

	DOCUMENTO FINAL PROYECTO DE GRADO	EDO - 02
		Versión 1
		Vigencia: 02/09/2016
		Página 1 de 2

**Una herramienta móvil para la evaluación del riesgo a presentar dislexia en niños
utilizando como estrategia un algoritmo de aprendizaje automático**

Leni Alexander Trejos Bermúdez

Propuesta de Proyecto Grado

**Asesor
Dr. Helder Yesid Castrillón Cobo
Profesor Ingeniería de Sistemas**

**Corporación Universitaria Comfacaucá
Facultad de Ingenierías
Popayán
2021**

Tabla de Contenido

RESUMEN PROYECTO.....	7
Abstract.....	8
CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN.....	9
1. PLANTEAMIENTO, DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo General.....	14
1.2.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3. MARCO DE REFERENCIA	15
1.3.1 Definición de Dislexia.....	15
1.3.2 Tipos de Dislexia	15
1.3.3 Causas.....	16
1.3.4 Aplicaciones Móviles	16
1.4. METODOLOGÍA A IMPLEMENTAR.....	17
1.4.1 Tipo de investigación	17
1.4.2 Procedimientos para recolección, análisis y sistematización de información	17
1.4.4 Actividades y resultados relacionados en el desarrollo del proyecto.....	18
CAPITULO 2. IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS FORMALES Y HERRAMIENTAS PARA LA DETECCIÓN DE LA DISLEXIA	20
2 Revisión de la literatura asociada a los aspectos definidos.....	20
2.1.1 Preguntas de investigación.....	20
2.1.2 Palabras clave.....	20
2.1.3 Resultados Revisión de literatura.....	21
2.2 Dislexia.....	21
2.3 Métodos formales identificados para diagnosticar dislexia	23
2.3.1 Proyecto Change Dyslexia	23
2.3.2 Test de Gibson.....	24
2.3.3 DST-J.....	28
2.3.4 PROLEC-R.....	29
2.4 Aplicaciones encontradas para la identificación de la dislexia	33
2.5 Aprendizaje automático para la detección de dislexia.....	34
2.6 Comparación de test formales para diagnosticar dislexia	35
2.7 Conclusión test formal seleccionado para el desarrollo del proyecto.....	35
CAPITULO 3 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN	37
3.1 Arquitectura de la aplicación móvil.....	37
3.2 Mediciones de cada competencia	37

3.3	Mockups de la aplicación móvil.....	41
3.4	Historias de usuario	46
3.5	Mapa de navegación.....	54
3.6	Requerimientos de alto nivel.....	54
3.6.1	Componente lingüístico	55
3.6.2	Procesos perceptivos	55
3.6.3	Funciones ejecutivas	56
3.6.4	Lateralidad.....	56
3.6.5	Rendimiento o desempeño	56
3.6.6	Memoria de trabajo.....	57
3.7	Caso de uso.....	57
3.8	Diagrama de secuencia.....	59
3.9	Diagrama de componentes.....	60
3.10	Interfaces de la aplicación	61
3.11	Descripción del DataSet.....	63
3.12	Persistencia de la información.....	63
3.13	Selección del algoritmo de aprendizaje automático	63
3.14	Identificación de la dislexia.....	64
3.15	Encuesta a profesionales sobre el componente cognitivo de Lateralidad.....	64
3.16	Análisis de resultados algoritmo de clasificación Random Forest.....	67
3.16.1	Accuracy	67
3.16.2	Comparación de resultados.....	68
3.17	Conclusión	70
CAPITULO 4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....		71
4.1	Registro de pruebas en niños con y sin dislexia	71
4.2	Comparación de resultados en niños con y sin dislexia	71
CAPITULO 5 CONCLUSIONES.....		74
Trabajos futuros		76
Bibliografía.....		77

Lista de figuras

Figura 1. Competencias cognitivas - Change Dyslexia.....	24
Figura 2. Memoria a corto plazo	25
Figura 3. Velocidad de procesamiento	25
Figura 4. Ataque de palabras.....	25
Figura 5. Memoria a largo plazo	26
Figura 6. Procesamiento visual.....	26
Figura 7. Mezcla auditiva.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8. Segmentación auditiva	27
Figura 9. Caída auditiva.....	27
Figura 10. Lógica y razonamiento.....	28
Figura 11. Pruebas del Test DST-J	29
Figura 12. Aplicaciones informáticas para la detección y tratamiento de la dislexia.....	34
Figura 13. Arquitectura de la aplicación móvil	37
Figura 14. Registro y acceso a la aplicación.....	42
Figura 15. Componentes cognitivos a evaluar	42
Figura 16. Competencias lingüísticas	43
Figura 17. Memoria de trabajo.....	44
Figura 18. Funciones ejecutivas	44
Figura 19. Rendimiento o Desempeño	45
Figura 20. Procesos perceptivos	45
Figura 21. Lateralidad	46
Figura 22. Mapa de navegación	54
Figura 23. Caso de uso aplicación móvil	58
Figura 24. Diagrama de secuencia aplicación móvil.....	59
Figura 25. Diagrama de componentes aplicación móvil	60
Figura 26. Interfaces de pruebas 1	61
Figura 27. Interfaces de la aplicación 2	62
Figura 28. Interfaces de la aplicación 3	62
Figura 29. Encuesta prueba de Lateralidad nivel 1.....	65
Figura 30. Encuesta prueba de Lateralidad nivel 2.....	66
Figura 31. Métricas de evaluación Random Forest	67
Figura 32. Matriz de confusión – Random Forest.....	69
Figura 33. Resultados niños sin dislexia.....	73
Figura 34. Resultados niños con dislexia.....	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Actividades y resultados	18
Tabla 2. Aplicaciones informáticas para la detección y tratamiento de la dislexia	34
Tabla 3. Comparación de test formales para diagnosticar dislexia	35
Tabla 4. Competencia alfabética	38
Tabla 5. Competencia fónica	38
Tabla 6. Competencia silábica	38
Tabla 7. Competencia léxica	38
Tabla 8. Competencia sintáctica	39
Tabla 9. Competencia ortográfica	39
Tabla 10. Competencia semántica	39
Tabla 11. Memoria de trabajo visual	39
Tabla 12. Memoria de trabajo secuencial visual	40
Tabla 13. Memoria auditiva	40
Tabla 14. Memoria secuencial auditiva	40
Tabla 15. Atención sostenida	40
Tabla 16. Atención selectiva	40
Tabla 17. Atención dividida	40
Tabla 18. Comprensión lectora	40
Tabla 19. Velocidad de lectura	40
Tabla 20. Ortografía natural	40
Tabla 21. Ortografía arbitraria	41
Tabla 22. Velocidad de escritura	41
Tabla 23. Reconocimiento de errores	41
Tabla 24. Corrección de errores	41
Tabla 25. Discriminación y categorización visual	41
Tabla 26. Discriminación y categorización auditiva	41
Tabla 27. Lateralidad	41
Tabla 28. Historia de usuario - Acceso	46
Tabla 29. Historia de usuario - Componentes cognitivos	46
Tabla 30. Historia de usuario - Competencia alfabética	46
Tabla 31. Historia de usuario - Competencia fónica	47
Tabla 32. Historia de usuario - Competencia silábica	47
Tabla 33. Historia de usuario - Competencia léxica	47
Tabla 34. Historia de usuario - Competencia sintáctica	47
Tabla 35. Historia de usuario - Competencia semántica	48
Tabla 36. Historia de usuario - Competencia ortográfica	48
Tabla 37. Historia de usuario - Memoria de trabajo visual	48
Tabla 38. Historia de usuario - Memoria de trabajo visual secuencia	49
Tabla 39. Historia de usuario - Memoria de trabajo auditiva	49
Tabla 40. Historia de usuario - Memoria de trabajo secuencial auditiva	49
Tabla 41. Historia de usuario - Atención sostenida	49
Tabla 42. Historia de usuario - Atención selectiva	50
Tabla 43. Historia de usuario - Atención dividida	50
Tabla 44. Velocidad de lectura y comprensión lectora	50
Tabla 45. Ortografía arbitraria y velocidad de escritura	51
Tabla 46. Reconocimiento y corrección de errores	51
Tabla 47. Reconocimiento y corrección de errores	51

Tabla 48. Discriminación y categorización visual.....	51
Tabla 49. Discriminación y categorización auditiva	52
Tabla 50. Historia de usuario - Lateralidad prueba 1	52
Tabla 51. Historia de usuario - Lateralidad prueba 2	52
Tabla 87. Promedio de clicks, hits y misses - Niños con y sin dislexia	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN PROYECTO

El presente proyecto pretende contribuir con el desarrollo de un método que permita la evaluación temprana de dislexia en niños con habilidades lectoescritoras, debido a que este problema genera inconvenientes en su desarrollo normal cognitivo impidiendo un correcto aprendizaje durante el inicio de su etapa escolar en donde empiezan a adquirir mayor conocimiento, pero el cual se puede ver reducido a medida que transcurre el tiempo por falta de una intervención oportuna, creando en los niños problemas de autoestima, sintiéndose marginados por su falta de capacidad y perdiendo en muchos casos el interés por la continuación de su etapa formativa. Para tal fin, se recopilará información de niños entre los 7 y 11 años de edad, sobre su estado actual frente a los problemas más comunes que puede presentar un niño con dislexia en esa etapa de su vida, como: mal pronunciamiento de palabras, hablar poco, confundir objetos, confusión de izquierda y derecha, confusión entre letras, entre otros. Los datos obtenidos serán comparados con los ítems de evaluación que ofrecen test reconocidos en este campo de estudio como Dyctective U y el test de Habilidades Cognitivas de Gibson, de los cuales se evaluarán sus características determinando el más apropiado para esta investigación. Posteriormente, los datos obtenidos serán analizados y depurados con una aplicación móvil que permita una mejor interpretación de los resultados e indique el riesgo de padecer dislexia.

Abstract

This project aims to contribute to the development of a method that allows the early evaluation of dyslexia in children with reading and writing skills, because this problem generates problems in their normal cognitive development, preventing correct learning during the beginning of their school stage where they begin to acquire more knowledge, but which may be reduced as time passes due to lack of a timely intervention, creating self-esteem problems in children, feeling marginalized due to their lack of capacity and, in many cases, losing interest in continuing of his formative stage. For this purpose, information will be collected from children between 7 and 11 years of age, about their current state in the face of the most common problems that a child with dyslexia may present at that stage of their life, such as: mispronouncing words, speaking little, confusing objects, confusion of left and right, confusion between letters, among others. The data obtained will be compared with the evaluation items that offer tests recognized in this field of study such as Dytective U and the Gibson Cognitive Abilities test, of which their characteristics will be evaluated, determining the most appropriate for this investigation. Subsequently, the data obtained will be analyzed and refined with a mobile application that allows a better interpretation of the results and indicates the risk of suffering from dyslexia.

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO, DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La dislexia es una dificultad específica de aprendizaje, de origen neurobiológico, que se caracteriza por dificultades en el reconocimiento preciso y fluido de las palabras y por problemas de ortografía y decodificación. Esas dificultades resultan de un déficit en el componente fonológico [1], lo cual no debe confundirse con una enfermedad, ya que, no lo es [2]. De hecho, la dislexia está considerada como el trastorno de aprendizaje más común y menos reconocido a nivel educativo, según estudios científicos predomina más en hombres que en mujeres, aproximadamente entre el 10% al 15% de la población mundial en edad escolar la padece [3], generando la dificultad para leer y escribir, manifestándose en dos formas: dislexia adquirida (sobreviene tras una lesión cerebral) y dislexia evolutiva (inicia en edad escolar y continua inherente a través del tiempo). Dentro de estos dos tipos de dislexia, derivan otros tres tipos de clasificaciones, como lo son: dislexia fonológica, superficial y profunda [4]. Esta dificultad debe detectarse y tratarse a tiempo, de no ser así, generaría consecuencias adversas en el aprendizaje de los niños, como el sentirse marginados por el hecho de no tener las mismas capacidades cognitivas de otros niños, situación que podría inducirlos al abandono parcial o total de sus estudios por la baja autoestima que este problema les pueda producir.

Detectar la dislexia es posible en niños que ya saben leer y escribir, aplicando un test de lectoescritura o evaluándolos a través de juegos que permitan estimar su condición cognitiva frente a los déficits más comunes presentes en esta población, como: fonemas, grafemas, confundir izquierda y derecha, dificultad para encontrar palabras, entre otros [5]. Debido a este inconveniente, ha surgido la necesidad por parte de expertos en psicología, pedagogía y en TI (Tecnología de la Información) en estudiar este tipo de debilidad cognitiva, para encontrar soluciones basadas en tecnologías avanzadas, que traten esta falencia de manera oportuna, mejorando el desempeño y la capacidad de los niños durante su etapa escolar.

Actualmente, existen diversos software denominados juegos serios los cuales tienen una finalidad educativa, de entrenamiento o de información y están cuidadosamente pensados para tal fin [6] , y en este caso, el de ayudar a toda la población de niños con habilidades lectoescritoras afectados, a mejorar esa debilidad latente a través de grafemas, dígrafos,

fonemas, completar palabras, entre otro tipo de niveles que presentan este tipo de juegos creados para niños entre edades de 6 a 12 años, que cuentan con habilidades lecto-escritoras, aunque muchos de ellos no generan los resultados esperados debido a que aún carecen de aspectos que permitan evaluar si en verdad los niños están mejorando a través de su uso. Un factor clave para captar la atención de los niños es el entorno que presentan los juegos [7], que en su mayoría han sido desarrolladas en dos dimensiones. Con base en lo anterior, se puede inferir que si se mejora el entorno de interacción con el niño se tiene mayor atención por parte de él, además, de obtener resultados más acertados en cada nivel de la herramienta móvil, permitiendo realizar un análisis más objetivo.

Por otra parte, existen aplicaciones para evaluar el riesgo de padecer dislexia, como, *Dytective U* [8], que cuenta con una prueba de cribado de lectoescritura, la cual tiene una duración de 15 minutos, en los cuales el niño debe escuchar una serie de instrucciones que le permitan seleccionar las opciones correctas. Luego de esto, el sistema determina si la persona se encuentra o no, en riesgo de tener dislexia. De ser así, su recomendación es la de acudir a un profesional que diagnostique si la persona en verdad tiene o no, dislexia, o si tal vez es portador de otro inconveniente cognitivo. Con respecto a esta prueba, es importante recalcar que cuenta con un temporizador por cada fase, lo que conllevaría a que varias preguntas no sean contestadas o que se resuelvan de manera errónea por la presión ejercida sobre las personas al observar que el tiempo se está agotando. Por otro lado, se debe hacer referencia a la falta de usabilidad de esta prueba, debido a su limitante interacción con el usuario sólo usando el mouse.

Existe también otro tipo de evaluación para personas con falencias cognitivas, conocido como: test de Gibson de habilidades cognitivas [9], que a diferencia de *Dytective U*, se centra en la mayoría de problemas cognitivos y debilidades en el cerebro. Este test, ha sido sistematizado teniendo como componente principal la memoria visual entre otros componentes, y de esta forma, contribuye en el mejoramiento continuo, aumentado en esta población las posibilidades de aprender en los contextos que se les puedan presentar. A continuación, se mencionan los aspectos más relevantes a tener en cuenta por Luz Rello, (fundadora de la empresa *Change Dyslexia*) para determinar si un niño entre los 6 y 12 años, puede estar presentando indicios de padecer dislexia, tales como: competencia fonológica y léxica, competencia sintáctica y ortográfica, comprensión lectora, errores en lectura y escritura, habilidades no lingüísticas y problemas conductuales.

Intentar detectar dislexia en niños con habilidades de lectoescritura es una tarea difícil pero posible a través de las diferentes tecnologías existentes, como el uso de aplicaciones móviles, la cual ha tomado mucha fuerza en el campo educativo y cada vez se convierte en algo más común [10] cuando de mejorar habilidades se trata.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, surge el siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar la detección de la dislexia en niños de educación básica primaria [11], utilizando como herramienta una aplicación móvil para apoyar el diagnóstico de la dislexia?

1.1. JUSTIFICACIÓN

Pruebas de cribado para evaluar el riesgo de padecer dislexia en niños, como el test de Gibson [9] y el test de *Change Dyslexia* [8], requieren que los niños tengan habilidades en lectoescritura o de lo contrario no podrán realizar la prueba adecuadamente. Este tipo de pruebas son de gran ayuda porque permite a padres de familia y profesores conocer el déficit cognitivo que impide el aprendizaje correcto de los niños, y así, poder iniciar con ellos un proceso de mitigación del problema. Luz Rello, quien en su libro “Superar la Dislexia” [8] [12] describe los síntomas de dislexia presentados en niños entre los 6 y 12 años de edad, los cuales son en su mayoría lingüísticos. Los síntomas son los siguientes: *Lenguaje oral*. Desarrollo tardío del lenguaje oral. No habla mucho y pronuncia mal algunas palabras, por ejemplo, ferai en vez de feria.

Competencia fonológica y léxica. Dificultad para conectar letras (grafemas) con sonidos (fonemas), por ejemplo, en el caso de las palabras aprendidas no está seguro de qué sonido tienen las letras. En el caso de palabras nuevas, existen problemas de vocalización.

Competencia sintáctica y ortográfica. Errores gramaticales y ortografía deficitaria.

Comprensión lectora. Problemas al recordar los detalles leídos. Debe concentrarse tanto para leer que a menudo relaciona el contenido con algo que ya conoce, dificultando su comprensión y memorización. Problemas en la comprensión de oraciones largas.

Errores en lectura y escritura. Adición, omisión, sustitución y trasposición de letras, números y palabras. Por ejemplo, aries en vez de aires.

Habilidades no lingüísticas. Puede presentar dificultades en las matemáticas y para mantener la atención (comorbilidad con la dislexia). Paralelamente, puede presentar una elevada intuición y creatividad.

Problemas conductuales. Problemas de conducta debido a la desmotivación, por ejemplo, déficit de atención, ansiedad o depresión, entre otros [12].

Actualmente existen aplicaciones de realidad aumentada las cuales se han enfocado en la detección de este déficit cognitivo, generando entornos agradables para captar su atención [13], pero el problema surge cuando el niño empieza a interactuar en un ambiente virtual en el cual requiere de la destreza de orientación para ubicarse en el espacio, esto debido a la dificultad de lateralidad presente en la población disléxica [13][14]. Esto indica que el uso de la realidad aumentada no es lo más adecuado cuando se intenta detectar dislexia, porque si el niño la padece, es probable que los datos recopilados no sean los esperados, imposibilitando obtener los resultados esperados. El uso de la realidad aumentada y

entornos con un amplio espacio, podrían utilizarse como un indicio de posible dislexia evaluando la lateralidad, pero no como un test definitivo. Lo anterior, expone un problema con el uso de la realidad aumentada para detectar dislexia, pero puede hacerse uso de aplicaciones móviles, donde las ventajas observadas en el uso de aplicativos para el tratamiento de la dislexia, se puede destacar que es un material que se encuentra a disposición tanto de los alumnos como del profesorado, resulta ser motivador para los niños ya que despierta su interés, favorece el trabajo de aspectos procedimentales, son programas que proporcionan elementos para el trabajo del autoestima de los alumnos, (dando recompensas o felicitaciones tras la correcta solución de un ítem) y pudiendo ser utilizados dentro de una asignatura concreta a modo de taller, como eje transversal o crédito variable, etc. [15]. Además, el mercado de aplicaciones móviles ha experimentado una rápida expansión durante los últimos 10 años, las plataformas móviles siguen mejorando su desempeño, y la necesidad de los usuarios de una amplia variedad de aplicaciones móviles va en aumento.[16]

Sobre su impacto en la educación, y aunque todavía las investigaciones realizadas son limitadas, y ello posiblemente sea uno de los grandes problemas que tenga para su incorporación a la enseñanza, si ha puesto de manifiesto algunos aspectos como son: que los alumnos muestran actitudes favorables hacia ella; que su utilización aumenta la motivación hacia el aprendizaje; que favorecen la creación de un contexto constructivista de formación; que propicia un entorno activo de enseñanza que despierta un elevado grado de satisfacción en los alumnos; y que su utilización mejora los resultados de aprendizajes [17]. Por lo anterior, se propone el diseño de una herramienta móvil de apoyo, para evaluar el riesgo de presentar dislexia en niños en educación básica primaria [11].

