



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE  
APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**

**Andrea Maribel Alvarez Herrera**

Asesorado por MA. Ing. Héctor Alberto Heber Mendía Arriola

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE  
APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ANDREA MARIBEL ALVAREZ HERRERA**

ASESORADO POR EL MA. ING. HÉCTOR ALBERTO HEBER MENDÍA  
ARRIOLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADORA	Inga. Mirna Ivonne Aldana Larrazábal
EXAMINADOR	Ing. Luis Fernando Espino Barrios
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 9 de marzo de 2020.



**Andrea Maribel Alvarez Herrera**

Ref. EEPFI-419-2020  
Guatemala, 09 de marzo de 2020

Director  
Carlos Gustavo Alonzo  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
Presente.

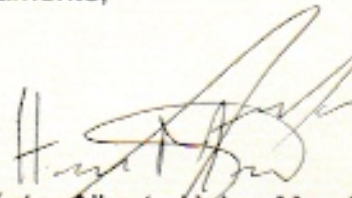
Estimado Ing. Alonzo:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**, presentado por la estudiante **Andrea Maribel Álvarez Herrera** carné número **201113797**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular,

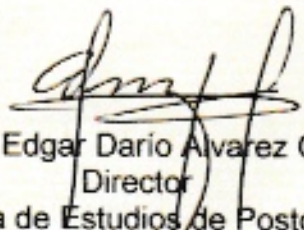
Atentamente,

  
Mtro. Héctor Alberto Heber Mendía Arriola  
Asesor

  
Ing. Héctor Alberto H. Mendía Arriola  
Ciencias y Sistemas  
Col: 10,057

  
Mtro. Marlen Antonio Pérez Turk  
Coordinador de Área  
Transferencia Tecnológica

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DE GUATEMALA

  
Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

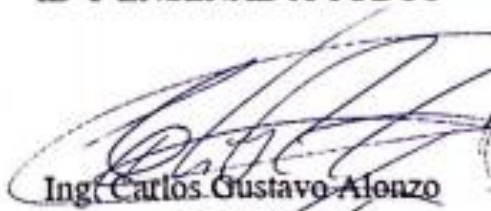
  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN  
ESCUELA DE POSTGRADO




EEP-EICS-002-2020

El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**, presentado por la estudiante universitaria **Andrea Maribel Álvarez Herrera**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Carlos Gustavo Alonzo  
Director  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, mayo de 2020

DTG. 250.2020.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN PROTOTIPO DE APLICACIÓN MÓVIL DE APRENDIZAJE ADAPTATIVO PARA TERAPIAS DE LECTURA**, presentado por el estudiante universitario: **Andrea Maribel Alvarez Herrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Arabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, agosto de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme las fuerzas, sabiduría, paciencia y la oportunidad de poder lograr una meta más.
- Mis padres** Mildred Herrera y César Alvarez por ser mi apoyo y mi inspiración y haber hecho sacrificios para darme este privilegio de estudiar.
- Mi hermano** Josué Alvarez, por ser mi compañero y espero que pueda ser una inspiración y apoyo en tu vida y hacerte saber que sí se puede.
- Mis abuelos** Luz Herrera, Amanda Miranda y Antonio Alvarez, por ser mi inspiración y motivación y siempre creer en mí y anhelar verme lograr esta meta.
- Familia y amigos** A todos y a cada uno por nombre, por ser mi motivación y por el apoyo que me brindaron. Fueron parte importante en este camino, y sin ustedes, no hubiera podido lograrlo.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la <i>alma mater</i> que me permitió crecer intelectualmente y poder adquirir todo este conocimiento.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme todos los conocimientos y mostrarme puertas para desempeñarme en esta carrera y tener catedráticos ejemplares que me apoyaron para lograr este trabajo de graduación.
<b>Mis padres y familia</b>	Por ser un ejemplo y guía en mi vida, son mi inspiración, mi motivación de querer ser cada vez mejor.
<b>Mis amigos</b>	Por haberme acompañado durante la carrera y haber luchado junto a mí en tanto proyecto.
<b>Mi asesor</b>	MA. Ing. Héctor Alberto Heber Mendía Arriola por brindarme su apoyo y conocimiento en el proceso de este trabajo de graduación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
4. JUSTIFICACIÓN.....	11
5. OBJETIVOS .....	13
5.1. General .....	13
5.2. Específicos.....	13
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	15
6.1. Necesidades por cubrir .....	15
6.2. Esquema de solución .....	15
6.2.1. Diagrama de arquitectura de software .....	16
6.2.2. Diagrama de despliegue .....	17
7. ALCANCES.....	19
7.1. Investigativos .....	19
7.2. Técnicos.....	19

7.3.	Resultados .....	20
8.	MARCO TEÓRICO .....	23
8.1.	Métodos de enseñanza de lenguas .....	23
8.1.1.	Método de lectura María Victoria Troncoso .....	23
8.2.	Modelo de analíticas de aprendizaje .....	23
8.2.1.	Retroalimentación relevante .....	24
8.3.	Aplicaciones móviles .....	24
8.3.1.	Desarrollo de aplicaciones multiplataforma.....	24
8.3.2.	React Native .....	25
8.3.3.	Arquitectura de aplicación móvil .....	25
8.3.3.1.	Componentes .....	26
8.3.4.	Arquitectura Mobile Cloud Computing .....	27
8.4.	Bases de datos no relacionales (NoSQL).....	28
8.4.1.	Clasificación de las bases de datos no relacionales	29
8.5.	Machine Learning .....	29
8.5.1.	Tipos de algoritmos de Machine Learning .....	30
8.5.2.	Aprendizaje adaptativo.....	31
8.5.2.1.	Modelo Machine Learning adaptativo..	31
8.5.3.	Herramientas para modelos Machine Learning .....	32
8.6.	Cloud Computing .....	32
8.6.1.	Proveedor de servicios Cloud AWS .....	33
8.6.1.1.	PaaS AWS para desarrollo móvil.....	33
8.6.1.2.	SaaS AWS para almacenamiento de datos .....	34
8.6.1.3.	Otros servicios AWS.....	35
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	37

10.	METODOLOGÍA .....	41
10.1.	Tipo de estudio .....	41
10.2.	Alcance .....	41
10.3.	Diseño .....	42
10.4.	Variables .....	43
10.5.	Técnicas de recolección de información.....	43
10.5.1.	Entrevistas.....	44
10.5.2.	Observación .....	44
10.6.	Fases de estudio .....	45
10.6.1.	Revisión documental.....	45
10.6.2.	Entrevistas.....	46
10.6.3.	Análisis y diseño del modelo de Machine Learning .	47
10.6.4.	Análisis y diseño del prototipo de aplicación.....	47
10.6.5.	Implementación del prototipo.....	49
10.6.6.	Experimentos .....	50
10.6.7.	Resultados.....	51
11.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	53
12.	CRONOGRAMA .....	55
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	57
13.1.	Factibilidad operativa.....	57
13.2.	Factibilidad técnica .....	58
13.3.	Factibilidad económica .....	59
14.	REFERENCIAS .....	63



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diagrama de arquitectura de software.....	16
2.	Diagrama de arquitectura de despliegue.....	17
3.	Arquitectura de aplicación móvil.....	26
4.	Arquitectura de aplicación móvil con backend en la nube.....	28
5.	Cronograma del proyecto.....	55

## TABLAS

I.	Variables del estudio.....	43
II.	Tabla de costos del proyecto.....	60



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
/	División
h	Hora
x	Multiplicación
%	Porcentaje
Q	Quetzales





## GLOSARIO

<b>AI</b>	Artificial Intelligence, inteligencia artificial. Inteligencia desarrollada por máquinas.
<b>Android</b>	Sistema operativo para dispositivos móviles.
<b>AWS</b>	Amazon Web Services. Proveedor de servicios tecnológicos en la nube.
<b>Backend</b>	Desarrollo de programación que trata la lógica de la aplicación que no la ve el usuario.
<b>Cloud Computing</b>	Recursos de computación alquilados por proveedores de tecnología.
<b>Dispositivo móvil</b>	Computadora pequeña portable con capacidad de conexión a internet.
<b>Educación especial</b>	Educación destinada a personas con necesidades especiales debido a discapacidades cognitivas.
<b>Frontend</b>	Desarrollo de programación que trata la parte visual de la aplicación con la cual el usuario interactúa.
<b>JSON</b>	Formato de datos utilizado para transmitir información entre aplicaciones.

<b>ML</b>	Machine Learning, aprendizaje de máquinas. Una rama de la inteligencia artificial basada en algoritmos para aprender por medio de la experiencia.
<b>Modelo ML</b>	Programas que hacen uso de algoritmos de programación para entrenar el aprendizaje de la máquina y detectar patrones.
<b>Python</b>	Lenguaje de programación de alto nivel.
<b>Serverless</b>	Modelo de computación de Cloud Computing en el cual el proveedor maneja los recursos.
<b>SQL</b>	Structured Query Language. Lenguaje utilizado para hacer consultas en base de datos.
<b>TAM</b>	Modelo de aceptación de tecnología que estudia como los usuarios se adaptan a una nueva tecnología.

## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación se expone el análisis y diseño de investigación para el desarrollo de un prototipo de aplicación para que niños con capacidades especiales puedan aprender a leer con un modelo adaptativo de enseñanza. Este diseño fue realizado para poder apoyar a la educación en Guatemala y aumentar el acceso de educación especial personalizada que beneficie a aquellas personas que requieren mayor atención y control por parte de los educadores.

Se propone el diseño de la arquitectura de la solución del prototipo de la aplicación móvil, que considera tecnologías emergentes para el desarrollo de la aplicación y el manejo de información utilizando teoría de la información como lo es la inteligencia artificial haciendo uso de un modelo de Machine Learning que permita a la aplicación aprender de las necesidades del usuario y adaptarse al proceso de aprendizaje.

También se propone la metodología del estudio, las técnicas para el análisis de la información y presentación de resultados, tiempo de ejecución del proyecto y la factibilidad de este.



# 1. INTRODUCCIÓN

La educación es un factor importante para cada persona debido a que esta les facilita el aprendizaje de conocimiento y habilidades para desempeñarse en distintas áreas de la vida; al ser una necesidad universal debe ser inclusiva y capaz de adaptarse a cada uno. Con los avances de la tecnología se puede hacer uso de herramientas que permiten desarrollar soluciones para reducir la complejidad de enseñar y aprender de manera personalizada tomando en cuenta la educación especial e inclusiva.

