

# Prototipo de Aplicación Web para el Apoyo en la Caligrafía de los Alumnos de primer grado de Primaria, mediante una Técnica de Inteligencia Artificial

Díaz Matus Ricardo, González Morelos César Emiliano, López Gracia Angel  
Emmanuel, Verónica Agustín Domínguez, Ariel López Rojas

Escuela Superior de Cómputo I.P.N. México D.F.

Tel. 57-29-6000 ext. 52000 y 52021. E-mail: [rdiazm1500@alumno.ipn.mx](mailto:rdiazm1500@alumno.ipn.mx), [cgonzalezm1602@alumno.ipn.mx](mailto:cgonzalezm1602@alumno.ipn.mx),  
[alopezg1912@alumno.ipn.mx](mailto:alopezg1912@alumno.ipn.mx)

**Resumen** — El trabajo terminal presentado establece las bases de la propuesta de Prototipo de Aplicación Web, centrándose en la corrección para letra tipo molde, mediante el Uso de Técnicas de Inteligencia Artificial, con objeto principal de apoyar a alumnos de primer grado de educación primaria pública en mejora de la caligrafía, tomando como referencia una escuela primaria de la Alcaldía Gustavo A. Madero.

**Palabras clave** — Aplicación Web, Caligrafía, Inteligencia Artificial, Educación Básica Primaria.

## I. INTRODUCCIÓN

En Diversos autores señalan que la alfabetización se refiere al uso funcional, social y cognitivo de la lengua escrita, y que el proceso que la hace posible inicia desde edades muy tempranas. Los niños adquieren, desde sus años preescolares, una serie de conocimientos que les permiten el aprendizaje de la lectura y la escritura, a través de su interacción con una comunidad lingüística y letrada [1].

Ahora bien, hay escritura que es clara y sencilla de leer, y hay escritura con legibilidad compleja. Indica una relación entre una mala escritura y oraciones tanto ortográficamente como gramaticalmente.

Aunque, describe que la mala escritura hace que el trabajo escrito de los infantes con problemas de aprendizaje sea difícil de interpretar, obteniendo una distorsión en el proceso de comunicación, ocasionando un escenario donde existe un fracaso posterior, bajo rendimiento y pérdida de motivación para las actividades académicas.

Es innegable indicar que la crisis sanitaria no ha afectado en la población mundial. Esta problemática trajo consigo una transformación en las vías de comunicación y aprendizaje, ocasionando la utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. en donde se posicionaron como una de las principales herramientas en la ocupación diaria. Sin importar el dispositivo electrónico o servicio, éstas facilitan el acceso a contenido e información cotidiana para los usuarios.

Esto aplica para todos los individuos, pero toma mayor relevancia en la población infantil;

debido a que sus actividades y hábitos académicos fueran transformadas por la pandemia; afectando en gran medida el desarrollo de las habilidades psicomotoras en esta etapa.

A través de la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH, 2019) publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se identifica que aproximadamente la mitad 46.0% de la población infantil contaba y hace uso de algún tipo de dispositivo computacional previo a la pandemia; el 63.3% de la población accede a internet a través de cualquier dispositivo, el 28.0% hacen uso de las Redes Sociales y el 55.7% hacen uso de un dispositivo celular [2].

En México, el problema de la lectura y escritura tiene una doble fundamentación; por un lado, el entorno familiar y, por otra, el académico.

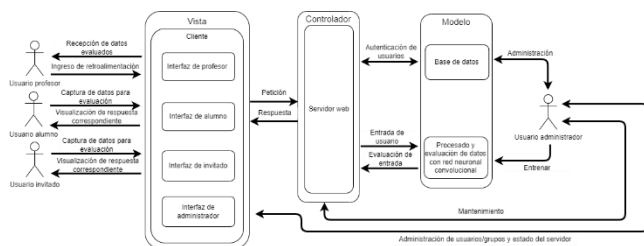
En la información proporcionada por el Módulo sobre Lectura 2022 y la Encuesta Nacional de Lectura y Escritura 2021, en un ambiente familiar poco lector, donde no se asiste a sitios o eventos culturales y no se fomenta y extenúa el hábito de la lectura y escritura. Este ambiente forma a infantes que no tienen interés en dichas habilidades y, a largo plazo, a adultos no lectores y no escritores [3]. Por otro lado, los distintos tipos de variables familiares pueden resultar de gran influencia en el rendimiento académico de los alumnos e incluso pueden llevar una mayor ponderación que el ámbito escolar [4].