1.2.OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Construir una herramienta móvil para el apoyo a la detección de dislexia en niños de educación básica primaria.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los métodos formales para el diagnóstico de la dislexia en niños con habilidades lectoescritoras.
- Diseñar una aplicación móvil teniendo en cuenta un método formal previamente seleccionado.
- Evaluar la completitud de la aplicación móvil diseñada a través de un experimento teniendo como referencia los métodos formales identificados.

1.3. MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Definición de Dislexia

La Asociación Internacional de Dislexia, considera a esta una dificultad específica de aprendizaje de origen neurobiológico, caracterizada por la presencia de dificultades en la precisión y fluidez en el reconocimiento de palabras (escritas) y por un déficit en las habilidades de decodificación (lectora) y deletreo (ortografía). Estas dificultades son normalmente consecuencia de un déficit en el componente fonológico del lenguaje y se presentan de manera inesperada ya que otras habilidades cognitivas se desarrollan con normalidad y la instrucción lectora es adecuada [1].

De hecho, la dislexia está considerada como el trastorno de aprendizaje más común y menos reconocido a nivel educativo, según estudios científicos predomina más en hombres que en mujeres, aproximadamente entre el 10% al 15% de la población mundial en edad escolar la padece. [3]

1.3.2 Tipos de Dislexia

Según menciona Pérez de Arrilucea (2014) en diversos estudios se definen principalmente dos tipos de dislexia:

- La dislexia adquirida: es aquella que sobreviene tras una lesión cerebral concreta. Se puede dar en adultos como en niños y provoca una dificultad en la normalidad de las habilidades de lectura o aspectos relacionados con ella.
- La dislexia evolutiva es la que se presenta en niños durante su desarrollo, y de forma inherente presenta diversas dificultades para lograr una correcta lectura, sin una causa que lo explique. Dentro de estos dos tipos de dislexia se puede diferenciar otros tres tipos de clasificaciones de acuerdo a los síntomas que predominan en la persona. Estos se dividen en los siguientes:
 - Dislexia fonológica: también denominada indirecta. Este tipo de dislexia dificulta la lectura de palabras largas e imposibilita la lectura de pseudopalabras, originando que las personas lean palabras que no están escritas o consideradas en el texto.
 - Dislexia superficial: consiste en un mal funcionamiento de la ruta visual léxica, también es conocida como dislexia directa, es decir el individuo no tiene problemas con la lectura de palabras regulares, ya que no tiene una alteración de grafemas o fonemas, pero sí al momento de leer palabras irregulares, donde usualmente cae en 12 omisiones, adiciones y/o reemplazos de letras o palabras.

- Dislexia profunda: conocida como mixta, ya que, presenta los síntomas de la dislexia superficial y la fonológica, originando así errores semánticos en la lectura. Quienes tienen este tipo de dislexia leen una palabra por otra que no tienen parecido visual pero sí parecido semántico. Además, presentan dificultades para la lectura de pseudopalabras, verbos y términos poco frecuentes. [18]

1.3.3 Causas

Hay diferentes corrientes sobre las causas de las dislexias, en primer lugar, pueden ocurrir por un problema perceptivo-visual, es decir, tienen problemas con las consonantes (b-p, d-b, p-q, g-p, d-p, u-n, etc.) mezclan minúsculas con mayúsculas, les cuesta aprender palabras nuevas, su vocabulario es pobre, tienen dificultad de entender lo que leen...etc. Este problema se origina debido a la inadecuada forma de organizar las letras, por su deficiente organización espacial.

Otra de las corrientes, asocian dislexia con una sintomatología concreta; movimientos incorrectos de los ojos, pobre o escasa capacidad intelectual, insuficiente desarrollo cerebral para integrar los estímulos auditivos y visuales, carencia afectiva en su ambiente familiar o social, etc [19].

1.3.4 Aplicaciones Móviles

Las aplicaciones móviles (apps) son piezas de software diseñadas para ser instaladas y utilizadas en dispositivos móviles, que se adaptan a las limitaciones de estos dispositivos, pero también permiten aprovechar sus posibilidades tecnológicas. [20]

1.4. METODOLOGÍA A IMPLEMENTAR

1.4.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es exploratoria y aplicada. Exploratoria porque se elige entre los test existentes para la detección de indicios de dislexia, el más adecuado para llevar a cabo los objetivos planteados en este documento. La elección se hará entre los test identificados en una revisión de la literatura, teniendo como clasificación su alto reconocimiento en el campo de la dislexia en niños que se encuentren en educación básica primaria [11]. Con base en la elección anterior, se realizarán pruebas en niños para obtener los datos que posteriormente serán analizados para construir una herramienta móvil que contribuya al apoyo de la detección de dislexia en niños de etapa de educación básica primaria [11]. Y, aplicada porque con los resultados obtenidos se construirá una herramienta móvil para el apoyo a la detección de dislexia.

1.4.2 Procedimientos para recolección, análisis y sistematización de información

A través de entrevistas a los cuidadores (padres, docentes etc.) y fichas de consulta diagnóstica proporcionadas por especialistas en debilidades cognitivas, se obtendrá información de primera mano, la cual será registrada y analizada mediante software para procesamiento de la información, como Microsoft Excel, R-Studio, etc. Luego, con el software elegido se depurará la información obtenida para validar la efectividad del método diseñado.

1.4.4 Actividades y resultados relacionados en el desarrollo del proyecto

Tabla 1. Actividades y resultados

OBJETIVO	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO	PRODUCTO A OBTENER
Identificar los métodos formales para el diagnóstico de la dislexia en niños con habilidades lectoescritoras.	Realizar una revisión de trabajos relacionados con la detección de dislexia en niños menores de 6 años. Determinar la viabilidad de cada uno de los test evaluados y las características que cada uno presenta para la evaluación de dislexia en niños menores de 6 años. Sistematizar y concluir con el método adecuado para la detección del riesgo a padecer dislexia en niños menores de 6 años.	Bases de datos digitales que contengan artículos científicos. Cuadro comparativo.	Reporte de los métodos para la detección del riesgo a padecer dislexia.
Diseñar una aplicación móvil teniendo en cuenta un método formal previamente seleccionado	Definir los requisitos funcionales y no funcionales para el apoyo a la detección de riesgo a padecer dislexia en niños que se encuentran en educación básica primaria, de una aplicación móvil. Identificar las herramientas y tecnologías necesarias para el desarrollo de la solución planteada.	Herramientas para la construcción de métodos en ingeniería de software.	Herramienta para la detección de dislexia en niños de educación básica primaria y su sistematización utilizando tecnologías de

	Diseñar y desarrollar una herramienta con base en los requisitos y herramientas identificadas. Realizar pruebas y ajustes a los resultados preliminares obtenidos.		realidad aumentada.
Evaluar la completitud de la aplicación móvil diseñada a través de un experimento teniendo como referencia los métodos formales identificados.	Identificar una población de niños que quieran hacer parte de este estudio. Recolectar información mediante entrevistas presenciales, sobre el estado actual de los niños frente a las características más comunes de la dislexia. Aplicar el método creado en la población seleccionada. Sistematización de los resultados para evidenciar la efectividad del método creado.	Excel y R-Studio.	La sistematización de los resultados para la evaluación de la efectividad del método creado.

CAPITULO 2. IDENTIFICACIÓN DE MÉTODOS FORMALES Y HERRAMIENTAS PARA LA DETECCIÓN DE LA DISLEXIA A TRAVÉS DE UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este capítulo se aborda los métodos formales, los cuales son test de detección temprana de la dislexia, el cual está construido con diferentes tipos de pruebas que permiten evaluar el estado actual del niño frente a este trastorno, apoyados en herramientas manuales o tecnológicas para este fin. Por último, se concluye sobre el test elegido para dar continuación al desarrollo del proyecto.

2 Revisión de la literatura asociada a los aspectos definidos

Para llevar a cabo esta investigación sobre la dislexia, se seleccionó como técnica exploratoria y analítica la revisión sistémica de literatura, y, para llevar a cabo la misma, se realizó una investigación sobre artículos almacenados en bases de datos reconocidas como Science Direct, Scopus y Google Scholar, y así garantizar la veracidad de la información utilizada.

De los 70 artículos encontrados se seleccionaron 41 entre los años 2015 y 2020. Luego, tras una revisión de su contenido, se seleccionaron 23 relacionados con el enfoque de este proyecto y se categorizaron de la siguiente manera:

- a) Definición de la dislexia
- b) Test para identificar la dislexia
- c) Lateralidad en la dislexia
- d) Juegos serios para identificar dislexia en niños
- e) Inteligencia artificial para identificar dislexia en niños

2.1.1 Preguntas de investigación

1. ¿Qué métodos formales existen para detectar la dislexia?
2. ¿Qué aplicaciones existen para detectar la dislexia?
3. ¿Cómo se ha aplicado el aprendizaje automático para la detección de la Dislexia?

2.1.2 Palabras clave

Con las siguientes palabras clave se realizó la búsqueda a cada una de las preguntas de investigación

Primera pregunta:

- Methodology, method, guideline, test
- Dyslexia
- Diagnostic, detection risk

Segunda pregunta:

- Palabras claves segunda pregunta:
- Dyslexia apps, dyslexia augmented reality, dyslexia web apps, dyslexia virtual reality, dyslexia mobile apps

Tercera pregunta:

- Machine learning, dyslexia, detection

2.1.3 Resultados Revisión de literatura

Con relación a los (colocar un número) artículos revisados asociados con la dislexia, se encontró que:

- a) El 31% hablan sobre qué es la dislexia, cómo diagnosticarla y los problemas que causa al no ser detectada a tiempo.
- b) El 14% habla sobre diferentes test manuales o digitalizados formales para diagnosticar dislexia.
- c) Un 3% habla acerca del componente cognitivo de lateralidad y pruebas manuales para identificar esta debilidad.
- d) Otro 31% está relacionado con diferentes aplicaciones para la detección de la dislexia, las tecnologías que se han usado para desarrollarlas y los resultados que han obtenido.
- e) Y, un 21% habla sobre cómo se han usado tecnologías apoyadas en el aprendizaje automático para la detección de la dislexia.

2.2 ¿Qué es la Dislexia?

La dislexia es una Dificultad Específica del Aprendizaje de origen neurobiológico. Se caracteriza por dificultades en el reconocimiento preciso y/o fluente de las palabras (escritas) y déficit en la decodificación (lectora) y en la escritura. Estas dificultades resultan de un déficit en el componente fonológico del lenguaje. Son inesperadas (discrepantes) en relación a otras habilidades cognitivas (que se desarrollan con normalidad) y una adecuada instrucción escolar. Como consecuencias secundarias, pueden presentarse problemas en la comprensión de la lectura y una experiencia lectora reducida que puede afectar el incremento del vocabulario y de la base de conocimientos [1], lo cual no debe confundirse con una enfermedad, ya que, no lo es [2]. De hecho, la dislexia está considerada como el

trastorno de aprendizaje más común y menos reconocido a nivel educativo, según estudios científicos predomina más en hombres que en mujeres, aproximadamente entre el 10% al 15% de la población mundial en edad escolar la padece [3], generando la dificultad para leer y escribir, manifestándose en dos formas: dislexia adquirida (sobreviene tras una lesión cerebral) y dislexia evolutiva (inicia en edad escolar y continua inherente a través del tiempo). Dentro de estos dos tipos de dislexia, derivan otros tres tipos de clasificaciones, como lo son: dislexia fonológica, superficial y profunda [4].

El diagnóstico de la Dislexia se debe realizar cuando se evidencien los primeros trastornos en el niño, cuyas dificultades se observan en el proceso de aprendizaje del lenguaje, tanto verbal como escrito [21]. Es necesario recalcar que, el diagnóstico de la Dislexia no está solamente dirigido al trastorno específico en el aprendizaje de la lectura, también a detallar un perfil de las fortalezas y debilidades cognitivas y comportamentales en cada niño. Además, las condiciones socio-ambientales de la escuela y la familia tienen que ser consideradas. El objetivo es brindar una opinión sobre el problema del niño a todas las personas involucradas y proveer un plan individualizado de intervención. Puede ser necesaria una consulta al pediatra para un chequeo de posibles condiciones médicas que pueden afectar el desempeño escolar (i.e., diabetes, problemas de tiroides, trastornos de sueño, infecciones crónicas, etc.); una consulta con el oftalmólogo (ante sospecha de una disfunción visual) o el otorrinolaringólogo (ante posibles déficits de oído y habla) también puede ser necesaria. Antes de llevar a cabo el diagnóstico, debe especificarse las dificultades presentes en el niño de la siguiente manera:

- Caracterización del trastorno específico en el aprendizaje de la lectura
- Dificultades específicas relacionadas con la escuela.
- Historial escolar, incluyendo entrevistas con padres y maestros.
- Reportes escolares, ejemplos de pruebas escolares y tareas realizadas en casa.
- Pruebas estandarizadas de lectura y escritura, incluyendo pruebas de cálculo y manejo numérico.
- Establecimiento del perfil de las fortalezas y debilidades cognitivas y comportamentales
- Test estandarizados de inteligencia (importantes no sólo para contrastar con los resultados obtenidos de pruebas específicas de lectura y escritura en el niño, sino que también como una referencia global para el profesional médico).
- Por lo menos parte de una escala de inteligencia no verbal

- Una batería neuropsicológica
- Escalas observacionales y cuestionarios para padres y maestros para describir el comportamiento general, las interacciones sociales y características emocionales (especialmente relacionadas con indicadores escolares de ansiedad, retraimiento social y depresión).
- Dependiendo de los resultados obtenidos en la prueba de inteligencia y la batería neuropsicológica, otras pruebas específicas relacionadas, por ejemplo, con problemas atencionales, preceptuales, sensorio-motores, de memoria o ejecutivos pueden ser requeridas.
- Para llevar a cabo el diagnóstico, existen protocolos y test de detección que permiten mediante diferentes pruebas sobre los componentes cognitivos medir el riesgo a padecer dislexia.

2.3 Métodos formales identificados para diagnosticar dislexia

A continuación, se habla sobre los cuatro métodos formales, sus características y diferentes pruebas que los conforman.

2.3.1 Proyecto Change Dyslexia

Change Dyslexia, es un proyecto cuyo objetivo es ofrecer servicios a todo aquel que padezca o no, dislexia. Para tal fin cuentan con una prueba de cribado web, una aplicación móvil y una aplicación para Tablet. En la prueba de cribado presentan varios niveles con palabras incompletas las cuales deben ser completadas por las letras o palabras que elija el evaluado. Es importante recalcar que, esta prueba tiene un temporizador por cada nivel, colocando a la persona en una situación de presión y por consiguiente a que precipitadamente la opción incorrecta. Además, es una prueba que carece de usabilidad, pues toda la interacción es mediante el uso del mouse, lo cual la hace poco atractiva para ser realizada por niños. En cuanto a su aplicación móvil, Dytective es una herramienta validada científicamente cuyo objetivo es mejorar las habilidades de lectura y escritura mientras sus usuarios se divierten jugando: 42.000 juegos que se personalizan en función de 24 habilidades cognitivas distribuidas en cinco grupos:

Competencias Lingüísticas, Memoria de trabajo, Funciones ejecutivas, Rendimiento o Desempeño y Procesos perceptivos, las cuales están dirigidas tanto a las debilidades como a las fortalezas cognitivas, tal como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Competencias cognitivas - Change Dyslexia

[8]. Es necesario recalcar que, el proyecto Change Dyslexia no ha tenido en cuenta la competencia cognitiva de lateralidad, la cual predomina sobre los niños con dislexia y puede afectar su interacción con el aplicativo móvil o para Tablet.

2.3.2 Test de Gibson

El Test de Gibson de habilidades cognitivas, fue diseñada inicialmente en 1999 por el Dr. Ken Gibson, un especialista en procesamiento visual pediátrico, que dedico toda su carrera a ayudar a las personas con discapacidades de aprendizaje a superar sus desafíos de aprendizaje. Esta prueba está basada en la teoría de la inteligencia Cattell-Horn-Carroll (CHC). La Teoría del CHC es un modelo de inteligencia que describe el pensamiento como un conjunto combinado de múltiples habilidades cognitivas, incluyendo habilidades como la lógica y el razonamiento, la memoria a largo y corto plazo, el procesamiento visual y auditivo, y la velocidad de procesamiento. Además, esta es una herramienta de detección basada en computadora que informa a los interesados sobre el desempeño en cada una de las tareas que mide, como: 1. memoria de trabajo a corto plazo; 2. memoria a largo plazo; 3. velocidad de procesamiento, 4. procesamiento auditivo; 5. procesamiento visual; 6. lógica y razonamiento; y 7. habilidades de ataque de palabras. La evaluación de este test tiene una duración de 45 a 60 minutos e incluye nueve tareas mentales diferentes organizadas como rompecabezas y juegos en computador. Las habilidades cognitivas mencionadas anteriormente se dividen en los siguientes dos grupos:

Procesamiento activo

2.3.2.1 Memoria a corto plazo

La prueba de memoria de trabajo a corto plazo (figura 2) mide la capacidad de contener información codificada en la memoria y representarlo inmediatamente tal como se presenta. En esta prueba, se muestra al niño un patrón de formas en una cuadrícula. Luego de observar el patrón, este es eliminado y el niño debe recordar y seleccionar la imagen que vio anteriormente. En esta prueba hay 21 patrones para un total de 63 puntos posibles.

Example of an item on the Short-Term Memory Test

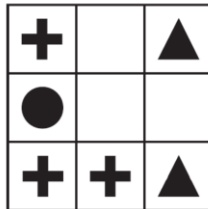


Figura 2. Memoria a corto plazo

2.3.2.2 Velocidad de procesamiento

Esta prueba mide la habilidad de velocidad de percepción, evaluando la capacidad de buscar y comparar imágenes visuales o patrones presentados simultáneamente. Al examinado se le muestra una serie de imágenes (figura 3) y debe identificar la imagen que coincide con las demás presentadas en pantalla. Hay 55 ítems para un total de 55 posibles puntos.

Example of an item on the Processing Speed Test

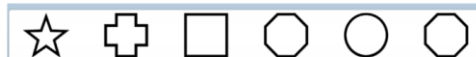


Figura 3. Velocidad de procesamiento

2.3.2.3 Ataque de palabras

Esta prueba mide la capacidad de decodificación de lectura, la habilidad de leer palabras fonéticamente irregulares y sin sentido. En la prueba el examinado escucha un audio que dice una palabra sin sentido. Luego, el examinado selecciona de un conjunto de cuatro opciones (figura 4) la forma en que la palabra sin sentido debe escribirse. Hay 25 palabras sin sentido para un total de 55 puntos posibles.

Example of an item on the Word Attack Test

The narrator says, say "upt".
The test-taker then sees and selects from the following choices:



Figura 4. Ataque de palabras

2.3.2.4 Memoria a largo plazo

La memoria significativa es la capacidad de recordar elementos relacionados o que componen una historia. Esta prueba se administra en dos partes. Primero, a los examinados se les presenta una serie de imágenes y escenarios (figura 5). Luego, responden preguntas sobre lo que vieron y escucharon. Las preguntas siguen un patrón n-back, donde n es el número de pasos anteriores a la solución esperada. Al final de la prueba, se plantean las mismas preguntas, pero sin el aspecto visual y auditivo. La prueba se califica teniendo en cuenta la precisión y coherencia entre las respuestas durante la tarea solicitada y la tarea no solicitada. Hay 24 preguntas en esta prueba para un total de 48 puntos posibles.

Example of an item on the Long-Term Memory Test



Figura 5. Memoria a largo plazo

2.3.2.5 Procesamiento visual

Esta prueba requiere que el examinado identifique formas individuales que coincidan con las partes del rompecabezas (figura 6). La prueba consta de 14 rompecabezas y un total de 92 piezas individuales, para un total de 92 puntos.

Example of an item on the Visual Processing Test

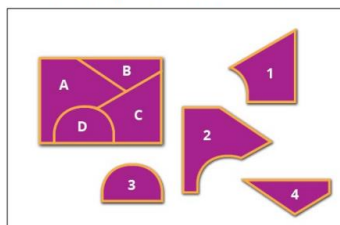


Figura 6. Procesamiento visual

2.3.2.6 Auditoria de procesos

En esta prueba hay tres subpruebas de 15 ítems que comprenden la parte de procesamiento auditivo tales como: Fusionar, segmentar y soltar. Las puntuaciones de las subpruebas se combinan para formar una puntuación AP compuesta.

