

Capítulo 7 Aplicación móvil para la preservación de las lenguas originarias de México aplicando Inteligencia Artificial

Chapter 7 Mobile application for the preservation of the original languages of Mexico applying Artificial Intelligence

RAFAEL-PÉREZ, Eva†*, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, VÁZQUEZ-NOYOLA, César Fidel y RUBIO-ESPINOSA, Eva

Instituto Tecnológico de Oaxaca / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Eva, Rafael-Pérez* / **ORC ID:** 0000-0003-2793-1254, **CVU CONACYT ID:** 905268

ID 1^{er} Coautor: *Maricela, Morales-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0002-3521-2041, **CVU CONACYT ID:** 731036

ID 2^{do} Coautor: *César Fidel, Vázquez-Noyola* / **ORC ID:** 0000-0002-6288-2497, **CVU CONACYT ID:** 999808

ID 3^{er} Coautor: *Eva, Rubio-Espinosa* / **ORC ID:** 0000-0002-2939-4897, **CVU CONACYT ID:** 786972

DOI: 10.35429/H.2019.1.75.96

E. Rafael, M. Morales, C. Vázquez y E. Rubio

* evarafaelperez@gmail.com

A. Marroquín, J. Olivares, P. Díaz, L. Cruz. (Dir.). Mujeres en la tecnología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2019.

Resumen

Las tecnología de la Información y la comunicación hoy en día se ha generalizado, y se encuentran aplicadas en todos los ámbitos para aprender, compartir o simplemente para podernos comunicar, motivo por el cual se realizó el proyecto denominado “Aplicación Móvil para la preservación de las Lenguas Originarias de México aplicando Inteligencia Artificial” ya que genera una oportunidad a la sociedad, a los pueblos originarios y a los individuos para la preservación de las lenguas, ya que permiten la comunicación, preservación y difusión que da como resultado la integración de la cultura en nuestra sociedad. Hoy en día las lenguas originarias en nuestro país se van perdiendo cada vez más, debido a la migración que tienden a realizar sus hablantes en la búsqueda de mejores oportunidades de vida y a la discriminación que enfrentan por comunicarse con ellas, ya que en algunos casos tiende a generar violencia psicológica y a propiciar que dejen de preservarla. México es uno de los países con mayor riqueza cultural y lingüística en el mundo, al contar con 68 lenguas originarias y 364 variantes lingüísticas de las cuales aproximadamente el 70% están en riesgo de desaparecer, situación que es inaceptable. Cada una de las lenguas indígenas en México aporta un gran valor intelectual sobre la diversidad lingüística en el mundo, por ello es muy importante preservarlas y evitar su total desaparición ya que al menos 14 de ellas están en peligro de extinción.

Lenguas nativas, Mixteco, Aplicación móvil, Inteligencia Artificial, Metodología Móvil

Abstract

Nowadays, Information and Communication technology is widespread; to such a degree that they are applied in all areas of daily life, for example, learning, sharing information or simply to be able to communicate. That is why the project called “Mobile Application for the preservation of the Originating Languages of Mexico applying Artificial Intelligence” was developed. It generates an opportunity to the society, the native people and the individuals for the preservation of the languages, since they allow the communication, preservation and diffusion that gives as result the integration of culture in our society. Currently, the original languages in our country are being lost more and more, due to the migration that their speakers tend to make in search of better life opportunities. They face discrimination because of the language, and, it can result in psychological violence tendency. The way those people encourage discrimination is stop speak their native languages. The consequence could be the lost of native language. Mexico is one of the countries with the greatest cultural and linguistic wealth in the world, having 68 native languages and 364 linguistic variants of which approximately 70% are at risk of disappearing, a situation that is unacceptable. In Mexico, 14 of the indigenous languages are about to disappear, so it is considered very important to look for strategies for their conservation, because these languages are part of the diversity of languages that exists in the world.

Native languages, Mixteco, mobile application, artificial intelligence, Mobile methodology

Introducción

La preservación de las lenguas originarias de México se establece en la Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 2, apartado IV que los pueblos indígenas pueden “*Preservar y enriquecer sus lenguas, conocimientos y todos los elementos que constituyan su cultura e identidad*”. En México hay siete millones 382 mil 785 personas mayores, de tres o más años de edad, que hablan alguna lengua indígena, según la Encuesta Intercensal 2015 realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI 2015); cifra que representa 6.5 por ciento del total de la población, de las cuales 51.3 por ciento son mujeres y 48.7 por ciento son hombres.

Por su parte La Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas, en el capítulo 2 establece que las lenguas indígenas, son “*aquellas que proceden de los pueblos existentes en el territorio nacional antes del establecimiento del Estado Mexicano, además de aquellas provenientes de otros pueblos indoamericanos, igualmente preexistentes que se han arraigado en el territorio nacional con posterioridad*”.

México es una nación multilingüe con 68 lenguas indígenas originarias más el español, cuenta con 11 familias lingüísticas, donde se derivan 364 variantes lingüísticas diversificadas por región y grupo étnico, según el Catálogo de las Lenguas Indígenas Nacionales realizados por el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI). El proyecto tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil para preservar las lenguas originarias de México aplicando Inteligencia Artificial basado en la metodología de desarrollo ágil Mobile-D, permitiendo así hacer despliegue de la aplicación nativa, su contribución tiene gran valor social, ya que mediante la aplicación los usuarios pueden aprender y preservar las lenguas maternas con riesgos de desaparecer haciendo uso de la inteligencia artificial.

En la actualidad la Inteligencia Artificial (IA) es la rama de la computación con mayor crecimiento en los últimos años, tal es así que numerosas aplicaciones móviles que usamos a diario cuentan con modelos de IA que ayudan a diversas tareas. Ponce define que *“La Inteligencia Artificial o IA es una rama de las ciencias computacionales que se encarga de los símbolos y métodos no algorítmicos para la resolución de problemas”* (2010, p.1).

El Estado de Oaxaca es considerado un Estado multicultural al contar con 16 lenguas originarias, sin embargo, el mixteco, zapoteco y mazateco por mencionar algunas de estas lenguas, también están en riesgo de desaparecer, ya que el número de hablantes disminuye porque ya no se transmite a las nuevas generaciones, entonces se llega al punto donde sólo adultos y ancianos lo practican. Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) se han afianzado como herramientas indispensables para el desarrollo personal, social y cultural. El uso de la *“Aplicación Móvil para la preservación de las Lenguas Originarias de México aplicando Inteligencia Artificial”* genera una oportunidad a la sociedad, a los pueblos originarios y a los individuos para la preservación de las lenguas, ya que permiten la comunicación, preservación y difusión que da como resultado la integración de la cultura en nuestra sociedad.

La Aplicación móvil contiene diferentes módulos, como son: el módulo de usuario que permite el registro del usuario y el acceso a la misma. El módulo de aprender donde el usuario de la aplicación podrá acceder a las distintas categorías de las palabras que puede aprender en Mixteco, al aprender una palabra podrá ir sumando puntos y podrá volver a repasarla en el momento que este lo desee. El usuario también podrá obtener información relevante de aspectos culturales que se encuentran en el estado de Oaxaca, como lo son: Sitios turísticos, gastronomía, bebidas, artesanías, entre otras cosas; cuenta además con un módulo de leyendas que puede ver el usuario en texto y en video, uno de los componentes más importantes de la aplicación móvil es el módulo de reconocimiento de objetos donde el usuario puede tomar una foto al objeto que le interese conocer cómo se escribe y pronuncia en la lengua a través del procesamiento de la imagen y haciendo la inferencia por medio de un modelo entrenado de Inteligencia Artificial.

