

# Implementing a Web and Mobile Application "Grammar Structures and Adjectives" for Assisting Intellectually Disabled People

*Desarrollo de una aplicación web y una aplicación móvil "Estructuras gramaticales con adjetivos" para personas con discapacidad intelectual*

## ARTICLE HISTORY

Received 25 October 2021  
Accepted 23 November 2021

**Santiago Xavier Loya Nasimba**  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
santiago.loya@epn.edu.ec

# Desarrollo de una aplicación web y una aplicación móvil “Estructuras gramaticales con adjetivos” para personas con discapacidad intelectual

## Implementing a Web and Mobile Application "Grammar Structures and Adjectives" for Assisting Intellectually Disabled People

Santiago Xavier Loya Nasimba  
Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Escuela Politécnica Nacional  
Quito, Ecuador  
santiago.loya@epn.edu.ec

**Resumen**— Las terapeutas de INSFIDIM encuentran dificultades al momento de impartir las terapias de lenguaje a sus estudiantes que tienen algún tipo de discapacidad, existe poco material pedagógico digital para personas con discapacidad intelectual y en muchos casos se han usado aplicaciones generalizadas sin obtener buenos resultados. El objetivo del proyecto es desarrollar una aplicación que permita a las personas con discapacidad intelectual mejorar sus competencias de comunicación y lenguaje. La metodología que se utilizó para la realización del presente proyecto fue el desarrollo iterativo incremental en combinación con la experiencia de usuario y el prototipado, la unión de estas es útil para validar los requerimientos de la aplicación y obtener una retroalimentación constante. Las encuestas de usabilidad y satisfacción realizadas para evaluar los prototipos de la aplicación muestran que las terapeutas tienen un rápido entendimiento de la funcionalidad de la aplicación y están de acuerdo con el diseño, y usabilidad de la aplicación móvil para cumplir con su objetivo de enseñar estructuras gramaticales con adjetivos. La aplicación desarrollada es fácil de usar para las terapeutas y estudiantes de INSFIDIM, siendo de gran ayuda en el trabajo que realizan con los estudiantes para desarrollar su lenguaje comprensivo y expresivo.

**Palabras clave**—discapacidad intelectual, experiencia de usuario, prototipado.

**Abstract**—INSFIDIM therapists encounter difficulties when teaching speech therapy to their students who have some kind of disability, there is little digital teaching material for people with intellectual disabilities and in many cases generalized applications have been used without obtaining good results. The objective of the project is to develop an application that allows people with intellectual disabilities to improve their communication and language skills. The methodology used for carrying out this project was the incremental iterative development in combination with user experience and prototyping, the union of these is useful to validate the requirements of the application and obtain constant feedback. Usability and satisfaction surveys conducted to evaluate the app

prototypes show that the therapists have a quick understanding of the app's functionality and agree with the design, and usability of the mobile app to meet its goal of teaching grammatical structures with adjectives. The developed application is easy to use for INSFIDIM therapists and students, being of great help in the work they do with students to develop their comprehensive and expressive language.

**Keywords**—intellectual disability, prototyping, user experience.

### I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, existen un total de 108.825 personas registradas con algún tipo de discapacidad intelectual según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades [1].

En la educación tradicional, se observa un aislamiento completo de las personas con discapacidad porque se las considera inadecuadas para la sociedad. La educación inclusiva aboga por un método educativo basado en la evaluación de la diversidad como elemento clave del proceso de enseñanza que es beneficioso para el desarrollo humano. Al analizar el concepto de inclusividad desde una perspectiva educativa, es eficaz para todas las personas, considerando la igualdad de oportunidades y eliminando las barreras de aprendizaje. Este método implica un proceso esencialmente social en el que todas las personas en instituciones educativas han aprendido a convivir con las diferencias y aprender de ellas [2].

Los beneficios de las tecnologías de la información y la comunicación son numerosos, pero algunas personas se quedan atrás. El enorme impacto tecnológico no se ha reflejado en gran medida en las personas con discapacidad intelectual y sus familias. En concreto, existen evidentes deficiencias en el uso de las tecnologías de información en el desarrollo de la vida diaria de las personas con discapacidad intelectual y sus familias y prácticas profesionales que apoyan la integración de este colectivo en la comunidad, lo que genera

una brecha digital y tecnológica en este sector de la población [3].

En el Instituto Fiscal de Discapacidad Motriz (INSFIDIM), las terapeutas especializadas en terapia de lenguaje han encontrado algunas dificultades en la docencia. Hay pocos materiales didácticos digitales específicos para personas con discapacidad, y en muchos casos se ven obligados a utilizar aplicaciones genéricas durante el tratamiento. Las aplicaciones no obtuvieron buenos resultados, por lo que se han adaptado haciendo tarjetas con bordes de colores que indican el tipo de palabras, ya sean sustantivos, adjetivos, verbos, etc.

En la terapia del lenguaje, las terapeutas incluyen estructuras gramaticales con adjetivos, el propósito es que el estudiante aprenda a asociar diferentes adjetivos con sustantivos y de esta forma pueda construir oraciones simples.

### A. Discapacidad Intelectual

En la última década, se han observado cambios significativos en el diagnóstico y la clasificación de las personas con limitaciones especiales en los comportamientos adaptativos y las funciones intelectuales. Las políticas y prácticas de prestación de servicios también han experimentado cambios importantes, centrándose en brindar apoyo personalizado a las personas con discapacidad intelectual y utilizando resultados personales relacionados con la calidad de vida. El concepto actual de discapacidad intelectual se basa en el concepto general de discapacidad, se centra en las limitaciones mostradas en el contexto social que representa una gran desventaja personal. [4].

### B. Educación inclusiva y tecnología

Las tecnologías de la información ayudan a conseguir una buena educación y a eliminar las barreras que limitan el acceso de las personas a las oportunidades educativas. Un entorno TIC bien diseñado puede ayudar a la creación de entornos de aprendizaje accesibles, proporcionando una excelente alternativa educativa para los grupos vulnerables. La Primera Conferencia Internacional sobre Educación Inclusiva, celebrada en 2014, examinó la contribución de la tecnología a la educación inclusiva desde cuatro perspectivas [5]:

- En la dirección del diseño universal de las TIC: hay una llamada de atención para evitar que el diseño de las TIC impida el acceso a determinadas personas.
- Disminuir la brecha digital: las TIC pueden facilitar el acceso de las personas a estados de bienestar cultural, de ocio y económico.
- Las TIC favorecen la atención personalizada: se eliminan las limitaciones que se derivan de las discapacidades cognitivas, sensoriales y motoras de los estudiantes.
- Las TIC para la inclusión social de diferentes colectivos: las TIC favorecen la inclusión educativa y mejoran las condiciones de vida de colectivos tradicionalmente marginados.