Mezcla auditiva

Para esta subprueba, el examinado escucha los sonidos individuales en una palabra sin sentido y luego debe combinar mentalmente los sonidos para identificar la palabra a la que hacen referencias las letras escuchadas (figura 7). Hay 15 preguntas en esta subprueba para un total de 15 puntos.

Example of an item on the Auditory Blending Test

The narrator says, "/n/ - /e/ - /t/".
The examinee then sees and selects from the following choices:

reft	nem
nef	net

Figura 7. Mezcla auditiva

2.3.2.7 Segmentación auditiva

Para esta prueba, el examinado escucha una palabra completa sin sentido y luego debe separar mentalmente cada sonido. El narrador de la aplicación dice sonidos individuales, y el examinado debe identificar cualquier sonido incorrecto o indicar que todos los sonidos son correctos (figura 8). Hay 15 preguntas en esta subprueba para un total de 15 puntos.

Example of an item on the Auditory Segmenting Test

The narrator says "uck", then says, "/u/ - /m/".
The test-taker then sees and selects the position of the incorrect sound. Because the second sound was incorrect, the examinee should select the second dot.

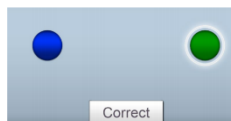


Figura 8. Segmentación auditiva

2.3.2.8 Caída auditiva

Para esta prueba, el examinado escucha una palabra sin sentido completa y luego el escucha una letra que pertenece a la palabra y que debe eliminar formando una nueva palabra. El examinado debe abandonar mentalmente los sonidos e identificar la nueva palabra. El narrador de la aplicación lee cuatro opciones y el examinado debe seleccionar la que considera correcta (figura 9). Hay 15 preguntas en esta subprueba para un total de 15 puntos.

Example of an item on the Auditory Dropping Test

The narrator says, say "zish" without the "/z/".
The examinee then hears and selects from the following choices: "ist", "ish", "is", "zis".
Because the correct answer is the second one, the examinee should select the second dot.



Figura 9. Caída auditiva

2.3.2.9 Lógica y razonamiento

La prueba de lógica y razonamiento mide el razonamiento inductivo, que es la capacidad de inferir reglas subyacentes de un problema dado. Esta prueba utiliza una tarea de razonamiento matricial donde al examinado se le presenta una matriz de imágenes a partir de las cuales debe determinar la imagen que falta teniendo como base el patrón que comparten las imágenes y seleccionar la que cree correcta de entre cinco opciones posibles (figura 10). Hay 29 matrices para un total posible de 29 puntos.

Example of an item on the Logic and Reasoning Test

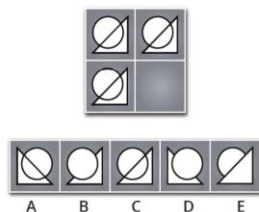


Figura 10. Lógica y razonamiento

La prueba de Gibson es una herramienta de detección y aún no está validada para uso diagnóstico. Sin embargo, los usuarios pueden usar la prueba para:

- Evaluar el efecto del entrenamiento cognitivo o una intervención educativa.
- Establecer niveles de habilidad actuales en múltiples construcciones cognitivas.

2.3.2.10 Investigación de conducta

- Supervisar el progreso o la disminución de los niveles de habilidades cognitivas a lo largo del tiempo, de los cuales se puede trabajar con todo lo relacionado a los atributos de memoria y ataque de palabras para identificar problemas que permitan definir si la persona padece o no dislexia.

2.3.3 DST-J

Es un test de dislexia creado en Reino Unido cuyo objetivo es la detección de la dislexia y está diseñado para su aplicación rutinaria en contextos escolares. Va dirigido a niños de edades comprendidas entre los 6 años y medio a 11 años y medio. A diferencia de la mayoría de los tests psicológicos, está destinado a profesionales del ámbito escolar más que a psicólogos educativos o psicólogos clínicos. Además, proporciona un perfil de puntos fuertes y débiles que puede utilizarse para guiar la planificación de los programas escolares de apoyo al desarrollo del niño. Para la detección de dislexia se tienen en cuenta varias áreas específicas como: fluidez lingüística, comprensión auditiva, postura, equilibrio, funcionamiento manual y memoria, todas ellas evaluadas por las diferentes pruebas que

componen el DST-J. En la actualidad el DST está reconocido por el Departamento de Educación del Reino Unido como una herramienta estandarizada de identificación temprana que proporciona una evaluación relevante, objetiva y que resulta útil para elaborar un plan de actuación individual, y, debido a esto, ha tenido una gran acogida en España, país que optó por adaptarlo a su idioma teniendo en cuenta que no contaban hasta la fecha con una batería tan completa, sino, con pruebas específicas para evaluar aspectos concretos de la dislexia. Por otra parte, al tratarse de un test procedente de un país angloparlante, se han tenido muy en cuenta las características diferenciales de la dislexia en español con la dislexia en inglés, para la validez del test.

DST-J, está conformada por 12 pruebas tal como se ve en la figura 11 (además de rimas y una prueba optativa) y tiene una duración entre 25 y 45 minutos aproximadamente.

	Prueba	Materiales necesarios	Tiempo estimado
Prueba 1	N. Nombres	Lámina de Nombres (N)	3 minutos
Prueba 2	Cd. Coordinación	Cuentas y cordón	2 minutos
Prueba 3	L. Lectura	Láminas de Lectura A y B (L-A y L-B)	2 minutos
Prueba 4	E. Estabilidad postural	Antifaz	2 minutos
Prueba 5	S. Segmentación fonémica		4 minutos
Prueba 5b	R. Rimar (optativa)		
Prueba 6	D. Dictado	Lámina de Dictado (D), cuadernillo de trabajo para el niño	3 minutos
Prueba 7	DI. Dígitos inversos	CD de Dígitos inversos	4 minutos
Prueba 8	LS. Lectura sin sentido	Láminas de Lectura sin sentido 1 y 2 (LS-1 y LS-2)	4 minutos
Prueba 9	C. Copia	Láminas de Copia 1 y 2 (C-1 y C-2), cuadernillo de trabajo para el niño	2 minutos
Prueba 10	FV. Fluidez verbal		2 minutos
Prueba 11	FS. Fluidez semántica		2 minutos
Prueba 12	V. Vocabulario	Lámina de Vocabulario (V), cuadernillo de trabajo para el niño	3 minutos

Figura 11. Pruebas del Test DST-J

2.3.4 PROLEC-R

Es una prueba/batería creada en España, cuyo objetivo es detectar dislexia evaluando el componente cognitivo ortográfico. Pero contrariamente a la mayoría de las pruebas, no se limita a certificar la existencia de posibles dificultades de lectura, también muestra qué procesos cognitivos son los responsables de esas dificultades. Estas características del Prolec-R lo han convertido en la prueba principal para diagnosticar los problemas de lectura de los niños de primaria y para planificar programas de intervención en todos aquellos casos en los que no es suficiente la evaluación realizada y se requiera profundizar en la detección y analizar los componentes cognitivos que puedan estar fallando. Esta herramienta de detección de dislexia no ha sido solo aplicada en España, sino también en los demás países de habla hispana. Su ámbito de aplicación es en niños entre los 6 y 12

años de edad. Esta batería está compuesta por nueve tareas distribuidas dentro de 4 grupos que tratan de explorar los procesos lectores, desde lo más básico a lo más complejo. A continuación, se explica el objetivo de cada una de ellas:

2.3.4.1 Identificación de letras

2.3.4.1.1 Nombre o sonido de las letras

Comprobar si el niño conoce el sonido de las letras y su pronunciación, lo cual es fundamental para aprender a leer correctamente. Sobre una hoja se presentan 23 letras. Las tres primeras son tres vocales y sirven de entrenamiento para asegurarse de que el niño entiende la tarea. Las otras 20 incluyen la vocal “u” y todas las consonantes, excepto la “h” por ser muda y la “k” y la “w” por ser de muy bajo uso en castellano. La tarea del niño consiste en nombrar cada letra o su sonido correspondiente. Puesto que el total de letras es de 20, los aciertos varían entre 0 (mínima) y 20 (máxima). Además de la precisión, se puntúa el tiempo en segundos que tarda en completar la tarea.

2.3.4.1.2 Igual-Diferente

Comprobar si el niño es capaz de segmentar e identificar las letras que componen o, por el contrario, realiza una lectura logográfica. Para ello se presentan pares de palabras y pseudopalabras iguales (p. ej., calzapó-calzapó) o diferentes porque se cambia una de las letras (p. ej., pichera-picera). Hay 20 pares de estímulos, la mitad son iguales y la mitad diferentes, por lo que el número de aciertos, como en la prueba anterior, también oscila entre 0 y 20. El tiempo de ejecución también es importante porque muestra lo difícil que resulta esta tarea.

2.3.4.2 Procesos léxicos

2.3.4.2.1 Lectura de palabras

En esta tarea se seleccionan un total de 40 palabras, 20 usadas frecuentemente y 20 de bajo uso, esto de acuerdo con el recuento realizado en textos de primaria por Martínez y García (2004). La longitud de las palabras varía entre 5 y 8 letras (2 y 3 sílabas), pues esa es la longitud media de las palabras más frecuentes del castellano. Para la primera sílaba se seleccionaron estructuras de diferente complejidad; en concreto seis tipos diferentes de estructuras silábicas mediante la combinación de vocales (V) y consonantes (C): CV, VC, CCV, CVV, CVVC, CCVC. Las palabras de alta y baja frecuencia se equilibran en cuanto a longitud y estructura silábica, y así poder comprobar el efecto frecuencia, ya que una mejor lectura de las palabras frecuentes indica un mayor uso de la vía léxica.

2.3.4.2.2 Lectura de pseudopalabras

Medir la capacidad del lector para pronunciar palabras nuevas o desconocidas.

Esta prueba tiene 40 pseudopalabras, la cual ha cambiado una letra o dos a cada término de la lista de palabras de la tarea anterior (Lectura de palabras). Ambas listas comparten características muy similares, puesto que tienen la misma longitud e incluso la misma estructura silábica, pero en un caso son palabras de frecuente uso y en las otras, pseudopalabras. Esta similitud permite comparar la ejecución del niño en las dos tareas y ver el efecto de lexicalidad. Una mejor lectura de las palabras de frecuente uso que las pseudopalabras, indica una lectura léxica. Igualmente, si el niño comete muchos errores con las pseudopalabras, se puede concluir que aún no tiene bien adquiridas las reglas de conversión grafema-fonema. Además, si el nivel de ejecución, precisión y velocidad es similar con ambas listas, significa que el niño está leyendo mediante la vía subléxica, posiblemente porque no tiene aún una representación ortográfica de las palabras frecuentes.

2.3.4.3 Procesos Gramaticales

2.3.4.3.1 Estructuras gramaticales

La finalidad de esta tarea es comprobar la capacidad de los lectores para realizar el procesamiento sintáctico de oraciones con diferentes estructuras gramaticales. Esta prueba consta de 16 ítems (más uno de ensayo), cada uno de ellos formado por cuatro dibujos y una oración. Uno de los dibujos corresponde con la oración (p. ej., en “El policía es perseguido por el ladrón” hay un dibujo de un ladrón persiguiendo a un policía) y los otros tres dibujos son distractores: en uno se cambian los papeles de sujeto y objeto (en el dibujo se ve a un policía persiguiendo a un ladrón) y los otros dos son distractores semánticos (un policía persiguiendo a un payaso y un payaso persiguiendo a un ladrón). La tarea del niño es leer la oración y señalar, entre los cuatro dibujos, el que corresponde a la frase. Todas las oraciones son reversibles debido a que el sujeto y objeto de la acción se pueden intercambiar. Hay cuatro tipos de oraciones diferentes, cada uno con cuatro estímulos: activas, pasivas, de objeto focalizado y subordinadas de relativo.

2.3.4.3.2 Signos de puntuación

El objetivo de esta prueba es comprobar el conocimiento y uso que el niño tiene sobre los signos de puntuación, y para evaluarlo, se le pide que lea en voz alta un pequeño cuento en el que aparecen los principales signos de puntuación. Concretamente se evalúan once

signos que corresponden con la entonación lectora de 4 puntos, 2 comas, 3 interrogaciones y 2 exclamaciones.

2.3.4.4 Procesos Semánticos

2.3.4.4.1 Comprensión de oraciones

El objetivo de esta prueba es comprobar la capacidad del niño para extraer el significado de diferentes tipos de oraciones. El niño tiene que leer cada oración y seguir las indicaciones que cada una expresa. El total de oraciones es de 16; las tres primeras le piden que realice órdenes sencillas (“Da tres golpecitos sobre la mesa”), las tres siguientes que haga unos dibujos muy sencillos (“Dibuja un árbol con tres manzanas”), las tres siguientes que realice algunos retoques sobre unos dibujos que se le presentan (“Ponle un sombrero al payaso”), las tres siguientes debe señalar entre tres dibujos el que corresponde con la oración escrita debajo (“El soldado es más alto que el indio”) y las cuatro últimas son oraciones en las que tiene que señalar entre cuatro de ellas el dibujo correspondiente a la oración (“La pelota azul está sobre la caja roja”).

2.3.4.4.2 Comprensión de textos

El objetivo de esta prueba es comprobar si el niño es capaz de extraer el mensaje que aparece en el texto y de integrarlo en sus conocimientos. Para ello se utilizan cuatro textos, dos de tipo narrativo y los otros dos de tipo expositivo. Dos de ellos (uno narrativo y otro expositivo) son textos cortos (alrededor de 90 palabras) y los otros dos largos (por encima de las 130 palabras). Los contenidos de los textos son desconocidos para que no influyan los conocimientos previos de los niños. En cada texto hay cuatro preguntas, por lo que el puntaje de esta prueba oscila entre 0 y 16 puntos. Todas las preguntas son de tipo inferencial, por lo que el niño debe identificar información específica en el texto y de esta manera se trata de evitar que respondan las preguntas de manera memorística sin una verdadera comprensión.

2.3.4.4.3 Comprensión oral

En esta última prueba hay otros dos textos, ambos de tipo expositivo, en los que se mide la comprensión oral del niño. En este caso los textos los lee el evaluador en voz alta y a continuación le realiza unas preguntas al niño, de lo que acaba de escuchar. El hecho de que los dos textos tengan estructuras y tamaños muy similares a los textos expositivos escritos, permite comparar la ejecución de los niños en ambas tareas y así deducir si los problemas de comprensión que puede mostrar el niño son específicos de la lectura o

afectan su comprensión en general. Si el niño obtiene una baja puntuación en los dos tipos de textos, sus problemas son de comprensión en general. Si ese es el caso, se recomienda aplicarle algún test de inteligencia que permita comprobar si sus capacidades cognitivas están dentro de la normalidad. Por el contrario, si se encuentra una ventaja de la comprensión oral sobre la comprensión escrita (una pequeña ventaja entra dentro de lo normal, ya que el evaluador siempre lee con mejor entonación y de forma más precisa que los examinados), es que existen problemas específicos para la lectura, probablemente en algunas de las pruebas anteriores como los de conversión grafema-fonema, velocidad de denominación o en signos de puntuación.

2.4 Aplicaciones encontradas para la identificación de la dislexia

Durante la revisión de la literatura correspondiente a la pregunta de investigación número dos, se encontraron varias aplicaciones para la detección de la dislexia, pero muchas de ellas se repiten en cuanto a los componentes cognitivos evaluados por lo que se decidió no incluirlas aquí, y, como se observa en la figura 12, España es quien ha hecho más aportes con aplicaciones para la detección de la dislexia, las tres pertenecientes al proyecto Change Dyslexia. Y, una característica importante a tener en cuenta, es que, muchas de estas aplicaciones son de pago convirtiéndose en un limitante para muchas personas porque sólo permiten realizar un número determinado de pruebas o utilizar la aplicación por un corto periodo de tiempo. Además, se evidenció que las aplicaciones desarrolladas con tecnologías como la realidad aumentada o virtual, no son adecuadas para detectar indicios de dislexia, debido a que, niños diagnosticados con este trastorno, no pueden orientarse bien dentro de estos entornos por su problema de lateralidad, y esto repercute en los resultados obtenidos porque muchos niños no terminan la prueba o la hacen de manera errónea [13]. Por lo anterior, y lo encontrado en artículos como *“Designing a web based non-immersive Virtual Environment Application (WB-NIVEA) for diagnosing dyslexic children' potential”*, [13] se opta por trabajar con dispositivos móviles evitando el desplazamiento lateral o giros en los elementos para no afectar los resultados finales y la experiencia de usuario por parte de los niños que interactúen con la aplicación.

Tabla 2. Aplicaciones informáticas para la detección y tratamiento de la dislexia

Continente	País	Aplicación
Europa	Alemania	Prueba de Cribado (Web)
	España	Dyetective U (Móvil)
		Dyetective (Tablet)
	Italia	Prueba de Cribado (Web)
Asia	Italia	Serious Games for Early Identification of Developmental Dyslexia
	Arabia Saudita	Diagnosis of Dyslexia using computation analysis
America del Sur	Malasia	Designing a web based non-immersive Virtual Environment Application (WB-NIVEA) for diagnosing dyslexic children' potential
	Colombia	Videojuego educativo como apoyo a las terapias de la dislexia , usando la plataforma GDevelop
America del Norte	U.S.A	Aplicativo móvil para el tratamiento sistemático de la dislexia en los niños de 6 a 10 años
		Gibson Assessment of Cognitive Skills
America del Norte	U.S.A	Easy Spelling Aid + Translator & Dyslexia Support

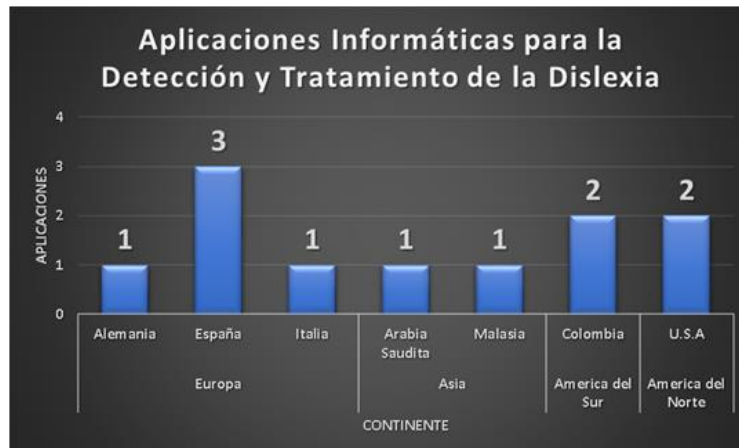


Figura 12. Aplicaciones informáticas para la detección y tratamiento de la dislexia

2.5 Aprendizaje automático para la detección de dislexia

Durante la revisión de la literatura correspondiente a la pregunta de investigación número tres, se encontró que se han usado tecnologías y algoritmos de aprendizaje automático como:

- Eyes tracking + support vector machine [24]
- Neuro imágenes + support vector machine [25]
- Procesamiento de imágenes + support vector machine [26]
- EEG + support vector machine [27]
- Eyes tracking + Deep Learning [28]
- EEG + KNN [29]

Una característica identificada en esta revisión, es que, sólo han incorporado a su método de detección un solo componente cognitivo, el componente ortográfico, además, se evidenció que, no existen algoritmos de aprendizaje automático en aplicaciones móviles para la detección de la Dislexia.

2.6 Comparación de test formales para diagnosticar dislexia

En la siguiente tabla (Tabla 3) se muestra los test formales para la detección de la dislexia elegidos para este proyecto, y los componentes cognitivos que usan en sus diferentes pruebas.