Este proyecto es un emprendimiento para apoyar a la educación en Guatemala y aumentar el acceso de educación especial y personalizada para aquellas personas con capacidades especiales que requieren mayor atención y control por parte de los educadores. Las aplicaciones móviles de educación especial en el área de lectura que se encuentran en el mercado no cuentan con un análisis enriquecido del progreso del aprendizaje y dar como resultado una retroalimentación relevante que sea utilizada para adaptarse a las necesidades de los usuarios.

Se propone como solución un prototipo de aplicación móvil de aprendizaje adaptativo, con actividades de lectura, que haga uso de un modelo de Machine Learning para el análisis de las actividades y que genere la retroalimentación relevante necesaria que se adapte al progreso y necesidades de aprendizaje de los usuarios. El proyecto tendrá como beneficio un mejor análisis de información del proceso de aprendizaje de usuarios en actividades de lectura por medio de un dispositivo móvil.

Para el desarrollo del prototipo se propone una metodología de carácter mixto. La metodología consiste en un estudio inicial de tipo cualitativo el cual ayudará en la definición y recolección de información significativa para el desarrollo del prototipo de aplicación móvil; También consiste en un estudio posterior al desarrollo del prototipo de la aplicación de tipo cuantitativo que permitirá el análisis y recolección de datos obtenidos por medio del uso de la aplicación, este estudio contribuirá a la evaluación de cada componente para que cumpla el enfoque del área de educación especial. Para la implementación del prototipo de la aplicación se propone el uso de componentes de tecnología emergente para la implementación de una arquitectura de aplicaciones móviles Cloud Computing Serverless y un modelo de Machine Learning.

El desarrollo de este estudio y ejecución del proyecto es factible debido a que se posee acceso a información técnica y acceso a grandes tecnologías por medio de un proveedor de servicios en la nube; Se posee el apoyo operativo por parte de una fundación que ofrece educación especial, personas profesionales como una educadora especial en terapias de lectura e ingenieros con conocimientos en temas como Machine Learning y Cloud Computing; y también se cuenta con opciones de ahorro económico en el uso de servicios en la nube, espacio y herramientas personales que ayudan a cubrir o absorber gastos durante el desarrollo del proyecto.

En el primer capítulo de la investigación se describen los antecedentes del problema, propuestas y avances en el desarrollo de aplicaciones enfocadas a la educación especial. En el segundo capítulo se explica la justificación de la investigación como una alternativa que puede apoyar la educación de Guatemala; también se define la línea de investigación que se seguirá que es Tecnologías de la Información y la Comunicación para apoyo a la Educación.

En el tercer capítulo se describen los alcances investigativos de la definición y análisis teórico de la solución, también se describen los alcances técnicos que presentan el uso tecnologías y herramientas para el desarrollo del prototipo y por último se describe el alcance de los resultados al finalizar la investigación. En el cuarto capítulo se presenta la descripción del marco teórico de información importante sobre metodologías de educación especial, arquitecturas móviles, Cloud Computing y Machine Learning.

En el quinto se describe la presentación de los resultados, como resultado se mostrarán imágenes y datos obtenidos del desarrollo del prototipo de la aplicación y la definición completa del modelo de Machine Learning utilizado junto con los resultados obtenidos de la experimentación del uso real del prototipo. Y en el sexto capítulo se presenta la discusión de resultados, presentando dos perspectivas de análisis para los resultados obtenidos del prototipo de aplicación y el modelo de Machine Learning, este análisis será enfocado de la perspectiva e impacto psicológico y la capacidad de los servicios de la nube para el desarrollo de aplicaciones de educación especial.





## 2. ANTECEDENTES

En el área de tecnología las aplicaciones móviles se han expandido a diferentes áreas como la educación y uno de sus fracasos es la exclusión de personas, razón por la cual se debe promover la educación inclusiva sin barreras por medio de aplicaciones móviles y considerar la diversidad de personas (Fombona, Rodríguez, San Pedro, y Pascual, 2011), como por ejemplo personas con capacidades especiales que les dificulte su aprendizaje.

Existen aplicaciones móviles para educación especial en el mercado que son utilizadas como apoyo de material dentro de un programa o terapias de aprendizaje especial como Language Lite y Let me talk, sin embargo, estas no cumplen del todo con las buenas prácticas de desarrollo. La fundación de España de Síndrome de Down realizó una investigación para la creación de una guía práctica de aprendizaje digital de lectura mediante *tablet* para alumnos con síndrome de Down llamado proyecto H@z Tic, donde se exponen las malas prácticas al momento de hacer uso de Tablet para el aprendizaje digital de lectura; una de ellas es que no se realiza una reflexión del aprendizaje de las actividades realizadas (DOWN ESPAÑA, 2014).

Haciendo uso de la lista de aplicaciones mostrada en el estudio *An Evaluation of The Mobile Apps for Children with Special Education Needs Based on The Utility Function Metrics* (Kraleva y Kraleev, 2018) , se han verificado cinco de las aplicaciones más completas para evaluar como manejan la información generada por las actividades que ofrecen; de estas aplicaciones móviles de educación especial el análisis de la información que

generan las distintas actividades es solamente estadístico mas no de retroalimentación relevante para el usuario.

Existen estudios de diseño de aplicaciones móviles para educación especial donde se enfocan en la mejora y optimización de aprendizaje del usuario, un ejemplo de ellos es el desarrollo de la aplicación *EasyLexia: A mobile application for children with learning difficulties* (Skiada, Soroniati, Gardeli, y Zissis, 2014) sin embargo se enfocan en el enganche del usuario con la aplicación, mas no en obtener una retroalimentación y mejorar el progreso del usuario de manera automatizada para que los usuarios puedan aprender de manera autónoma y con poca supervisión de parte de los expertos.

La mayoría de las aplicaciones de educación especial en el mercado no poseen una estrategia de aprendizaje adaptativo, ya sea utilizando analíticas de aprendizaje o minería de datos educativa. La Dra. María Torras Expone en su libro las dificultades asociadas a las necesidades educativas especiales y que hay que considerar el aprendizaje adaptativo para personas con distintos ritmos de aprendizajes, habilidades, conocimientos, y actitudes y que debe ser para todo tipo de persona (Torras, 2018).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La tecnología en los dispositivos móviles ha ido avanzando y se están desarrollando aplicaciones móviles para distintas áreas sociales como la educación especial, las cuales se enfocan en apoyar a terapias para personas que necesitan de este tipo de educación. Estas aplicaciones se desarrollan con base a metodologías de aprendizaje adecuadas para personas con dificultades de aprendizaje y desarrollo de sus capacidades cognitivas, algunas de estas aplicaciones cuentan con metodologías para apoyar al desarrollo de diferentes discapacidades como por ejemplo terapias de lectura, habla, entre otros; y otras cuentan con una metodología que se enfocan en apoyar solamente a una discapacidad como por ejemplo aquellas que ofrecen solamente terapias de lectura.

Existen aplicaciones como Otsimo, Language Lite y Let me talk que ofrecen distintos módulos de aprendizaje, entre ellos módulos de lectura, por medio de métodos de enseñanza para personas con dificultades de aprendizaje. A pesar de que estas aplicaciones cumplen con dichos estándares de las metodologías de educación especial, no todas realizan una reflexión de las actividades realizadas por medio del manejo de información de métricas de evaluación que permitan medir el progreso de aprendizaje. De las tres aplicaciones antes mencionadas solamente Otsimo y Language Lite manejan información de la evaluación de las actividades, presentando los valores de los resultados de la actividad en cuadros o gráficas, sin embargo, no sacan provecho de esta información y no realizan un análisis de estos resultados. Al no contar con buen manejo y control de información de los resultados de las métricas de evaluación, afectan a los usuarios que están aprendiendo por medio de ellas de manera autónoma ya que no ofrecen realimentación y recomendación de refuerzos sobre

las actividades que más se les dificulta y no logran proveer el mejor camino que deberían de seguir para agilizar el proceso de su aprendizaje.

En el estudio Proyecto H@z TIC (DOWN ESPAÑA, 2014) se describen algunas malas prácticas en el uso de este tipo de aplicaciones, y una de ellas es que no hay reflexión sobre el aprendizaje de las actividades realizadas. Estas malas prácticas se deben por no lograr en el desarrollo de estas aplicaciones un análisis profundo que permita definir objetivos/metast del progreso de aprendizaje en las actividades, por ende, no existen métricas y alcance definido que permitan la evaluación y comprobación de ese progreso. No definir bien las métricas genera deficiencias en la evaluación de estas, ya que no se tienen claras las variables directas que las afectan y ni un cuadro de clasificación de indicadores de los resultados; causando que las métricas sean mal calculadas y generan un desorden en la clasificación de indicadores.

Los efectos más notorios de no llevar un buen manejo de información de las métricas es que no hay retroalimentación de aprendizaje de una actividad y no se tiene información del progreso, esto dificulta saber en qué nivel del progreso de aprendizaje se encuentra el usuario. Al desconocer el nivel puede ocurrir un retraso en el aprendizaje del usuario, ya que podría estar repitiendo actividades innecesarias porque ya las domina o aprendiendo nuevas actividades de mayor nivel que pueden causar frustración, e ignorando cuales realmente necesita reforzar. Este mal manejo no solo afecta a los usuarios, sino también a los desarrolladores de la aplicación porque no tienen retroalimentación sobre si las actividades están cumpliendo con su objetivo/metast y tampoco saben si hay que mejorar las actividades para ofrecer un mejor servicio de enseñanza.

Es muy importante resolver esta deficiencia en las aplicaciones ya que puede llegar a ser una herramienta no solo de apoyo para aquellas entidades que las utilizan como complemento de enseñanza sino también para aquellos usuarios que no pueden acceder a este tipo de educación presencial con guía de expertos; De manera que teniendo un buen manejo de esta información la aplicación puede ofrecer retroalimentación relevante, a nivel prescriptivo del modelo de analíticas de aprendizaje, de acuerdo a sus necesidades y ritmo personal de aprendizaje. La retroalimentación será basada por los indicadores de métricas y monitoreo de los resultados obtenidos de cada actividad realizada dentro de la aplicación.