De acuerdo con el portal proporcionado por Autoridad Educativa Federal de la Ciudad de México, en la Alcaldía Gustavo A. Madero existen, al 16 de septiembre del año 2022, 294 Escuelas Oficiales de Educación Primaria y 154 Escuelas Particulares de Educación Primaria [5].

En la Ciudad de México, para el ciclo 2020/2021, se encontraron matriculados 789,656 alumnos a nivel Primaria, siendo 400,342 hombres y 389,314 mujeres; para el ciclo 2021/2022, se encontraron matriculados 776,219 alumnos a nivel Primaria, siendo 393,541 hombres y 382,678 mujeres [6]. Así mismo, en la Ciudad de México, se mantuvieron bajo contrato 31,528 maestros a nivel Primaria en el ciclo 2020/2021 y para el ciclo 2021/2022, a 31,267 maestros [7].

## II. METODOLOGÍA

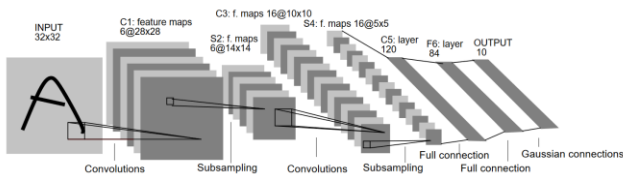
El sistema inteligente de reconocimiento texto natural manuscrito A continuación, se ilustra en la *Figura 1*, el esquema de la arquitectura para el Prototipo de Aplicación Web, en el cual podemos ver el patrón de diseño MVC, donde el apartado de procesamiento de datos consiste en la base de datos y el módulo de inteligencia artificial (tanto el procesado como la red en sí). Por la parte de vista se encuentran las diversas interfaces gráficas que el prototipo ofrecerá a los diferentes tipos de usuarios descritos en el documento. Y por último el apartado de controlador, el cual, como descrito anteriormente, estará compuesto por el servicio de hosting y las tecnologías de Backend. Modulo que sirve como orquestador entre las vistas y el apartado de procesamiento.



*Figura 1. Arquitectura del Prototipo de Aplicación Web, elaboración propia*

### A. Red neuronal convolucional

La arquitectura de la red neuronal convolucional, como dicho en el marco teórico, será LeNet-5 *visualizada en la Figura 2*, con la función de activación Softmax en capa de salida y con la función Entropía Cruzada como la función de costo.



*Figura 2. Arquitectura LeNet-5 para imágenes a escalas de grises [8]*

Profundizando en la arquitectura, se puede observar que cuenta con 8 capas (contando la capa de entrada), a continuación, se describe cada una:

- **Entrada:** es una imagen a escala de grises de dimensiones  $64 \times 64$  píxeles, cada píxel contará con un valor que será normalizado (se hará que el valor esté entre 0 y 1).

- **C1:** es la primera capa de convolución, para ella se usará un kernel de  $5 \times 5$  píxeles sobre la imagen sin *padding* de en ésta se obtendrá 6 mapas de características, cada uno resultando de  $28 \times 28$  píxeles (la elección de estas dimensiones está basada en la naturaleza del *dataset* del paper donde se introduce esta arquitectura).

- **S2:** es la primera capa de *pooling* de la arquitectura, para ello se ocupa un kernel de  $2 \times 2$  píxeles, dejando como resultado 6 capas de características de ahora  $14 \times 14$  píxeles, cada una de estas es ponderada por medio de una función de activación sigmoideal.

- **C3:** es la segunda capa de convolución, ésta arroja como resultado 16 mapas de características de  $10 \times 10$  píxeles por medio de un kernel de  $5 \times 5$  píxeles, sin embargo, y a diferencia de la primera capa de convolución que resulta de hacer varias convoluciones sobre una única imagen, en ésta se hace la convolución con respecto a 3, 4 o 6 capas al mismo tiempo.

- **S4:** es la segunda capa de *pooling*, para elaborarla se ocupa un kernel de  $2 \times 2$  píxeles que generan 16 mapas de características de  $5 \times 5$  píxeles cada uno.