## II. MÉTODOS

### A. Desarrollo Iterativo - Incremental

El objetivo es desarrollar un sistema siguiendo etapas incrementales que se caracterizan por la creación de versiones sucesivas que van incluyendo requerimientos hasta llegar a la versión final [6]:

- **Iterativo:** en las iteraciones se repite un proceso de trabajo similar para proporcionar un resultado completo sobre el producto final.
- **Incremental:** el producto evoluciona en cada iteración y se hacen entregas incrementales partiendo de los resultados obtenidos en las iteraciones anteriores, añadiendo nuevos requerimientos o mejorando los que ya fueron completados.

Cada iteración comprende:

- Requerimientos, planificación.
- Análisis y Diseño.
- Codificación.
- Pruebas.

La Fig. 1 muestra el modelo iterativo incremental.

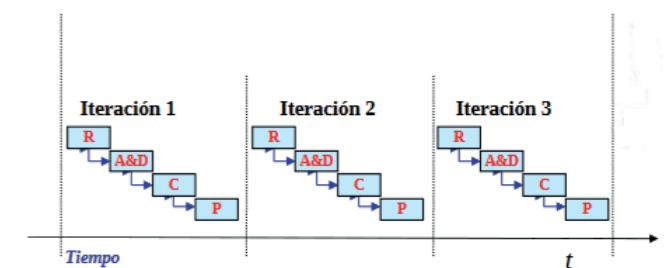


Fig. 1. Modelo Iterativo - Incremental

### B. Experiencia de Usuario

La experiencia del usuario puede definirse como la respuesta emocional, la valoración y la satisfacción del usuario como resultado de su interacción con un producto. [7].

Los cinco elementos de la experiencia de usuario que hacen énfasis en la arquitectura de información y diseño de la interacción son [8]:

- **Estrategia:** son los objetivos para el sitio, identificadas a través de la investigación de los usuarios, se define respondiendo a las preguntas: ¿Qué se quiere mostrar?, ¿De qué se trata el sitio?
- **Alcance:** es la descripción detallada de la funcionalidad que debe cumplir el sitio para satisfacer las necesidades del usuario.
- **Estructura:** es el diseño del flujo de acciones para facilitar las tareas del usuario, se define la navegación del sitio y cómo el usuario interactúa con la funcionalidad.
- **Esqueleto:** comprende el diseño de los elementos como botones y bloques de texto de la interfaz para facilitar la interacción del usuario con la funcionalidad.

- **Superficie:** es el tratamiento gráfico de la interfaz, texto y elementos de navegación que el usuario visualiza en el sitio.

**C. Prototipado**

Un prototipo es una versión inicial de un sistema de software usada para demostrar conceptos, opciones de diseño y se pueda experimentar un poco con el producto durante el proceso de desarrollo. El prototipo de software durante el desarrollo ayuda a seleccionar y validar los requerimientos del sistema, además sirve para buscar soluciones específicas de software y apoyar en el diseño de interfaces de usuario [9].

Desde el inicio del desarrollo de un sistema se vuelve necesaria la interacción de los usuarios para probar partes del sistema y verificar la funcionalidad, validar la navegabilidad y probar nuevas posibilidades técnicas, realizando pruebas durante todo el proceso de desarrollo [10]. Existen diferentes tipos de prototipado según el grado de fidelidad o calidad del producto [7][11]:

- **Prototipo de alta fidelidad:** similar a la interfaz del sitio finalizado, describe comportamientos y aspectos dinámicos de la interfaz, responde a eventos y puede ser usado como la aplicación final.
- **Prototipo de media fidelidad:** es un término medio del prototipo, el cual contiene algunos componentes reales del sitio a desarrollar.
- **Prototipo de baja fidelidad:** tiene un aspecto que dista bastante de la interfaz final, permite hacer correcciones rápidas, por lo general son pantallas estáticas en papel o por computadora y refleja en flujo y efecto de acciones del usuario.

**III. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN**

**A. Desarrollo Iterativo – Incremental**

En el modelo de desarrollo iterativo incremental con la especificación de requerimientos se hace una división en subsistemas de acuerdo con la funcionalidad. Cada nuevo desarrollo se denomina un incremento y combinando elementos del modelo cascada, se aplican secuencias lineales de forma escalonada [12].

**1) Proceso iterativo incremental**

El ciclo de vida consiste en la evolución de prototipos que se muestran a los usuarios, de esta forma se llega a una versión final del sistema. En cada iteración se reproduce el ciclo de vida en cascada, pero a una escala menor. Se establecen nuevos objetivos según la evaluación de iteraciones anteriores [6].

**a) Requerimientos**

Son los objetivos que se busca alcanzar con el proyecto. En una reunión inicial que se realizó con las terapeutas se hizo el levantamiento de requerimientos, estos requerimientos se analizan en el plano del alcance de la Experiencia de Usuario.

**b) Diseño**

El diseño se realiza siguiendo los cinco planos de Experiencia de Usuario y la relación que tiene con el prototipado, para cumplir con las necesidades del usuario final. La Fig. 2 muestra la relación entre UX y Prototipado [13].

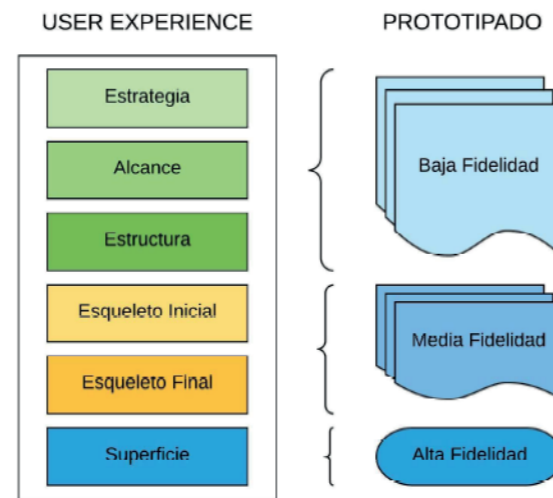


Fig. 2. Relación UX y Prototipado

**c) Codificación**

La Fig. 3 muestra la implementación de los incrementos siguiendo el esquema del prototipado durante las tres iteraciones hasta llegar a la versión final [13].