En Guatemala existen distintas fundaciones y centros de aprendizaje para educación especial, uno de ellos es la Fundación para Síndrome de Down Margarita Tejada. La fundación se encuentra con la limitante de poder innovar su programa por medio de una aplicación móvil debido a que no han encontrado una aplicación móvil de educación especial que pueda ser de apoyo para sus estudiantes y que puedan continuar con su progreso de educación en su casa los días que no asisten al centro de la fundación; adicional a ello los educadores de la fundación no pueden comprobar el progreso de aprendizaje en actividades de lectura de un usuario por medio de una aplicación móvil.

Por tal motivo se plantean la siguiente pregunta central de investigación:

- ¿Cómo optimizar el proceso de evaluación y análisis de actividades de lectura de una aplicación móvil de educación especial para dar retroalimentación relevante a nivel prescriptivo del modelo de analíticas de aprendizaje?

La pregunta general conlleva a las siguientes preguntas auxiliares:

- ¿Qué métricas de evaluación se requieren para la evaluación del proceso de aprendizaje en actividades de lectura para educación especial?
- ¿Qué componentes de arquitectura se requieren para la optimización del proceso de la evaluación y análisis de actividades de lectura en aplicaciones móviles para educación especial?
- ¿De qué forma se evaluará el desempeño de la optimización del proceso de la evaluación de actividades para apoyar el aprendizaje en actividades de lectura en aplicaciones móviles para educación especial?

## 4. JUSTIFICACIÓN

La línea de investigación que sigue este trabajo es Tecnologías de la Información y la Comunicación para apoyo a la Educación debido a que es un prototipo de una aplicación móvil enfocado a apoyar la educación especial por medio de un modelo de Machine Learning que mejora el proceso de análisis y evaluación de resultados de las actividades de aprendizaje para que las personas que deseen aprender a leer por medio de una aplicación móvil tengan la oportunidad de obtener retroalimentación personalizada y puedan aprender autónomamente o con poca supervisión.

Este prototipo es una nueva alternativa en el mercado de aprendizaje de lectura para niños con capacidades especiales debido a que se adapta a las necesidades de aprendizaje de los niños y posee la buena práctica de desarrollo de aplicaciones para educación especial como lo es generar una reflexión relevante de las actividades realizadas, la cual da mayor conocimiento de los avances del aprendizaje del niño y de esta manera tomar acciones necesarias para evitar retrocesos en el progreso del aprendizaje.

Las aplicaciones móviles son un medio por el cual los usuarios se sienten atraídos de realizar actividades, esto se debe al uso del modelo de aceptación de tecnología (TAM) el cual su objetivo es crear intención de uso por medio de una combinación de características como lo es la percepción de facilidad de uso y la percepción de utilidad (Charness y Boot, 2016). Esta capacidad de las aplicaciones móviles le ha traído beneficios a la educación, sumándole la movilidad y lo accesible que se han vuelto gracias a los avances de la tecnología. Expertos en educación y enseñanza están utilizándolas como apoyo y



complemento en sus distintos programas de educación, dando buenos resultados debido al interés que despiertan en los usuarios.

Una aplicación móvil de educación especial que posee un modelo de enseñanza adaptativo permite que los usuarios requieran menos supervisión de expertos dándoles autonomía en el proceso de aprendizaje debido a que ofrece una retroalimentación personalizada con base en los resultados y el progreso de aprendizaje que el usuario está teniendo. Una aplicación móvil de educación especial adaptativa no solo apoya a programas de educación especial otorgada por expertos sino también expande el acceso de educación especial a aquellos usuarios que no tienen los recursos para optar dichos programas ya sea por tiempo, economía y distancia.

Los centros de educación especial podrían apoyarse en tecnología como esta para ampliar sus programas de educación, el uso de la aplicación móvil con modelo de enseñanza adaptativo además de poder ser utilizado en las instalaciones también permitiría a los estudiantes continuar con su aprendizaje los días que no asisten a las instalaciones; esta continuidad que ofrece reduce la probabilidad de retroceso del progreso de aprendizaje y otorgaría una mejora al mismo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

- Desarrollar un modelo de Machine Learning de aprendizaje adaptativo para el análisis y evaluación de resultados de actividades de lectura en un prototipo de aplicación móvil de educación especial.

### **5.2. Específicos**

- Identificar e implementar métricas de evaluación para determinar el progreso de aprendizaje de un usuario en actividades de lectura utilizando el método de aprendizaje Troncoso.
- Identificar e Implementar servicios en la nube que permitan el manejo de información de los resultados de las actividades de lectura, implementación del modelo de Machine Learning de aprendizaje adaptativo y el desarrollo Backend del prototipo de la aplicación móvil.
- Establecer métricas y evaluar los resultados desde la perspectiva psicológica y la capacidad de los servicios en la nube en el contexto de educación especial por medio del prototipo de la aplicación móvil.



## **6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN**

### **6.1. Necesidades por cubrir**

La presente solución brindará una alternativa de apoyo, a las instituciones de educación especial y a la población de Guatemala, para aprender a leer de manera interactiva por medio de una aplicación que se adapta a las necesidades de aprendizaje del usuario. Esta solución permitirá un mejor control del progreso de aprendizaje del usuario, el cual dará continuidad y autonomía durante el proceso de aprendizaje.

### **6.2. Esquema de solución**

Para ofrecer una posible solución a la problemática se propone un prototipo de aplicación móvil de educación especial para aprendizaje de lectura con un modelo aprendizaje adaptativo que permita al usuario aprender de manera autónoma y lleve un control y progreso del aprendizaje de manera personalizada. La aplicación tendrá actividades de lectura y los resultados de estas actividades serán analizadas por el modelo de Machine Learning de aprendizaje adaptativo en cual generará retroalimentación relevante e indicará las actividades recomendadas para que el usuario refuerce o mejore su aprendizaje.

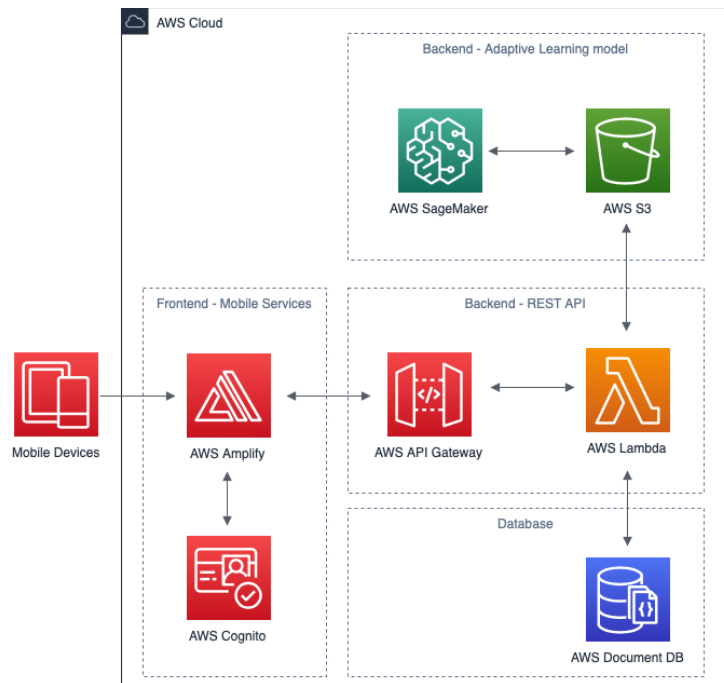
La solución propuesta está basada en el uso de una arquitectura de aplicaciones móviles Cloud Computing Serverless utilizando servicios Plataforma como Servicio (PaaS) que ofrece el proveedor Cloud AWS. Se ha seleccionado este tipo de arquitectura por la simplicidad y accesibilidad de despliegue de aplicaciones que necesitan recursos potentes y de última generación. También

se han considerado servicios Serverless que facilitan la integración y comunicación entre aplicaciones y que cuentan con características implícitas como seguridad y escalabilidad.

### 6.2.1. Diagrama de arquitectura de software

El siguiente diagrama muestra la interconexión entre los servicios Cloud que provee AWS para el desarrollo del prototipo de aplicación móvil y el despliegue del modelo de Machine Learning adaptativo.

Figura 1. Diagrama de arquitectura de software



Fuente: elaboración propia.

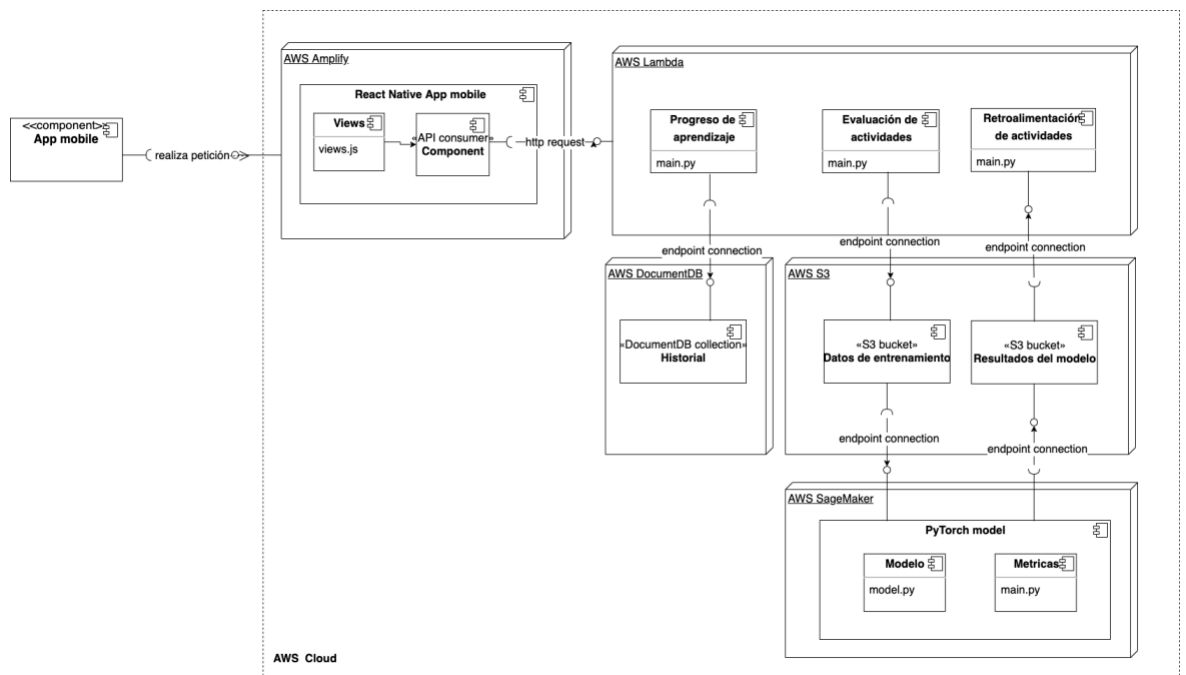
Se hará uso de AWS Amplify para el desarrollo y despliegue de la aplicación móvil y será complementada por el manejo y administración de usuarios con AWS Cognito. Todas las peticiones de la aplicación serán

manejadas y administradas por un AWS API Gateway el cual se comunicará con el Backend de la aplicación desplegados en servicios AWS Lambdas las cuales contendrán API's. Se hará uso de AWS DocumentDB para almacenar datos de historial e información del usuario y buckets de AWS S3 donde se almacenarán los datos de consumo. AWS SageMaker será utilizado para el despliegue del modelo.