- **C5:** es la tercera capa de convolución, en ella se usa un kernel de  $5 \times 5$  sobre las 16 capas anteriores al mismo tiempo para generar un total de 120 mapas de características de  $1 \times 1$  píxeles. Dado que cada elemento de esta capa cuenta con una cardinalidad de 1, en ocasiones es tomado como la primera capa neuronal de la red.

- **F6:** es una capa neuronal (considerada la primera de acuerdo con el artículo original) de 84 elementos, donde se empieza a ponderar los valores de cada mapa de características generado en C5. Esto, como explicado en el marco teórico, se puede hacer de diferentes maneras, por lo cual, y de manera empírica, se experimentará con la recomendación del paper original: función  $Atanh(Sa)$ , donde  $A$  es la amplitud y  $S$  la pendiente en el origen (Se recomendó el valor de  $A = 1.7159$ ), y con la función ReLu.

- **Salida:** La salida del artículo original es de 10 neuronas, las cuales indicarían el dígito que se está leyendo, no obstante, para el contexto de este problema se requerirán 54 (representando las 27 letras del abecedario español contemporáneo en mayúsculas y minúsculas).

Las razones detrás de esa elección recaen en la ruptura de la simetría de la red, forzando así a la red a encontrar, en el mejor de los casos, características complementarias debido a la diferencia de entradas entre cada una de las convoluciones. [8]

La *Tabla.1* ilustra mejor la relación de entradas (provenientes de S2) y salidas de la convolución en C3:

Tabla 1. Distribución de entradas con salidas de la convolución en C3 [8]

|   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 0 | X |   |   |   | X | X | X |   |   | X | X  | X  | X  |    | X  | X  |
| 1 | X | X |   |   |   | X | X | X |   |   | X  | X  | X  | X  |    | X  |
| 2 | X | X | X |   |   |   | X | X | X |   |    | X  |    | X  | X  | X  |
| 3 |   | X | X | X |   |   | X | X | X | X |    |    | X  |    | X  | X  |
| 4 |   |   | X | X | X |   |   | X | X | X | X  |    | X  | X  |    | X  |
| 5 |   |   |   | X | X | X |   |   | X | X | X  | X  |    | X  | X  | X  |

### B. Preprocesado de la imagen

En primer lugar, se tiene que la plantilla usada fue modificada, con respecto al bosquejo mostrado en capítulos anteriores, para obtener mejores resultados. Una previsualización de la plantilla *se muestra en la Figura 3:*

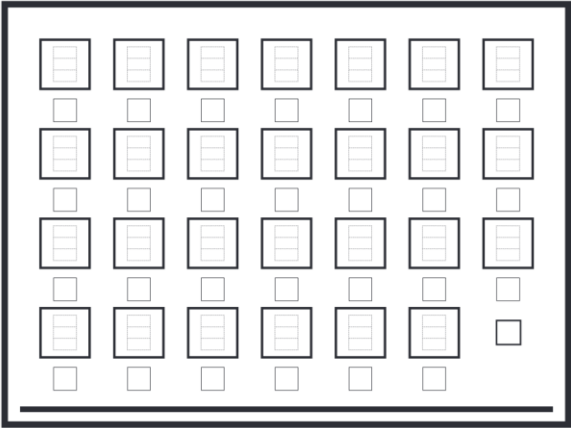


Figura 3. Versión final de la plantilla de escritura

Para visualizar y ejemplificar este proceso, se muestran capturas de cómo la imagen es tratada con un ejemplar real en la Figura 3.1:

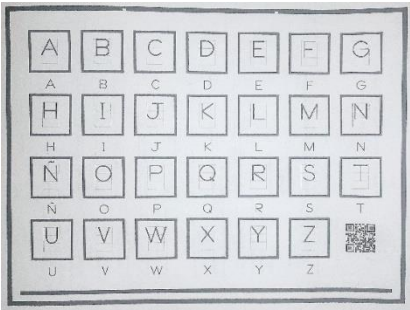


Figura 3.1 Fotografía de plantilla impresa con letras generadas por computadora

## III. RESULTADOS

### A. Inicio de sesión y registro

La vista de la pantalla de Bienvenida de la Aplicación Web, donde el usuario podrá visualizar la pantalla de inicio e interactuar de forma práctica y fácil, donde podrá hacer uso de la Aplicación Web.