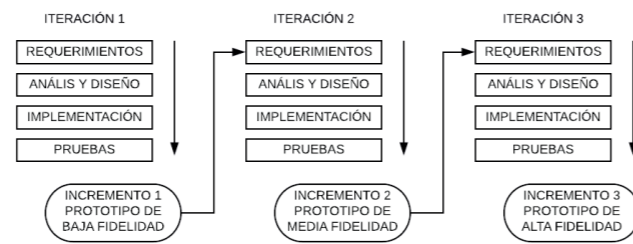


Fig. 3. Implementación de incrementos

**d) Pruebas**

Al terminar cada iteración se hacen las pruebas planificadas que se analizan en el plano de la estrategia con las métricas de éxito que se desean alcanzar para el proyecto.

**B. Experiencia de Usuario**

Para el desarrollo del proyecto se abordan los cinco planos de la experiencia de usuario: estrategia, alcance, estructura, esqueleto y superficie. Los cuales ayudan a tomar decisiones enfocadas en satisfacer las necesidades del usuario.

**1) Estrategia**

Se definen los objetivos del producto de software para aclarar lo que se espera obtener y se desarrolle de manera exitosa:

- Ayudar a las terapeutas en las terapias de lenguaje de los niños del instituto.
- Facilitar el aprendizaje de estructuras gramaticales con adjetivos a niños con discapacidad intelectual.
- Utilizar pictogramas y sonidos para el aprendizaje de los niños.
- Realizar una aplicación exitosa evaluada con las métricas de felicidad de Google.

El framework HEART de Google para medir UX define una serie de métricas para medir la experiencia de usuario y utilizarlas para tomar decisiones durante el desarrollo del producto [14]. Se escogieron las métricas Happiness para medir la satisfacción del usuario ante el uso del producto y Task Success que se enfoca en el comportamiento del usuario al usar el producto.

**2) Alcance**

El enfoque es facilitar el aprendizaje de estructuras gramaticales con adjetivos a niños con discapacidad intelectual y ayudar a las terapeutas a impartir las terapias de lenguaje, se puede definir cómo lograr los objetivos.

**a) Especificaciones funcionales**

Durante las reuniones con las terapeutas de INSFIDIM para la identificación de requerimientos para el desarrollo de los prototipos de baja y media fidelidad se recolectaron nuevas especificaciones y con la retroalimentación respectiva se obtuvieron las especificaciones funcionales definitivas para el producto de software. La Tabla I muestra las especificaciones funcionales.

TABLA I. ESPECIFICACIONES FUNCIONALES

Id	Especificación funcional
EF01	El terapeuta debe poder registrarse en la aplicación con su correo electrónico y contraseña.
EF02	El sistema permitirá el acceso la parte administrativa mediante el correo electrónico y contraseña del terapeuta.
EF03	El sistema deberá validar los campos que se utilicen para realizar un registro.
EF04	El terapeuta debe poder registrar imágenes con su respectivo nombre y categoría.
EF05	El terapeuta debe poder ver el listado de todas las imágenes registradas.
EF06	El terapeuta debe poder realizar búsquedas filtrando el listado de imágenes por su nombre.
EF07	El terapeuta debe poder actualizar el registro de una imagen.
EF08	El terapeuta debe poder eliminar el registro de una imagen.
EF09	El terapeuta debe poder registrar a los estudiantes que reciben terapia de lenguaje.
EF10	El terapeuta debe poder ver el listado los estudiantes registrados.
EF11	El terapeuta debe poder actualizar el registro de un estudiante.
EF12	El terapeuta debe poder eliminar el registro de un estudiante.
EF13	El terapeuta debe poder registrar oraciones en los diferentes niveles con las imágenes registradas previamente.
EF14	El terapeuta debe poder ver el listado de las oraciones registradas en los diferentes niveles.
EF15	El terapeuta debe poder actualizar el registro de una oración.
EF16	El terapeuta debe poder eliminar el registro de una oración.
EF17	El terapeuta debe poder ingresar a los diferentes niveles del juego conjuntamente con el estudiante para realizar su terapia.

EF18	El sistema deberá reproducir el audio de las oraciones realizadas correctamente en el juego.
EF19	El sistema deberá almacenar la puntuación obtenida por el estudiante durante el juego guiado por el terapeuta.
EF20	El terapeuta debe poder ver las puntuaciones de los estudiantes en los respectivos niveles del juego.

**b) Requerimientos de Contenido**

De la misma forma, durante las reuniones se obtuvieron algunos requerimientos respecto al contenido que se debe utilizar en la aplicación como: tipo de letra, uso de pictogramas para formar oraciones, número de distractores y respuestas. La Tabla II muestra los requerimientos de contenido.

TABLA II. REQUERIMIENTOS DE CONTENIDO

Id	Requerimiento de contenido
RC01	El sistema mostrará la tipografía Tw Cen MT seleccionada por los terapeutas.
RC02	Los pictogramas se registrarán con una categoría de palabra para su fácil administración al momento de formar oraciones.
RC03	Las oraciones se deben mostrar con los pictogramas registrados previamente.
RC04	Para las oraciones de nivel 1 se deben registrar dos opciones de respuesta.
RC05	Para las oraciones de nivel 2 se deben registrar tres opciones de respuesta.
RC06	Para las oraciones de nivel 3 se deben registrar tres opciones de respuesta.
RC07	Para el nivel 4 se deben registrar tres adjetivos y tres opciones de respuesta.
RC08	Para el nivel 1 se debe seleccionar una respuesta.
RC09	Para el nivel 2 se deben seleccionar dos respuestas.
RC10	Para el nivel 3 se deben seleccionar dos respuestas.
RC11	Para el nivel 4 se debe seleccionar una respuesta.
RC12	Se debe poder escuchar la oración formada correctamente en el juego.