### 6.2.2. Diagrama de despliegue

El siguiente diagrama de despliegue muestra la comunicación y conexión entre componentes de la arquitectura, así como también las tecnologías para el desarrollo y despliegue del Frontend y Backend del prototipo de aplicación móvil e interacción del almacenamiento con el modelo de Machine Learning.

Figura 2. Diagrama de arquitectura de despliegue



Fuente: elaboración propia.

Para el desarrollo Frontend de la aplicación móvil se hará uso de React Native, para el desarrollo Backend se implementará en lenguaje Python y para el desarrollo del modelo se utilizará PyTorch.

## **7. ALCANCES**

### **7.1. Investigativos**

- Proponer una alternativa en el proceso de aprendizaje en actividades de lectura para niños con Síndrome de Down con edad entre 6 y 12 años.
- Definición de un modelo de Machine Learning adecuado para el aprendizaje adaptativo de actividades de lectura para niños con Síndrome de Down.
- Describir el resultado de la selección de tecnologías emergentes para el desarrollo de un prototipo de aplicación para educación especial en actividades de lectura.
- Definición de métricas para nivel básico e intermedio para el criterio de evaluación del progreso de aprendizaje de los niños que aprenderán por medio de actividades de lectura.

### **7.2. Técnicos**

- Desarrollo de un prototipo de aplicación móvil con actividades iniciales de lectura de nivel básico e intermedio, utilizando el método de enseñanza Troncoso.



- Desarrollo de modelo de Machine Learning que dé como salida retroalimentación personalizada de las actividades mejor adecuadas al nivel y ritmo del niño que está haciendo uso del prototipo de la aplicación.
- Hacer uso de servicios en la nube para el desarrollo del prototipo de aplicación y modelo de Machine Learning que facilitan la implementación de los estos.
- La aplicación podrá ser accedida en móviles con sistema operativo Android y debe de estar conectada a internet.

### **7.3. Resultados**

Un prototipo de aplicación funcional de aprendizaje adaptativo de actividades de lectura que se adapte al ritmo de aprendizaje de niños con Síndrome de Down y que sea capaz de ofrecer retroalimentación relevante que contenga las actividades recomendadas para la continuación de aprendizaje.

La primera versión del prototipo de aplicación podrá instalarse en sistemas operativos Android, esta primera versión dependerá de acceso a internet para que pueda recibir en la aplicación la retroalimentación personalizada generada por el modelo de Machine Learning publicado en la nube.

Un prototipo de aplicación intuitivo que pueda interpretar la información obtenida por las actividades de lectura realizadas por el usuario y generar datos necesarios para alimentar el modelo de Machine Learning y genere información relevante al usuario.

El prototipo de aplicación proveerá continuidad y refuerzo del proceso de aprendizaje del usuario, demostrando que el modelo de Machine Learning está dando los resultados esperados de acuerdo con el avance de aprendizaje del usuario.



## **8. MARCO TEÓRICO**

### **8.1. Métodos de enseñanza de lenguas**

Se le denominan métodos de enseñanza de lenguas al conjunto de acciones o actividades que son realizadas por un catedrático o tutor con el fin de aportar al conocimiento teórico y práctico de lenguaje a un estudiante (Hernández, 2000).

#### **8.1.1. Método de lectura María Victoria Troncoso**

Metodología de enseñanza de lectura sistematizada con programas de diferentes niveles que permiten adaptarse a las capacidades cognitivas de los estudiantes, ofreciendo para cada uno diferentes materiales y actividades con un lenguaje sencillo, claro y concreto y se basa en el desarrollo mental y retención de información a través de la repetición y práctica en diferentes situaciones (Troncoso y Del Cerro, 2005).

### **8.2. Modelo de analíticas de aprendizaje**

El modelo de analítica del aprendizaje se enfoca en medir, recopilar y analizar la interacción entre los estudiantes, catedráticos y los dispositivos tecnológicos para comprender el proceso y las necesidades de aprendizaje con el objetivo de adaptar el contenido y ritmo de enseñanza a sus capacidades y necesidades. Las actividades principales dentro de este modelo son enseñar, evaluar y dar seguimiento (Santiago, 2017).

### **8.2.1. Retroalimentación relevante**

Es una de las áreas del modelo de analíticas que se enfoca principalmente en definir los indicadores o estándares de aprendizaje, los objetivos y las metas con el fin de poder generar información importante respecto al progreso de aprendizaje del estudiante.

### **8.3. Aplicaciones móviles**

Software que puede ser ejecutado con dependencia de recursos en dispositivos móviles como teléfonos celulares, tabletas, o dispositivos portables; este software permite al usuario movilidad permitiéndole realizar distintas actividades como consumir servicios y obtener información local o de internet (De, 2015).

#### **8.3.1. Desarrollo de aplicaciones multiplataforma**

Existen varias plataformas de dispositivos móviles como lo son Samsung, Apple, Xiaomi, entre otros, los cuales poseen distintos sistemas operativos como Android y iOS; y por tal razón los desarrolladores de software se enfocan en estos dos sistemas operativos más conocidos. Debido a las distintas características que existen entre las plataformas y la necesidad de reducir el trabajo en desarrollo para estas, han surgido herramientas que permiten el desarrollo de aplicaciones codificando la aplicación una sola vez y ser compilado el mismo código para las plataformas deseadas.

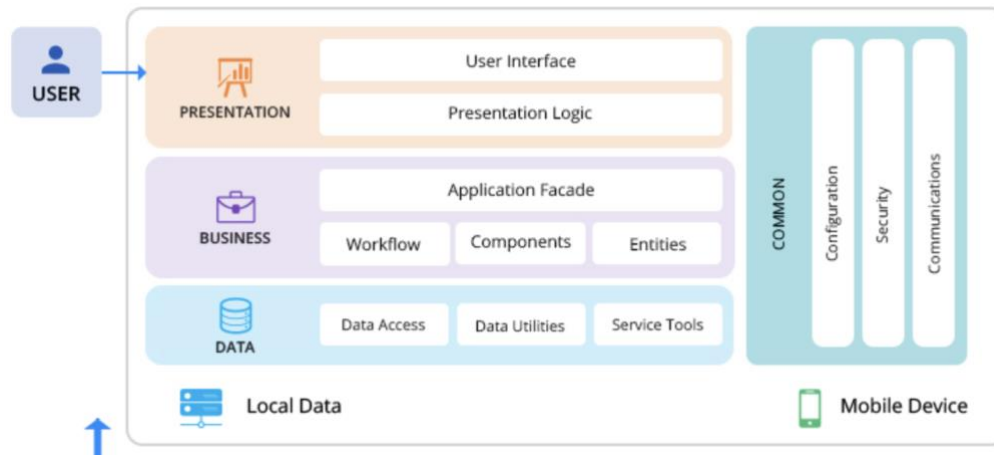
### **8.3.2. React Native**

Framework, desarrollado por Facebook, que permite el desarrollo de aplicaciones para Android y iOS creando componentes de código que puedan compartirse en las distintas plataformas (Lebensold, 2018). Este Framework es muy similar a otros existentes para aplicaciones híbridas, sin embargo, este utiliza componentes nativos de las plataformas en lugar de componentes web, permitiendo que pueda ser compilado para las distintas plataformas generando aplicaciones nativas para estas.

### **8.3.3. Arquitectura de aplicación móvil**

La estructura de una arquitectura de aplicación móvil normalmente está compuesta por múltiples capas que consideran la experiencia de usuario, lógica de negocio y lógica de datos (Microsoft Corporation, 2008). La siguiente figura muestra los componentes básicos que pertenecen a cada una de las capas de la arquitectura.

Figura 3. **Arquitectura de aplicación móvil**



Fuente: Pisuwala (2016). *Everything you need to know about mobile app architecture*.

### 8.3.3.1. Componentes

Los componentes básicos que conforman la estructura de la aplicación móvil que se ejecutará en un dispositivo móvil poseen una tarea importante para el funcionamiento de este, las cuales son descritas a continuación (Microsoft Corporation, 2008):

- Capa de presentación: contiene todos los componentes que implementa la interacción y muestra la interfaz que el usuario manejará para comunicarse con la aplicación.
- Capa de negocio: contiene todo el proceso lógico de negocio de la aplicación como el conjunto de instrucciones que se ejecutan al momento de que el usuario interactúe con la interfaz o procesos que se ejecutan de manera autónoma que cumplen con el funcionamiento de la aplicación. Esta capa funciona como canal de comunicación entre las capas de presentación y de datos encargándose de trasladar los datos para presentarlos en la interfaz y que el usuario pueda verlos.