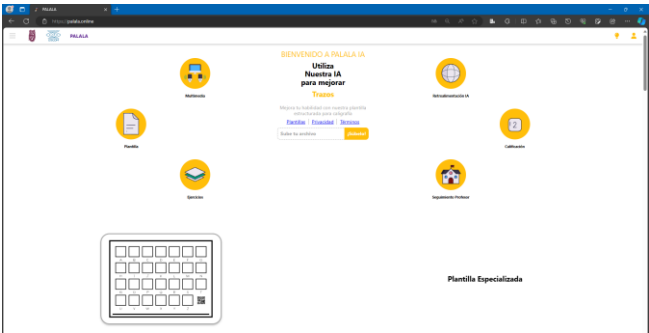


Figura 4. Pantalla de Inicio-Bienvenida de la Aplicación Web

Enseguida, se muestra la vista donde el usuario contará con las opciones de inicio de sesión o la opción de acceder a la ventana de registro para crear una cuenta nueva.

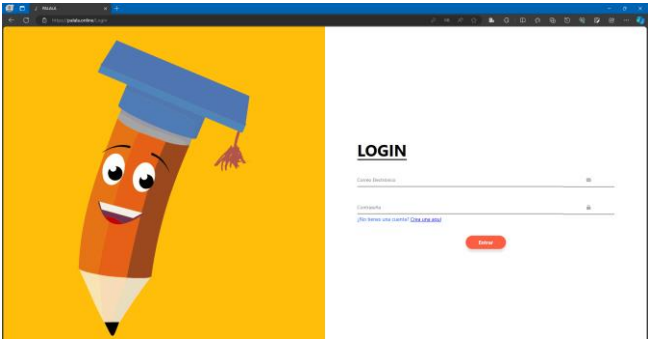


Figura 5. Inicio de Sesión en la Aplicación Web

## B. Subir la imagen/fotografía en la Aplicación Web

En esta vista, se desplegará la siguiente pantalla, en dónde pedirá “Subir la imagen o fotografía” de la plantilla de los trazos de las letras. Posteriormente se elige la imagen de la plantilla que posee los trazos, que se va a evaluar con la Inteligencia Artificial y automáticamente se enviará.

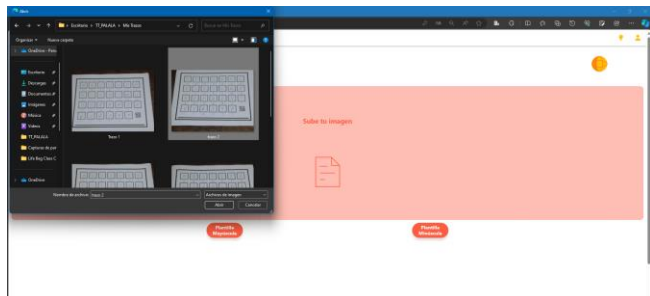


Figura 6. Subir la imagen o fotografía de los trazos

## C. Despliegue de los Resultados

A continuación en la siguiente vista, se desplegará la siguiente pantalla, en dónde se visualizará los Resultados con su respectiva Evaluación Cuantitativa, de los trazos de las letras, por parte de la Inteligencia Artificial.



Figura 7. Despliegue de la Evaluación Cuantitativa

## D. Contenido Multimedia

La vista, se visualizará la siguiente pantalla, donde se encontrará una serie de vídeos relacionados al trazado de las letras de tipo molde (Mayúsculas y minúsculas), en caso de que así lo desee el “Alumno(a)”.