**3) Estructura**

Definidos los requerimientos de la aplicación, se procede con la arquitectura de la información y el diseño de la interacción del usuario.

**a) Arquitectura de la Información**

La estructura del contenido se definió con un enfoque jerárquico a partir de las secciones que tiene, se define por niveles indicando el flujo de la navegación para obtener la información requerida.

La Fig. 4 se muestra la estructura del contenido de la aplicación, donde se pueden identificar los módulos que la componen.

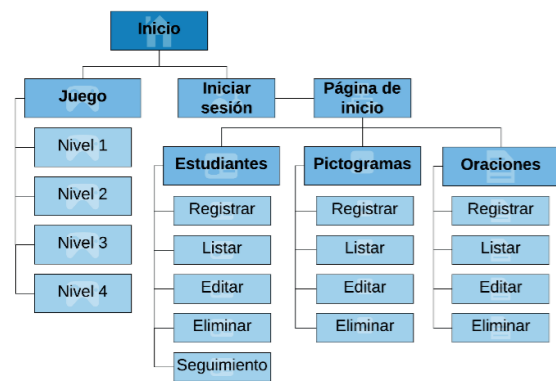


Fig. 4. Arquitectura de la Información

**b) Diseño de la Interacción**

Para el diseño de la interacción se tomaron en cuenta aspectos que faciliten la navegabilidad en la aplicación.

- **Diseño simple:** tiene un menú con palabras sencillas con los enlaces necesarios para navegar por la aplicación y se puedan realizar todas las acciones de la aplicación.
- **Representación visual:** se incluyen pocos gráficos que no distraen al momento de interactuar con la aplicación.
- **Control de errores:** muestra mensajes de error en los campos de los formularios que sean obligatorios para no dejarlos vacíos.

**4) Esqueleto**

Se identifican aspectos específicos como la interfaz, navegación y diseño de la información, dando forma a los requerimientos que se han establecido anteriormente.

**a) Diseño de la Interfaz**

Es importante seleccionar los elementos adecuados para que se pueda cumplir con la funcionalidad de la aplicación. El diseño de la interfaz se realizó con el framework de Bootstrap para añadir funcionalidad responsive y garantizar que los elementos se adapten al tamaño de la pantalla.

**b) Diseño de la navegación**

Una parte del diseño de la aplicación consiste en el juego y otra parte en la administración del contenido, por lo que se tienen dos diseños para la navegación. La Fig. 5 es un mapa de navegación sencillo en el cual se muestran los enlaces a los niveles del juego.

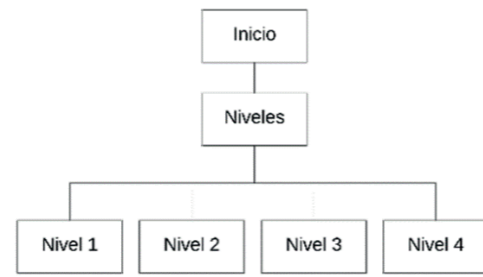


Fig. 5. Navegación para la parte del juego

La Fig. 6 muestra el diseño de la navegación de la parte administrativa de la aplicación, mediante un mapa del sitio con una estructura jerárquica se muestran los enlaces a los módulos de administración del contenido de la aplicación.

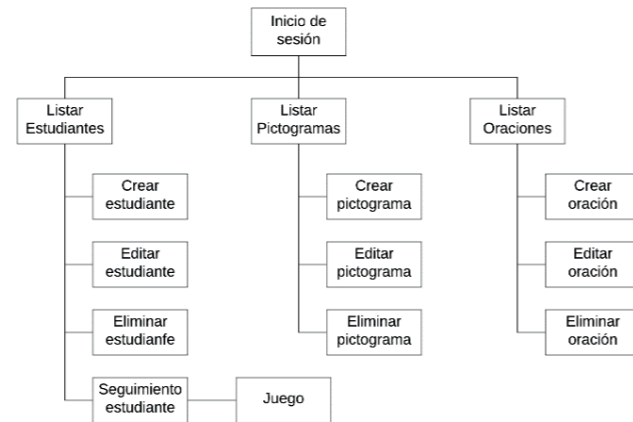


Fig. 6. Navegación para la parte de administración de contenido

**5) Superficie**

Se refiere al enfoque visual, se elige la tipografía y colores para la aplicación, con los que se debe facilitar la comprensión de los elementos y maximizar la experiencia de los usuarios que van a interactuar con ella.

**a) Consistencia**

Se debe permitir que el usuario sepa cómo funciona cada elemento de la aplicación con solo verlos. La usabilidad de la aplicación puede mejorar haciendo que el usuario deduzca el funcionamiento de elementos que realizan una acción concreta en todas las interfaces de la aplicación. La consistencia debe darse en dos aspectos [15].

- **Consistencia visual:** los tamaños, colores y tipografía debe ser la misma en toda la aplicación.
- **Consistencia funcional:** los elementos similares deben realizar funciones similares para que la aplicación sea predecible e intuitiva de utilizar.

**b) Tipografía**

La tipografía fue un requerimiento de los terapeutas de INSFIDIM, el tipo de letra debe ser lo más parecido a la letra imprenta que se enseña en el instituto.

La tipografía seleccionada por las terapeutas fue Tw Cen MT, como se muestra en la Fig. 7 y se utilizó tanto en la parte de administración de contenido como en la parte del juego.



Fig. 7. Tipografía Tw Cen MT

**C. Prototipado**

**1) Baja Fidelidad**

Para el desarrollo del prototipo de baja fidelidad se realizaron Mock-ups o representaciones gráficas de los módulos de la aplicación y lo que se espera que contenga cada uno, se utilizó la herramienta Lucidchart que permite realizar diagramas de la interfaz con enlaces que simulan la navegación de la aplicación.

El prototipo de baja fidelidad permite analizar el diseño que se tiene pensado para la aplicación y a identificar los requerimientos que no se pudieron conseguir en la primera reunión con las terapeutas de INSFIDIM. La Fig. 8 muestra la pantalla principal de la aplicación con el menú hacia los diferentes módulos.