Por lo anterior el presente trabajo se compone de los siguientes apartados: En la *“Introducción”* se define la problemática y se explica la manera en cómo se aborda para poder dar solución al problema planteado, en el siguiente apartado *“Marco teórico”* contiene la fundamentación teórica del proyecto donde se abordan aspectos relacionados con las aplicaciones móviles, inteligencia artificial, lenguaje de programación y metodología de software, por mencionar algunos. El tercer apartado denominado *“metodología de desarrollo de software”* donde se describen las fases de la metodología de Ingeniería de Software utilizada en el desarrollo de la aplicación móvil y las tecnologías que dan soporte en el uso de la inteligencia artificial; en el apartado de *“Desarrollo”*, se describe la aplicación móvil y cada una de las etapas de la metodología MóvilD con tres iteraciones adecuando los requisitos del usuario. Para concluir se presentan los resultados y beneficios de la aplicación móvil, ya que brinda una oportunidad para aprender e integrar la cultura para preservar las lenguas originarias de México; finalmente se muestran las conclusiones y referencias consultados durante el proyecto desarrollado.

Marco Teórico

Lenguas Originarias de México

La diversidad de México involucra muchos aspectos importantes que involucra lo que comemos, lo que vestimos, lo que bailamos y también lo que hablamos, es por ello por lo que México es considerado un país afortunado por contar con tal riqueza invaluable principalmente por el legado de lenguas indígenas que hablan los habitantes.

De acuerdo con el catálogo de Lenguas Indígenas Nacionales elaborado “México cuenta con 68 pueblos originarios, con una diversidad lingüística de 69 lenguas, incluido el español, que provienen de 11 familias lingüísticas y que tienen 364 variantes dialécticas” (INALI, 2019). En México las lenguas originarias más habladas son: náhuatl, chol, totonaca, mazateco, mixteco, zapoteco, otomí, tsotsil, tseltal y maya, como se muestra en la tabla 7.1.

Tabla 7.1 Lenguas indígenas en México y hablantes (de 3 años y más) al 2015

Lengua indígena	Total	Hombres	Mujeres
Mazateco	239,078	113,468	125,610
Chol (Ch'ol)	251,809	124,762	127,047
Totonaco	267,635	129,691	137,944
Otomí	307,928	148,707	159,221
Zapoteco	479,474	228,247	251,227
Tsotsil	487,898	237,382	250,516
Mixteco	517,665	242,859	274,806
Tseltal	556,720	273,418	283,302
Maya	859,607	439,657	419,950
Náhuatl	1,725 620	836,144	889,476

Fuente: INEGI. Encuesta Intercensal 2015

Adicionalmente según datos de la Encuesta Intercensal del INEGI (2015) “México tiene casi 120 millones de habitantes, de los cuales siete millones 382 mil son hablantes de lenguas indígenas lo que representa un 6.54 por ciento de la población nacional”. En Oaxaca, hay 1 165 186 personas mayores de 5 años que hablan alguna lengua indígena, lo que representa 34% de la población de la entidad.

Tabla 7.2 Lenguas indígenas más habladas en el estado de Oaxaca

Lengua indígena	Número de hablantes (año 2010)
Lenguas zapotecas	371 740
Lenguas mixtecas	264 047
Mazateco	175 970
Mixe	117 935

Fuente: INEGI. Encuesta Intercensal 2015

Marco legal de las Lenguas Indígenas en México

La Constitución Política de los estados Unidos Mexicanos en su Artículo 2o. establece que:

“La Nación Mexicana es única e indivisible. La Nación tiene una composición pluricultural sustentada originalmente en sus pueblos indígenas que son aquellos que descienden de poblaciones que habitaban en el territorio actual del país al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas, o parte de ellas”.

Además, se encuentra establecido en el apartado IV. *“Preservar y enriquecer sus lenguas, conocimientos y todos los elementos que constituyan su cultura e identidad”.*

Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas Nueva Ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de marzo de 2003. Establece en el Capítulo I de las disposiciones Generales del artículo 2 al 5:

Artículo 2

Las lenguas indígenas son aquellas que proceden de los pueblos existentes en el territorio nacional antes del establecimiento del estado mexicano, además de aquellas provenientes de otros pueblos indoamericanos, igualmente preexistentes que se han arraigado en el territorio nacional con posterioridad y que se reconocen por poseer un conjunto ordenado y sistemático de formas orales funcionales y simbólicas de comunicación.

Artículo 3

Las lenguas indígenas son parte integrante del patrimonio cultural y lingüístico nacional. La diversidad de lenguas indígenas es una de las principales expresiones de la composición pluricultural de la nación mexicana.

Artículo 4

Las lenguas indígenas que se reconozcan en los términos de la presente ley y el español son lenguas nacionales por su origen histórico y tendrán la misma validez, garantizando en todo momento los derechos humanos a la no discriminación y acceso a la justicia de conformidad con la constitución política de los estados unidos mexicanos y los tratados internacionales en la materia de los que el estado mexicano sea parte.

Artículo 5

El estado a través de sus tres órdenes de gobierno, -federación, entidades federativas y municipios-, en los ámbitos de sus respectivas competencias, reconocerá, protegerá y promoverá la preservación, desarrollo y uso de las lenguas indígenas nacionales.

Aplicaciones Móviles

Las aplicaciones móviles son software complementario para dispositivos de mano, como teléfonos inteligentes, tabletas y dispositivos personales (PDA). Entre las aplicaciones más populares están los juegos, redes sociales, mapas, noticias, negocios, clima e información de viajes. Todos estas utilizan al menos una de las características técnicas del dispositivo: Como el uso de conexión a internet, bluetooth, cámara, entre otros componentes de hardware (ITU-T, 2009). Las aplicaciones móviles pueden desarrollarse utilizando diferentes tecnologías lo que deriva en su clasificación de: Aplicaciones nativas, híbridas y web.

En la siguiente tabla se ilustra la clasificación de las aplicaciones móviles con mayor detalle:

Tabla 7.3 Clasificación de las aplicaciones móviles

Nativas	Descripción	Son aplicaciones que desarrollan utilizando herramientas provistas por el distribuidor del sistema operativo, como es el entorno de desarrollo integrado (IDE) y un kit de desarrollo de software (SDK) que provee el mismo.
	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> – Acceso total a todas las APIs de la plataforma, lo que permite acceso a todas las características y funciones del sistema operativo – El desarrollar aplicaciones nativas incrementa la experiencia del usuario, haciéndola divertida e intuitiva.
	Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> – La aplicación solo estará disponible para la plataforma a la que fue desarrollada. – El mantenimiento de aplicaciones nativas para múltiples sistemas operativos se vuelve ardua y costosa
Híbridas	Descripción	El enfoque híbrido combina desarrollo nativo con tecnología web. Con este enfoque se escribe gran parte de la aplicación con tecnologías web para múltiples plataformas y mantienen el acceso directo a la Interfaz de Programación de Aplicaciones (APIs) nativas cuando lo necesitan.
	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> – Se codifica una sola vez y permite que la aplicación esté disponible en múltiples plataformas. – Acceso a algunas APIs nativas – Gran número de Frameworks que permiten el desarrollo híbrido. Por ejemplo PhoneGap y Ionic
	Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> – El almacenar las páginas en el servidor hace que el contenido y funcionalidad solo esté disponible si se dispone de una conexión a internet. – El tener las páginas HTML dentro de la aplicación hace que no sea posible actualizar éstas remotamente.
Web	Descripción	Los dispositivos móviles actuales cuentan con poderosos navegadores que dan soporte a muchas funcionalidades nuevas de HTML5, Hoja de estilos en cascada 3 (CSS3) y JavaScript.
	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> – Soporte para múltiples plataformas – Bajo costo de desarrollo
	Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> – Muy pocas APIs están expuestas a las aplicaciones web – La ejecución tiene que realizarse en un navegador

Inteligencia Artificial

Ponce (2010, p.1) menciona: “La Inteligencia Artificial o IA es una rama de las ciencias computacionales que se encarga de los símbolos y métodos no algorítmicos para la resolución de problemas”

Hoy en día la Inteligencia Artificial es la rama de la computación con mayor crecimiento en los últimos años, tal es así que numerosas aplicaciones móviles que usamos a diario cuentan con modelos de IA que ayudan a diversas tareas.