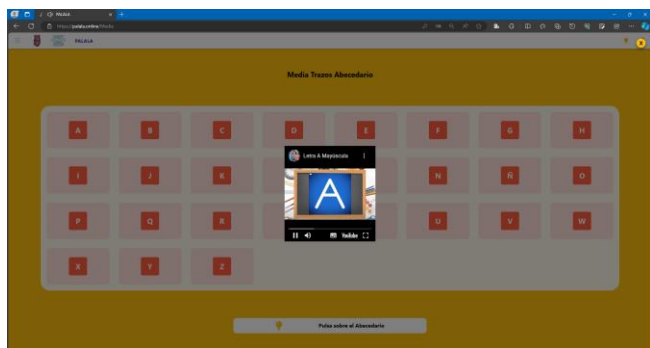


Figura 8. Contenido Multimedia de las Letras Mayúsculas y minúsculas

## E. Evaluación Cualitativa “Retroalimentación”

Enseguida se visualiza la vista, donde se despliega una previsualización de los trazos del alumno realizó, para que el “Profesor(a)”, pueda evaluarlo conforme a su consideración pedagógica, para posteriormente dar una evaluación cualitativa, es decir, una Retroalimentación, para ello se encuentra un cuadro de texto, donde el “Profesor(a)” puede hacer comentarios de mejora para que siga practicando y esforzándose para afinar sus trazos ó felicitarlo en caso de que sus trazos sean aceptables.

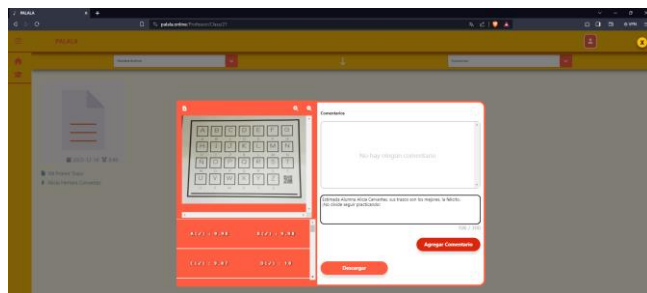


Figura 9. Retroalimentación del trazo por parte del Profesor(a)

## F. Pruebas de Caja Negra

En breves se presentan algunas pruebas con algunos niños, acerca del trazado en plantillas de las letras de tipo molde Mayúsculas y minúsculas:

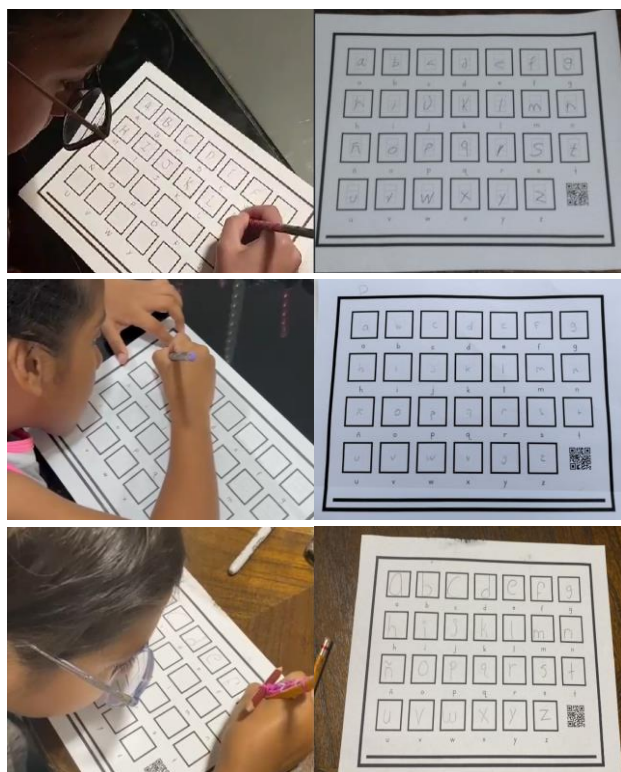


Figura 10. Trazado de Plantillas del Niño “A”, “B” y “C”



#### IV. CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de este trabajo, se han abordado diversos aspectos relacionados que han dado contexto educativo y las necesidades específicas de los alumnos en esta etapa. Proporcionado una fundamentación sólida para comprender la situación educativa actual en relación con la caligrafía, destacando la importancia de esta habilidad y explorando diferentes tipos de tipografía.

Por otra parte, implementar una aplicación que haga uso de inteligencia artificial hoy en día se ha vuelto cada vez más común. Sin embargo, no ha dejado de impresionar a usuarios y desarrolladores. El presente Trabajo Terminal, pretende actuar como una herramienta de apoyo para alumnos que se encuentren en proceso de mejorar su caligrafía en el trazado de las letras de tipo molde, brindándoles un apartado de contenido multimedia. Más aparte el acompañamiento de su profesor titular o a cargo, donde su papel será dar seguimiento y retroalimentación cualitativa de los trazos en las plantillas que envíen los alumnos en el espacio correspondiente en la Aplicación Web y ellos puedan atender.