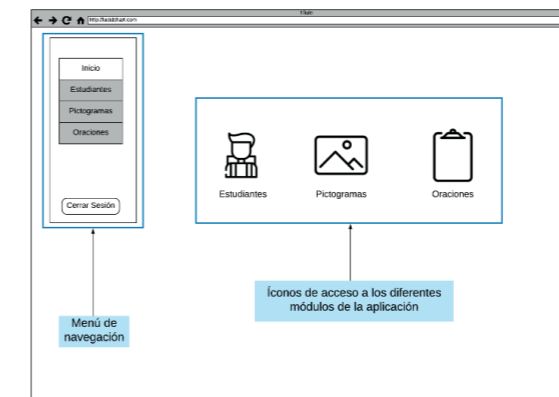


Fig. 8. Página de inicio

**2) Media Fidelidad**

El prototipo de media fidelidad se desarrolló para crear una representación navegable de las interfaces y diferentes módulos de la aplicación que se presentaron en los mock-ups del prototipo de baja fidelidad. Tiene botones funcionales que conducen a los módulos de estudiantes con su seguimiento, pictogramas y oraciones con sus respectivas opciones de registro para que el usuario entienda el funcionamiento de la aplicación y se aclaren dudas sobre los elementos que componen cada interfaz.

**3) Alta Fidelidad**

En este prototipo se implementaron las especificaciones funcionales y requerimientos de contenido.

**a) Arquitectura de la aplicación**

El Modelo Vista Controlador (MVC) es un estilo de arquitectura de software que separa los datos, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos [16]. La Fig. 9 muestra el funcionamiento del flujo MVC.

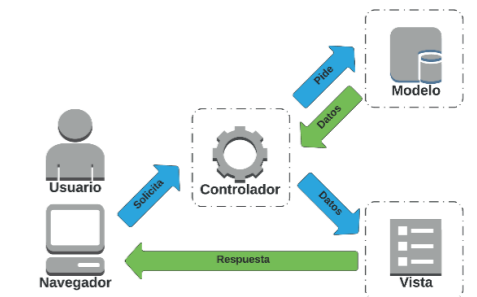


Fig. 9. Flujo MVC

La Fig. 10 muestra la arquitectura de la aplicación se describe como un modelo Cliente - Servidor con las herramientas que se utilizaron para el desarrollo.

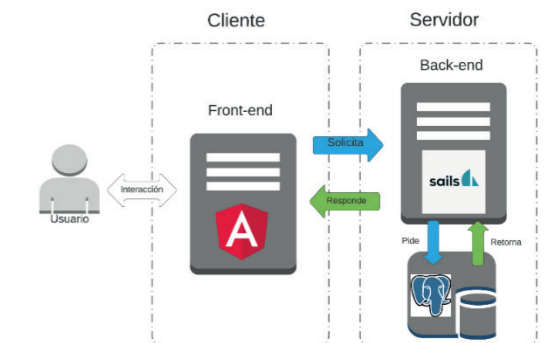


Fig. 10. Arquitectura de la aplicación

**D. Evaluación de los prototipos**

**1) Prototipo de baja fidelidad**

Para la evaluación del primer prototipo se realizaron las pruebas correspondientes con respecto a la navegación de la aplicación mediante tareas que fueron asignadas a las terapeutas, también se aplicó una encuesta de usabilidad después de la interacción que tuvieron con el prototipo.

- **Tareas:** la herramienta Lucidchart permite simular la navegación entre las pantallas de la aplicación para diseñar cada acción que puede tomar el usuario al interactuar con la aplicación. Se establecieron tareas que las terapeutas realizaron durante la interacción con la aplicación y se contabilizaron el número de clicks que fueron necesarios para completar cada tarea.

- **Encuesta de usabilidad:** el cuestionario SUS por sus siglas System Usability Scale fue desarrollado en 1986 como parte de la introducción de la ingeniería de usabilidad. Ofrece una visión rápida de la usabilidad de un sitio y cuenta con un sistema de puntuación simple que combina preguntas negativas y positivas. Para el análisis de los resultados de la encuesta a cada pregunta impar se le debe restar 1 punto del valor marcado en la pregunta, a cada pregunta par se debe restar 5 menos el valor marcado en la pregunta, al final se realiza la sumatoria de puntos y ese valor se multiplica por 2,5 para obtener el resultado final. Si el resultado final es menor que 50 puntos se considera que es un sistema fallido, si el resultado es mayor a 68 puntos se considera que el sistema es correcto y si el resultado es mayor a 80 puntos se considera que el sistema es sobresaliente [17].

2) *Prototipo de media fidelidad*

Para la evaluación del prototipo de media fidelidad se utilizó una encuesta de satisfacción, la cual fue realizada por las dos terapeutas que realizan las terapias de lenguaje con los niños, después de darles las indicaciones generales del funcionamiento de la aplicación. El objetivo de la encuesta es determinar si el diseño de la aplicación va de acuerdo con los requerimientos y necesidades de las terapeutas del instituto.

3) *Prototipo de alta fidelidad*

Para la evaluación del prototipo de alta fidelidad se realizaron las mismas encuestas: de usabilidad y de satisfacción, utilizados en los prototipos anteriores. Además, se añadió la evaluación MARS que la realizaron las terapeutas de INSFIDIM y un grupo de testers de la Escuela Politécnica Nacional.

- **Encuesta de usabilidad:** las terapeutas realizaron un recorrido por los módulos de la aplicación, interactuaron con los formularios de registro para ingresar o editar el contenido de la aplicación.
- **Encuesta de satisfacción:** se pidió a las terapeutas poner atención al contenido presentado en cuanto a diseño, funcionalidad y navegabilidad para verificar que cumpla con sus necesidades.
- **Evaluación MARS:** la evaluación Mobile Application Rating Scale (MARS) es una herramienta que permite calificar y clasificar la calidad de las aplicaciones orientadas a la salud. Se evalúan aspectos como: atractivo, funcionalidad, estética, información y calidad subjetiva con una serie de preguntas a ser calificadas en una escala desde 1 que significa inadecuado hasta 5 que significa excelente [18].
- **GTmetrix:** es una herramienta con un conjunto de características para que la optimización de un sitio web sea clara y fácil. GTmetrix en su informe resume el rendimiento de una página web basándose en indicadores clave de velocidad de carga de la página [19].
- **PageSpeed Insights:** informa sobre el rendimiento de páginas, tanto en dispositivos móviles como en

ordenadores y brinda sugerencias para mejorarlas. Facilita experimentos para depurar problemas de rendimiento en un entorno controlado, pero es posible que con ellos no se detecten problemas de capacidad producidos por volúmenes reales de tráfico. También facilita los datos de campo, resultan útiles para saber qué pasa con las experiencias de usuario auténticas y reales [20].