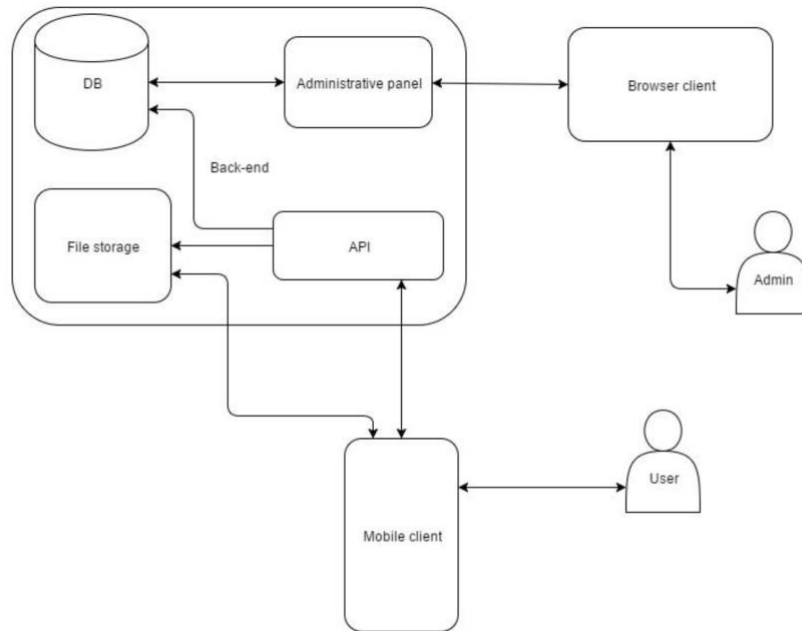
- Capa de datos: contiene los componentes que se encargan de la comunicación, el manejo y acceso al almacenamiento de datos. Esta capa centraliza y divide el acceso de los datos para reducir la complejidad de mantenimiento de esta.
- Capa común: esta capa contiene los componentes en comunes de las capas de presentación, de negocio y de datos; los principales componentes son la seguridad, comunicación y configuración de la aplicación.

#### **8.3.4. Arquitectura Mobile Cloud Computing**

La Arquitectura Mobile Cloud Computing está basada en dos arquitecturas que son la de Cloud Computing y la de aplicaciones móviles. Este tipo de arquitectura nace a raíz de la limitación de recursos que poseen los dispositivos móviles y lo complicado que se volvió ejecutar aplicaciones más robustas en estos, por lo que este tipo de arquitectura se enfoca en separar las capa de negocio y de datos y alojarlas en infraestructura Cloud mientras que la capa de presentación se sigue alojando en los dispositivos móviles (De, 2015). En la siguiente figura se muestra un ejemplo de arquitectura Mobile Cloud Computing.



Figura 4. **Arquitectura de aplicación móvil con backend en la nube**



Fuente: Intellectsoft (2020). *Basics: Mobile App Architecture & How to Start Building One.*

#### 8.4. Bases de datos no relacionales (NoSQL)

En 1998 se definió bases no relacionales aquellos modelos de base de datos que no hacen uso del lenguaje estructurado de consultas SQL (Strauch, 2009) y almacenan la información con estructuras diferentes a las bases de datos relacionales.

#### **8.4.1. Clasificación de las bases de datos no relacionales**

La necesidad de almacenar grandes cantidades de datos con estructuras diferentes, sin un estándar definido para su almacenamiento, conlleva al surgimiento de nuevos modelos de almacenamientos que ofrecen un estándar de estructura que permite un almacenamiento de los datos de manera ordenada y entendible, los más conocidos y utilizados son:

- **Clave-valor:** es la clasificación que define el almacenamiento de los datos con el modelo de mapeo o de diccionario que permite obtener el valor de un dato por medio de una clave.
- **Documental:** es un modelo un poco más complejo que la estructura de clave-valor, este modelo agrupa de uno o más datos con estructura clave-valor dentro de un documento. El formato más conocido para estos documentos es JavaScript Object Notation (JSON).
- **Orientado a columnas:** es un modelo que define el almacenamiento de los datos por columna en lugar de filas, este modelo permite que la información pueda ser consultada por familias de columnas.
- **Grafos:** es un modelo que define el almacenamiento de los datos por medio de nodos y enlaces entre ellos que describen la relación entre los datos dándoles un significado (Gwendal, Sunye, y Cabot, 2016).

#### **8.5. Machine Learning**

Aplicación de la inteligencia artificial (IA) que les da la habilidad a los sistemas de aprender automáticamente para ofrecer soluciones a problemas por

medio del reconocimiento de patrones (Klass, 2018). Esta aplicación de IA hace uso de modelos estadísticos matemáticos que son entrenados por grandes cantidades de datos obtenidos, hacen uso de algoritmos que les da la capacidad de analizar y poder tomar decisiones.

### **8.5.1. Tipos de algoritmos de Machine Learning**

Machine Learning posee distintos tipos de algoritmos, estos están basados en su taxonomía y los resultados que se desean. Algunos de los tipos más conocidos son los siguientes (Ayodele, 2010):

- Supervisado: el algoritmo genera una función que recibe un conjunto de datos que indican como clasificar la información y de esta manera obtener un resultado esperado.
- No supervisado: este tipo de algoritmo recibe una gran cantidad de datos no clasificada y se encarga de encontrar patrones y estructuras en esos datos para clasificarlos.
- Aprendizaje reforzado: este tipo de algoritmo recibe reglas para determinar cómo actuar sobre una situación y cada acción tiene un impacto en el entorno y tiene como salida una retroalimentación que guía el aprendizaje del algoritmo.

## **8.5.2. Aprendizaje adaptativo**

Aprendizaje adaptativo es la cuarta generación de Machine Learning, la cual promueve la integración del aprendizaje humano y de máquina (Munro, 2015). Este tipo de aprendizaje permite obtener resultados personalizados dependiendo de la información recibida, esto crea oportunidades dentro de los sistemas debido a que los resultados del modelo se adaptan a las necesidades del usuario o ambiente en el que está siendo aplicado.

### **8.5.2.1. Modelo Machine Learning adaptativo**

Para el funcionamiento de Machine Learning adaptativo es necesario el desarrollo de un modelo que sea capaz de analizar los datos, la base de estos modelos son los algoritmos o teoremas que les da la capacidad de concluir en base a métricas estadísticas la mejor opción o resultados según la fuente de los datos que está alimentando el modelo. En Machine Learning adaptativo se puede utilizar el algoritmo Minimax (Foster, 2019).

- Algoritmo Minimax: procedimiento que genera un conjunto de posibilidades y recorre cada una de sus posibilidades para escoger el mejor movimiento con el menor valor. Se le llama algoritmo minimax porque dependiendo de cada nivel se requiere minimizar o maximizar valores para reducir la posibilidad de obtener el peor escenario (Espino, 2016).

### 8.5.3. Herramientas para modelos Machine Learning

Los avances de inteligencia artificial y sus subáreas como Machine Learning han hecho que en el mercado tecnológico surjan soluciones que facilitan la implementación y el desarrollo de modelos. Estas soluciones son herramientas o librerías que permiten la implementación de modelos estadísticos matemáticos y crear análisis de los datos de manera rápida y optimizada.

- PyTorch: es un *framework* basado en Python, creado por Facebook, diseñado para la construcción de modelos de Machine Learning que permite crear experimentación flexible y rápida del modelo de un sistema (Tutorials Point (India) Pvt. Ltd., 2019).

### 8.6. Cloud Computing

Es un modelo de negocio que ofrece acceso y consumo de recursos tecnológicos los cuales pueden ser configurables y administrables según se requiera; algunos recursos que se pueden consumir son: estructuras de redes, servidores con distintos sistemas operativos, almacenamiento de distintas capacidades y componentes mecánicos, aplicaciones y servicios previamente configurados, seguridad y autenticación, entre otros (Mell y Grance, 2011). Cloud Computing ofrece tres tipos de servicio que son:

- Software como Servicio (SaaS): son aplicaciones que pueden ser accedidas por internet las cuales no necesitan ser instaladas o descargadas, por ejemplo, Gmail, Google Drive, entre otros.
- Infraestructura como Servicio (IaaS): son recursos de hardware los cuales pueden ser personalizados con las necesidades de capacidad que se

requieran, entre estos recursos la configuración de red, el espacio de almacenamiento, cantidad de servidores a utilizar, seguridad, entre otros.

- **Plataforma como Servicio (PaaS):** son computadores previamente configurados con las herramientas o librerías que se requieren para el desarrollo y ejecución de software, estas máquinas no requieren instalación de paquetes.

### **8.6.1. Proveedor de servicios Cloud AWS**

AWS (Amazon Web Services) es uno de los proveedores más grandes en el mercado, ofreciendo diversos servicios de los tres tipos de Cloud Computing que pueden ser de uso para el desarrollo de software más sencillo, así como también el despliegue grandes infraestructura de sistemas empresariales.

#### **8.6.1.1. PaaS AWS para desarrollo móvil**

AWS ofrece servicios PaaS que facilitan el desarrollo y el despliegue de aplicaciones móviles, estos servicios poseen la fácil comunicación con otros servicios que AWS ofrece (Amazon Web Services, Inc., 2019).

- **AWS Amplify:** es un servicio PaaS que facilita el desarrollo, configuración e implementación de aplicaciones móviles brindando la sencilla comunicación entre el Backend con el Frontend de la aplicación en las distintas plataformas móviles. Este servicio ofrece características como la sincronización de datos offline, almacenamiento y traslado de datos entre usuarios.

- PaaS AWS para Machine Learning: AWS ofrece servicios PaaS para la implementación de Machine Learning en los sistemas de información o aplicaciones, estos servicios ofrecen los recursos necesarios para poder ejecutar un modelo sin ningún inconveniente (Amazon Web Services, Inc., 2019).
- AWS SageMaker: es un servicio PaaS que provee a los desarrolladores herramientas como Frameworks o librerías previamente instaladas con recursos altos de hardware para la implementación de modelos Machine Learning, y les permite construir, entrenar y desplegar estos modelos de manera rápida y optimizada.

#### **8.6.1.2. SaaS AWS para almacenamiento de datos**

AWS ofrece servicios SaaS para el almacenamiento de datos, estos pueden ser de tipo almacenamiento de archivos, bases de datos SQL, NoSQL, grafos. Estos servicios proveen capacidad de almacenamientos en demanda lo cual es un beneficio en costos (Amazon Web Services, Inc., 2019).