A continuación, se abordan algunas ramas que involucra la Inteligencia Artificial como lo son: Las Redes Neuronales y la Visión Artificial.

Red Neuronal Artificial

Las redes neuronales artificiales (RNA) son modelos computacionales que están ligeramente inspirados por sus contrapartes biológicas y buscan procesar datos de entrada para generar datos de salida, estas últimas comúnmente llamadas predicciones o etiquetas.

Según Ponce: “Las RNA se definen como sistemas de mapeos no lineales cuya estructura se basa en principios observados en los sistemas nerviosos de humanos y animales. Constan de un número grande de procesadores simples ligados por conexiones con pesos” (2010, p.198).

La unidad básica de procesamiento se denomina neurona la cual tiene la función de recibir la entrada de otras neuronas y procesar la información para obtener una salida que se propague a otras unidades.

Algunas aplicaciones donde se aplican las RNA son: Sistemas de piloto automáticos de automóviles, análisis de fallas electrónicas, visión artificial, análisis de células portadoras de cáncer mamario, reconocimiento de huellas digitales.

Entrenamiento de las Redes Neuronales Artificiales.

“Se denomina entrenamiento al proceso de configuración de una red neuronal para que las entradas produzcan las salidas deseadas a través del fortalecimiento de las conexiones” (Ponce, 2010, p. 203).

El fortalecimiento de las conexiones antes mencionado tiene por nombre aprendizaje y puede dividirse en aprendizaje supervisado y no supervisado.

- En el aprendizaje supervisado se introducen entradas que corresponden a determinadas salidas.
- El aprendizaje no supervisado se enfoca a encontrar características estadísticas entre agrupamientos de patrones de las entradas.

Visión Artificial

“En visión por computador nosotros intentamos describir el mundo que vemos en una o más imágenes, y para reconstruir sus propiedades como la forma, iluminación y distribución de colores” (Szeliski, 2010, p.5).

Es una aplicación de la IA que tiene métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de producir información numérica o simbólica para que puedan ser tratados por una computadora.

La visión artificial busca que las computadoras puedan realizar un análisis y comprender una imagen o secuencia de imágenes para posteriormente actuar ante determinada situación o contexto en el que se implemente. Para poder llevar a cabo lo antes mencionado se deben llevar una serie de pasos los cuales González y Woods (1992, p.26) mencionan a continuación:

1. Adquisición de imagen: Es el primer proceso, consiste generalmente en obtener una imagen digital y aplicarle por ejemplo un escalado a la imagen, sin deformar la imagen.
2. Mejora de la imagen: Básicamente la idea detrás de mejora de la imagen es resaltar los detalles que están ocultos, o simplemente resaltar ciertas características de interés en una imagen.
3. Restauración de imágenes: Se utilizan técnicas de restauración que tienden a basarse en las matemáticas o modelos probabilísticos de degradación de imágenes.
4. Procesamiento del color de la imagen: El color ayuda a extraer características de interés en una imagen.
5. Ondas y procesamiento de multi resolución: Las ondas son los fundamentos para representar imágenes en varios tamaños de resolución. Esto se logra subdividiendo la imagen en regiones pequeñas.
6. Compresión: La compresión implica el utilizar técnicas para reducir el almacenamiento requerido para guardar una imagen o el ancho de banda para transmitir esta.
7. Procesamiento morfológico: Se ocupa de las herramientas para extraer componentes de una imagen que son usables en la representación y descripción de figuras.
8. Segmentación: Son procesos que ayudan a dividir imágenes en sus partes u objetos constituyentes. Un riguroso procedimiento de segmentación brinda los procesos hacia la solución satisfactoria de problemas de imágenes que requieren objetos a ser identificados individualmente.
9. Representación y descripción: Casi siempre siguen la salida de una etapa de segmentación, comúnmente constituyen cada límite de una región o todos los puntos de esta región. La representación de límites es apropiada cuando la atención está puesta sobre características externas de la figura, como son esquinas y curvas. La representación por regiones es apropiada cuando el foco está sobre propiedades internas, como son texturas o la forma de la figura. Los descriptores son llamados selectores de características que resultan en información cuantitativa que ayuda a diferenciar una clase de otra clase.
10. Reconocimiento: Es el proceso que asigna una etiqueta a un objeto basado en sus descriptores.

Algunas consecuencias que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto es el incremento en los costos debido a la compra del equipo especial para el reconocimiento de imágenes, el mantenimiento de los equipos, dependiendo del tipo de cámara y del procesamiento de la imagen puede haber pérdida de información, para medir objetos y los cambios de escala son un gran problema.

Metodologías de Desarrollo

La Ingeniería de Software juega un papel importante en el desarrollo, portabilidad, mantenibilidad, funcionalidad, fiabilidad y productividad del software, igualmente, las metodologías ágiles son procesos para desarrollar software de manera rápida con gran facilidad de adopción por los equipos de trabajo. Desarrollar software con la metodología ágil es poner énfasis en la satisfacción de cliente y en la entrega rápida del software incremental, los equipos pequeños, los métodos informales, los productos de software con mínima ingeniería de software y la sencillez general en el desarrollo por lo que se recomienda que el equipo de trabajo este motivado para poder trabajar juntos y dar los resultados esperados, proporcionar la información de manera directa, considerar al cliente como parte del equipo, debe darse mayor comunicación y deben entregar el software funcional cumpliendo los requerimientos del usuario.

Del 11 al 13 de febrero de 2001, se llevó a cabo en Snowbird Utah una reunión de miembros prominentes de la comunidad científica donde nace el término “métodos ágiles” termino que implica ser eficaz y fácil de manejar, lo que es muy conveniente para el tamaño y agilidad de los proyectos de aplicaciones móviles, las cuales han venido creciendo considerablemente en los últimos años, en número de desarrollos, pero no en calidad, esto nos permite reconocer que los métodos de software deben ser adaptados e involucrados en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, si es que se quiere lograr un efecto óptimo en este ámbito.

¿Qué es una metodología de desarrollo?

“Una metodología es una colección de procedimientos, técnicas, herramientas y documentos auxiliares que ayudan a los desarrolladores de software en sus esfuerzos por implementar nuevos sistemas de información. Una metodología está formada por fases, cada una de las cuales se puede dividir en sub-fases, que guiarán a los desarrolladores de sistemas a elegir las técnicas más apropiadas en cada momento del proyecto y también a planificarlo, gestionarlo, controlarlo y evaluarlo”.

En esta definición Avison y Fitzgerald, presentan una descripción de las metodologías de desarrollo y destacan sus principales componentes, fases, herramientas y técnicas. Sin embargo, una metodología es algo más que una colección, puesto que se basa en una filosofía, distinguiéndose de los métodos o de las simples recetas, que marcan unos pasos a seguir y ya está. Así, las metodologías difieren ya sea por la cantidad de fases, las técnicas de cada fase, el contenido de la fase o en su base filosófica, todo esto se aplica, dependiendo del contexto de desarrollo, tamaño del proyecto o del equipo de trabajo, cultura organizacional, entre otros aspectos, por lo que, en el caso de los desarrollos móviles, es de vital importancia su selección, para garantizar un producto de calidad.