- **WAVE Web Accessibility Evaluation Tool:** conjunto de herramientas de evaluación que ayuda a verificar que el contenido de una web sea más accesible para las personas con discapacidad. WAVE puede identificar muchos errores de accesibilidad y pautas de accesibilidad al contenido web (WCAG), pero también facilita la evaluación humana del contenido web [21].

IV. RESULTADOS

A. *Prototipo de baja fidelidad*

Agregando navegabilidad entre las pantallas planificadas para para el desarrollo del proyecto, se pudo evaluar el prototipo de baja fidelidad, se realizaron pruebas mediante tareas que las terapeutas realizaron durante su interacción con el prototipo. La Tabla III muestra los resultados de las tareas realizadas por las dos terapeutas, quienes registran el mismo número de clics desde la página de inicio, de esta manera se muestran los resultados como un promedio de ambas terapeutas.

TABLA III. RESULTADOS – PRUEBA DE TAREAS

Nº	Tarea	Completado	Clics
1	Ingresar al módulo de estudiantes.	Si	1
2	Ir a la página de registro de estudiantes.	Si	2
3	Ir a la página de seguimiento de estudiantes.	Si	3
4	Ingresar al módulo de pictogramas.	Si	1
5	Ir a la página de registro de pictogramas.	Si	2
6	Ingresar al módulo de oraciones.	Si	1
7	Ir a la página de registro de oraciones.	Si	2
8	Ir al nivel 1 del juego.	Si	3
9	Ir al nivel 2 del juego.	Si	3

La encuesta SUS determina la usabilidad de la aplicación con respecto al prototipo de baja fidelidad, la Tabla IV muestra los resultados de las terapeutas después de realizar las operaciones respectivas a cada pregunta y un promedio de los resultados, obteniendo el puntaje total de las dos terapeutas que realizaron la encuesta de usabilidad.

TABLA IV. RESULTADOS – ENCUESTAS DE USABILIDAD

Nº	Chávez X.	Parreño N.	Promedio
1	4	4	4
2	4	4	4
3	3	4	3,5
4	3	3	3
5	4	4	4
6	4	4	4
7	3	4	3,5
8	3	3	3
9	3	3	3

10	3	3	3,5
		Sumatoria:	35,5
		Total:	88,8

B. *Prototipo de media fidelidad*

Se explica el propósito funcional de los diferentes módulos a las terapeutas que interactuaron con el prototipo para luego hacer la respectiva evaluación, realizaron la encuesta de satisfacción calificando la presentación de contenido, el diseño de la información y si les parece correcto la forma de interacción con el prototipo.

La Tabla V muestra los resultados obtenidos en cada pregunta y un promedio de los resultados, obteniendo el puntaje total de las dos terapeutas que realizaron la encuesta de satisfacción.

TABLA V. RESULTADOS – ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Nº	Chávez X.	Parreño N.	Promedio
1	5	5	5
2	5	4	4,5
3	4	4	4
4	5	5	5
5	5	5	5
6	4	5	4,5
7	4	5	4,5
8	4	4	4

C. *Prototipo de alta fidelidad*

1) *Encuesta de usabilidad*

La Tabla VI muestra los resultados después de realizar las operaciones respectivas a cada pregunta para determinar la usabilidad de la aplicación y un promedio de los resultados, obteniendo el puntaje total de las dos terapeutas que realizaron la encuesta.

TABLA VI. RESULTADOS – ENCUESTA DE USABILIDAD

Nº	Chávez X.	Parreño N.	Promedio
1	4	4	4
2	4	4	4
3	3	3	3
4	4	4	4
5	3	3	3
6	4	4	4
7	3	4	3,5
8	4	3	3,5
9	4	4	4
10	3	4	3,5
		Sumatoria:	36,5
		Total:	91,3

Durante las pruebas participó la estudiante Dayana Yépez, quien jugó cinco veces cada nivel con cinco oraciones aleatorias cada uno, las terapeutas registraron con anterioridad las oraciones durante la interacción con la aplicación.

La Fig. 11 muestra los resultados de la estudiante que juega en la aplicación bajo la supervisión de su terapeuta.

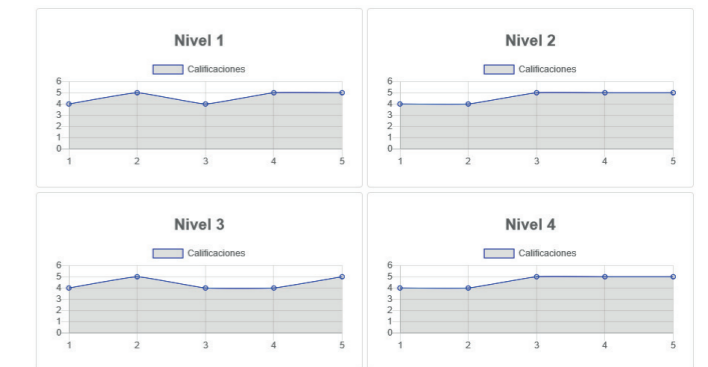


Fig. 11. Puntajes de Dayana Yépez en los niveles del juego

2) *Encuesta de satisfacción*

Se realizó para calificar la presentación de contenido de la aplicación, el diseño de la información presentada y si les parece correcto a las terapeutas la forma en que se va a interactuar el prototipo. La Tabla VII muestra los resultados obtenidos en cada pregunta y un promedio de los resultados, obteniendo el puntaje total de las dos terapeutas que realizaron la encuesta de satisfacción.

TABLA VII. RESULTADOS – ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Nº	Chávez X.	Parreño N.	Promedio
1	5	5	5
2	5	4	4,5
3	4	4	5
4	5	5	5
5	5	5	5
6	4	5	5
7	4	5	5
8	4	4	5

3) *Evaluación MARS*

La evaluación MARS se aplicó al prototipo de alta fidelidad por parte de las dos terapeutas de lenguaje de INSFIDIM después de su interacción con la aplicación y con las instrucciones necesarias.