- AWS S3: es un servicio SaaS que permite el almacenamiento de objetos como archivos de texto, multimedia, entre otros. Este servicio ofrece escalabilidad, disponibilidad, seguridad y rendimiento en el acceso de escritura y lectura de los datos. Este servicio es capaz de almacenar la gran cantidad de datos generados al momento del entrenamiento de un modelo de Machine Learning.
- AWS DocumentDB: es un servicio SaaS que permite el almacenamiento de documentos en formato JSON, este servicio esta basado en apache y

MongoDB, las características de este servicio son alta disponibilidad, escalabilidad y performance.

### **8.6.1.3. Otros servicios AWS**

AWS posee distintos servicios que permiten complementar características necesarias para la infraestructura del desarrollo de software, estos servicios pueden aportar a la alta disponibilidad, flexibilidad a cambios y seguridad de acceso a la aplicación (Amazon Web Services, Inc., 2019).

- **AWS Lambda:** es un servicio PaaS Serverless que provee AWS, este servicio permite la ejecución de código del Backend de la aplicación sin la necesidad de administrar servidores. Posee previamente instaladas las herramientas necesarias para la ejecución del código y solamente se debe indicar en qué lenguaje se desea ejecutar. Este servicio escala de manera automática dependiendo de la demanda de solicitudes y al no tener ninguna petición no se ejecuta ninguna instancia.
- **AWS Cognito:** es un servicio SaaS que provee AWS para la administración de usuarios en una aplicación, permite la fácil integración con otros servicios para poderlos utilizar dentro de la aplicación. Este servicio posee estándares de autenticación y ofrece seguridad en las aplicaciones.
- **AWS API Gateway:** es un servicio SaaS que provee AWS que permite la creación, publicación, mantenimiento, seguridad y monitoreo de API's. Este servicio administrará la carga y redireccionará las solicitudes de la aplicación a las API adecuadas. Este servicio es capaz de manejar las



tareas de aceptación y procesamiento de miles de llamadas a la aplicación.

## **9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS  
ORIENTADORAS

OBJETIVOS

MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. JUSTIFICACIÓN

3. ALCANCES

3.1 Resultados

3.2 Técnicos

3.3 Investigativos

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Métodos de enseñanza de lenguas

4.1.1. Método de lectura María Victoria Troncoso

4.2. Modelo de analíticas de aprendizaje

4.2.1. Retroalimentación relevante

#### 4.3. Aplicaciones móviles

4.3.1. Desarrollo de aplicaciones multiplataforma

4.3.2. React Native

4.3.3. Arquitectura de aplicación móvil

4.3.4. Arquitectura Mobile Cloud Computing

#### 4.4. Bases de datos no relacionales (NoSQL)

4.4.1. Clasificación de las bases de datos no relacionales

#### 4.5. Machine Learning

4.5.1. Tipos de algoritmos de machine Learning

4.5.2. Aprendizaje adaptativo

4.5.3. Herramientas para modelos Machine Learning

#### 4.6. Cloud Computing

4.6.1. Proveedor de servicios Cloud AWS

### 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Prototipo de aplicación

5.2 Modelo de Machine Learning

### 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Análisis desde la perspectiva psicológica

6.2 Análisis de la capacidad de los servicios en la nube

### CONCLUSIONES

### RECOMENDACIONES

### REFERENCIAS

## ANEXOS



## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Tipo de estudio**

En el tipo de estudio para esta investigación es de carácter Mixto. En el estudio cualitativo se realizará una inmersión en el campo asistiendo a la Fundación Margarita Tejada donde se realizarán las fases de observación y entrevistas para obtención de información del proceso de enseñanza de lectura y en conjunto con la revisión de documentos oficiales sobre metodologías de enseñanza de lectura y la aplicación de un modelo de Machine Learning (ML) en educación. Los resultados obtenidos de la recolección de información en la Fundación contribuirán al diseño del modelo de ML para la determinación de las variables a considerarse dentro de este.

El estudio cuantitativo se hará una selección de muestra pequeña de niños de la Fundación en el cual harán uso del prototipo de la aplicación para alimentar el modelo de ML el cual analizará y hará predicciones, los resultados generados por el modelo de ML se analizarán con técnicas estadísticas para la presentación de resultados y demostrar el porcentaje de aciertos de las predicciones del modelo y el porcentaje de aprendizaje de los niños por medio del prototipo de aplicación.

### **10.2. Alcance**

El alcance de esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que se detallarán y se analizarán las propiedades, características y procesos de la

enseñanza de lectura a niños con síndrome de Down y cómo puede mejorarse con el uso de un modelo de Machine Learning como base para el análisis y recomendación de actividades según el nivel de aprendizaje del niño.

En esta investigación se tiene como objetivo conocer todo el proceso de enseñanza de lectura en la fundación Margarita Tejada y encontrar las características y aspectos importantes del proceso, así mismo encontrar las tecnologías que mejor se adapten a este proceso.

### **10.3. Diseño**

El diseño de esta investigación es de carácter mixto. Será un diseño no experimental de tipo transaccional, debido a que se recolectará información previamente a determinar el diseño del prototipo de aplicación y el modelo de Machine Learning (ML). Este tipo ayudará a que se pueda tener un concepto previo de como es el proceso de enseñanza de actividades de lectura y que variables aportarían al modelo de ML para el análisis de la información automatizada.

La investigación también tendrá un diseño experimental de tipo puro, debido a que se realizarán distintas pruebas del modelo teniendo como variable a distintos niños con diferentes cualidades y niveles de aprendizaje de lectura para comprender y determinar si el modelo está dando el resultado esperado. El nivel de análisis será individual ya que el modelo hará predicciones personalizadas.

#### 10.4. Variables

En la siguiente tabla se definen las variables del estudio que serán observadas y sus respectivos indicadores para medir el proceso y mostrar resultados del estudio:

Tabla I. **Variables del estudio**

<b>Nombre</b>	<b>Definición</b>	<b>Sub-Var</b>	<b>Indicadores</b>
Modelo de Machine Learning de aprendizaje adaptativo para el análisis y evaluación de resultados de actividades de lectura	Encargado de generar retroalimentación relevante respecto a los resultados de las actividades de lectura y determinar el nivel de aprendizaje del usuario.	Nivel de aprendizaje Rendimiento del modelo	Numero de aciertos/numero de intentos; escala % numero correcto de predicciones / predicciones realizadas; Componentes/categorías; escala %

Fuente: elaboración propia.

#### 10.5. Técnicas de recolección de información

La comprensión del proceso de aprendizaje de lectura para niños con síndrome de Down es importante para llevar a cabo el diseño y desarrollo de la aplicación, para comprender este proceso se plantean las siguientes técnicas de recolección de información.



### **10.5.1. Entrevistas**

Inicialmente se entrevistará a una persona la cual es encargada de realizar terapias personalizadas de lectura en la Fundación Margarita Tejada, se le realizarán una serie de preguntas para saber el proceso que conlleva una terapia individual; algunas de estas preguntas son:

- ¿Qué metodología de enseñanza utilizan?
- ¿Cómo evalúan el progreso de aprendizaje?
- ¿Con qué frecuencia realizan una terapia?
- ¿Qué características son importantes para la enseñanza de lectura?
- ¿Qué actividades realiza para enseñar?
- ¿Qué abarca la enseñanza de lectura?
- ¿Cómo hacen para que el niño aprenda y retenga información?

### **10.5.2. Observación**

La técnica de observación será aplicada al momento de asistir como colaborador en terapias individuales de lectura impartidas por la coordinadora y educadora especial de la Fundación Margarita Tejada. En esta actividad se observará el proceso que la educadora sigue para enseñarle lectura a un niño en un periodo de 40 minutos, se observará cómo mantiene la atención del niño, cómo motiva al niño y qué actividades realiza para enseñar. El tipo de observación a realizar es observación y participación para que los niños se sientan cómodos en la presencia de una persona más en su terapia.

## **10.6. Fases de estudio**

Las siguientes fases del estudio de investigación definen la serie de etapas en que consiste el proceso del diseño de investigación y lo que con lleva cada una de ellas.

### **10.6.1. Revisión documental**

Esta fase se enfoca en la revisión de diferentes recursos documentales e interactivos como lo son libros, tesis, revistas, cursos, tutoriales y documentos, que describan y aporten al análisis conceptual sobre modelos de Machine Learning adecuados para aprendizaje adaptativo y actividades de lectura en educación especial. Esta fase tiene una duración de desarrollo de un estimado de 22 semanas.

Se necesita obtener una base sólida de conceptos sobre Machine Learning y algoritmos aplicados a la educación para obtener una retroalimentación relevante sobre actividades de lectura. Para ello se necesita investigar y aprender sobre los siguientes temas:

- Machine Learning
- Análisis de modelos de Machine Learning
- Algoritmos de aprendizaje reforzado
- Herramientas matemáticas-estadísticas para implementación de algoritmos de aprendizaje reforzado.
- Evaluación de algoritmos de Machine Learning

Para la aplicación de los conceptos de Machine Learning y algoritmos de aprendizaje reforzado en la enseñanza de lectura, se necesita comprender previamente el funcionamiento y puntos claves de la enseñanza y aprendizaje de lectura en niños con capacidades especiales. Dentro de esta comprensión se debe investigar sobre los siguientes puntos importantes:

- Metodologías de enseñanza de lectura
- Método global de aprendizaje de lectura
- Actividades para discriminación auditiva y visual

Para la implementación del prototipo de aplicación se hace uso de una arquitectura móvil combinada con servicios en la nube, para ello se debe investigar sobre:

- Buenas prácticas en arquitectura móvil
- Diseño de arquitectura Mobile Cloud Computing
- Infraestructura en la nube
- Costos de infraestructura en la nube

### **10.6.2. Entrevistas**

Esta fase se enfoca en la recolección de información sobre el proceso de aprendizaje de lectura que conlleva un niño con síndrome de Down. Para ello se planifican visitas a la Fundación Margarita Tejada en zona 16 de la ciudad de Guatemala. Las visitas consisten en integrarse en clases de refuerzo para analizar y observar el proceso que la educadora especial realiza en una terapia de lectura para un niño. Adicional a la observación se realizará una entrevista a la educadora especial para conocer desde el punto de vista psicológico que se

necesita para mantener la motivación y atención de los niños para aprender y también para conocer el mecanismo de evaluación del proceso de aprendizaje del niño. Tiene una duración de desarrollo de un estimado de 10 días de un intervalo de 15 semanas.