Tabla 3. Comparación de test formales para diagnosticar dislexia

Test	Competencias Lingüísticas	Memoria de Trabajo	Funciones Ejecutivas	Rendimiento o Desempeño	Procesos Perceptivos	Lateralidad
Change Dyslexia	X	X	X	X	X	
Gibson	X	X	X	X	X	
PROLEC-R	X	X			X	
DST-J	X	X			X	P

2.7 Conclusión test formal seleccionado para el desarrollo del proyecto

Existen muchos test automatizados y de trabajo para la detección de la Dislexia, pero la dislexia es multimodal y afecta todos los componentes cognitivos asociados a este trastorno, o solo algunos de ellos, por lo que se hace importante que los test empleados tengan pruebas para cada uno de los componentes. En este proyecto se han analizado cuatro test: el test de Gibson, Proyecto Change Dyslexia, PROLEC-R y DST-J. Cada uno de ellos creado para evaluar el riesgo a padecer Dislexia. Se tienen en cuenta competencias evaluadas en PROLEC-R, DST-J y el test de Gibson, para abarcar el número de competencias que se encuentran incluidas en el proyecto Change Dyslexia, el cual trabaja con todos los componentes cognitivos excepto el de lateralidad. Por lo anterior, se ha optado por elegir el test del proyecto Change Dyslexia, porque su cantidad de pruebas por cada componente cognitivo es superior a los demás test y permite un análisis más detallado del estado actual del niño frente a los componentes cognitivos que se evalúan.

CAPITULO 3 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo se aborda el desarrollo de la aplicación móvil teniendo en cuenta los componentes cognitivos con los que trabaja el proyecto Change Dyslexia. Se describe la arquitectura con la que fue desarrollada la aplicación basándose en las mediciones definidas para cada competencia en los test formales seleccionados y todo el proceso de análisis correspondiente para este desarrollo.

3.1 Arquitectura de la aplicación móvil

Para el desarrollo de la aplicación móvil, se debe construir un componente por cada componente cognitivo asociado a la dislexia. Todos los datos recopilados deben ser procesados por un algoritmo de aprendizaje automático supervisado basado en que permita la toma de decisiones correctas por cada una de las competencias evaluadas.

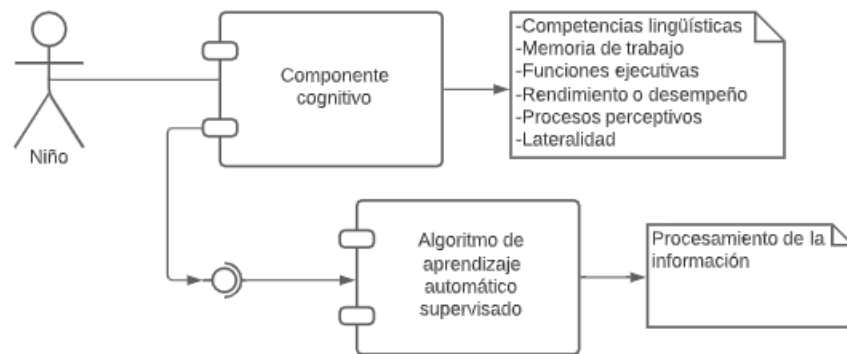


Figura 13. Arquitectura de la aplicación móvil

3.2 Mediciones de cada competencia

En las tablas de la 4 a la 27, se describe cómo se evalúa cada una de las competencias elegidas en los test formales identificados para diagnosticar dislexia.

Tabla 4. Competencia alfabética

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia alfabética	PROLEC-R	Se muestra al niño letras del alfabeto (excepto la “h” por ser muda y la “k” y la “w” por ser de muy bajo uso en castellano) las cuales debe pronunciar para saber si conoce su sonido.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tardo el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tardo el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. 1ª primaria: 0-18(DD), 19-45 (D), 46 o más (N) 2ª primaria: 0-27(DD), 28-60(D), 61 o más(N) 3ª primaria: 0-33(DD), 34-69(D), 70 o más(N) 4ª primaria: 0-40(DD), 41-81(D), 82 o más(N) 5ª primaria: 0-61(DD), 62-100(D), 101 o más(N) 6ª secundaria: 0-61(DD), 62-100(D), 101 o más(n)

Tabla 5. Competencia fónica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia fónica (conciencia fonológica)	DST-J	Se muestra al niño una serie de palabras en las que debe identificar si riman o no. Se debe explicar antes al niño lo que es una rima.	Entre 0 y 5 aciertos: riesgo elevado. 6 aciertos: riesgo moderado. 7 aciertos: riesgo leve. 8 aciertos: sin riesgo. Más de 8 aciertos: punto fuerte.

Tabla 6. Competencia silábica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia silábica	PROESC	Se dictan al niño 25 sílabas con las siguientes estructuras: cv, vc, cvc, ccv, ccvc, y ccvvc. El acierto hace referencia a las sílabas que escribe correctamente.	3ª primaria: Entre 0 y 16 aciertos: Sí hay dificultad. 17 aciertos: duda de dificultad. Entre 18 y 21 aciertos: No hay dificultad (nivel bajo). Entre 22 y 24 aciertos: No hay dificultad (nivel medio). 25 aciertos : No hay dificultad (nivel alto) 4ª primaria: Entre 0 y 16 aciertos: Sí hay dificultad. Entre 17 y 18 aciertos: duda de dificultad. Entre 19 y 21 aciertos: No hay dificultad (nivel bajo). Entre 22 y 23 aciertos: No hay dificultad (nivel medio) Entre 24 y 25 aciertos: No hay dificultad (nivel alto) 5ª primaria: 0 aciertos: Sí hay dificultad. Entre 18 y 19 aciertos: duda de dificultad. Entre 20 y 22 aciertos: No hay dificultad (nivel bajo). Entre 23 y 24 aciertos: No hay dificultad (nivel medio). 25 aciertos: No hay dificultad (Nivel alto). 6ª secundaria: 0 aciertos: Sí hay dificultad. Entre 18 y 19 aciertos: duda de dificultad. Entre 20 y 22 aciertos: No hay dificultad (nivel bajo). Entre 23 y 24 aciertos: No hay dificultad (nivel medio). 25 aciertos: No hay dificultad (Nivel alto).

Tabla 7. Competencia léxica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia léxica	PROLEC-R	Se muestra al niño una lista de cuarenta pseudopalabras para medir la capacidad del niño de pronunciar nuevas palabras.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. 1° primaria: 0-5(DD), 6-20(D), 21 o más(N) 2° primaria: 0-17(DD), 18-32(D), 33 o más(N) 3° primaria: 0-19(DD), 20-37(D), 38 o más(N) 4° primaria: 0-20(DD), 21-42(D), 43 o más(N) 5° primaria: 0-32(DD), 33-52(D), 53 o más(N) 6° secundaria: 0-37(DD), 38-60(D), 61 o más(N)

Tabla 8. Competencia sintáctica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia sintáctica	PROLEC-R	Se muestra al niño 16 oraciones, cada una de ellas acompañada por cuatro imágenes de las cuales el niño debe seleccionar la que corresponde con la oración.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. 1° primaria: 0-6(DD), 7-10(D), 11-16(N) 2° primaria: 0-8(DD), 9-11(D), 12-16(N) 3° primaria: 0-9(DD), 10-12(D), 13-16(N) 4° primaria: 0-9(DD), 10-12(D), 13-16(N) 5° primaria: 0-9(DD), 10-12(D), 13-16(N) 6° secundaria: 0-9(DD), 10-12(D), 13-16(N)

Tabla 9. Competencia ortográfica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia ortográfica	PROLEC-R	El niño debe leer un fragmento pequeño de un cuento en el que aparecen los principales signos de puntuación. Concretamente, se evalúan once signos que corresponden con la entonación lectora de 4 puntos, 2 comas, 3 interrogaciones y 2 exclamaciones.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. 1° primaria: 0(DD), 1-2(D), 3 o más(N) 2° primaria: 0-5(DD), 6-9(D), 10 o más(N) 3° primaria: 0-5(DD), 6-11(D), 12 o más(N) 4° primaria: 0-8(DD), 9-14(D), 15 o más(N) 5° primaria: 0-14(DD), 15-19(D), 20 o más(N) 6° secundaria: 0-17(DD), 12-22(D), 23 o más(N)

Tabla 10. Competencia semántica

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Competencia semántica	PROLEC-R	Se muestra al niño 16 oraciones en las cuales se le pide hacer lo que estás demandan, comprobando la capacidad del niño para extraer el significado de diferentes tipos de oraciones.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal. 1° primaria: 0-10(DD), 11-13(D), 14-16(N) 2° primaria: 0-12(DD), 13-14(D), 15-16(N) 3° primaria: 0-13(DD), 14-15(D), 16(N) 4° primaria: 0-13(DD), 14-15(D), 16(N) 5° primaria: 0-13(DD), 14-15(D), 16(N) 6° secundaria: 0-13(DD), 14-15(D), 16(N)

Tabla 11. Memoria de trabajo visual

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Memoria de trabajo visual	Test de Gibson	En esta prueba, se muestra al niño un patrón de formas en una cuadrícula. Luego de observar el patrón, este es eliminado y el niño debe recordar y seleccionar de las otras imágenes la que vio anteriormente.	No hay documentación

Tabla 12. Memoria de trabajo secuencial visual

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Memoria de trabajo secuencial visual	Test de Gibson	Adaptar la anterior prueba	No hay documentación

Tabla 13. Memoria auditiva

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Memoria auditiva	Test de Gibson	El niño escucha los sonidos individuales de letras que conforman una palabra sin sentido y debe identificar entre cuatro opciones la palabra a la cual hacen referencia las letras escuchadas.	No hay documentación

Tabla 14. Memoria secuencial auditiva

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Memoria secuencial auditiva	Test de Gibson	Adaptar la prueba de memoria secuencial auditiva.	No hay documentación

Tabla 15. Atención sostenida

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Atención sostenida	Test de Gibson	Adaptar la prueba de memoria a corto plazo.	No hay documentación

Tabla 16. Atención selectiva

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Atención selectiva	Test de Gibson	Esta prueba requiere que el examinado identifique formas individuales que coincidan con las partes del rompecabezas.	No hay documentación

Tabla 17. Atención dividida

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Atención dividida	Test de Gibson	Adaptar la prueba de memoria a corto plazo. (se presentan dos matrices en las cuales irán desapareciendo paralelamente objetos que el niño debe identificar)	No hay documentación

Tabla 18. Comprensión lectora

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Comprensión lectora	PROLEC-R	Se muestran al niño cuatro textos, dos de tipo narrativo y los otros dos de tipo expositivo. Dos de ellos (uno narrativo y otro expositivo) son textos cortos (alrededor de 90 palabras) y los otros dos largos (por encima de las 130 palabras).	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal.

Tabla 19. Velocidad de lectura

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Velocidad de lectura	PROLEC-R	Se muestran al niño cuatro textos, dos de tipo narrativo y los otros dos de tipo expositivo. Dos de ellos (uno narrativo y otro expositivo) son textos cortos (alrededor de 90 palabras) y los otros dos largos (por encima de las 130 palabras).	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal.

Tabla 20. Ortografía natural

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Ortografía natural	DST-J PROLEC-R	Se muestra al niño un texto corto, en el que debe encontrar las uniones inadecuadas de palabras y separarlas, por ejemplo: lacasa.	Entre 0 y 21 aciertos: riesgo elevado; Entre 22 y 28 aciertos: riesgo moderado. Entre 29 y 30 aciertos: riesgo leve. Entre 31 y 32: sin riesgo. Entre 33 o más aciertos: punto fuerte.

Tabla 21. Ortografía arbitraria

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Ortografía arbitraria	DST-J	Dictado de palabras.	Entre 0 y 21 aciertos: riesgo elevado. Entre 22 y 28 aciertos: riesgo moderado. Entre 29 y 30 aciertos: riesgo leve. Entre 31 y 32: sin riesgo. Entre 33 o más aciertos: punto fuerte.

Tabla 22. Velocidad de escritura

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Velocidad de escritura	DST-J	Dictado de palabras. Se mide el tiempo que tarda en escribir en el punto anterior y el resultado obtenido.	No hay documentación

Tabla 23. Reconocimiento de errores

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Reconocimiento de errores	PROLEC-R	Se presentan pares de palabras y pseudopalabras iguales (p. ej., calzapó-calzapó) o diferentes porque se cambia una de las letras (p. ej., pichera-picera). Hay 20 pares de estímulos, la mitad son iguales y la mitad diferentes. El objetivo es que el niño identifique del par de palabras, si coinciden o no.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal.

bla 24. Corrección de errores

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Corrección de errores	PROLEC-R	Esta prueba se mide en conjunto con la prueba de reconocimiento de errores.	Se divide el número de aciertos sobre el tiempo en que tarda el niño en completar la prueba, y luego se multiplica por 100. Por último, se compara el resultado con los rangos de los baremos de índices principales por curso/grado para diagnosticar dificultad leve (D), severa (DD) o normal.

Tabla 25. Discriminación y categorización visual

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Discriminación y categorización visual	Test de Gibson	Se muestra al niño una serie de imágenes y debe identificar la imagen que coincide con las demás presentadas en pantalla.	No hay documentación

Tabla 26. Discriminación y categorización auditiva

Destreza cognitiva	Tomado de	¿Cómo se aplica?	¿Cómo se mide?
Discriminación y categorización auditiva	Test de Gibson	En la prueba el niño escucha un audio que dice una palabra sin sentido. Luego, el niño debe seleccionar entre cuatro opciones la palabra que considera correcta.	No hay documentación

Tabla 27. Lateralidad

3.3 Mockups de la aplicación móvil

La Figura 13 corresponde a la interfaz de inicio de sesión, cuya autenticación se hace con un correo asociado a Google.



Figura 14. Registro y acceso a la aplicación

La Figura 14 corresponde al mockup que muestra los componentes cognitivos que se van a evaluar dentro de la aplicación.

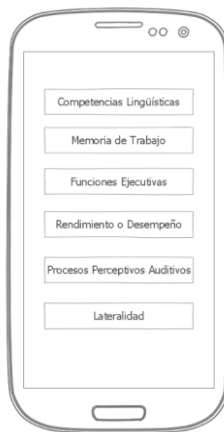


Figura 15. Componentes cognitivos a evaluar

La Figura 15 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Competencias Lingüísticas.

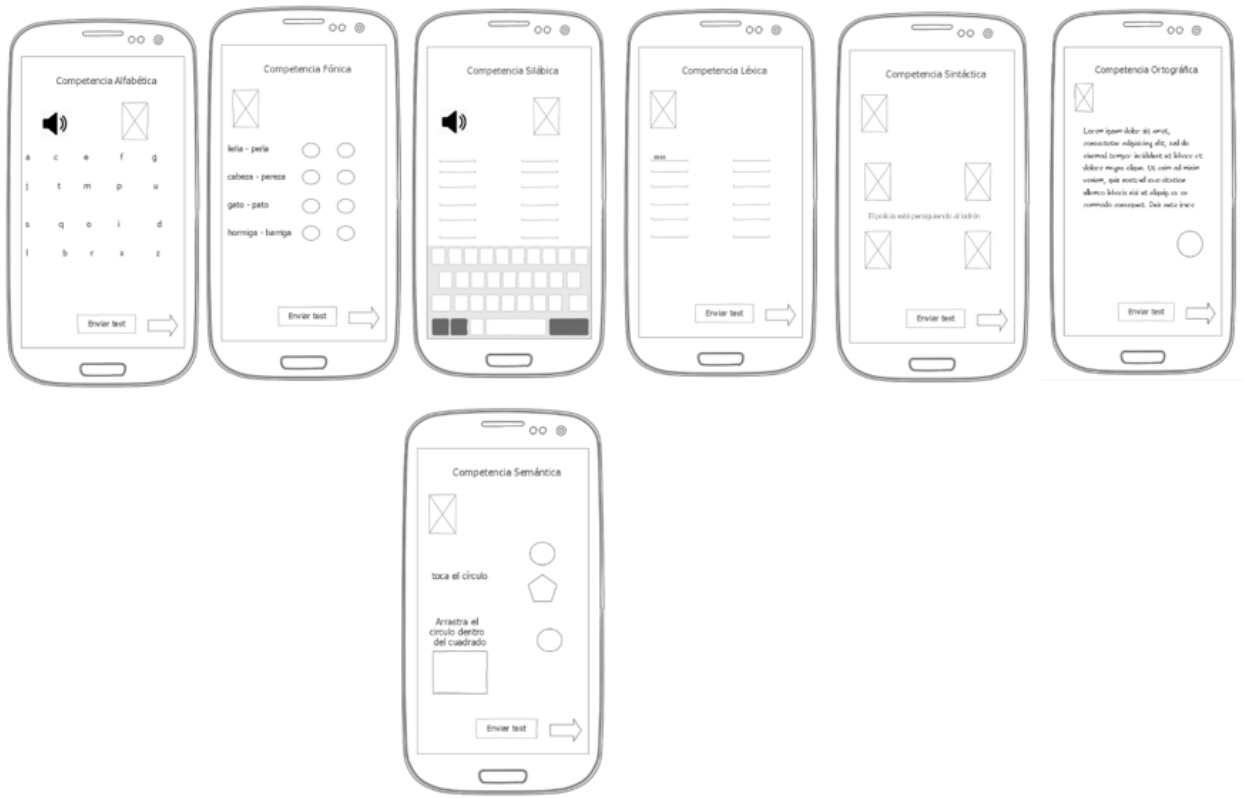


Figura 16. Competencias lingüísticas

La Figura 16 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Memoria de trabajo.

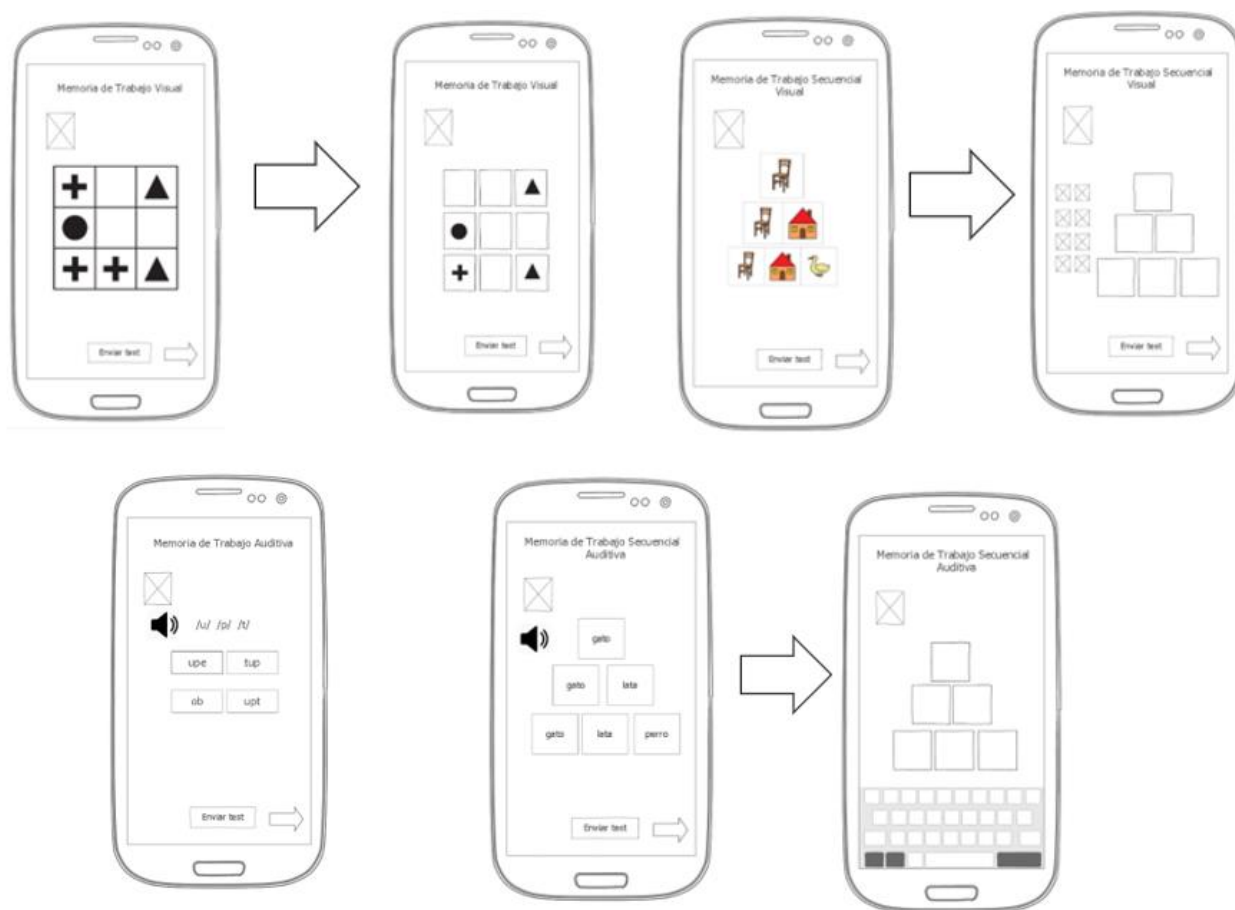


Figura 17. Memoria de trabajo

La Figura 17 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Memoria de trabajo.