La Fig. 12 muestra el resultado total de la evaluación MARS de la aplicación web con el promedio de las terapeutas Ximena Chávez y Nancy Parreño quienes colaboraron con las evaluaciones de los prototipos anteriores.

Resultados MARS - App Web



Fig. 12. Resultados de la evaluación MARS - aplicación web

La estudiante Dayana Yépez utilizó la aplicación con la supervisión de las terapeutas, quienes le dieron las indicaciones necesarias a la estudiante durante el juego y simulan la interacción que tendrían en una sesión de terapia de lenguaje.

La Fig. 13 muestra el resultado total de la evaluación MARS de la aplicación móvil con un promedio de las dos terapeutas: Ximena Chávez y Nancy Parreño que colaboraron durante el desarrollo de la aplicación.

Resultados MARS - App Móvil



Fig. 13. Resultados de la evaluación MARS - aplicación móvil

La evaluación MARS también fue aplicada por parte de un grupo de testers formado por estudiantes e ingenieros de la Escuela Politécnica Nacional, quienes tienen la experiencia en el desarrollo de aplicaciones y también en el uso de la herramienta MARS, cuatro testers evaluaron en conjunto la aplicación web y la aplicación móvil, ya que la aplicación móvil cuenta con la funcionalidad responsive web, que a través de enlaces desde la parte de administración de contenido de la aplicación web se puede acceder al juego e interactuar como lo haría un terapeuta durante la terapia de lenguaje con los estudiantes.

La Fig. 14 muestra el resultado total de la evaluación MARS por parte de los testers de la Escuela Politécnica Nacional: María José Caiza, Cristian Lara, Andrés Larco y Paul Peñafiel, con un promedio de los resultados en todas las categorías que evalúa MARS

Resultados MARS - Testers EPN



Fig. 14. Resultados de la evaluación MARS - testers EPN

#### 4) GTMetrix

La herramienta realizó un análisis completo de los elementos enviados por el servidor hacia el solicitante. Los resultados de la prueba de rendimiento de la aplicación indican puntajes de rendimiento con calificación (E de 59%) y YSlow (B de 85%).

#### 5) PageSpeed Insights

La prueba muestra el resultado de 25/100 puntos en la evaluación de la aplicación.

#### 6) WAVE Web Accessibility Evaluation Tool

El informe de cumplimiento del diseño de la aplicación indica cero errores, cero errores de contraste, una alerta que tiene que ver con la estructura del encabezado.

## V. DISCUSIÓN

La prueba de tareas realizada a las terapeutas muestra que las pantallas de la aplicación se entienden correctamente en sus diferentes módulos, así como también la navegabilidad. Se completaron todas las tareas con el número de clics correspondientes desde la página de inicio. Se obtiene un total de 91,3 puntos en la prueba de usabilidad lo que indica una calificación sobresaliente a la usabilidad de la aplicación por parte de las terapeutas de INSFIDIM. Los comentarios y recomendaciones de las terapeutas ayudaron a realizar las correcciones respectivas que se presentaron nuevamente en el prototipo de baja fidelidad y con ello se pudo continuar con el desarrollo del prototipo de media fidelidad.

Se obtuvieron resultados positivos en la evaluación del prototipo de media fidelidad. Las terapeutas demostraron un rápido entendimiento de la funcionalidad y navegabilidad de la aplicación y estuvieron de acuerdo con el diseño de interfaces y la presentación del contenido. Los resultados de las preguntas tienen un promedio de 4,56 puntos lo que indica que las terapeutas están de acuerdo con que el diseño de la aplicación para el prototipo de media fidelidad, es fácil de usar y navegar, las tablas muestran la información necesaria para el entendimiento de la aplicación, los gráficos son

adecuados y la funcionalidad del juego es adecuada para los niveles de dificultad presentados.

La prueba de usabilidad da un resultado total de 88,8 puntos lo cual significa una calificación sobresaliente a la usabilidad de la aplicación por parte de las terapeutas de INSFIDIM.

La estudiante Dayana Yépez demostró un rápido entendimiento de la funcionalidad del juego, es de gran ayuda que en INSFIDIM las terapeutas les enseñan a los estudiantes el significado de los pictogramas que utilizan en sus terapias de lenguaje, Dayana obtiene resultados entre 4 y 5 puntos en cada nivel realizado con 5 oraciones aleatorias.

Se obtuvieron resultados positivos en la evaluación del prototipo de alta fidelidad. Los resultados de las preguntas tienen un promedio entre 4,94 sobre 5 puntos lo que indica que están de acuerdo con que el diseño de la aplicación en cuanto a la navegabilidad, presentación de contenido y la funcionalidad del juego.

La evaluación MARS realizada por las terapeutas de INSFIDIM para la aplicación web muestra una calificación total de 4,79 sobre 5 puntos, para la aplicación móvil se muestra una calificación total de 4,50 sobre 5 puntos. Mostrando que la aplicación satisface las necesidades de las terapeutas para la enseñanza de estructuras gramaticales con adjetivos a los estudiantes del instituto.

La evaluación MARS realizada por los testers de la Escuela Politécnica Nacional muestra una calificación total de 3,94 sobre 5 puntos. La información de la aplicación tuvo una calificación de 3,67 indicando que hace falta mejorar la calidad de la información para el correcto uso de la aplicación.

Para las pruebas se alojó el proyecto en un servidor de Github, GTmetrix informa que los tiempos de carga de la página pueden mejorarse significativamente aprovechando el almacenamiento en caché del navegador para algunos recursos.

PageSpeed Insights en su informe indica que el código de un tercero, en este caso Github, ha bloqueado el hilo principal durante 1820 ms afectando de forma significativa la velocidad de carga de la aplicación.

La aplicación se limita a formar estructuras gramaticales con adjetivos que las terapeutas ingresan mediante la selección de pictogramas previamente registrados para crear oraciones sencillas que los estudiantes entiendan durante sus sesiones de terapia. Como trabajo futuro se puede unificar con otras aplicaciones desarrolladas con el mismo objetivo educativo creando una página completa con un conjunto de aplicaciones con la gestión de usuarios y de contenido que ayude a estudiantes con discapacidad a mejorar sus competencias de comunicación y lenguaje.

