10 niños, 7 reconocían los colores de manera correcta, los medios de transporte, los números y las partes del cuerpo. De los 10 niños, 8 de ellos se confundían en las vocales, números, tamaños y las figuras geométricas, con el uso de SESA las profesoras y profesores observaron en que parte tienen mayor conocimiento. Y también observaron en que parte del dibujo o de la pantalla se fijaban más, teniendo como resultado que el software SESA funciona de manera correcta como se muestra en la figura 29 y 30, es de gran utilidad para los profesores y que el Irisbond es parte fundamental para que el software funcione de manera correcta.

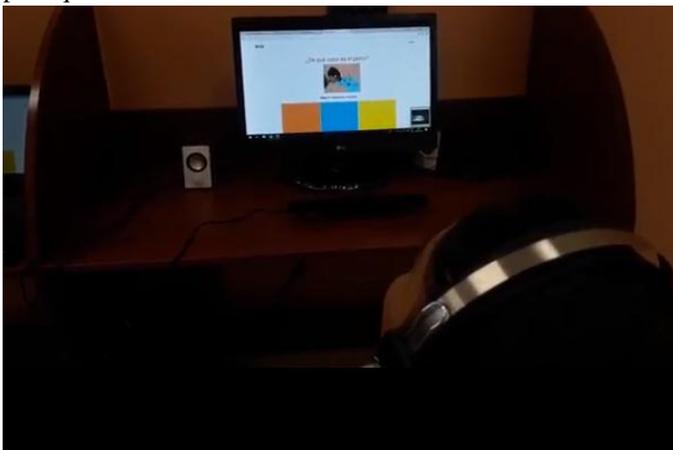


Fig 29. Niña utilizando el software.



Fig 30. Niña respondiendo a la pregunta.

VI. CONCLUSIONES

Con respecto al tiempo de calibración la niña que más se demoró fue la niña 5, debido a que, primero, era una niña pequeña y se tuvo que ajustar el Irisbond al tamaño de ella; segundo, no tenía control cefálico y ni con el uso de un collarín se mantenía fija su cabeza; tercero, ella tiene estrabismo, lo que al momento de la calibración causó problemas porque en ciertos momentos solo le captaba el un ojo y eso dificultaba la calibración y por último, se distraía de manera rápida. A la niña 1 se le pudo evaluar que tenía mayor conocimiento que el resto de niños, debido a que, reconocía los números, vocales y colores.

El niño 2, 5 y 6 en los resultados de calibración obtuvieron puntajes mayores, debido a que, ninguno de ellos mantenía su cabeza fija, es decir, no tenían control cefálico y algunos tenían que usar collarín, los demás tienen problemas de la vista como la niña 4 o se distraían de manera fácil, por lo que sus resultados de calibración son elevados. El niño 8, es el que obtuvo la calibración correcta, debido a que él mantiene la mirada fija y centrada en lo que está observando, lo cual ayudó mucho para comprobar el funcionamiento de SESA. El niño 7 tenía problemas de audición, escuchaba muy poco, a pesar de este problema su inteligencia es intacta y entiende lo que se debe realizar.

La niña 3, es la que mejor resultado obtuvo, debido a que, su nivel de comprensión es alto. Los niños evaluados fueron remitidos por los profesionales de la institución, quienes tienen una edad de funcionamiento intelectual entre 5 a 7 años de edad. Al final se socializó el software con los docentes y resultó ser efectivo, puesto que, los profesores pudieron evaluar los conocimientos de los niños y plantearse estrategias acordes a las necesidades de ellos, favoreciendo al aprendizaje y la calidad de vida. Cabe recalcar que todos los niños utilizaron Irisbond para responder las preguntas.

REFERENCIAS

- [1] S. Levitt, Tratamiento de la parálisis cerebral y del retraso motor, Panamericana, 2013.
- [2] C. G. Paz Páez , S. Molina Molina y L. Tapias Cortés , Orientaciones pedagógicas para la atención y la promoción de la inclusión de niñas y niños menores de seis años con Parálisis Cerebral, Bogota, 2007.
- [3] P. P. Argüelles, *Parálisis cerebral infantil*, 2008.
- [4] B. Yelin, Argentina, 2012.
- [5] *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS)*, 2018.
- [6] Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2016.
- [7] D. Abril Abadín, C. I. Delgado Santos y Á. Vígara Cerrato, Comunicación Aumentativa y Alternativa, CEAPAT, 2010.
- [8] C. Basil y J. Boix, Sistemas aumentativos y alternativos de comunicación, 2010.
- [9] M. Cordoba y M. Fernandez, Las TIC para la igualdad, Madrid, 2010.
- [10] O. Meallha, A. Veloso, S. Alemeida y C. Manteigueiro, 2012.
- [11] U. P. d. Madrid, «SONRÍE, nuevo software para la rehabilitación orofacial de niños con parálisis cerebral,» *Sinc, la ciencia es noticia*, 07 marzo 2016.
- [12] O. Rivera , «Desarrollan un software educativo basado en juegos para personas con parálisis cerebral,» *SINC*, 28 enero 2014.
- [13] Universidad Politécnica de Madrid, *Universidad Politécnica de Madrid*, Madrid, 2011.
- [14] J. García González-Albo, Madrid, 2016.
- [15] Centro de Atención a Grandes Discapacidades Física, Albacete, 2015.
- [16] M. T. San Rufino, *Revisión de nuevos recursos informáticos para la intervención logopédica de pacientes afásicos*, Santa Cruz, 2013.
- [17] «Smartbox,» [En línea]. Available: <https://thinksmartbox.com>. [Último acceso: 12 julio 2018].
- [18] R. Rosas, C. P. Pérez-Salas y P. Olguín, 2010.
- [19] C. Rosales, L. Jácome, J. Carrión , C. Jaramillo y M. Palma , Salinas, 2018.
- [20] J. Mezak y N. Hoic-Bozic, Athens, 2010.
- [21] E. Aguayo-Lara y L. Hernández-Hirales, San Jose, 2014.
- [22] T. Moreno Martín , Madrid, 2013.
- [23] J. Solana Sánchez y Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2015.
- [24] «Netbeans,» [En línea]. Available: <https://netbeans.org/>.
- [25] «EcuRed,» [En línea]. Available: <https://www.ecured.cu>.
- [26] «Irisbond,» [En línea]. Available: <https://www.irisbond.com/productos/irisbond-duo..>
- [27] J. M. Muñoz Cantero y J. Martín Betazos, Revista Española de Orientación y Psicopedagogía, Madrid, 2012.
- [28] M. A. Alvarez, «HTML,» 01 enero 2001. [En línea]. Available: <https://www.desarrolloweb.com>. [Último acceso: 07 febrero 2018].