### **10.6.3. Análisis y diseño del modelo de Machine Learning**

Esta fase consiste en el diseño del modelo de Machine Learning, lo cual implica la selección del modelo matemático y diseño del algoritmo de aprendizaje reforzado. Está acompañada del previo análisis de información en las entrevistas para determinar las variables que el algoritmo hará uso para la adaptación del proceso de aprendizaje del usuario de la aplicación. Tiene una duración de desarrollo de un estimado de 5 semanas y se deben de definir los siguientes aspectos:

- Identificación de variables que alimentarán el modelo matemático
- Definición del modelo matemático
- Limpieza y preparación de la información
- Definición de estados del algoritmo de aprendizaje reforzado
- Definición del alcance del entorno del algoritmo de aprendizaje reforzado
- Definición de las acciones del algoritmo de aprendizaje reforzado

### **10.6.4. Análisis y diseño del prototipo de aplicación**

Esta fase consiste en el análisis y diseño del prototipo de la aplicación con el objetivo de determinar los componentes y sus interacciones entre ellos en una infraestructura en la nube. Tiene una duración de desarrollo de un estimado de 3

semanas. Para comprender y definir la arquitectura hay que considerar los siguientes modelos:

- Diagrama de arquitectura del prototipo de aplicación
- Vista lógica
  - Diagramas de comunicación
  - Diagrama de clases
  - Diagrama de secuencia
- Vista de procesos
  - Diagrama de actividades
- Vista de despliegue
  - Diagrama de componentes
  - Diagrama de paquetes
- Vista física
  - Diagrama de despliegue
  - Vista de escenarios
  - Diagrama de casos de uso
- Vista de datos
  - Diagrama de objetos
  - Diccionario de datos

Adicional al diseño que comprende toda la arquitectura del prototipo de aplicación también se definirán los siguientes aspectos:

- Cotización de costos de infraestructura en la nube
- Listado de herramientas a utilizar para la implementación y desarrollo de la aplicación

### **10.6.5. Implementación del prototipo**

Esta fase consiste en aplicar los diseños previamente diseñados del modelo de Machine Learning y el prototipo de la aplicación con las herramientas previamente definidas para cada componente perteneciente en la arquitectura.

Para la implementación y desarrollo se utilizará como metodología ágil SCRUM, con el fin de poder ir haciendo pequeñas metas funcionales y el desarrollo se lleve de manera incremental y sea flexible a cualquier cambio necesario durante el proceso del desarrollo.

Para el cumplimiento de cada sprint en el desarrollo se planteará un cronograma con la estimación de fechas y actividades a realizar. De manera general se listan las siguientes actividades que comprenden el desarrollo del prototipo de la aplicación:

- Instalación del ambiente de desarrollo
- Instalación del ambiente de pruebas
- Desarrollo de los componentes de software
- Revisión y desarrollo de pruebas unitarias
- Integración de los componentes de la aplicación
- Presentación final del prototipo de aplicación

El entregable de esta fase consiste en el paquete de instalación para un dispositivo con sistema operativo Android, el cual contendrá la aplicación con actividades de lectura conectado a un modelo de Machine Learning alojado en la nube. Esta fase tiene una duración de desarrollo de un estimado de 26 semanas

### **10.6.6. Experimentos**

En esta fase se realizarán actividades de experimentación que permitirán evaluar la integración de los componentes y el comportamiento del modelo de Machine Learning y determinar si la interfaz de la aplicación y la facilidad de uso es atractiva para niños con síndrome de Down de la Fundación Margarita Tejada.

Los objetivos de esta fase se concentran en los siguientes puntos:

- Evaluar y mejorar el modelo de Machine Learning para garantizar que los resultados sean correctos de acuerdo con las necesidades del usuario.
- Evaluar y optimizar la arquitectura de la aplicación con respecto al rendimiento y procesamiento de la información.
- Evaluar y mejorar la interfaz de usuario para que cumpla con la atracción y entretenimiento de los niños mientras están aprendiendo y reforzando su conocimiento.
- Evaluar si las actividades interactivas de lectura cumplen con el objetivo de enseñar a los niños el contenido que poseen.

Todas las evaluaciones de experimentación en esta fase se realizarán en varias sesiones para recibir retroalimentación e ir mejorando incrementalmente con el fin de lograr un prototipo de aplicación que cumpla con los objetivos propuestos. Esta fase tiene una duración de desarrollo de un estimado de 10 semanas

### **10.6.7. Resultados**

Esta fase consiste en la recolección de información obtenida en la fase de experimentación para su evaluación y análisis, a manera de determinar si el modelo, la aplicación y la infraestructura propuesta cumplen en conjunto con la enseñanza adaptativa de actividades de lectura para niños con síndrome de Down.

El objetivo principal es evaluar que el modelo de machine Learning esté generando retroalimentación relevante al usuario y se esté adaptando a las necesidades del usuario. Adicional otro punto importante es determinar si una aplicación móvil es más efectiva que la metodología tradicional de enseñanza o determinar qué limitantes o atributos tiene la aplicación móvil o la metodología tradicional que ayuda o perjudica al niño aprender. Para concluir esta información se hará uso de técnicas estadísticas que describan el porcentaje de aciertos del modelo y el nivel de aprendizaje que los niños alcanzan con el prototipo de aplicación. Esta fase tiene una duración de desarrollo de un estimado de 7 semanas.





## 11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las técnicas de análisis de información para esta investigación serán por medio de técnicas de análisis cualitativo y análisis cuantitativo. Las técnicas de análisis cualitativo serán utilizadas para la recolección, organización y análisis de los datos obtenidos de las entrevistas y observación, estos pasos se realizarán de manera paralela e incremental. El propósito por el cual se hará uso de esta técnica es:

- Explorar los datos
- Dar una estructura a los datos
- Describir experiencias de la educadora y niños que están aprendiendo
- Descubrir conceptos, temas y patrones

La organización y el análisis de los datos recolectados serán presentados por medio de las siguientes estructuras:

- Matrices
- Diagramas
- Mapas conceptuales

Las técnicas de análisis cuantitativo serán utilizadas para el análisis de resultados de las distintas iteraciones experimentales del modelo de Machine Learning (ML). El propósito por el cual se hará uso de esta técnica es:

- Analizar e interpretar los resultados del modelo
- Preparar los resultados para presentarlos

- Evaluar la validez del modelo

Las variables para evaluar con las técnicas cuantitativas son:

- Nivel de aprendizaje
- Rendimiento del modelo

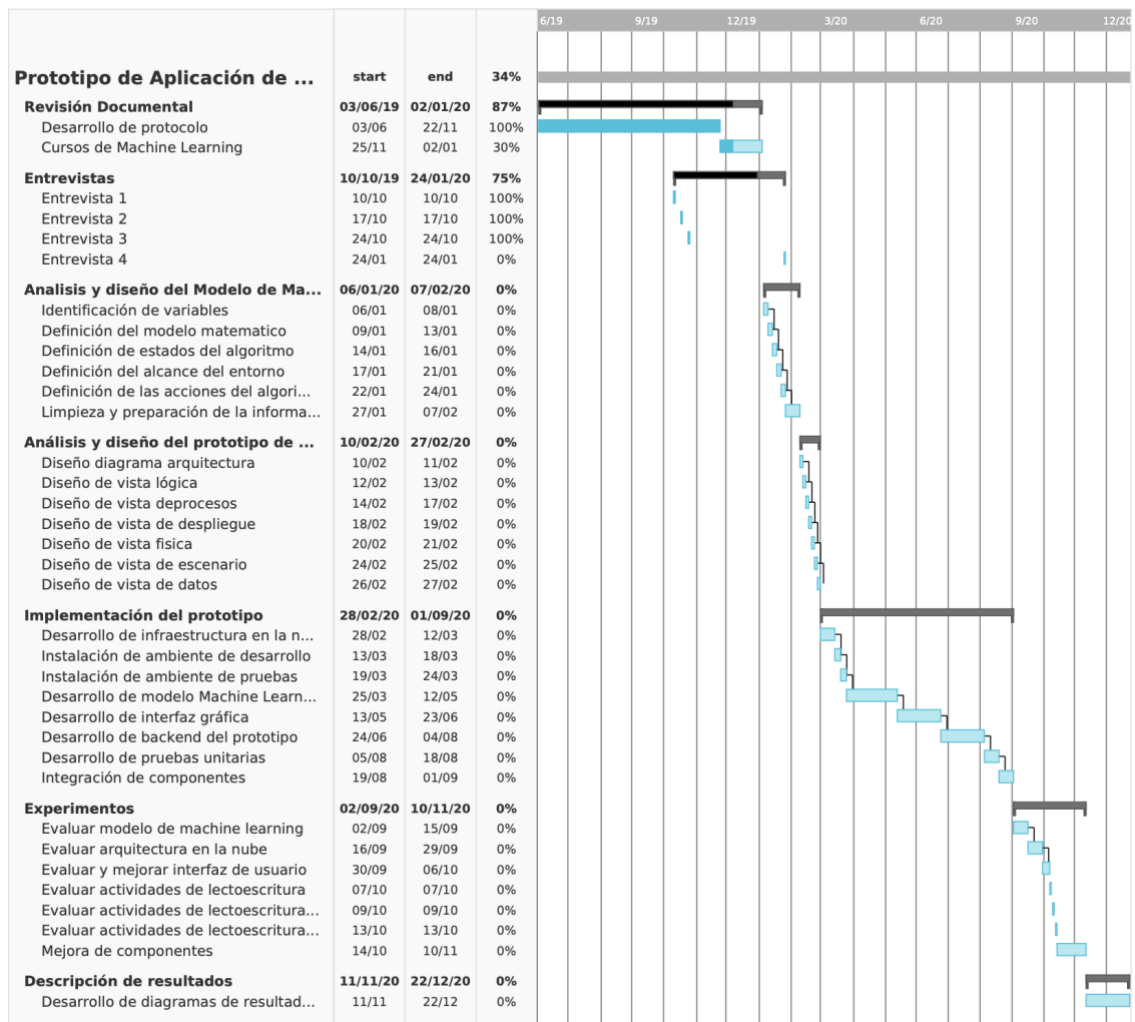
La organización y análisis de los datos recolectados serán presentados por medio de las siguientes estructuras:

- Análisis estadísticos
- Gráficas
- Segmentación, organización por categorías

## 12. CRONOGRAMA

Se define el siguiente cronograma de la planificación para el proceso de ejecución de la investigación.