## VI. CONCLUSIONES

Con el adecuado levantamiento de requerimientos en las reuniones iniciales con las terapeutas se pudo comprender las necesidades al momento de las terapias. Con el desarrollo de los prototipos fue posible obtener una retroalimentación respecto a nuevas funcionalidades y requerimientos

La elaboración del prototipo de baja fidelidad permitió mostrar breves rasgos el contenido y la navegabilidad que tendría la aplicación, con base a los requerimientos que las terapeutas detallaron en la primera reunión explicando el uso de las estructuras gramaticales con adjetivos y cómo realizan las terapias con los estudiantes.

Se pudo mejorar el diseño, funcionalidad y la forma de interacción del usuario con la retroalimentación obtenida en cada iteración con los prototipos.

Con la evaluación basada en las métricas de Google, como happiness y task success, asignando tareas específicas para probar los prototipos y usando encuestas de usabilidad y de satisfacción, se pudo observar varios aspectos como la interactividad, navegabilidad, usabilidad, la calidad y cantidad de la información, que pueden seguir mejorando en la aplicación.

Mediante la presentación de gráficos de seguimiento de estudiantes, se pudo observar que después de algunas interacciones con la aplicación durante las sesiones de terapia los estudiantes logran entender el uso de estructuras gramaticales con adjetivos para formar oraciones sencillas.

## REFERENCIAS

- [1] "Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades". Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades – CONADIS. <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/> (accedido el 29 de noviembre de 2021).
- [2] C. Parra Dussan, "Educación inclusiva: un modelo de diversidad humana", Educación y Desarrollo Social, vol. 5, n.º 1, pp. 139–150, 2011.
- [3] S. Prefasi Gomar, T. Magal Royo, F. Garde y J. Giménez López, "Tecnologías de la información y de la comunicación orientadas a la educación de personas con discapacidad cognitiva", Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC, vol. 9, n.º 2, pp. 107–123, 2010.
- [4] R. Schallock, "La nueva definición de discapacidad intelectual, apoyos individuales y resultados personales", Siglo Cero, vol. 40, n.º 1, 2009, art. n.º 229.
- [5] J. Cabero Almenara y J. Fernández Batanero, "Una mirada sobre las TIC y la educación inclusiva: reflexiones en torno al papel de las TIC en la educación inclusiva", Comunicación y Pedagogía, n.º 279, pp. 38–42, 2014.
- [6] A. González. "Ingeniería de Software: Metodologías". [http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/el0329/1s18/lectures/SoftwareEngineering/Metodologias\\_DesarrolloIterativoIncremental.pdf](http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/el0329/1s18/lectures/SoftwareEngineering/Metodologias_DesarrolloIterativoIncremental.pdf).
- [7] Y. Hassan Montero y F. Martín Fernández. "La Experiencia del Usuario". No Solo Usabilidad: Revista de Diseño Web Centrado en el Usuario. [http://www.nosolousabilidad.com/articulos/experiencia\\_del\\_usuario.htm](http://www.nosolousabilidad.com/articulos/experiencia_del_usuario.htm)

- [8] R. Ronda León. "Diseño de Experiencia de Usuario: etapas, actividades, técnicas y herramientas". No Solo Usabilidad : Revista de Diseño Web Centrado en el Usuario. [http://www.nosolousabilidad.com/articulos/uxd.htm?utm\\_source=twitterfeed&utm\\_medium=linkedin&utm\\_campaign=escaped\\_fragment\\_="](http://www.nosolousabilidad.com/articulos/uxd.htm?utm_source=twitterfeed&utm_medium=linkedin&utm_campaign=escaped_fragment_=)
- [9] Sommerville, Software Engineering / 7th Edition. Pearson Education, 2008.
- [10] A. Bianchini. "Diseño centrado en el usuario". fdocuments.cc. <https://fdocuments.cc/document/prof-adelaide-bianchini-dpto-de-computacion-y-tecnologia-de-la-informacion-universidad-simon-bolivar-mayo-2008-diseno-centrado-en-el-usuario-prof.html>
- [11] F. X. Díaz, I. Arari y A. P. Amadeo. "Guía de recomendaciones para diseño de software centrado en el usuario". SEDICI - Repositorio de la Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/32172>
- [12] A. García. "Tema 3: Modelos de proceso". Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1179286>
- [13] D. Rojas, A. Larco. "Implementación de un portal web para alojar descripciones de los proyectos de inclusión para el proyecto INCLUTIC", Trabajo de grado, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2019.
- [14] "Google's HEART Framework for Measuring UX". The Interaction Design Foundation. <https://www.interaction-design.org/literature/article/google-s-heart-framework-for-measuring-ux>
- [15] C. Busquets. "Consistencia en el diseño UI — uiFromMars". uiFromMars. <https://www.uifrommars.com/consistencia-diseno-ui/>
- [16] "Modelo vista controlador (MVC)". Servicio de Informática. Universidad de Alicante. <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>
- [17] "Cuestionarios". SIDAR: Accesibilidad y adaptabilidad en la Red. <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/nuevos/CuestCon.htm>
- [18] . R. Stoyanov, L. Hides, D. Kavanagh, O. Zelenko, D. Tjondronegoro y M. Mani, "Mobile app rating scale: a new tool for assessing the quality of health mobile apps". JMIR Mhealth Uhealth. 2015 Mar 11;3(1):e27. doi: 10.2196/mhealth.3422. PMID: 25760773; PMCID: PMC4376132.
- [19] "Features | GTmetrix". GTmetrix | Website Performance Testing and Monitoring. <https://gtmetrix.com/features.html>
- [20] "Acerca de la API de PageSpeed Insights | Google Developers". Google Developers. <https://developers.google.com/speed/docs/insights/v5/about?hl=es>
- [21] "WAVE Web Accessibility Evaluation Tool". WAVE Web Accessibility Evaluation Tool. <https://wave.webaim.org/>

# AUTHOR



## Santiago Loya-Nasimba

Ingeniero en Sistemas Informáticos y de computación graduado de la Escuela Politécnica Nacional. Su tesis está desarrollada tomando en cuenta las necesidades de personas con discapacidad en el ámbito educativo para encontrar soluciones a esta problemática.