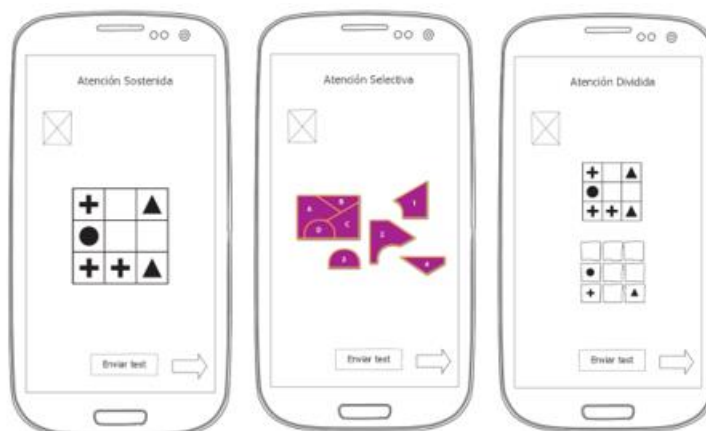


Figura 18. Funciones ejecutivas

La Figura 18 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Rendimiento o Desempeño.

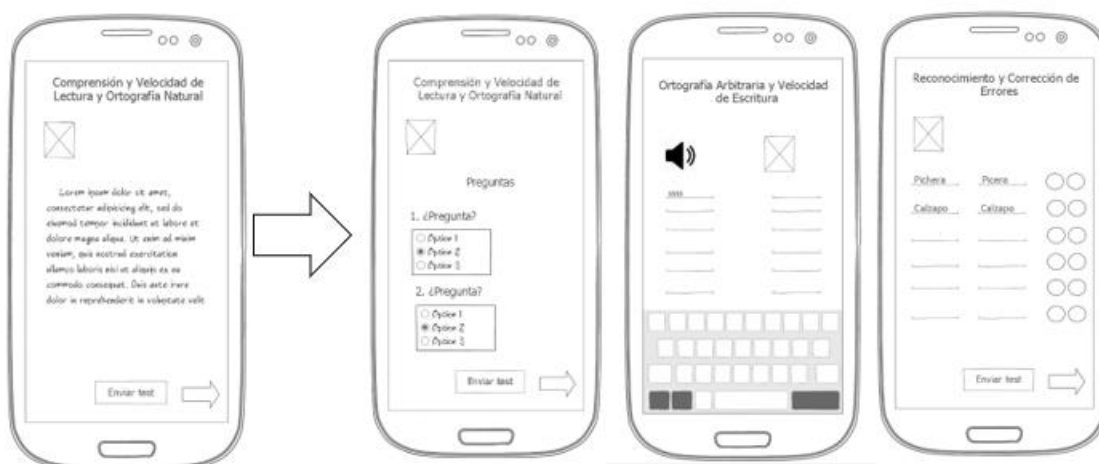


Figura 19. Rendimiento o Desempeño

La Figura 19 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Procesos perceptivos.

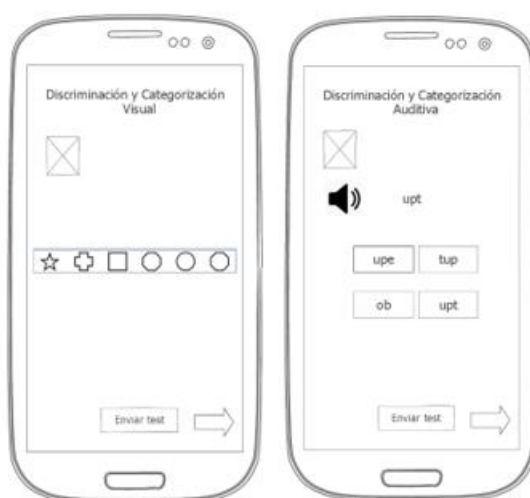


Figura 20. Procesos perceptivos

La Figura 20 corresponde a los mockups de las competencias del componente cognitivo de Lateralidad.



Figura 21. Lateralidad

3.4 Historias de usuario

Tabla 28. Historia de usuario - Acceso

Historia de usuario	
Número 1	Nombre: Acceso
Usuario: Acudiente	
Descripción	
El usuario acudiente registra sus datos y los del niño para acceder al test de Dislexia.	

Tabla 29. Historia de usuario - Componentes cognitivos

Historia de usuario	
Número 2	Nombre: Componentes Cognitivos
Usuario: Acudiente	
Descripción	
El usuario acudiente accede a los diferentes componentes cognitivos que contienen las pruebas del test de Dislexia.	

Tabla 30. Historia de usuario - Competencia alfabética

Historia de usuario	
Número 3	Nombre: Competencia Alfabética
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción	

El usuario niño escucha el sonido de una letra del alfabeto, y si ese sonido coincide con las letras que aparecen en pantalla el niño debe presionar la letra.

Tabla 31. Historia de usuario - Competencia fónica

Historia de usuario	
Número 4	Nombre: Competencia Fónica
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción El usuario niño debe identificar las palabras en las cuales hay rima y seleccionar entre las opciones verdadero o falso.	

Tabla 32. Historia de usuario - Competencia silábica

Historia de usuario	
Número 5	Nombre: Competencia Silábica
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción El usuario niño escucha el dictado de una serie de silabas las cuales debe escribir en los espacios correspondientes.	

Tabla 33. Historia de usuario - Competencia léxica

Historia de usuario	
Número 6	Nombre: Competencia Léxica
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción El usuario niño lee una palabra que aparece en pantalla, luego toca la imagen de un micrófono para decir dicha palabra.	

Tabla 34. Historia de usuario - Competencia sintáctica

Historia de usuario	
Número 7	Nombre: Competencia Sintáctica

Usuario: Acudiente/niño
Descripción El usuario niño lee una oración y selecciona entre cuatro imágenes a cuál corresponde esa oración.

Tabla 35. Historia de usuario - Competencia semántica

Historia de usuario	
Número 8	Nombre: Competencia Semántica
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción El usuario niño lee unas oraciones las cuales contienen instrucciones que debe realizar dentro de la aplicación.	

Tabla 36. Historia de usuario - Competencia ortográfica

Historia de usuario	
Número 9	Nombre: Competencia Ortográfica
Usuario: niño	
Descripción El usuario niño debe leer un texto corto haciendo la pausa correspondiente cada vez que encuentre un signo de puntuación. Para ello debe presionar un botón que debe actuar como contador de estos signos.	

Tabla 37. Historia de usuario - Memoria de trabajo visual

Historia de usuario	
Número 10	Nombre: Memoria de trabajo visual
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra una matriz con imágenes de las cuales algunas desaparecen y él debe identificar qué imágenes desaparecieron y tocarlas.	

Tabla 38. Historia de usuario - Memoria de trabajo visual secuencial

Historia de usuario	
Número 11	Nombre: Memoria de trabajo visual secuencial
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra una secuencia de imágenes dentro de una pirámide, las cuales desaparecen y él debe recordar a qué espacio pertenece cada imagen.	

Tabla 39. Historia de usuario - Memoria de trabajo auditiva

Historia de usuario	
Número 12	Nombre: Memoria de trabajo auditiva
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le dicta una serie de grafemas con las que debe conformar una palabra y seleccionar entre cuatro opciones cuál es la correcta.	

Tabla 40. Historia de usuario - Memoria de trabajo secuencial auditiva

Historia de usuario	
Número 13	Nombre: Memoria de trabajo secuencial auditiva
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño escucha una secuencia de palabras. Luego, debe tocar en el orden indicado los botones que contienen el nombre las palabras que escucho.	

Tabla 41. Historia de usuario - Atención sostenida

Historia de usuario	
Número 14	Nombre: Atención sostenida
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción	

Al usuario niño se le muestra un grupo de imágenes distribuido en tres interfaces, las cuales desaparecen e identificar en las imágenes restantes las que desaparecieron, y tocarlas.

Tabla 42. Historia de usuario - Atención selectiva

Historia de usuario	
Número 15	Nombre: Atención selectiva
Usuario: niño	
Descripción El usuario niño debe identificar entre doce botones la letra que es diferente y tocarla. Este ejercicio se repite tres veces.	

Tabla 43. Historia de usuario - Atención dividida

Historia de usuario	
Número 16	Nombre: Atención dividida
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción Al usuario acudiente/niño se le muestra dos matrices con imágenes en las cuales desaparecen tres imágenes en cada una, con intervalos de diferencia de un segundo. El niño debe identificar en ambas matrices las imágenes que desaparecen y tocarlas.	

Tabla 44. Velocidad de lectura y comprensión lectora

Historia de usuario	
Número 17	Nombre: Velocidad de lectura y comprensión lectora
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra un texto corto el cual debe leer y comprender para contestar tres preguntas referentes a la lectura que se muestran al niño una vez haya terminado la lectura.	

Tabla 45. Ortografía arbitraria y velocidad de escritura

Historia de usuario	
Número 18	Nombre: Ortografía arbitraria y velocidad de escritura
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra tres botones, cada uno contiene un audio que dice una palabra la cual debe escribir en el espacio indicado.	

Tabla 46. Reconocimiento y corrección de errores

Historia de usuario	
Número 20	Nombre: Reconocimiento y corrección de errores
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra tres palabras con un error en cada una. El niño debe identificar los errores y corregirlos seleccionando en uno de los tres botones que aparece debajo de cada palabra, la opción correcta.	

Tabla 47. Reconocimiento y corrección de errores

Historia de usuario	
Número 21	Nombre: Reconocimiento y corrección de errores
Usuario: niño	
Descripción Al usuario acudiente/niño se le muestra parejas de palabras bien escritas, y otras, mal escritas. El niño debe identificar los errores y corregirlos, o dejarlas igual si no están mal escritas.	

Tabla 48. Discriminación y categorización visual

Historia de usuario

Número 22	Nombre: Discriminación y categorización visual
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra diferentes figuras en las que debe identificar cuáles son iguales y seleccionarlás. Este ejercicio se repite tres veces.	

Tabla 49. Discriminación y categorización auditiva

Historia de usuario	
Número 23	Nombre: Discriminación y categorización auditiva
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción El usuario niño escucha tres palabras inventadas de una sílaba, las cuales debe identificar entre cuatro botones. Este ejercicio se repite tres veces.	

Tabla 50. Historia de usuario - Lateralidad prueba 1

Historia de usuario	
Número 24	Nombre: Lateralidad 1
Usuario: niño	
Descripción Al usuario niño se le muestra vehículos en sentido derecha e izquierda. El niño debe pintarlos de color azul o naranja, dependiendo el sentido del vehículo. Hay cinco vehículos en esta prueba.	

Tabla 51. Historia de usuario - Lateralidad prueba 2

Historia de usuario	
Número 25	Nombre: Lateralidad 2
Usuario: Acudiente/niño	
Descripción	

Al usuario niño se le muestra tres barcos y dos peces. En medio de los peces hay un barco, y por fuera hay otro barco. El barco que el niño debe mover aparece coloreado, los otros dos, en gris.

3.5 Mapa de navegación

La siguiente figura, describe el flujo correspondiente a cada uno de los módulos construidos en la aplicación móvil.

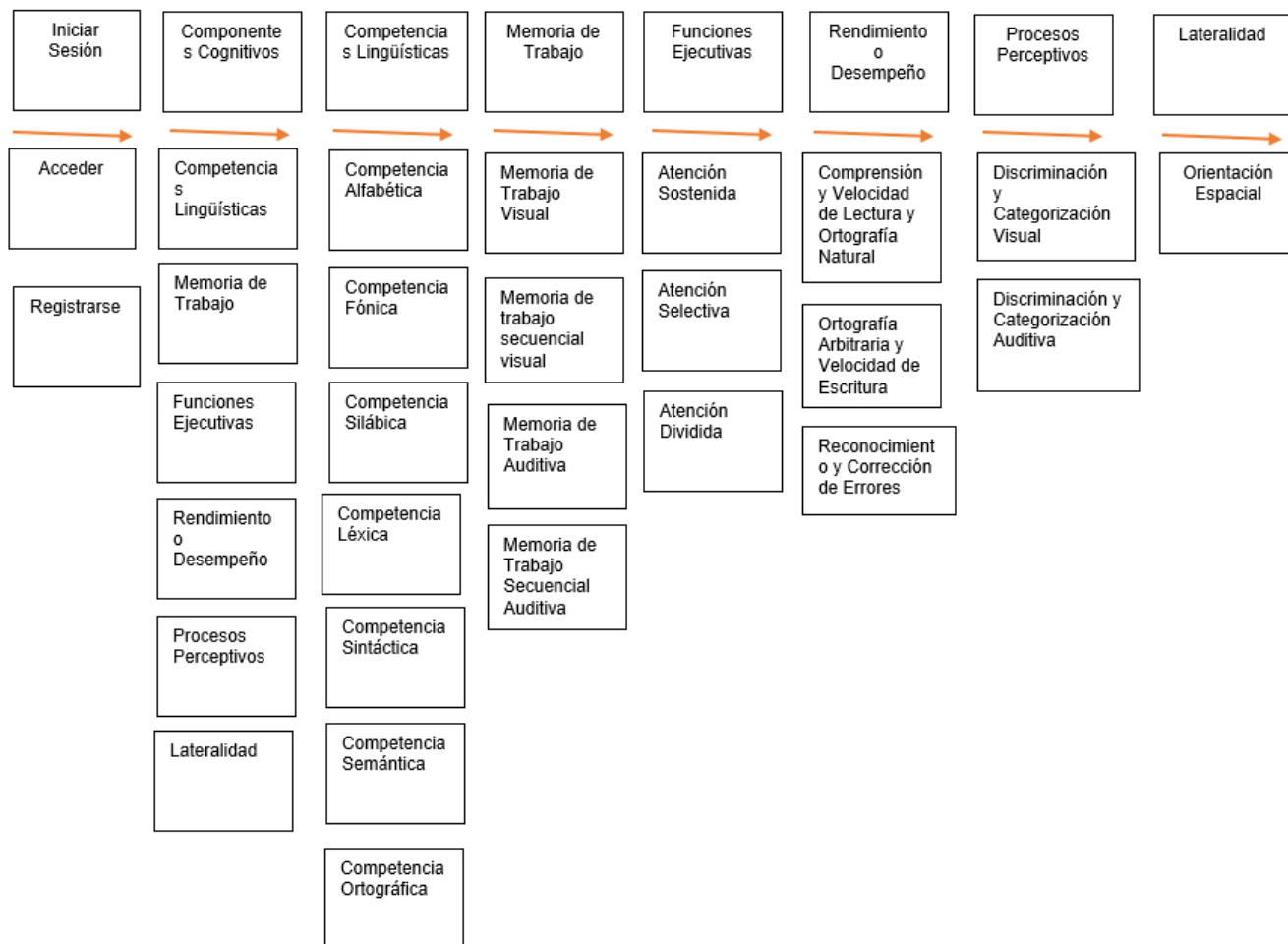


Figura 22. Mapa de navegación

3.6 Requerimientos de alto nivel

El desarrollo de la aplicación se llevó a cabo en el entorno de desarrollo de Android Studio, utilizando el lenguaje de programación Kotlin, y FireBase como base de datos.

La aplicación cuenta con veintidos pruebas que abarcan los componentes cognitivos asociados a la dislexia, y las cuales están desarrolladas con base en las pruebas descritas en los diferentes test formales identificados. Las pruebas están distribuidas por cada componente cognitivo, como se muestra a continuación:

3.6.1 Componente lingüístico

3.6.1.1 Competencia alfabética

Esta prueba presenta doce botones, y en cada uno de ellos está una letra que el niño debe identificar de acuerdo a lo que indique la instrucción (Figura 26).

3.6.1.2 Competencia fónica

Esta prueba presenta cuatro pares de palabras, y el niño debe identificar y seleccionar entre dos botones si existe una rima o no (Figura 26).

3.6.1.3 Competencia silábica

En esta prueba el niño debe escribir en un campo de texto cuatro sílabas que se indican en cada uno de los audios que componen la prueba.

3.6.1.4 Competencia léxica

En esta prueba el niño debe tocar un botón que muestra una palabra la cual él debe pronunciar a través del micrófono. Este ejercicio debe repetirlo cuatro veces.

3.6.1.5 Competencia semántica

Esta prueba tiene dos ejercicios en los cuales el niño debe seguir las instrucciones que se indican a través de audio y texto. En una primera instrucción se pide al niño tocar la figura que se indica, y en la segunda, arrastrar una imagen al lugar indicado.

3.6.1.6 Competencia ortográfica

En esta prueba el niño debe leer un cuento e identificar el número de signos de puntuación presentados en él. Esto lo hace tocando un botón que sirve como un contador.

3.6.2 Procesos perceptivos

3.6.2.1 Discriminación y categorización visual

Esta prueba presenta un grupo de imágenes en las cuales el niño debe identificar las que son iguales y tocarlas. Este ejercicio debe repetirlo tres veces (Figura 27).

3.6.2.2 Discriminación y categorización auditiva

En esta prueba el niño debe escuchar el sonido de tres sílabas y seleccionar entre cuatro botones la que es correcta. El texto de los botones cambia cada vez que el niño presiona uno.

3.6.3 Funciones ejecutivas

3.6.3.1 Atención sostenida

En esta prueba aparecen doce imágenes, y desaparece una, luego dos y finalmente, tres. El niño debe identificar cuáles fueron las imágenes que desaparecieron y tocarlas.

3.6.3.2 Atención selectiva

Esta prueba tiene doce botones y cada uno de ellos tiene una letra. El niño debe identificar cuál es la letra diferente y tocarla. Este ejercicio debe repetirlo tres veces (Figura 26).

3.6.3.3 Atención dividida

Esta prueba tiene dos grupos de imágenes las cuales desaparecen y el niño debe identificar en el otro grupo de imágenes, la imagen que desapareció. Desaparecen tres imágenes cada segundo en cada grupo de imágenes.

3.6.4 Lateralidad

3.6.4.1 Lateralidad 1

Esta prueba tiene dos autos en dirección derecha e izquierda de color naranja y azul respectivamente. En la parte de abajo aparecen cinco autos en las mismas direcciones, y el niño debe colorear de naranja o azul los autos dependiendo de lo que para él sea la derecha y la izquierda (Figura 28).

3.6.4.2 Lateralidad 2

Esta prueba muestra cinco figuras, tres barcos y dos peces. El niño debe arrastrar uno de los barcos hacia la posición de otro, como lo indica la instrucción. Hay un barco en medio de los dos peces y uno por fuera.

3.6.5 Rendimiento o desempeño

3.6.5.1 Velocidad de lectura

Esta prueba presenta una lectura la cual el niño debe leer y cuando toque el botón de “finalizar lectura” se registra el tiempo que se tardó en leer.

3.6.5.2 Comprensión de lectura

Esta prueba presenta tres preguntas sobre la lectura que el niño leyó en la prueba de velocidad de lectura (Figura 28).

3.6.5.3 Ortografía arbitraria y velocidad de escritura

En esta prueba hay tres palabras que el niño debe escuchar en audios diferentes que se encuentran en cada uno de los botones que presenta la interfaz, y debe escribir en un campo de texto cada una ellas.

3.6.5.4 Reconocimiento de errores

Esta prueba presenta tres palabras, cada una de ellas tiene un error en una de sus letras, y el niño debe seleccionar de tres botones que hay por cada palabra, la letra que él considera es la correcta.

3.6.6 Memoria de trabajo

3.6.6.1 Visual

Esta prueba presenta nueve imágenes de las cuales desaparecen tres al azar por dos segundos. El niño debe identificar cuáles imágenes desaparecieron y tocarlas sin importar el orden en el que lo haga (Figura 27).