Metodologías Ágiles

Las metodologías en general se clasifican según su enfoque y características esenciales, las más recientes, que se fueron gestando a finales del siglo pasado y que se han comenzado a manifestar desde principios del actual, se han denominado “metodologías ágiles” y surgen como una alternativa a las tradicionales, estas metodologías se derivan de la lista de los principios que se encuentran en el “Manifiesto Ágil”, y están basados en un desarrollo iterativo que se centra más en capturar mejor los requisitos cambiantes y la gestión de los riesgos, rompiendo el proyecto en iteraciones de diferente longitud, cada una de ellas generando un producto completo y entregable; e incremental donde un producto se construye bloque a bloque durante todo el ciclo de vida de desarrollo del producto, las iteraciones individuales deben producir alguna característica completamente funcional o mejorada, su principal objetivo es reducir el tiempo de desarrollo, los requisitos se dividen en “incrementos” independientemente funcionales.

Una metodología de desarrollo nueva, especialmente diseñada para el desarrollo de aplicaciones móviles, recibe el nombre de Mobile-D y es propuesta por Pekka Abrahamsson y su equipo, que lideran una corriente muy importante de desarrollo ágil muy centrada en las plataformas móviles. El método se basa en prácticas ágiles como Extreme Programming y Crystal; las prácticas asociadas a Mobile-D incluyen desarrollo basado en pruebas, la programación en parejas, integración continua y refactorización, así como las tareas de mejora de procesos de software.

La Alianza Ágil conformada por diecisiete críticos de los modelos de desarrollo de software que reunió Beck (2001) define 12 principios de agilidad que son descritos a continuación:

- La prioridad más alta es satisfacer al cliente a través de la entrega pronta y continua de software valioso.
- Son bienvenidos los requerimientos cambiantes, aun en una etapa avanzada del desarrollo. Los procesos ágiles dominan el cambio para provecho de la ventaja competitiva del cliente.
- Entregar con frecuencia software que funcione, de dos semanas a un par de meses, de preferencia lo más pronto que se pueda.
- Las personas de negocios y los desarrolladores deben trabajar juntos, a diario y durante todo el proyecto.
- Hay que desarrollar los proyectos con individuos motivados. Debe darse a éstos el ambiente y el apoyo que necesiten, y confiar en que harán el trabajo.
- El método más eficiente y eficaz para transmitir información a los integrantes de un equipo de desarrollo, y entre éstos, es la conversación cara a cara.
- La medida principal de avance es el software que funciona.
- Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenible. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deben poder mantener un ritmo constante en forma indefinida.
- La atención continua a la excelencia técnica y el buen diseño mejora la agilidad.
- Es esencial la simplicidad: el arte de maximizar la cantidad de trabajo no realizado.
- Las mejores arquitecturas, requerimientos y diseños surgen de los equipos con organización propia.
- El equipo reflexiona a intervalos regulares sobre cómo ser más eficaz, para después afinar y ajustar su comportamiento en consecuencia.

Metodología MóvilD

“Es una metodología para el desarrollo de software ágil. Además del desarrollo de software móvil, es adecuado para diversos contextos, por ejemplo, aplicaciones de seguridad, finanzas, logística y simulación de productos” (Abrahamsson & Hanhineva, 2004). Cada fase (excepto la inicial) tiene siempre un día de planificación y otro de entrega.

Las fases son:

1. *Fase de exploración:* La atención se centra en la planificación y en los conceptos básicos del proyecto. En esta fase se establecen los actores, se definen alcances y se establecen los recursos tanto técnicos como humanos para que se desarrolle el proyecto.
2. *Fase de iniciación:* Se configura el proyecto identificando todos los recursos necesarios, en esta fase se planifica, se trabaja y se publica. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico como los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones, incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo. Esta fase se divide en tres etapas:
 - a. Puesta en marcha del proyecto: El propósito de esta etapa es la configuración de los recursos físicos y técnicos para el proyecto, así como los medios para el seguimiento del proyecto.
 - b. Planificación inicial: El objetivo de esta etapa es obtener una buena comprensión del proyecto a desarrollar, para preparar y perfeccionar los planes para las próximas fases del proyecto. De igual forma priorizar y analizar los requisitos esto obliga a crear componentes e interfaces del sistema.
 - c. Día de prueba: El objetivo de esta etapa es asegurar que todo está listo para la implementación del software. Además, el propósito es implementar algunas funciones al núcleo del sistema, por ejemplo, la comunicación cliente servidor.
3. *Fase de producto:* Se repiten iterativamente la programación que engloba la planificación, trabajo, liberación usando como mecanismo el desarrollo dirigido por pruebas (TDD) para llevar a cabo toda la implementación. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y la tarea a realizar es necesario el uso de historias de usuario utilizando el formato que provee la documentación oficial, posteriormente se preparan las pruebas de la iteración. Las tareas se llevan a cabo durante los días de trabajo, desarrollando e integrando el código.
4. *Fase de estabilización:* Se realizan las acciones de integración para unir los posibles módulos separados, donde se verifica además el correcto funcionamiento del sistema.
5. *Fase de pruebas:* Es la fase del testeo de la aplicación, se deben realizar todas las pruebas necesarias para tener una versión estable y final.

Desarrollo de la Metodología

Para el desarrollo de la Aplicación Móvil para la preservación de las Lenguas Originarias de México se utilizó la metodología MovilD; en este apartado se describe las actividades realizadas en las fases desarrolladas.

Fase de Exploración

Se realizaron las especificaciones de requerimientos, se establecieron los grupos de interés, se definió el alcance del proyecto, así como los recursos físicos, técnicos y humanos del proyecto. En la tabla 7.4 se muestran los requerimientos iniciales del proyecto.

Tabla 7.4 Requerimientos iniciales del proyecto

Requerimientos iniciales	
1.	Inicio de sesión de usuario
2.	Registro de usuario
3.	Consulta de recomendaciones
4.	Ingresar recomendación
5.	Ingresar palabras
6.	Ingresar lenguas
7.	Ingresar traducción
8.	Ingresar traducción aprendida por el usuario
9.	Construir modelo de inteligencia artificial para dispositivos móviles
10.	Procesamiento de imágenes para predicción del objeto por Inteligencia Artificial
11.	Consultar palabras aprendidas y por aprender
12.	Ingresar leyenda

Fuente: Elaboracion Propia

En esta etapa se identificaron los alcances del proyecto, es decir los módulos que se desarrollaron en la aplicación móvil:

- a. Desarrollar los módulos de la aplicación móvil
- b. Integrar en la aplicación móvil la parte de inteligencia artificial apoyado de la librería TensorFlow.
- c. Brindar información de la cultura, así como de lugares turísticos, objetos, restaurantes y otros sitios de interés de Oaxaca a los usuarios de la aplicación.
- d. La aplicación móvil está disponible en los idiomas de español, inglés y mixteco de San Pedro Jicayán.
- e. Construcción de un API REST.