La ejecución de pruebas en un entorno físico y real, en lugar de un entorno controlado, planteó desafíos adicionales. La variabilidad en las condiciones del mundo real demostró que se puede afectar los resultados que otorga la red neuronal, lo que destaca la importancia de considerar factores externos y planificar estrategias de mitigación.

El proceso fue complejo, desafiante, enriquecedor y laborioso. A pesar de la investigación y de lo prometedor que sonaba todo en la fase de análisis y diseño, nos encontramos con un terreno novedoso. Aunque teníamos sólidas bases en programación, el desarrollo resultó complicado debido a que todas las tecnologías empleadas eran nuevas para cada miembro del equipo.

Finalmente, creemos que este Trabajo Terminal tiene el potencial de volverse más escalable y robusto mediante la incorporación de mejoras y cambios respaldados por nuevas propuestas e ideas. Reconocemos que existen diversas vías para alcanzar un mismo propósito, y como equipo, concebimos muchas más funcionalidades durante el desarrollo. No obstante, debido a, restricciones de tiempo y la delimitación del Trabajo Terminal, no fue factible agregarlas para esta ocasión.

#### RECONOCIMIENTOS

*Los Autores agradecen a la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional por el apoyo recibido y las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente trabajo terminal.*

*También agradecen de manera muy especial a los directores (Verónica Agustín Domínguez y Ariel López Rojas) que estuvieron apoyándonos a lo largo del presente Trabajo Terminal para obtener un producto completo y de calidad.*

#### REFERENCIAS

- [1] Y. Guevara Benítez, A. López Hernández, G. García Vargas, U. Delgado S. y Á. Hermosillo García, «Nivel de escritura en alumnos de primer grado, de estrato sociocultural bajo,» 2008. [En línea]. Available: <https://www.scielo.org.mx/pdf/peredu/v30n121/v30n121a3.pdf>. [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [2] I. N. d. E. y. Geografía, «EN MÉXICO HAY 80.6 MILLONES DE USUARIOS DE INTERNET Y 86.5 MILLONES DE,» 17 Febrero 2020. [En línea]. Available: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH\\_2019.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/ENDUTIH_2019.pdf). [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Módulo sobre Lectura 2022,» Febrero 2022. [En línea]. Available: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/molec/doc/resultados\\_molec\\_feb22.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/molec/doc/resultados_molec_feb22.pdf). [Último acceso: 7 Septiembre 2022].
- [4] P. R. R. y. J. N. G. Sánchez, «Research Gate,» 2009. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/28312513\\_El\\_entorno\\_familiar\\_y\\_su\\_influencia\\_en\\_el\\_rendimiento\\_academico\\_de\\_los\\_alumnos\\_con\\_dificultades\\_de\\_aprendizaje\\_Revisión\\_de\\_estudios\\_empíricos](https://www.researchgate.net/publication/28312513_El_entorno_familiar_y_su_influencia_en_el_rendimiento_academico_de_los_alumnos_con_dificultades_de_aprendizaje_Revisión_de_estudios_empíricos). [Último acceso: 20 Septiembre 2022].
- [5] Instituto Federal de Telecomunicaciones, «Instituto Federal de Telecomunicaciones,» 4 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.ift.org.mx/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/es/encuesta-nacional-sobre-disponibilidad-y-uso-de-tecnologías-de-la-informacion-en-los-hogares-endutih>. [Último acceso: 8 Marzo 2023].
- [6] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Matrícula escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2021/2022,» [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=ac13059d-e874-4962-93bb-74f2c58a3cb9>. [Último acceso: 16 Septiembre 2022].
- [7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Maestros y escuelas por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados de 2000/2001 a 2021/2022,» [En línea]. Available: <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=8c29ddc6-eecc-4dcc-8def-6c3254029f19>. [Último acceso: 16 Septiembre 2022].
- [8] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio y P. Haffner, «Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition,» Noviembre 1998. [En línea]. Available: <http://yann.lecun.com/exdb/publis/index.html#lecun-98>. [Último acceso: 19 Mayo 2023].