3.6.6.2 Secuencial visual

Esta prueba presenta una pirámide de imágenes de las cuales desaparecen tres al azar por un segundo, una después de la otra. El niño debe identificar cuáles imágenes desaparecieron y tocarlas en el orden en el que desaparecieron.

3.6.6.3 Auditiva

Esta prueba tiene cuatro botones, y en cada uno de ellos aparece una sílaba, la cual el niño debe identificar de acuerdo a lo indicado por la instrucción. Este ejercicio debe repetirlo tres veces.

3.6.6.4 Secuencial auditiva

Esta prueba tiene tres botones con el nombre de tres animales. La instrucción le dice al niño una secuencia en el cual debe tocar los botones. El número total de veces que debe tocar los botones, son seis (Figura 27).

3.7 Caso de uso

Los casos de uso del prototipo fueron elaborados para expresar los requisitos funcionales de este. En la siguiente imagen se especifica cada una de las funcionalidades que puede hacer el usuario en el prototipo.

- El usuario debe iniciar sesión para poder ingresar al formulario que solicita algunos datos del niño que va a presentar la prueba.
- Diligenciar completamente el formulario le permite al usuario acceder a los módulos que contienen las pruebas por cada componente cognitivo asociado a la dislexia (Competencias Lingüísticas, Memoria de trabajo, Procesos perceptivos, Rendimiento o Desempeño, Funciones ejecutivas y Lateralidad).
- Luego, todos los datos obtenidos en cada una de las pruebas son procesados por un algoritmo de clasificación (Random Forest) el cual determina si el niño tiene o no, el riesgo de padecer dislexia.

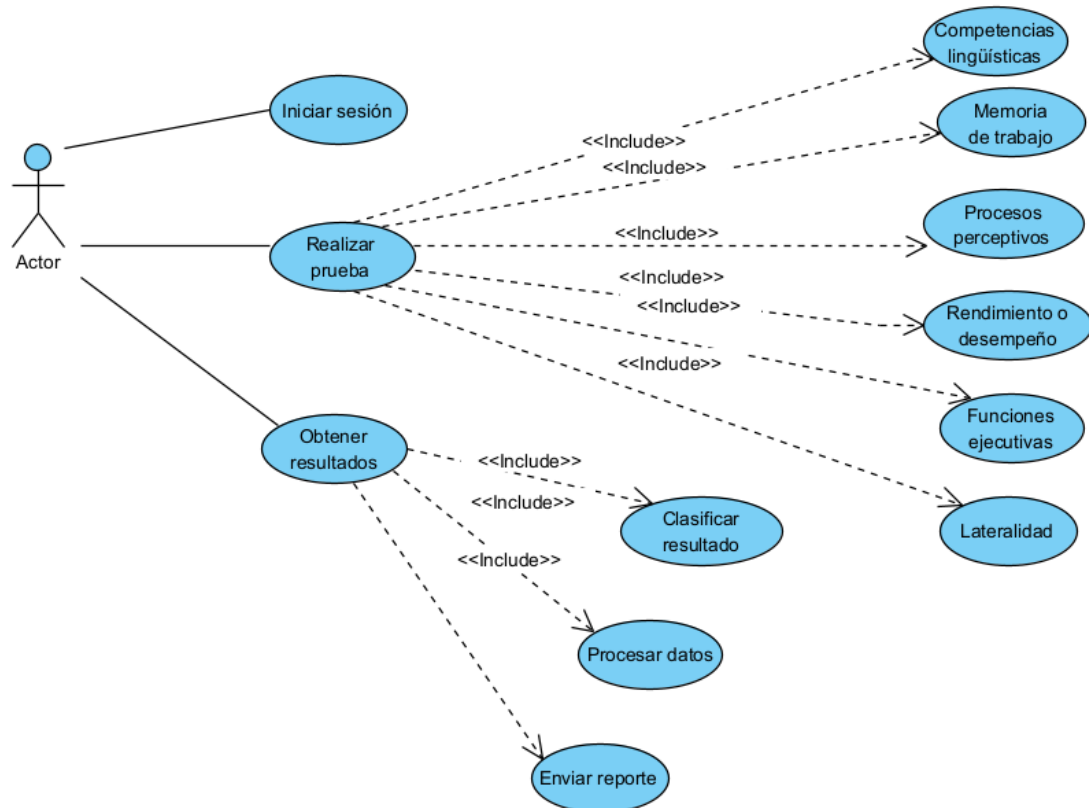


Figura 23. Caso de uso aplicación móvil

3.8 Diagrama de secuencia

En el siguiente diagrama de secuencia se especifican los procesos que debe seguir un usuario con el uso del prototipo.

- El usuario inicia sesión con un correo asociado a Google, esta información es validada por el módulo de autenticación y se permite el acceso al formulario de información básica de acudiente y niño.
- El módulo de autenticación valida que el formulario esté diligenciado correctamente y permite el acceso al módulo de pruebas.
- El módulo de pruebas valida que el niño cumpla con la interacción mínima requerida en cada prueba para enviar la información registrada al módulo de resultado y que pueda continuar a la siguiente prueba.

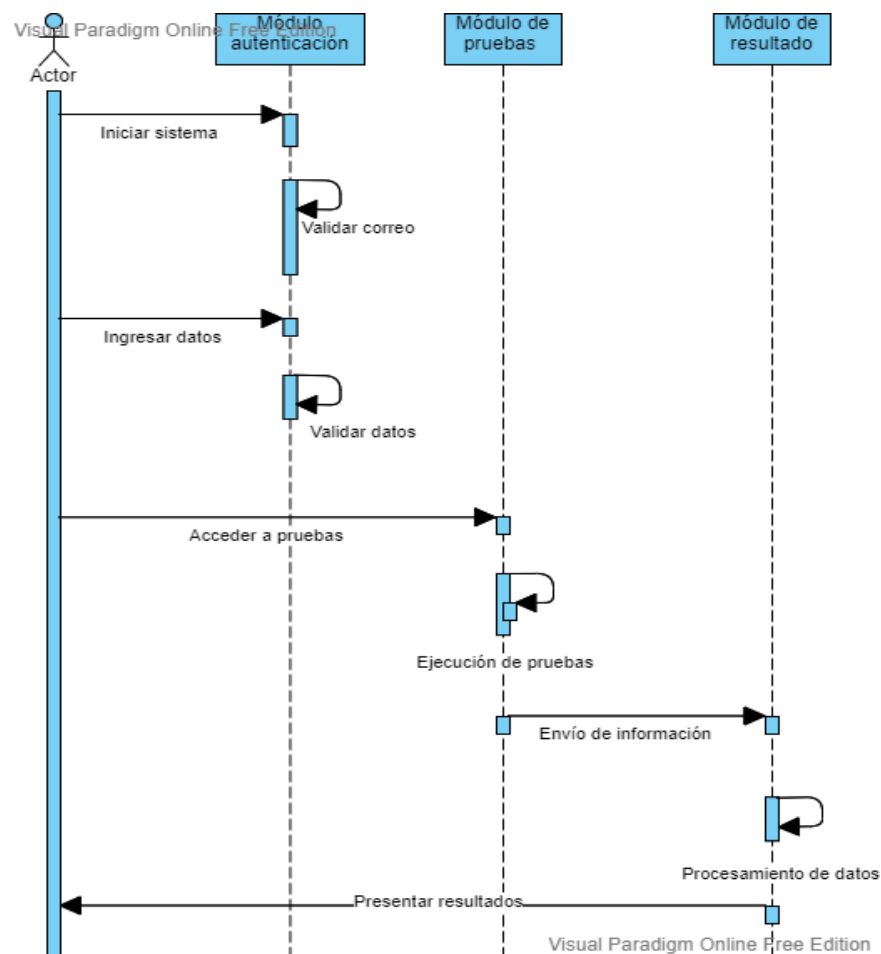


Figura 24. Diagrama de secuencia aplicación móvil

3.9 Diagrama de componentes

En el siguiente diagrama se especifican cada uno de los componentes funcionales del prototipo.

- El componente de inicio de sesión tiene dos validaciones antes de pasar al componente de pruebas, las cuales son validar el correo y el formulario totalmente diligenciado.
- El módulo de pruebas gestiona toda la información almacenada en cada una de las pruebas de los seis componentes
- El componente de resultados, gestiona la información obtenida del módulo de pruebas y da una respuesta en base esos datos.

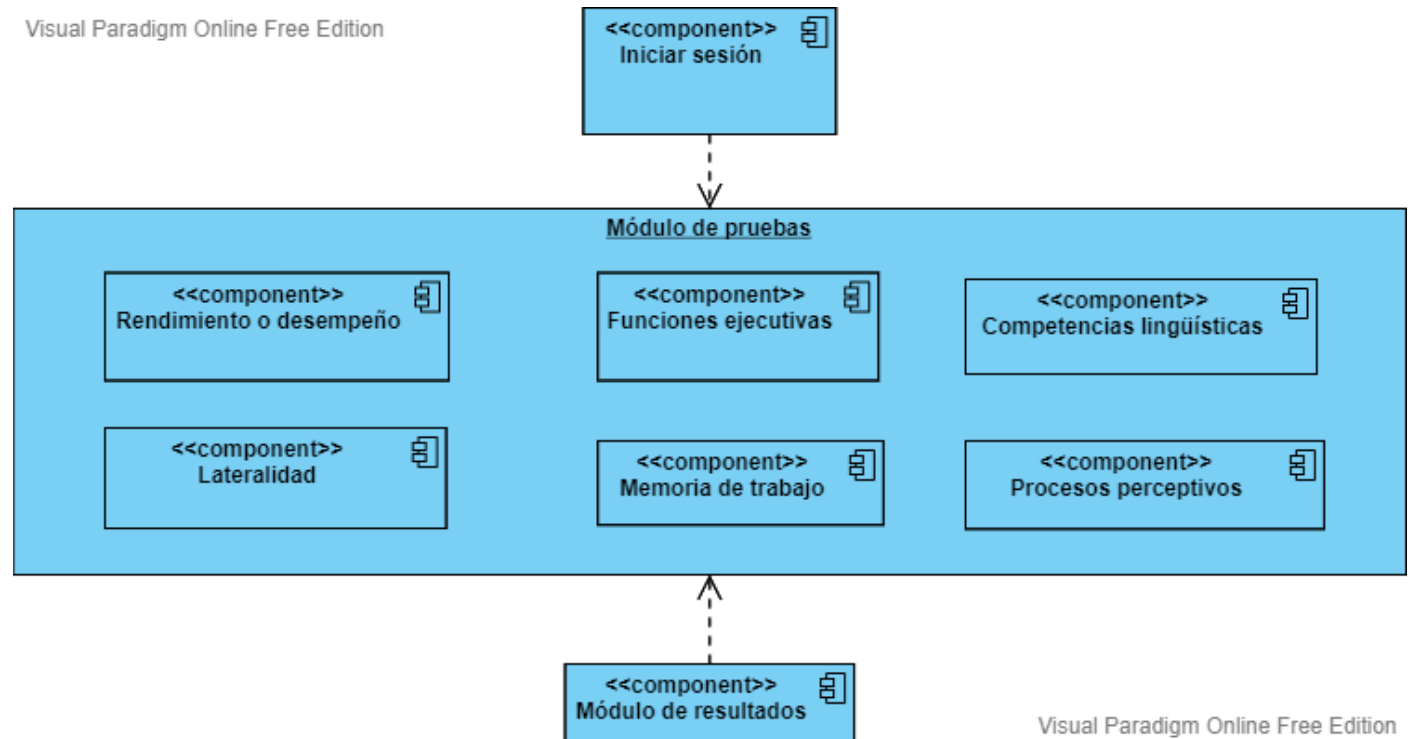


Figura 25. Diagrama de componentes aplicación móvil

3.10 Interfaces de la aplicación

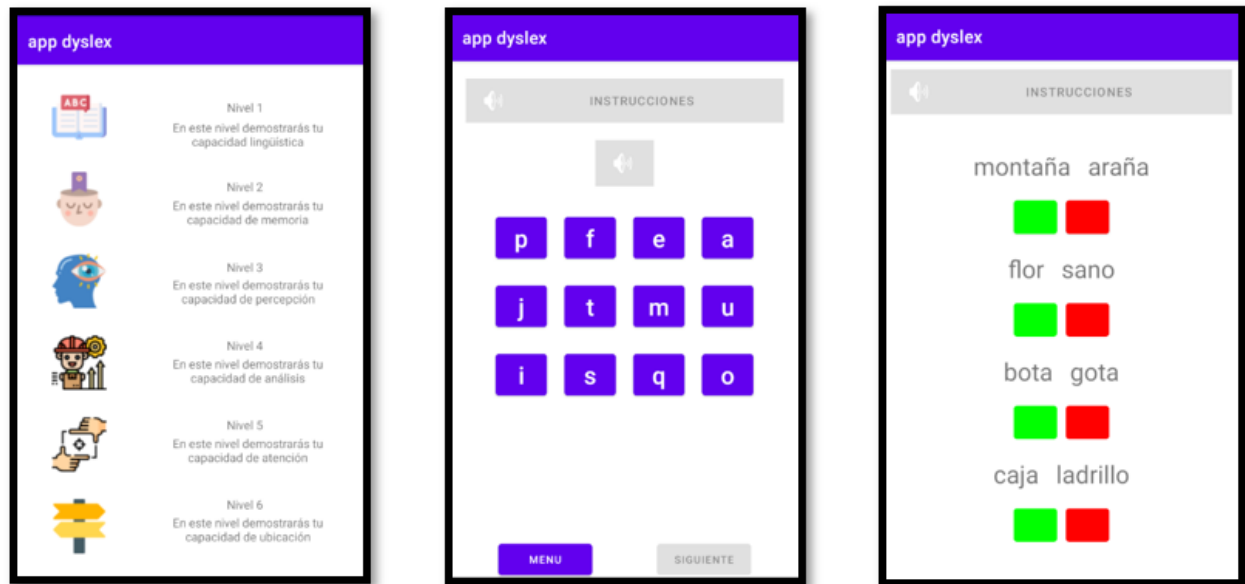


Figura 26. Interfaces de pruebas 1

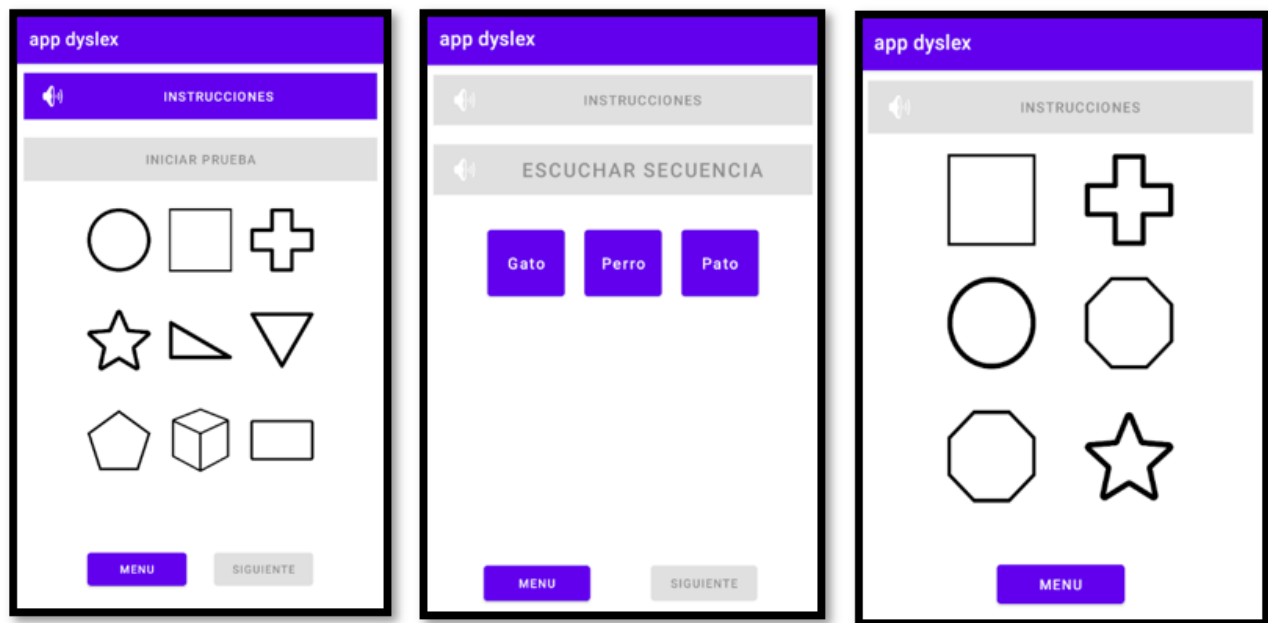


Figura 27. Interfaces de la aplicación 2

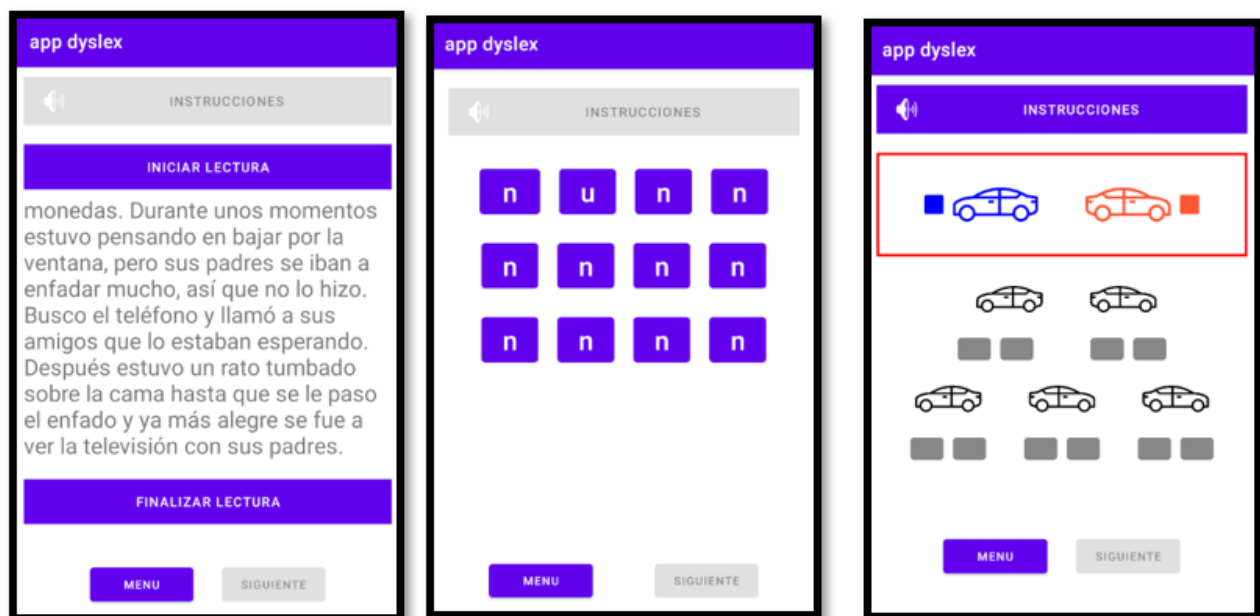


Figura 28. Interfaces de la aplicación 3

3.11 Descripción del DataSet

El data set contiene diecisiete características, en donde quince de ellas son preguntas correspondientes a diferentes pruebas de cada uno de los componentes cognitivos asociados a la dislexia, y las otras dos, corresponden a la edad del niño y la característica objetivo denominada Dyslexia, la cual tiene dos clases: Yes/No. Por cada pregunta hay tres características, clicks, hits y misses. Los clicks corresponden al número de intentos del niño en cada una de las pruebas; Los hits corresponden al número de aciertos; Los misses, corresponden al número de errores.

En la tabla 52, se muestra la correspondencia que existe entre algunas de las preguntas que conforman el dataset y las competencias de cada componente cognitivo. El documento se encuentra en [lennyanime/AnexosProyectoDeGrado \(github.com\)](https://github.com/lennyanime/AnexosProyectoDeGrado) se puede observar las demás relaciones entre preguntas y pruebas.

Tabla 52. Relación entre preguntas y pruebas

Q1-Q4											
Competencia Alfabética			Discriminación y Categorización Visual			Discriminación y Categorización auditiva			Comprensión lectura		
clicks	hits	misses	clicks	hits	misses	clicks	hits	misses	clicks	hits	misses

3.12 Persistencia de la información

La persistencia de los datos recopilados en la aplicación móvil se hizo a través de la base de datos NoSQL de Cloud Firestore, porque permite almacenar los datos en documentos que contienen los campos que se asignaron a los valores de cada prueba. Estos documentos se almacenaron en colecciones, los cuales son contenedores para los documentos.