Fase de Inicialización

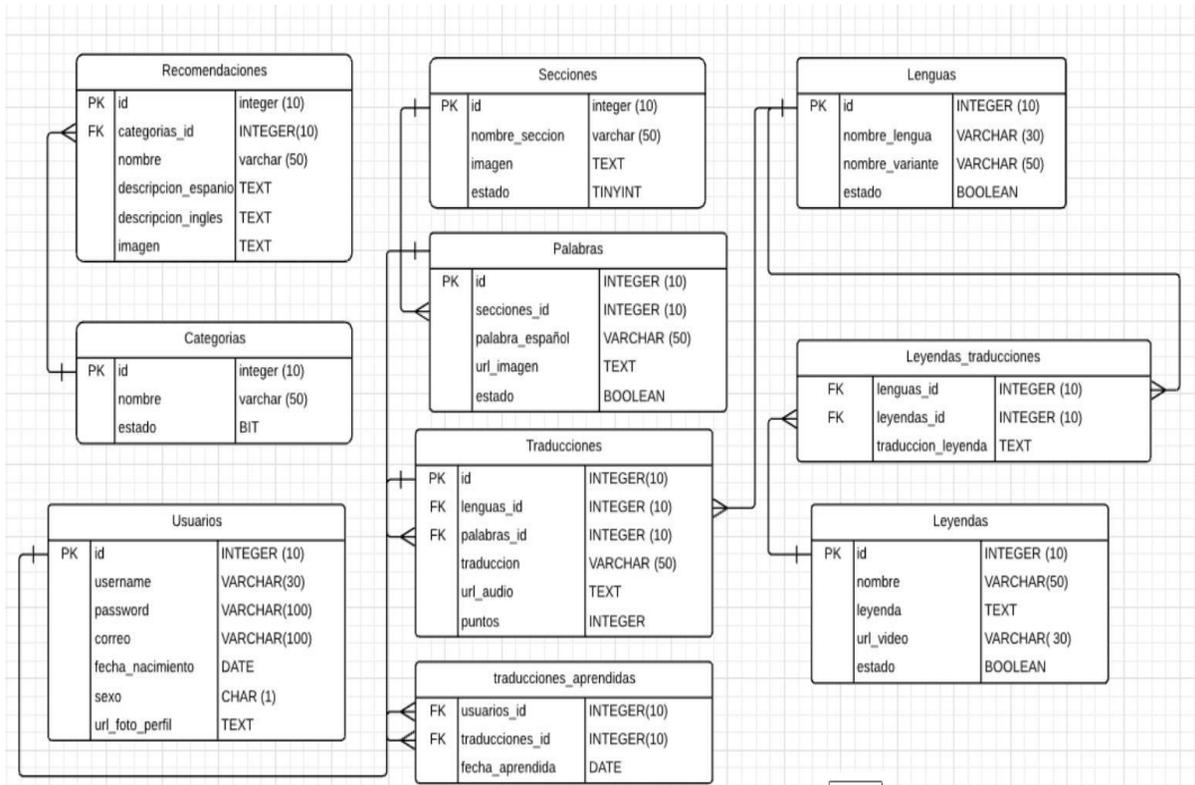
En esta etapa de realización establecimiento del proyecto y las tecnologías a utilizar, la planificación inicial de las actividades y las pruebas necesarias; en la tabla 7.5 se muestran los recursos tecnológicos que se utilizaron en desarrollo del proyecto.

Tabla 7.5 Tecnologías para utilizar durante el proyecto

Nombre de la herramienta	Descripción
Java JDK	Es un entorno de desarrollo para crear aplicaciones, Applets y componentes utilizando el lenguaje de programación Java (Oracle).
Android Studio IDE	Es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para la plataforma Android. Actualmente se encuentra en la versión 3.2.1
NodeJS	Es un entorno en tiempo de ejecución multiplataforma, de código abierto para la capa del servidor, asíncrono, con I/O de datos en una arquitectura orientada a eventos.
MySQL	Es un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) es considerado como la base de datos de código abierto más popular del mundo.
Python	Es un lenguaje de programación interpretado multiparadigma. Permite varios estilos de programación como: Orientada a Objetos y funcional.
TensorFlow	Es una biblioteca de código abierto para aprendizaje automático ayuda a hacer sistemas capaces de construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones, como la predicción de imágenes.
Firebase	Es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones web y móviles, contiene una serie de servicios como lo son: Análisis, mensajería, Autenticación, base de datos en tiempo real y almacenamiento
Gitlab	Es un servicio web de control de versiones y desarrollo de software colaborativo basado en Git; que permite tener repositorios privados y públicos.
Cowboy	Es un moderno servidor web con soporte para websockets, HTTP en su versión 2 y REST.

Se diseñó la base de datos relacional del proyecto como se ve en la figura 7.1.

Figura 7.1 Modelo relacional de la base de datos

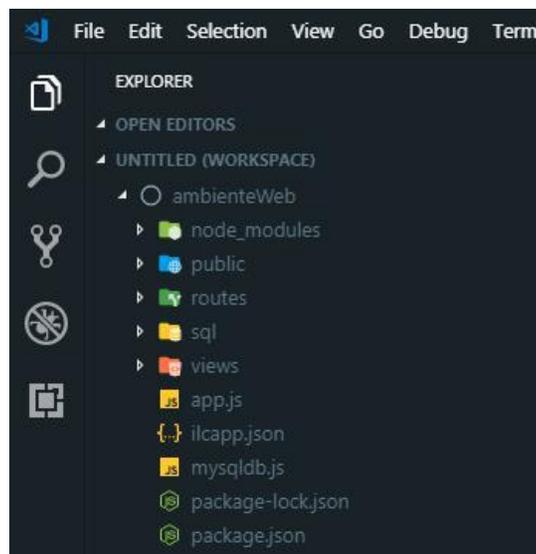


Fuente: Elaboración Propia

En esta etapa se realizó la configuración del entorno para poder iniciar con la implementación del sistema. Para ello se realizó la configuración del servidor, la base de datos y se estableció la comunicación entre ambos implementando un servidor en NodeJS.

A continuación, se muestran la figura 7.2, de la estructura del servidor

Figura 7.2 Estructura del servidor



La figura 7.3 muestra la conexión de la base de datos

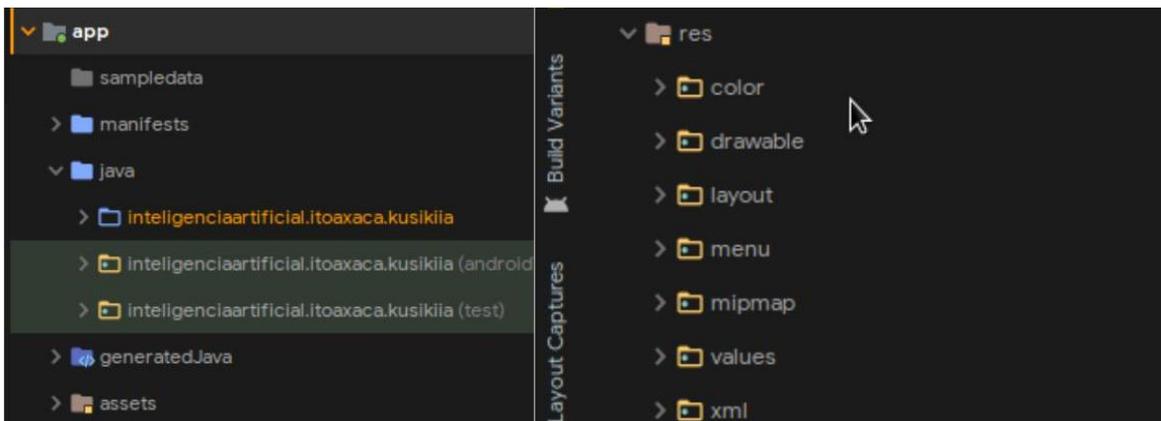
Figura 7.3 Conexión con la base de datos

```

mysql Help
mysqladb.js - Untitled (Workspace) - Visual Studio Code
mysqladb.js x
1 var mysql = require('mysql');
2 var connection = mysql.createConnection({
3     host : 'cdm1s48crk8itlnr.cbetxkdyhwsb.us-east-1.rds.amazonaws.com',
4     user : 'b693wzkif7mxsjxr',
5     password : 'cdsz6k7po147357u',
6     database : 'j7h7xmjiet0umn3t'
7 });
8 module.exports = {
9     "mysql" : connection
10 }
    
```

La figura 7.4, muestra la estructura de aplicación móvil

Figura 7.4 Estructura de la aplicación móvil



Fase de Producto

En esta fase se realizaron cinco iteraciones para el desarrollo de la aplicación móvil correspondientes a cada uno de los módulos, cabe mencionar que se hizo uso de la técnica de historias de usuario para identificar los requerimientos del usuario. Es importante mencionar que se definieron diferentes historias de usuarios para cada una de las iteraciones correspondientes. A continuación, se muestra en la tabla 7.6, un ejemplo del módulo *Aprender*; dicho módulo permite que el usuario realice el registro de una nueva sección de palabras.