Figura 5. Cronograma del proyecto



Fuente: elaboración propia.



## 13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 13.1. Factibilidad operativa

Permite a la fundación Margarita Tejada poder implementar una nueva tecnología dentro de los procesos de aprendizaje de actividades de lectura, esta tecnología abre oportunidades para mejorar análisis y control del aprendizaje de los niños que asisten a la fundación, dando como beneficio un progreso de aprendizaje controlado y mejorado por medio de la retroalimentación obtenida por la aplicación móvil. Para llevar a cabo el proyecto se consideran los siguientes recursos humanos involucrados en el proyecto:

- Investigador: se encargará de recolectar información del proceso de aprendizaje de lectura, comprender todo el flujo de información e investigar los temas relacionados al proceso de aprendizaje.
- Desarrollador: encargado de desarrollar y ejecutar infraestructura, Front End y Back End de la aplicación.
- Analista: encargado de comprender la información recolectada para diseñar la arquitectura de la aplicación y diseñar el modelo de Machine Learning. Determinar métricas de evaluación e información a procesar.
- QA: encargado de evaluar y verificar el correcto funcionamiento y rendimiento de los componentes de la aplicación.
- Implementador: encargado de llevar a cabo los experimentos necesarios para recolectar información sobre el rendimiento y funcionamiento de la aplicación.
- Asesor: encargado de dar retroalimentación y apoyo en cuanto al camino que está llevando el proyecto, asegurando el mejor desarrollo e implementación.

- Educadora profesional: coordinadora de actividades de lectura en el área de educación especial, participará en el proceso de definición y análisis de las actividades de lectura que serán parte del prototipo de aplicación.

Para operar es necesario cumplir con los siguientes documentos:

- Carta de la universidad para formalizar proyecto dentro de la fundación.
- Carta de la fundación para hacer uso de su nombre y procesos de manera pública por medio de la tesis.

Por lo descrito anteriormente se considera factible operativamente debido a que la fundación esta previamente de acuerdo con el desarrollo de este proyecto y de hacer uso de este en las terapias y clases de lectura en el proceso que ellos siguen para el aprendizaje de los niños.

### **13.2. Factibilidad técnica**

Para el desarrollo e implementación del proyecto se requieren una lista de conocimientos técnicos los cuales se obtienen o serán adquiridos en el tiempo del proyecto. Los conocimientos técnicos requeridos son:

- Diseño y desarrollo de arquitecturas móviles
- Arquitecturas Cloud
- Desarrollo de arquitectura como código
- Servicios Serverless
- Machine Learning

- Modelos matemáticos
- Estadística y análisis de datos

Para el despliegue de infraestructura y servidores se utilizará uno de los proveedores de la nube más reconocidos y estables dentro del mercado; al ser servidores previamente configurados se requiere de poco esfuerzo para la configuración e integración de estos. Se posee experiencia en la configuración y uso de servicios en AWS, lo cual facilita la implementación de la infraestructura.

Se ocupará tiempo para investigar y aprender sobre Machine Learning y evaluar modelos para elegir el que mejor se adapte al proceso de enseñanza por medio del prototipo, la complejidad de este es alta sin embargo se ya se poseen conocimientos básicos que permiten iniciar un estudio más complejo.

Para el desarrollo del prototipo se poseen conocimientos de desarrollo de aplicaciones lo cual facilita el desarrollo de este, sin embargo, tomará tiempo el estudio del diseño adecuado para niños con capacidades especiales.

Por lo descrito anteriormente se considera factible técnicamente debido a las habilidades y conocimiento que se poseen, la disponibilidad de la tecnología es accesible y la complejidad del proyecto es adecuado para el tiempo determinado de desarrollo.

### **13.3. Factibilidad económica**

Para reducir costos de uso de los servidores e infraestructura en la nube, se desarrollará de manera local con recursos existentes como la computadora,



luz, red, entre otros; adicional se solicitará un descuento a AWS por hacer uso de sus servicios para un proyecto de investigación.

Se invertirá en cursos para conocimiento de temas específicos de Machine Learning y aumentar la factibilidad técnica por medio de esto.

Se consideran costos de transporte para la llegada a la fundación para entrevistas, participación en las actividades, entre otras que permiten conocer el proceso.

En la siguiente tabla se presenta detalle de los costos aproximados del proyecto:

Tabla II. **Tabla de costos del proyecto**

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
Costo de estudio	Q60 x 60h (3 meses)	Q3,600
Costo de tiempo personal	Q60 x 500h (12 meses)	Q30,000
Costo del tiempo proyecto	Q50 x 960h (8 meses)	Q 48,000
Costo de desarrollo	Infraestructura	Q6,000
	Recurso tecnológico	Q5,000
	Recursos de ambiente	Q3,000
	Internet	Q1,800
	Electricidad	Q1,000
	Asesoría	Q2,500
	Transporte	Q1,000
Capacidad de pago	Sueldo	Q9,000
Presupuesto Inicial		Q10,000

Fuente: elaboración propia.

La factibilidad económica es posible debido a que los costos serán absorbidos de manera personal.

El proyecto es factible ya que cumple con las tres áreas de factibilidad, a pesar de la complejidad del proyecto se puede concluir que puede llevar a cabo por los conocimientos tecnológicos, cooperación y apoyo de distintos recursos humanos en el proyecto e ingresos personales para cubrir gastos necesarios.



## 14. REFERENCIAS

1. Amazon Web Services, Inc. (2019). *Overview of Amazon Web Services*. Recuperado de <https://d1.awsstatic.com/whitepapers/aws-overview.pdf>
2. Ayodele, T. (2010). *Types of Machine Learning Algorithms*. Intechopen, p. 19-48.
3. Charness, N., y Boot, W. (2016). *Technology Acceptance Model*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/technology-acceptance-model>
4. De, D. (2015). *Mobile Cloud Computing: Architectures, Algorithms and Applications*. Kolkata: CRC Press.
5. DOWN ESPAÑA. (2014). *Proyecto H@z Tic*. Recuperado de [http://www.sindromedown.net/wp-content/uploads/2014/09/105L\\_guiahz.pdf](http://www.sindromedown.net/wp-content/uploads/2014/09/105L_guiahz.pdf)
6. Espino, L. (2016). *Inteligencia Artificial*. Guatemala.
7. Fombona, J., Rodríguez, C., San Pedro, J., y Pascual, M. (2011). *Dispositivos móviles: herramienta de apoyo educativo sin barreras espaciales y temporales*.
8. Foster, D. (2019). *Adaptive Learning: Algorithms and Complexity*. Recuperado de <https://dylanfoster.net/papers/thesis/thesis.pdf>
9. Gwendal, D., Sunye, G., y Cabot, J. (2016). *UMLtoGraphDB: Mapping Conceptual Schemas to Graph Databases*. Springer, Cham.
10. Hernández, F. (2000). *Los métodos de enseñanza de lenguas y las teorías de aprendizaje*. Cuba: Universidad de Alcalá. Servicio de Publicaciones.
11. Intellectsoft. (2020). *Basics: Mobile App Architecture & How to Start Building One*. Recuperado de <https://www.intellectsoft.net/blog/mobile-app-architecture>

12. Klass, L. (2018). *Machine Learning - definition and application examples*. Recuperado de [https://www.spotlightmetal.com/machine-learning--definition-and-application-examples-a-746226/?cmp=go-aw-art-trf-SLM\\_DSA-20180820&gclid=CjwKCAjw7uPqBRBIEiwAYDsR11V6U-wDu1PtVIWq0OSeoFwc4iogCXIK3fyXo9ZX41cbKeloKd8SExoCm38QAvD\\_BwE](https://www.spotlightmetal.com/machine-learning--definition-and-application-examples-a-746226/?cmp=go-aw-art-trf-SLM_DSA-20180820&gclid=CjwKCAjw7uPqBRBIEiwAYDsR11V6U-wDu1PtVIWq0OSeoFwc4iogCXIK3fyXo9ZX41cbKeloKd8SExoCm38QAvD_BwE)
13. Krалеva, R., y Krалеv, V. (2018). *An Evaluation of The Mobile Apps for Children with Special Education Needs Based on The Utility Function Metrics*. International Journal on Advanced Science Engineerin Information Technology, p. 2269-2277.
14. Lebensold, J. (2018). *React Native Cookbook*. California: O'Reilly Media, Inc.
15. Mell, P., y Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
16. Microsoft Corporation. (2008). *Mobile Application Architecture Guide*. United States.
17. Munro, R. (2015). *The fourth generation of machine learning: Adaptive learning*. Recuperado de <http://www.junglelightspeed.com/the-fourth-generation-of-machine-learning-adaptive-learning/>
18. Pisuwala, U. (2016). *Everything you need to know about mobile app architecture*. Recuperado de <https://www.peerbits.com/blog/all-about-app-architecture-for-efficient-mobile-app-development.html>
19. Santiago, R. (2017). *Learning Analytics: de la gestión del conocimiento a la gestión del aprendizaje*. Recuperado de <http://elc.blogs.uoc.edu/learning-analytics-de-la-gestion-del-conocimiento-a-la-gestion-del-aprendizaje/>
20. Skiada, R., Soroniati, E., Gardeli, A., y Zissis, D. (2014). *EasyLexia: A Mobile Application for Children with Learning Difficulties*. Procedia Computer Science, p. 218-228.

21. Strauch, C. (2009). *NoSQL Databases*. Stuttgart: Stuttgart Media University.
22. Torras, M. (2018). *FUNDAMENTOS Y PRÁCTICA DEL APRENDIZAJE ADAPTATIVO*. Valencia: Universidad Internacional de Valencia.
23. Troncoso, M., y Del Cerro, M. (2005). *Síndrome de Down: lectura y escritura*. Cantabria: Fundación Síndrome de Down de Cantabria.
24. Tutorials Point (India) Pvt. Ltd. (2019). *PyTorch*. Recuperado de <https://ai.facebook.com/tools/pytorch>