3.13 Selección del algoritmo de aprendizaje automático

Random Forest, es un algoritmo de clasificación y regresión. Para este proyecto, se utiliza como modelo de clasificación, debido a que, se desea saber a través de la respuesta de cada conjunto de árboles, si los datos recopilados por cada niño en las diferentes pruebas de la aplicación, corresponden a un niño con o sin dislexia. Se optó por trabajar con este algoritmo porque se puede mejorar significativamente la precisión de la clasificación al aumentar el número de árboles para que voten por la clase más popular [23].

Luz Rello, creadora del proyecto Change Dyslexia, también uso el algoritmo Random Forest en su data set para la clasificación de niños con y sin dislexia, obteniendo una precisión de 86.20% [22] en el rango de edad de 7 a 10 años. En cuanto los parámetros del algoritmo, no optimizaron ninguno y utilizaron 200 iteraciones. Además, Dividieron los datos en diez grupos aleatorios (6 de tamaño 364 y 4 de tamaño 365) y luego usaron nueve de ellos para entrenamiento y el último para validación, repitiéndolo diez veces y cambiando el conjunto de validación. Esto fue mucho mejor que un subconjunto reservado al 10%, ya que promediaron diez particiones diferentes en lugar de solo una [22].

3.14 Identificación de la dislexia

La identificación de la dislexia, se hizo utilizando el algoritmo de aprendizaje y clasificación Random Forest, porque permite hacer una interpretación clara de la información procesada. Para el entrenamiento del algoritmo, se usó el data set construido por Luz Rello quien trabajo con Random Forest, y luego, se procesaron los datos obtenidos en las pruebas de la aplicación móvil para determinar a través del algoritmo el estado actual de los niños que realizaron la prueba, frente a la dislexia.

App Dyslex, fue desarrollada en base a cada uno de los componentes cognitivos asociados a la dislexia e identificando las pruebas por cada componente (pruebas que se realizan en test formales para la detección de la dislexia). Estas pruebas fueron construidas teniendo en cuenta el idioma de acuerdo a la región y el aspecto visual acorde a los niños con dislexia, no usando diseños que pudieran afectar la lateralidad del niño en el entorno de la app. La codificación de esta App, se realizó en el entorno de desarrollo de Android Studio con el lenguaje de desarrollo Kotlin. Trabajar con estas herramientas permitió la agilidad y flexibilidad en el desarrollo, además, los layouts que presenta Android Studio, permite organizar los elementos visuales de una manera que no afecta la visión y lateralidad de los niños en la app.

3.15 Encuesta a profesionales sobre el componente cognitivo de Lateralidad

Con la finalidad de aumentar instancias en nuestro data set con respecto al componente cognitivo de lateralidad, se recolectaron datos con el criterio de expertos en el tema de la dislexia (Fonoaudiólogos). Estos datos se obtuvieron a través de una encuesta la cual presenta una descripción de lo que el niño debe hacer durante la interacción con ambas pruebas, y luego dos preguntas por cada prueba. A continuación, se puede observar en

las Figuras 27 y 28 las respuestas por parte de un Fonoaudiólogo con respecto a las dos pruebas.

Prueba de Lateralidad nivel 1

En esta prueba, el niño escucha una instrucción la cual le indica que debe colorear cinco autos de acuerdo al color y dirección (izquierda-azul o derecha-naranja) indicada en los autos que se encuentran en el recuadro rojo. Cada vez que el niño coloree un auto, se cuenta como un intento. Como mínimo, el niño tiene 5 intentos.

¿Hasta cuántos intentos se podría tolerar en niños sin dislexia? *

app dyslex

← INSTRUCCIONES

MENU

SIGUIENTE

☒ Hasta 5 intentos

☐ Hasta 10 intentos

☐ Hasta 15 intentos

☐ No hay relación

¿Se puede inferir que el niño tiene riesgo a padecer dislexia si en la prueba no tiene ningún acierto en la prueba descrita? *

☐ Sí

☒ No

Figura 29. Encuesta prueba de Lateralidad nivel 1

Prueba de Lateralidad nivel 2

En esta prueba, el niño escucha una instrucción la cual le indica que debe arrastrar la imagen del barco coloreado hasta el barco que está en medio de los dos peces. Cada vez que el niño arrastre el barco y lo suelte antes de ubicarlo en alguna de las dos posiciones indicadas, se cuenta como un intento. Como máximo, el niño tiene un intento para acertar.

¿Hasta cuántos intentos se podría tolerar en niños sin dislexia? *

app dyslex

 INSTRUCCIONES



MENU

SIGUIENTE

☒ Hasta 5 intentos

☐ Hasta 10 intentos

☐ Hasta 15 intentos

☐ No hay relación

¿Se puede inferir que el niño tiene riesgo a padecer dislexia si en la prueba no acierta la respuesta correcta en la prueba descrita? *

- ☐ Sí
- ☒ No

Figura 30. Encuesta prueba de Lateralidad nivel 2

3.16 Análisis de resultados algoritmo de clasificación Random Forest

3.16.1 Accuracy

La implementación de este modelo se realizó en el programa informático de minería de datos y análisis predictivo, Orange. Para realizar la evaluación del Data Set, se trabajó con una muestra de entrenamiento del 66% y un 33% de precisión, obteniendo como resultado una precisión del 97% agregando la característica de lateralidad al dataset (ver figura 31). y una precisión del 92% sin la característica de lateralidad (ver figura 32).

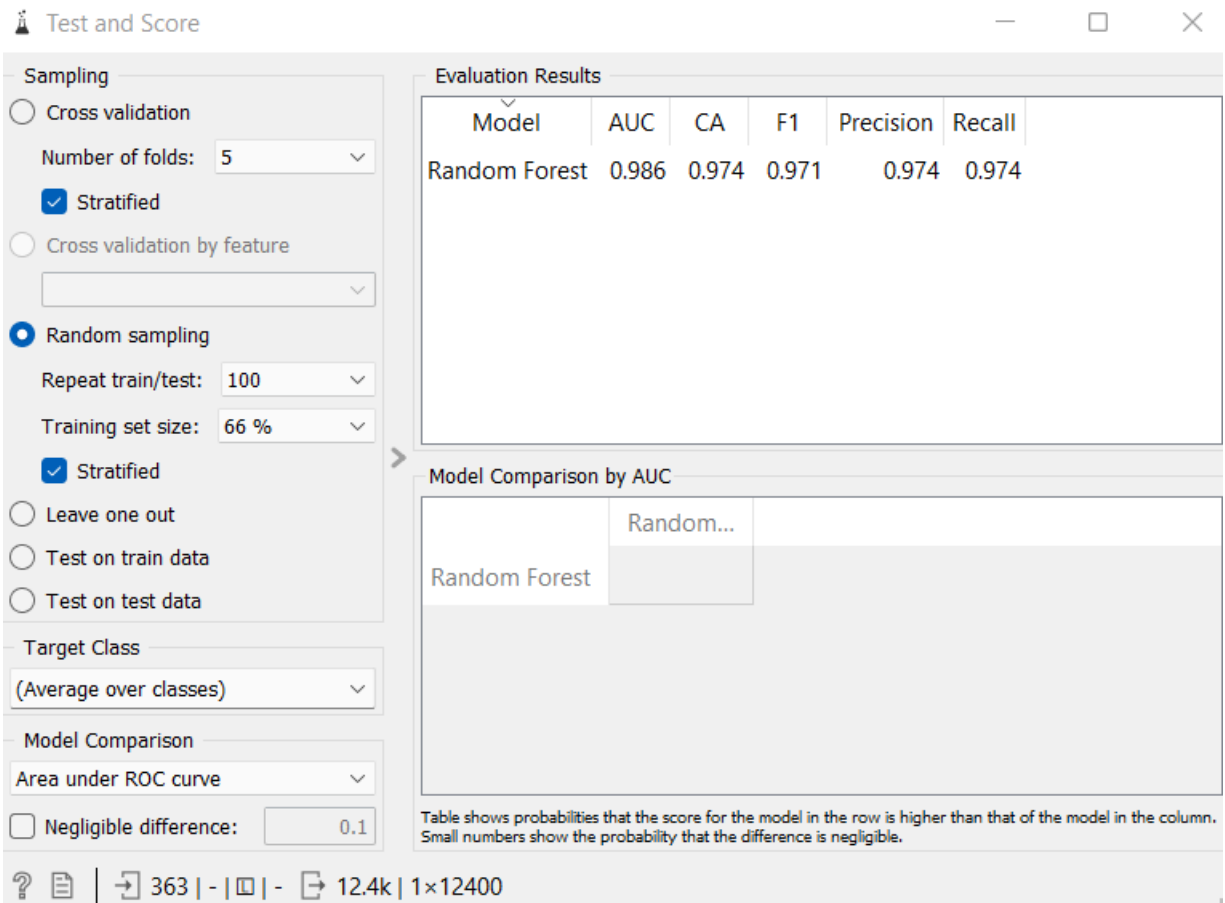


Figura 31. Métricas de evaluación con característica de lateralidad

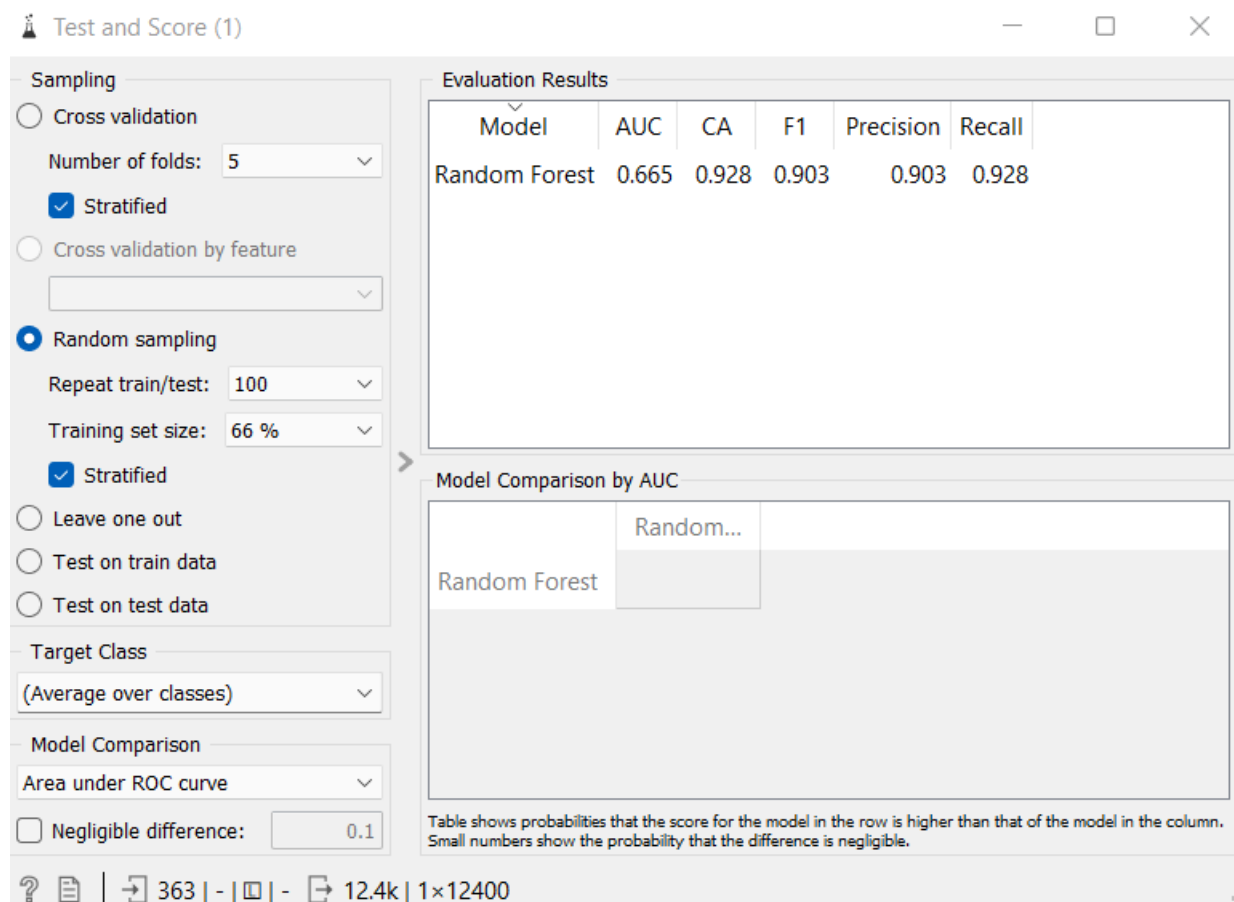


Figura 32. Métricas de evaluación sin característica de lateralidad

3.16.2 Comparación de resultados

La matriz de confusión permitió evaluar el desempeño del algoritmo al momento de hacer la clasificación entre las clases Yes y No. Al comparar las matrices de confusión (ver figura 33 y 34) se evidencia que la característica de lateralidad afecta positivamente los resultados prediciendo con un 97% los niños que no tienen dislexia, y con un 99% los que sí, a diferencia del modelo entrenado sin la característica de lateralidad el cual predijo con un 93% los niños que no tienen dislexia, pero con un 46% los que sí, dejando con un resultado de falso positivo del 56% a niños que no tienen dislexia, pero el algoritmo ha dado como resultado que sí tienen dislexia. Por lo anterior, se concluye que la característica de lateralidad es de suma importancia para la detección de la dislexia y no puede ser

ignorado para evaluar este trastorno de aprendizaje con inteligencia artificial.

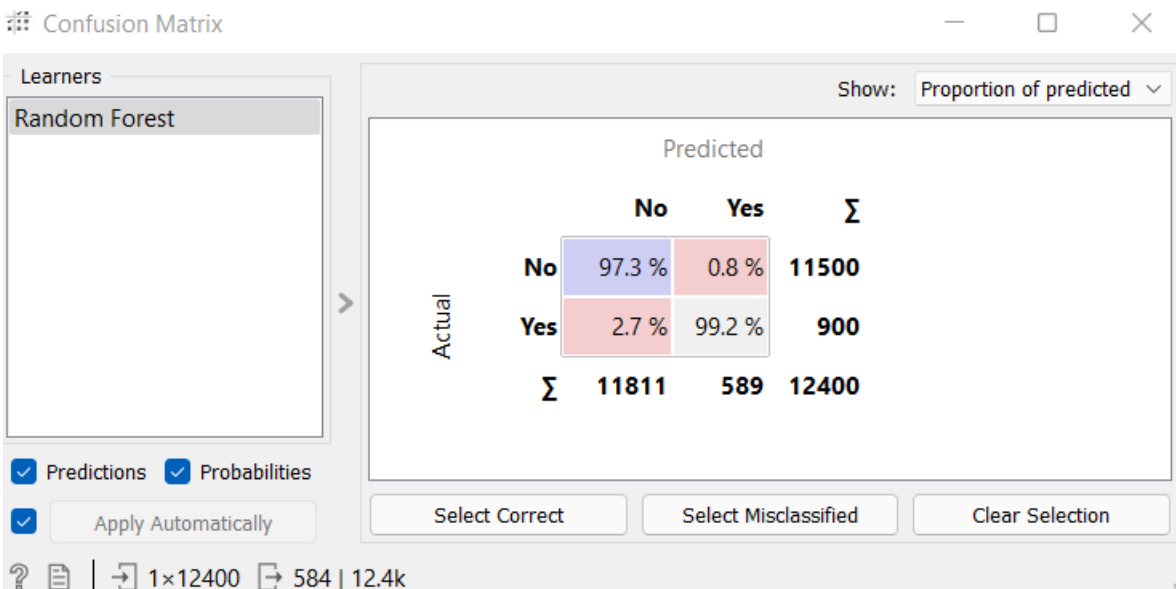


Figura 33. Matriz de confusión con característica de lateralidad

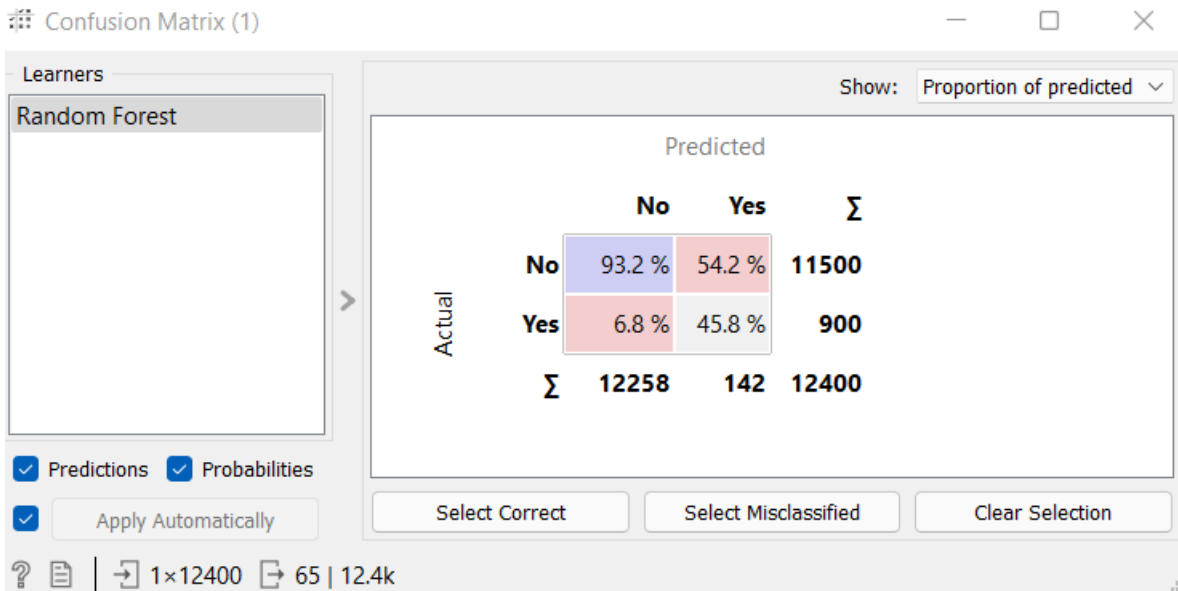


Figura 34. Matriz de confusión sin característica de lateralidad

3.17 Conclusión

- La aplicación móvil construida para evaluar el riesgo de padecer dislexia, se desarrolló teniendo en cuenta una arquitectura que permitiera la comunicación correcta entre componentes para la gestión de la información obtenida en cada una de las pruebas desarrolladas, y, poder dar una respuesta clara al usuario con respecto a dicha información.
- Fue muy importante las respuestas dadas por parte de expertos en la dislexia frente al componente cognitivo de lateralidad, porque permitió aumentar las instancias faltantes al dataset empleado para el entrenamiento del algoritmo, ya que, este sólo contaba con las características de Competencias Lingüísticas, Rendimiento o Desempeño, Memoria de trabajo, Funciones ejecutivas y Procesos perceptivos.
- Los resultados obtenidos con el algoritmo de clasificación Random Forest, muestran que, este algoritmo permitió clasificar con una precisión del 97% los niños que tienen dislexia o no agregando al dataset la característica de lateralidad, y del 92% sin esta característica, esto debido a la cantidad de interacciones entre todas sus características e iteraciones durante el entrenamiento en comparación con otros algoritmos, como, por ejemplo, KNN (vecinos más cercanos). En el estado del arte se incluyó la característica de lateralidad y su justificación.

CAPITULO 4 EVALUACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se describe los resultados obtenidos en la aplicación móvil, mostrando a través de tablas y gráficas, el desempeño en cada una de las pruebas en niños con y sin dislexia.

4.1 Registro de pruebas en niños con y sin dislexia

Se registraron datos en la aplicación móvil de niños con y sin dislexia, tres por cada grupo. A continuación, en la tabla 52, se muestran los resultados generales obtenidos por cada grupo de niños en las características de clicks, hits y misses. Estos resultados se comparan porque conocemos que niños tienen y no tienen dislexia.

De acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, se observa que, los niños con dislexia no tuvieron el mismo desempeño frente a los niños sin dislexia al momento de responder cada uno de los módulos de la aplicación, esto debido a los diferentes problemas de aprendizaje que se manifiestan en niños con dislexia cuando se enfrentan a pruebas como las presentadas en esta app. En la tabla 64 se muestra el promedio de clicks, hits y misses obtenidos por cada grupo de niños en la totalidad de las pruebas, en donde se evidenció una gran diferencia entre el número de hits y misses registrados en ambos grupos. En cuanto al número de clicks no existe una gran diferencia.

Tabla 53. Registro de pruebas en niños con y sin dislexia

	Grupo niños	
	Con dislexia	Sin dislexia
Clicks	90	88
Hits	39	47
Misses	43	30

4.2 Comparación de resultados en niños con y sin dislexia

En las figuras 35 y 36 se muestra una comparación en el desempeño de los niños en algunas de las pruebas donde se evidenció mayor diferencia en cuanto a resultados, como por ejemplo en la pruebas de atención dividida y discriminación visual en donde la memoria y diferenciación de imágenes causó algunos inconvenientes a niños con dislexia, o en la prueba de lateralidad en donde la orientación hizo que los niños usaran más intentos que los previstos tratando de diferenciar derecha e izquierda. En cuanto el número de intentos, es igual en la mayoría de las pruebas, excepto en la prueba de lateralidad 1 en donde el número de intentos es indeterminado. Las pruebas que no se graficaron es porque no son significativas con respecto a las otras.

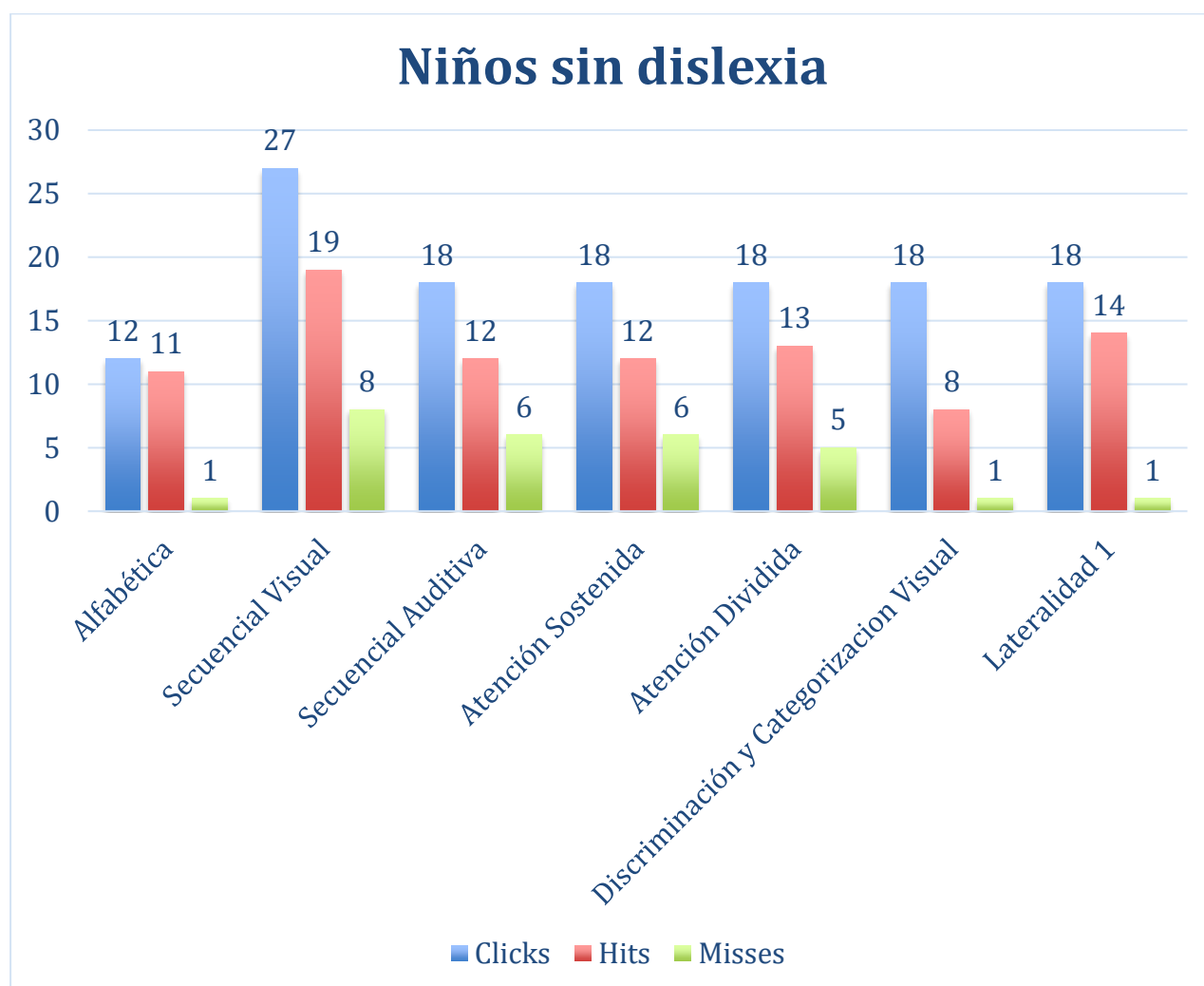


Figura 35. Resultados pruebas - niños sin dislexia

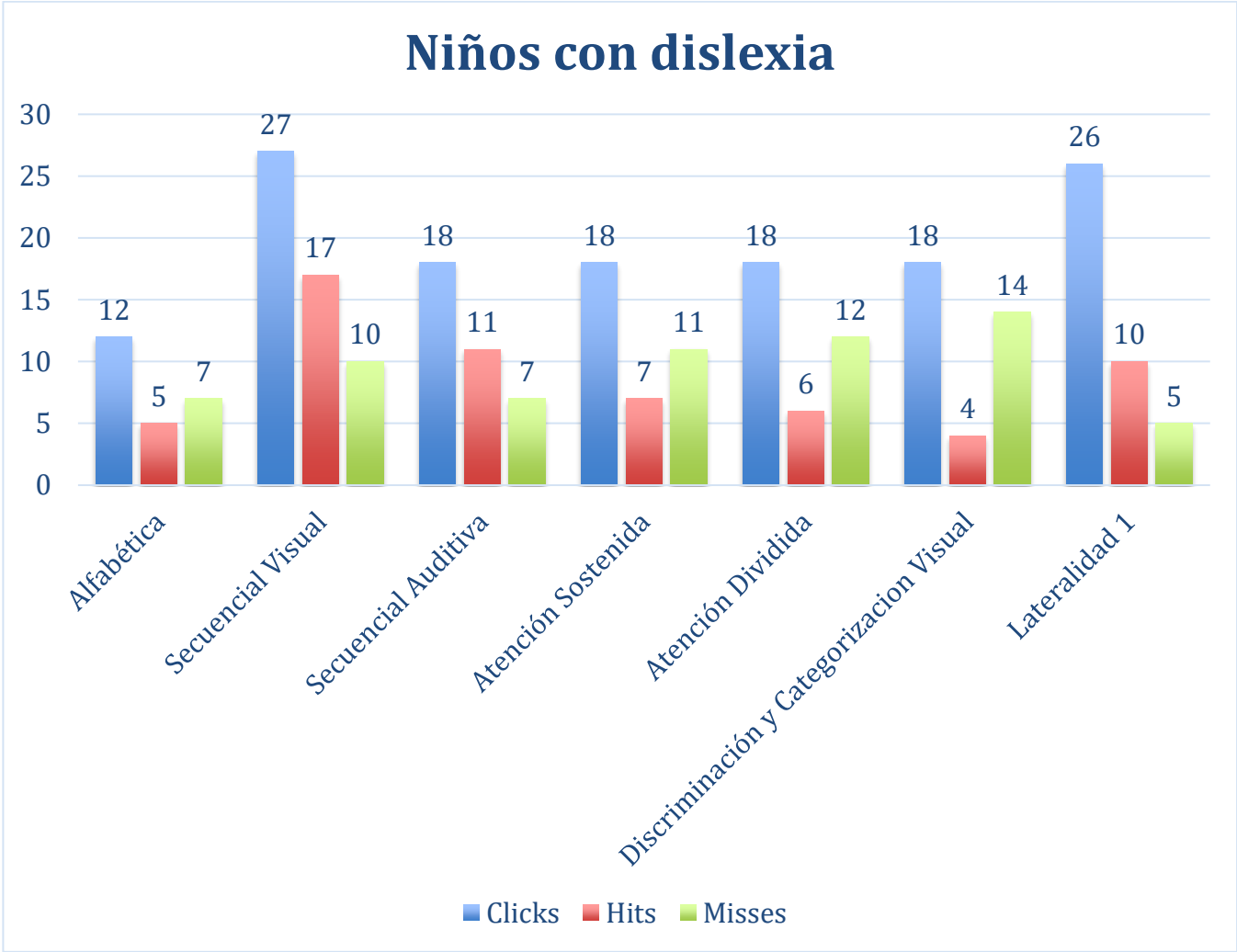


Figura 36. Resultados pruebas-niños con dislexia

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

- Se logró identificar cuatro métodos formales para la identificación de la dislexia (PROLEC-R, DST-J, Test de Gibson y el proyecto Change Dyslexia). Dos de ellos presentan diferentes pruebas asociadas a los diferentes componentes cognitivos, aunque no cuentan con todos los componentes cognitivos asociados a la dislexia a excepción del proyecto Change Dyslexia y el test de Gibson, los cuales trabajan con cinco de los seis componentes cognitivos encontrados en esta investigación., además, sus test se encuentran sistematizados.
- Ninguno de los test formales identificados para el diagnóstico de la dislexia, tuvo en cuenta el componente cognitivo de Lateralidad, por lo que se hizo indispensable recurrir a profesionales en fonoaudiología, para que, por medio de una encuesta nos permitieran obtener los datos faltantes para agregar la característica de Lateralidad y las instancias necesarias para tener un data set completo en cuanto a los componentes cognitivos que están asociados a la dislexia.
- Para el diseño de la aplicación móvil se optó por elegir el test del proyecto Change Dyslexia por su completitud en cuanto al número de pruebas y la manera en la que están planteadas. En total se desarrollaron veintiún pruebas las cuales están divididas en seis componentes cognitivos incluyendo el de Lateralidad.
- El desarrollo de cada una de las pruebas se realizó teniendo en cuenta la población a la cual está dirigida, niños en edades comprendidas entre los siete y once años, y de esta manera obtener resultados correctos que permitieran un mejor análisis de los mismos.
- Crear una aplicación móvil para el diagnóstico de la dislexia, permitió controlar el tema de lateralidad para no afectar el desempeño a niños que probablemente padezcan este problema de aprendizaje y pudieran contestar cada uno de los módulos de la aplicación. De no haberlo tenido en cuenta, habría incidido negativamente en los resultados obtenidos.
- El desarrollo de esta app, se hizo en conjunto con profesionales en fonoaudiología quienes daban su opinión al respecto sobre colores, tamaño de la letra, audios y ubicación de los objetos en la app. Recomendaciones de mucha importancia que, según su criterio profesional, permitiría reducir el riesgo de obtener resultados

erróneos en la app cada vez que un niño con o sin dislexia, contestara cada uno de los módulos.

- Trabajar con el algoritmo Random Forest fue esencial para clasificar a los niños con y sin dislexia, debido a la configuración que se puede hacer en cada uno de los parámetros que este algoritmo presenta.
- La técnica utilizada para ampliar los datos de lateralidad no fue la indicada porque no permiten determinar la certeza de los resultados finales por la aleatoriedad con la que se hizo este proceso.
- Los artículos encontrados sobre el proyecto Change Dyslexia , no explican qué tipo de destreza en específico se usó para su aplicación en cada una de las preguntas que ellos presentan en las diferentes pruebas de su aplicación.
- Los resultados obtenidos con el algoritmo Random Forest, no fueron del todo correctos porque no se contó con la suficiente ayuda de profesionales, y los niños con dislexia participes de esta investigación fueron muy pocos, razón por la cual se redujo la posibilidad de comparar sus resultados con los de niños sin dislexia de una forma más acertada.

Trabajos futuros

- Ampliar el data set con información de niños con y sin dislexia agregando la característica de lateralidad debido al aumento en la precisión del diagnóstico. Además, algunos de los componentes cognitivos asociados a la dislexia, también lo están a otros trastornos de aprendizaje, por lo que debería poderse distinguir entre un trastorno u otro.
- Identificar qué tipo de dislexia tiene cada niño de acuerdo a los cinco tipos encontrados durante esta investigación (dislexia adquirida, dislexia evolutiva, dislexia fonológica, dislexia superficial y dislexia profunda), y de esta manera dar al usuario final un resultado más acorde a la realidad del niño.
- Modificar la aplicación para que niños con daltonismo puedan interactuar con ella de una manera correcta y sin ningún tipo de impedimento por la variedad de colores en algunas de las pruebas, y de esta manera los resultados obtenidos no se vean afectados por este trastorno.
- Probar la aplicación con más niños que tengan dislexia diagnosticado por profesionales en fonoaudiología o psicología, accediendo a los resultados obtenidos por estos niños para que el algoritmo de aprendizaje automático pueda diferenciar entre los diferentes tipos de dislexia y poder comparar esos resultados con los que se obtengan en la aplicación móvil.
- Rediseñar la aplicación apoyándose en metodologías como el diseño centrado en el usuario, enfocando los elementos necesarios que deben estar en cada interfaz para conseguir una mejor satisfacción y experiencia de usuario por parte de los niños que realicen el test.
- Hacer pruebas con un grupo experimental mediante la app, y aplicar un test formal para la detección de la dislexia en un grupo de control para comparar los datos de ambos grupos y determinar la viabilidad o favorabilidad de la aplicación móvil propuesta en este proyecto.

Bibliografía

- [1] F. Cuetos, P. Suárez-Coalla, M. I. Molina, and M. C. Llenderrozas, "Original Test para la detección temprana de las dificultades en el aprendizaje de la lectura y escritura Test for the early detection of learning difficulties in reading and writing," *Rev Pediatr Aten Primaria*, vol. 17, pp. 99–107, 2015, [Online]. Available: www.pap.es.
- [2] "DISFAM – Asociación Dislexia y Familia." <https://www.disfam.org/> (accessed May 04, 2020).
- [3] K. J. Rosario díaz, "Evaluación, diagnóstico y tratamiento psicopedagógico de la dislexia, disgrafía y discalculia en niños de 11 años.," *Repos. Digit. la UTMACH*, p. 30, 2016, doi: ECUACS-2016-PEO-DE00024.
- [4] I. P. de A. Cabanillas, "La Detección Temprana De La Dislexia Y Su Intervención En Educación.," *Unir*, pp. 1–54, 2014, [Online]. Available: <http://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/2309/Perez-de-Arrilucea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [5] O. Gaggi *et al.*, "Serious Games for Early Identification of Developmental Dyslexia," *Mon. YYYY ACM Comput. Entertain.*, vol. xx, No. x, no. x, 2015, doi: 10.1145/2629558.
- [6] L. F. Javier Díaz, Claudia Queiruga, "u e g o s S e r i o s y E d u c a c i ó n a v i e r D í a z l a u d i a Q u e i r u g a a u r a F a v a e s u m e n o n t e x t o n t r o d u c c i ó n," *Juegos serios y Educ.*, p. 5, 2015, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10915/46458>.
- [7] J. Hamid, N. H. Ubaidullah, and A. Saad, "Virtual Environment for Diagnosing Dyslexic Children' Visual Spatial Potential," *Int. J. Multimed. Its Appl.*, vol. 9, no. 4/5/6, pp. 97–111, 2017, doi: 10.5121/ijma.2017.9609.
- [8] "Dyetective por Change Dyslexia." <https://www.changedyslexia.org/> (accessed May 04, 2020).
- [9] "The Gibson Test of Cognitive Skills." <https://www.gibsonstest.com/web/> (accessed May 04, 2020).
- [10] E. Hu Au and J. J. Lee, "Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age," *Int. J. Innov. Educ.*, vol. 4, no. 4, p. 215, 2017, doi: 10.1504/ijiie.2017.10012691.
- [11] Ministerio de Educación, "Niveles de la educación básica y media - Ministerio de Educación Nacional de Colombia," *Mineduacion.Gov.Co*. 2020, [Online]. Available: https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-233834.html?_noredirect=1.

- [12] L. Rello, "Superar la dislexia : una experiencia personal a través de la investigación," p. 336, 2018.
- [13] J. Hamid, N. H. Ubaidullah, K. A. Samsudin, and A. Saad, "Designing a web based non-immersive Virtual Environment Application (WB-NIVEA) for diagnosing dyslexic children' potential," *2015 5th Int. Conf. Digit. Inf. Process. Commun. ICDIPC 2015*, pp. 1–6, 2015, doi: 10.1109/ICDIPC.2015.7322997.
- [14] M. del C. Mayolas, A. Villarroya, and J. Reverter, "ZARAGOZA Mayolas P, Aparicio V, Masia J. Relación entre la lateralidad y los aprendizajes escolares. *Apunt Educ Física i*. 2010;101(1577–4015):32–42.," *Apunt. Educ. Física i*, vol. 101, no. 1577–4015, pp. 32–42, 2010.
- [15] D. A. Cadavid, H. María, and N. Rivera Cadavid, "Una revisión de los métodos utilizados para el tratamiento de la dislexia," vol. 10, pp. 1–13, 2018, [Online]. Available: <https://aprendeonlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/Psyconex/article/view/334750/20790552>.
- [16] Y. D. Amaya Balaguera, "Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual," *Rev. Tecnol.*, vol. 12, no. 2, 2015, doi: 10.18270/rt.v12i2.1291.
- [17] J. Cabero Almenara and J. Barroso Osuna, "Los escenarios tecnológicos en Realidad Aumentada (RA): posibilidades educativas.," *Aula Abierta*, vol. 47, no. 3, p. 327, 2018, doi: 10.17811/rifie.47.3.2018.327-336.
- [18] I. R. Cueva, M. Asesora, M. Giannina, and B. Oliva, "Evaluación de dos software educativos inteligentes vigentes para la enseñanza de lectura en niños en edad escolar primaria con dislexia evolutiva," *Pontif. Univ. Católica del Perú*, 2018.
- [19] M. M. Cayuelas, "Evaluación y Tratamiento de la Dislexia Trabajo de Fin de Grado."
- [20] J.-M. Aguado, I. J. Martínez, and L. Cañete-Sanz, "Tendencias evolutivas del contenido digital en aplicaciones móviles," *El Prof. la Inf.*, vol. 24, no. 6, p. 787, 2015, doi: 10.3145/epi.2015.nov.10.
- [21] "LA DISLEXIA Y LAS DIFICULTADES EN LA ADQUISICION DE LA LECTOESCRITURA".
- [22] L. Breiman, "Random Forests," 2001.
- [23] L. Rello, A. Ali, M. M. Ballesteros, D. Alarcón Sánchez, and J. P. Bigham, "Dyctective: A Game to Detect Dyslexia." [Online]. Available: <https://graphogame.com/>

- [24] Luz Rello, Miguel Ballesteros" Detecting readers with dyslexia using machine learning with eye tracking measures," Proceedings of the 12th Web for All Conference, May 2015
- [25] P. Tamboer, H. C. M. Vorst, S. Ghebreab, and H. S. Scholte, "Machine learning and dyslexia: Classification of individual structural neuro-imaging scans of students with and without dyslexia," *NeuroImage Clin.*, vol. 11, pp. 508–514, 2016, doi: 10.1016/j.nicl.2016.03.014.
- [26] S. Kaisar, "Developmental dyslexia detection using machine learning techniques: A survey," *ICT Express*, vol. 6, no. 3, pp. 181–184, 2020, doi: 10.1016/j.ict.2020.05.006.
- [27] [S. Abdelkebir, Y. Maleh, and M. Belaisaoui, Proceedings of the 2nd International Conference on computing and wireless communication systems. Springer Singapore, 2017.
- [28] T. Asvestopoulou et al., "DysLexML: Screening tool for dyslexia using machine learning," *arXiv*, 2019.
- [29] M. W. Van der Molen, "Machine learning Classification of Dyslexic Children based on EEG Local Network Features," pp. 1–23, 2019, doi: 10.1101/569996.