Tabla 7.6 Historia de usuario Registro de sección

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Gastado	
1	Nueva Arreglo Mejora	Fácil Moderada Difícil	Fácil Moderada Difícil	10	10	
Nombre: Registrar de sección						
Descripción: Como un usuario administrador quiero registrar nuevas secciones para brindar a los usuarios el poder aprender otras palabras.						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Éxito: Datos de registro válidos. <ol style="list-style-type: none"> A. Los datos son ingresados a la base de datos y se crea una nueva sección. B. Los datos ya se encuentran registrados en la base de datos y no se almacena la nueva sección. 2. Falla: Datos de registro inválidos o vacíos. <ol style="list-style-type: none"> a. El tipo de dato ingresado en alguno de los campos no es válido, no se crea la sección. b. Los campos obligatorios son dejados en blanco, no se crea la sección. 						

En esta etapa se desarrollaron las interfaces de los diferentes módulos de la aplicación móvil. En la figura 7.5 se muestran las secciones en las que los usuarios pueden aprender nuevas palabras en la lengua. De igual forma se da información acerca del nombre del usuario, su foto de perfil y los puntos que va acumulando.

Figura 7.5 Diseño de pantalla de los tipos de Secciones



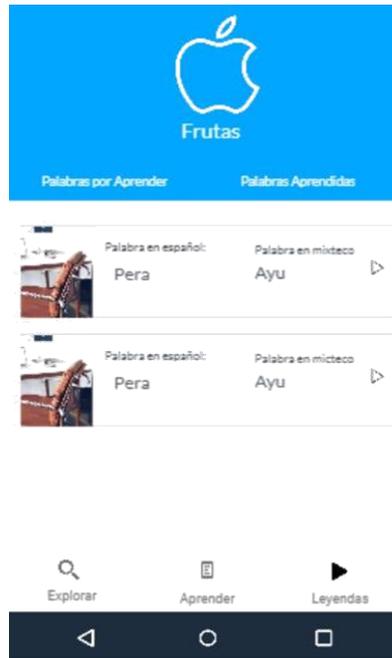
La siguiente figura 7.6 muestra en pantalla las palabras que le hacen falta por aprender al usuario de la sección que seleccionó. Cada una de las palabras que están pendientes de aprender muestra la imagen que hace relación a la palabra, de igual forma la palabra en español y los puntos que cada una de estas otorga; estas palabras se visualizan en forma de lista.

Figura 7.6 Diseño de pantalla de listado de palabras por aprender



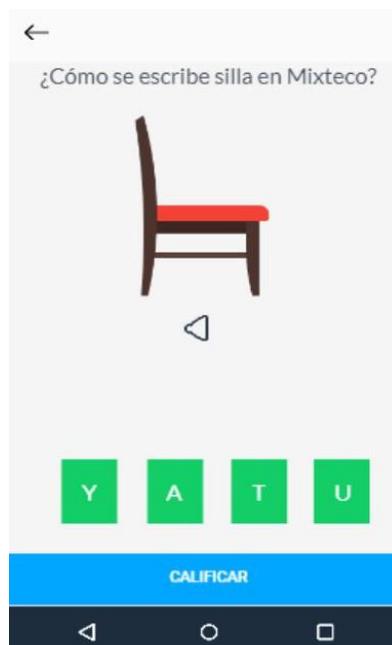
La siguiente figura 7.7, muestra las palabras que el usuario ya aprendió, dependiendo de la sección seleccionada. Cada una de estas palabras ya aprendidas se debe mostrar en forma de lista, en donde cada una de ellas debe tener la imagen relacionada a la palabra, la palabra en español, su traducción en la lengua y el audio de cómo se pronuncia.

Figura 7.7 Diseño de pantalla de palabras aprendidas



La figura 7.8, muestra la dinámica con la que los usuarios podrán aprender nuevas palabras de la lengua en donde se le hace la pregunta: ¿Cómo se escribe “palabra” en Mixteco? En donde se le presenta al usuario la imagen relacionada a la palabra, un botón para reproducir la traducción correcta y las letras que forman la traducción revueltas, para que el usuario vaya seleccionando las letras y formando la traducción correcta. Si todo fue correcto debe regresar a la vista principal de secciones y sumar puntos al perfil del usuario.

Figura 7.8 Diseño de pantalla dinámica para aprender palabras



Fase de Estabilización y de Pruebas

En estas dos etapas se trabajó en la integración de los módulos programados en cada una de las iteraciones y se aplicaron las pruebas correspondientes para la estabilización y correcto funcionamiento de la aplicación móvil. En estas etapas se realizaron todas pruebas necesarias de cada uno de los módulos, así como las validaciones correspondientes para el buen funcionamiento. A continuación, se muestran diferentes pruebas realizadas a los módulos a manera de ejemplo.

La tabla 7.7 muestra el tipo de prueba de aceptación para realizar las consultas de las palabras por aprender y aprendidas

Tabla 7.7 Prueba de aceptación consulta de palabras por aprender y aprendidas

Hoja de prueba de aceptación	
Test ID:	2
Historia:	Consulta de palabras por aprender y aprendidas
Aprobada / ID defecto:	
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. La pantalla de palabras aprendidas y por aprender debe mostrarse mejor o igual al diseño. 2. Las palabras aprendidas y por aprender deben estar separadas en dos pestañas. 3. Las palabras por aprender deben redireccionar a la dinámica para aprender la palabra. 4. Las palabras aprendidas deben tener un botón para reproducir el audio de la traducción.
Resultado esperado:	<ol style="list-style-type: none"> 1. La interfaz gráfica cuenta con dos pestañas una para las palabras aprendidas y otra para las palabras por aprender. 2. Las palabras por aprender deben redireccionar a la dinámica 3. El audio de las palabras aprendidas se reproduce correctamente

Fuente. Elaboración Propia

La tabla 7.8 muestra una prueba de aceptación realizada para poder aprender una palabra

Tabla 7.8 Prueba de aceptación. Dinámica aprender palabra

Hoja de prueba de aceptación	
Test ID:	2
Historia:	Dinámica aprender palabra
Aprobada / ID defecto:	
Descripción:	<ol style="list-style-type: none"> 1. La pantalla dinámica para aprender palabras debe mostrarse mejor o igual al diseño. 2. Las letras de la palabra se encuentran revueltas 3. Al seleccionar una letra debe desactivarse y colocarse en la palabra que se va formando. 4. Debe tener un botón para reproducir el audio de la palabra 5. Botón para “comprobar respuesta” se activa al seleccionar todas las letras 6. Funcionalidad botón “comprobar respuesta” <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Palabra correcta 6.2 Palabra incorrecta
Resultado esperado:	<ol style="list-style-type: none"> 1. La interfaz gráfica se muestra correctamente 2. Las letras de la palabra se visualizan correctamente a lo especificado 3. La letra seleccionada se desactiva y se agrega en la palabra 4. El audio se reproduce correctamente 5. Se habilita el botón “comprobar respuesta” al seleccionar todas las letras. 6. Inspección visual <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Se muestra el mensaje “Has aprendido la palabra en Mixteco”. 6.2 Se muestra el mensaje “La palabra es incorrecta”, y se permite intento de nuevo

Fuente. Elaboración Propia

Resultados

De acuerdo con la filosofía de la metodología Móvil, donde se caracteriza por presentar ciclos de desarrollos muy rápidos en equipos muy pequeños, cuyo resultado es lograr conseguir productos funcionales en su totalidad en corto tiempo, por lo tanto, el desarrollo de cada uno de los módulos son los resultados, es decir, que el software se encuentra listo para su funcionamiento. Como resultado de la aplicación de la metodología se generaron los siguientes módulos que a continuación se describen: A continuación, se muestran los resultados por iteraciones:

I. Iteración 1

Módulo Aprender: En este módulo el usuario de la aplicación podrá acceder a las distintas categorías de las palabras que puede aprender en Mixteco, al aprender una palabra podrá ir sumando puntos y podrá volver a repasarla en el momento que este lo desee, ver figura 7.9.

- Datos del usuario, su foto de perfil nombre de usuario y puntos obtenidos.
- Aprender una nueva palabra con ayuda de la cámara, se abre la pantalla de la cámara para capturar un objeto
- Dar clic en la sección para ir a las palabras que se pueden aprender y ha prendido el usuario.
- Otro ejemplo de sección
- Menú inferior para ir a las otras pantallas principales explorar y leyendas.

Figura 7.9 Interfaz Gráfica de las Secciones del módulo aprender



Palabras por aprender

Al haber hecho clic en alguna de las secciones se mostrará una nueva pantalla con las palabras que puede aprender, para ingresar a la dinámica para aprender palabra solo debe presionar la palabra, como se muestra en la figura 7.10.

Figura 7.10 Interfaz Gráfica palabras por aprender



- Botones para cambiar entre palabras aprendidas y palabras por aprender
- Palabras por aprender, al presionar una palabra se hará la redirección para realizar la dinámica de aprender palabra

Pantalla dinámica palabra por aprender

Al mismo nivel de la pantalla anterior usted podrá visualizar las palabras que ha aprendido en el transcurso del uso de la aplicación. Para ello usted solo debe dar clic en la opción palabras aprendidas y podrá visualizarlas. Algo importante de señalar es que podrá inclusive reproducir la pronunciación de la palabra.

Botones para cambiar entre palabras aprendidas y palabras por aprender

1. Palabras aprendidas, podrá visualizar las palabras que ha aprendido en español, en la lengua y podrá reproducir el audio dando clic en el botón con forma de triángulo.
2. Pantalla Dinámica Palabra Por Aprender

Al mismo nivel de la pantalla anterior se puede visualizar las palabras que ha aprendido el usuario en el transcurso del uso de la aplicación. Para ello se debe dar clic en la opción palabras aprendidas y podrá visualizarlas. Algo importante de señalar es que podrá inclusive reproducir la pronunciación de la palabra.

II. Segunda iteración

Módulo usuario

Es el módulo encargado de permitir al usuario registrarse dentro de la aplicación y el acceso a la misma. La implementación de este módulo trae como resultados las siguientes interfaces gráficas de usuario, tomando como base del diseño previo de la fase de inicialización. Ver figura 7.11.

Registro de usuario: Si no tiene una cuenta registrada en la aplicación, puede registrarla en esta pantalla registrando los datos solicitados como su nombre de usuario, correo, contraseña, fecha de nacimiento y el sexo.

1. Ingresa tu nombre de usuario
2. Ingresa un correo electrónico válido
3. Ingresa tu contraseña
4. Confirma tu contraseña, ingresándola nuevamente
5. Ingresa tu fecha de nacimiento
6. Tu sexo.
7. Presiona el botón para crear tu cuenta, si el usuario o correo electrónico ya existe, se mostrará un mensaje que el que intentaba registrar ya se encuentra registrado, en caso contrario se creará la cuenta.

Figura 7.11 Pantalla registro de nuevo usuario

La imagen muestra una pantalla de registro de usuario con un fondo azul. En la parte superior izquierda hay un ícono de retroceso y el título "Crear cuenta". Los campos de entrada son:

- Nombre de usuario
- Correo electrónico
- Contraseña
- Confirma tu contraseña
- Fecha de nacimiento
- Sexo (con un menú desplegable que muestra "Masculino")

En la parte inferior hay un botón azul con el texto "CREAR CUENTA".

III. Tercera Iteración

Módulo de recomendaciones: Con este módulo el usuario podrá obtener información relevante de cosas culturales que se encuentran en el estado de Oaxaca, como lo son: Sitios turísticos, gastronomía, bebidas, artesanías, entre otras cosas.

Pantalla principal de las categorías de las recomendaciones

Cuando la aplicación se ejecuta, se puede observar que la pantalla que se muestra es la de prender, para moverse a la pantalla de categorías de las recomendaciones solo tiene que dar clic en la opción explorar del menú inferior. En esta pantalla podrá encontrar categorías con lugares turísticos, gastronómicos y culturales del estado de Oaxaca que puedes consultar dando clic sobre ellos. Ver la figura 7.12.

Figura 7.12 Pantalla categorías de las recomendaciones



1. Categoría de las recomendaciones, al dar clic en alguna de ellas redireccionará a otra vista donde se mostrará las recomendaciones de esa categoría seleccionada.
2. Menú inferior para ir a las otras pantallas principales de aprender y leyendas

IV. Iteración

Módulo de leyendas: Con este módulo se le brinda al usuario la oportunidad que pueda ver una leyenda en forma de video, así como poder leer la leyendo en texto.

Pantalla de leyendas

Cuando la aplicación se ejecuta, se visualiza la interfaz que muestra la opción de Aprender para moverse a la pantalla de leyendas solo tiene que dar clic en la opción leyendas del menú inferior. En esta pantalla podrá encontrar leyendas en distintas lenguas, recopiladas por un proyecto del INALI (Instituto Nacional de las Lenguas Indígenas) que se llama 68 voces y que podrá visualizar en esta aplicación, ver la figura 7.13.

Figura 7.13 Pantalla de leyendas

1. Leyendas disponibles, al dar clic en alguna de ellas redirecciona r a su detalle donde se muestra la leyenda en la lengua y en español
2. Menú inferior para ir a las otras pantallas principales de explorar y aprender.

Pantalla información de la leyenda

Una vez que se selecciona la opción de leyendas, se muestra esta pantalla donde podrá reproducir el video de la leyenda, y podrá leer la leyenda en español o en la lengua mientras se escucha su pronunciación, como se muestra en la figura 7.14.

Figura 7.14 Pantalla detalle de la leyenda

1. Video de la leyenda
2. Transcripción de la leyenda en español y la lengua
3. Menú inferior para ir a las otras pantallas principales de explorar y aprender

Pantalla de recomendaciones

Posterior al haber seleccionado una categoría, podrá observar una lista de recomendaciones que usted puede consultar dando clic en alguno de ellos, donde podrá observar información más detallada del lugar, ver la figura 7.15.

Figura 7.15 Pantalla recomendaciones

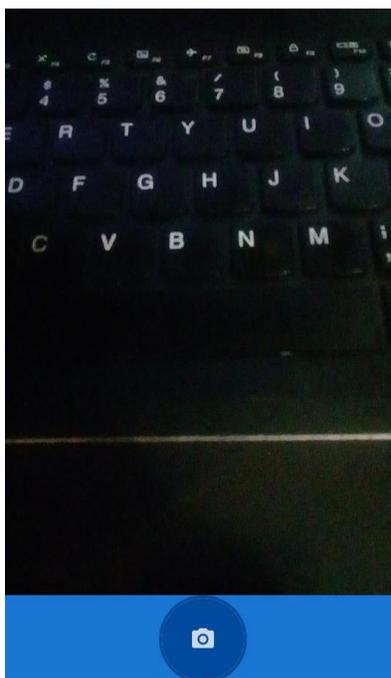
1. Recomendación disponible para consulta
2. Menú inferior para ir a las otras pantallas principales de aprender y leyendas

V. Iteración

Módulo de reconocimiento de objetos: El complemento ideal para el módulo de aprender, ya que con este módulo el usuario podrá tomar una foto al objeto que le interese conocer cómo se escribe y pronuncia en la lengua a través del procesamiento de la imagen y haciendo la inferencia por medio de un modelo entrenado de Inteligencia Artificial.

Resultados obtenidos del módulo reconocimiento de objetos

La implementación de este módulo dejó como resultados la siguiente interfaz gráfica de usuario, tomando como base del diseño previo de la fase de inicialización, ver la figura 7.16.

Figura 7.16. Interfaz gráfica cámara

De igual forma antes de la implementación de la cámara se entrenó un modelo de red neuronal convencional con 13 clases con el lenguaje de programación Python, cada clase representa a un objeto del mundo real que puede ser precedido por el modelo construido o dicho de otro modo un modelo previamente entrenado con imágenes.

Es importante mencionar que el entrenamiento de una red neuronal tiene una curva de aprendizaje lenta, debido a que existen distintos métodos para ayudar a realizar el procesamiento de la imagen y la inferencia del objeto a querer detectar, y no siempre la elección hecha es la mejor y depende de la complejidad del problema.

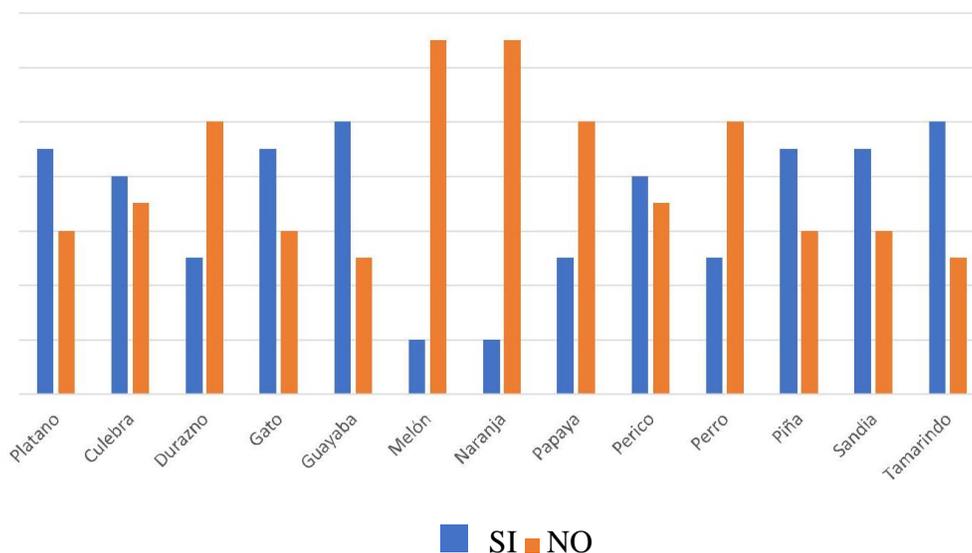
Ante lo planteado anteriormente, es importante hacer mención al teorema de no free lunch de Wolpert y Macready (1997) que dice:

“La complejidad y la diversidad de los problemas del mundo real hacen que algunos de ellos sean más fáciles de resolver que otros. Resulta así que sea poco probable que exista un único método que pueda hacer frente a todo tipo de problemas”

Con ello quiero explicar que el proceso de entrenamiento de una red neuronal es lento, complejo y necesita de una base de datos grande en este caso de imágenes para que el modelo aprenda mejor, sin caer en hacer un sobre entrenamiento del modelo.

Resultados prueba del modelo de inteligencia artificial como se muestra en el gráfico 7.1.

Gráfico 7.1 Resultados prueba del modelo de inteligencia Artificial



Conclusiones

Para el desarrollo del proyecto, fue necesario involucrarse con el mundo tan maravilloso que son las lenguas originarias de México, conocer el gran número de variantes que tienen y buscar una forma innovadora en la que se le podría dar un gran impacto a este tema tan abandonado. Ante ello, la mirada que se tuvo fue ofrecer una aplicación móvil innovadora que involucrara tecnologías de actualidad como lo son la Inteligencia Artificial (IA); para lograr los objetivos trazados fue sumamente importante contar con una persona que hablara una lengua originaria y compartiera su voz y su conocimiento sobre las palabras de la lengua originaria como es el Mixteco de San Pedro Jicayán.

Con la idea aterrizada se pasó a la parte de desarrollo, utilizando las métricas que plasma la metodología Mobile- D que permite definir con exactitud y precisión cada uno de los módulos involucrados en la aplicación, y con el desarrollo dirigido por pruebas se pudo comprobar con certeza que los módulos implementados funcionan correctamente y pueden ponerse a disposición del usuario final.

Referencias

- Abrahamsson & Hanhineva (2004), *Mobile D: An Agile Approach for Mobile Application*.
- BBVAOPE4U (2016), *API REST: que es y cuáles son sus ventajas en el desarrollo de proyectos*.
- Beck (2001), *Principios del manifiesto ágil*, Consultado del 8 de diciembre de 2018. Disponible: <https://agilemanifesto.org/iso/es/principles.html>
- Consultado el 6 de noviembre de 2018. Disponible: <https://goo.gl/rKhrkA>
- Development, Consultado el 4 de octubre de 2018. Disponible: goo.gl/AeRb9L
- Gonzales y Woods (1992), *Digital Image Processing (2 ed.)*, Prentice Hill.
- <http://capitaljovenisic.org.mx/blog/post/la-importancia-de-preservar-las-lenguas-indigenas-de-mexico/189>.
- <https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/cpeum/documento/2017-03/CPEUM-002.pdf>
- IBM (2012), *El desarrollo de aplicaciones móviles nativas, web o híbridas*, Consultado el 28 de noviembre de 2018, Disponible: ftp://ftp.software.ibm.com/la/documents/gb/commons/27754_IBM_WP_Native_Web_or_hybrid_2846853.pdf
- INALI (2019), *La cultura, verdadera esencia del ser humano: INALI*, Consultado el 2 de febrero de 2019. Disponible: <https://www.gob.mx/inali/articulos/la-cultura-verdadera-esencia-del-ser-humano-inali>
- INEGI (2015), *Lengua Indígena*, Consultado el 8 de octubre de 2018, disponible. <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/lengua/>
- ITU-T (2009), *Mobile Applications*, Consultado el 22 de noviembre de 2018, Disponible: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T230100000C0004PDFE.pdf
- Merino (2014), *¿Qué es un API y para qué sirve?*, Consultado el 2 de diciembre de 2018 Disponible: <https://www.ticbeat.com/tecnologias/que-es-una-api-para-que-sirve/>
- Orfali y Harkey (1996), *The essential Client/Server Survival Guide (2 ed.)*, John Wiley & Sons Inc. (Computers).
- Ponce (2010), *Inteligencia Artificial con aplicaciones en la ingeniería*, Alfaomega
- Pressman (2010). *Ingeniería de Software (7 ed.)*. México: Mc Graw Hill
- Sommerville (2011), *Ingeniería de Software (9 ed.)*, Pearson
- Szeliski (2010), *Computer Vision: Algorithms and Applications*, Springer.
- Wolpert & Macready (1997), *No free lunch teorema foro optimization*, Consultado el 12 de febrero de 2019, Disponible: <https://goo.gl/KKi9q2>